



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE
AMATITLÁN, EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LAS
COMUNIDADES DE “EL SALITRE”, “TACATÓN” Y “CERRITOS”**

Juan José Vidal Calderón Santay

Asesorado por el Dr. Ing. Edgar Virgilio Ayala Zapata

Guatemala, mayo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE
AMATITLÁN, EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LAS
COMUNIDADES DE “EL SALITRE”, “TACATÓN” Y “CERRITOS”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN JOSÉ VIDAL CALDERÓN SANTAY

ASESORADO POR EL DR. ING. EDGAR VIRGILIO AYALA ZAPATA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz Gonzáles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

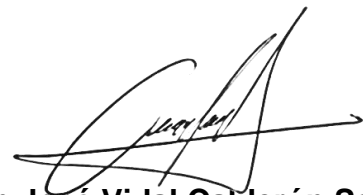
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
EXAMINADOR	Ing. José Mauricio Arriola Donis
EXAMINADOR	Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

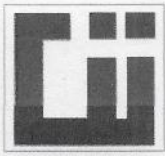
En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE AMATITLÁN, EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LAS COMUNIDADES DE “EL SALITRE”, “TACATÓN” Y “CERRITOS”

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería civil, con fecha 13 de mayo de 2020.



Juan José Vidal Calderón Santay



Guatemala, 12 de noviembre de 2021

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Coordinador de Materiales de Construcción y Obras Civiles
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Montenegro:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **“DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE AMATITLÁN, EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LAS COMUNIDADES DE “EL SALITRE”, “TACATÓN” Y “CERRITOS”**, desarrollado por el estudiante universitario Juan José Vidal Calderón Santay, quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante Juan Calderón, cumple con los objetivos para los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar ala presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Dr. Ing. Edgar Virgilio Ayala Zapata
Ingeniero Civil Colegiado No. 1524
Asesor

Cc archivo

Guatemala, 8 de febrero de 2,022

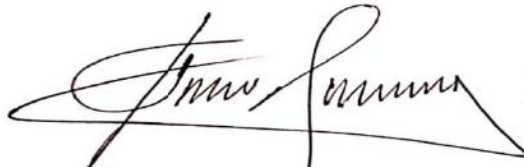
Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Fuentes, Le informo que he revisado el trabajo de graduación **“DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE AMATILÁN, EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LAS COMUNIDADES DE “EL SALITRE”, “TACATÓN” Y “CERRITOS”**”, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Juan José Vidal Calderón Santay, quién contó con la asesoría del Ing. Edgar Virgilio Ayala Zapata.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo, doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil, Hugo Leonel Montenegro Franco
Jefe de área de materiales y construcciones civiles.





LNG.DIRECTOR.089.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE AMATITLÁN, EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LAS COMUNIDADES DE “EL SALITRE”, “TACATÓN” Y “CERRITOS”**, presentado por: **Juan José Vidal Calderón Santay**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, mayo de 2022



LNG.DECANATO.OI.297.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE AMATITLÁN, EN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LAS COMUNIDADES DE “EL SALITRE”, “TACATÓN” Y “CERRITOS”**, presentado por: **Juan José Vidal Calderón Santay**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Francisca Santay y José Calderón, por educarme con amor, sabiduría, disciplina e inculcar en mí la perseverancia y el deseo de lograr mis anhelos.

Mis hermanos

María Rebeca, Dora Violeta, Karen Analy, Diana Carolina y Ángel Calderón Santay, por ser parte de mi vida, por apoyarme cuando lo he necesitado y contribuir a mi formación inspirándome a lograr mis metas.

Mis sobrinos

Derek, Camila Gonzalez Calderón, Santiago y Alejandro Cambran Calderón, como muestra de cariño y respeto.

Mi asesor

Doctor Edgar Virgilio Ayala Zapata, por sus consejos, tiempo y motivarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de
San Carlos de Guatemala**

Casa de estudios que me brindó la oportunidad de forjarme como profesional y a la cual he tratado de devolver con esta tesis los conocimientos adquiridos.

Facultad de Ingeniería

Por ser la fuente de donde obtuve los conocimientos necesarios para forjarme en la carrera de Ingeniería Civil.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1. Lago de Amatitlán.....	1
1.1.1. Flora	2
1.1.2. Factores que influyen en el deterioro del lago	2
1.1.2.1. Producción industrial	2
1.1.2.2. Residuos sólidos.....	3
1.1.2.3. Residuos líquidos	4
1.1.2.4. Desestabilización de los ríos	5
1.2. Comunidades en estudio	5
1.2.1. Aldea El Cerrito.....	6
1.2.2. Aldea Tacatón.....	7
1.2.3. Colonia El Salitre	7
1.3. Desarrollo sostenible	8
1.3.1. Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento.....	9
1.3.2. Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.....	10

1.3.3.	Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles	10
1.3.4.	Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.....	11
1.4.	Vivienda adecuada.....	12
1.5.	Censo 2018.....	13
1.5.1.	Material predominante en paredes exteriores	13
1.5.2.	Material predominante en el techo	15
1.5.3.	Material predominante en el piso	16
2.	MARCO CONCEPTUAL	17
2.1.	Materiales de construcción.....	17
2.1.1.	Agua.....	17
2.1.2.	Los agregados.....	17
2.1.3.	Vidrio	18
2.1.4.	Madera	18
2.1.5.	Hierro.....	19
2.1.6.	El yeso.....	20
2.1.7.	El cemento Portland	20
2.1.8.	Ladrillos	21
2.1.9.	Adobes	21
2.1.10.	Bloque hueco de concreto.....	22
	2.1.10.1. Clasificación y uso.....	22
2.1.11.	Adoquín de concreto	23
2.2.	Indicadores.....	24
2.2.1.	Desarrollo de cada indicador.....	25
2.2.2.	Criterios iniciales al crear indicadores	25
2.2.3.	Categorización de los indicadores.....	27
	2.2.3.1. Entorno general.....	27

	2.2.3.2.	Habitabilidad	27
	2.2.3.3.	Factores ambientales	27
	2.2.3.4.	Materiales y estado de la vivienda.....	28
2.3.		Indicadores para la investigación	28
2.4.		Visita al lago de Amatitlán	33
	2.4.1.	Organizaciones de apoyo al Lago de Amatitlán.....	33
	2.4.1.1.	AMSA	33
	2.4.1.2.	Amigos al rescate del lago de Amatitlán.....	35
	2.4.2.	Visita al lago de Amatitlán.....	35
3.		ESTUDIO DE CAMPO	43
	3.1.	Organización	43
	3.2.	Recolección de datos	43
	3.2.1.	Equipo humano.....	43
	3.2.2.	Metodología de recolección de información	44
	3.3.	Recolección de datos	47
4.		DISCUSIÓN DE RESULTADOS	113
	4.1.	Entorno general	113
	4.2.	Habitabilidad.....	113
	4.3.	Factores ambientales	114
	4.4.	Materiales	114
		CONCLUSIONES	117
		RECOMENDACIONES.....	119
		BIBLIOGRAFÍA.....	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Material predominante en paredes exteriores a nivel nacional.....	14
2.	Material predominante en muros exteriores en Amatitlán.....	14
3.	Material predominante en el techo a nivel nacional.....	15
4.	Material predominante en el techo en Amatitlán.....	15
5.	Material predominante en el piso, nivel nacional.....	16
6.	Material predominante en el piso en Amatitlán.....	16
7.	Llegada a Náutica, AMSA.....	36
8.	Reginaldo Cotzajay, alcalde auxiliar de El Salitre.....	37
9.	Cordón ambiental de AMSA.....	38
10.	Trabajadores de AMSA en Playa Dorada.....	38
11.	Coloración verde a las orillas del lago.....	39
12.	Vegetación acuática cerca de la orilla del lago.....	39
13.	Salida de aguas grises.....	40
14.	Personas lavando ropa a orillas del lago.....	40
15.	Integrantes de la visita al lago.....	41
16.	Encuesta digitalizada en Google Forms.....	44
17.	Respuestas almacenadas en Google Docs.....	45
18.	Reunión con el equipo y uno de los alcaldes auxiliares.....	45
19.	Encuestando a alcalde auxiliar.....	46
20.	Encuesta a vecino de la comunidad.....	46
21.	Indicador 1.1.1: Tiene acceso a carreteras principales.....	47
22.	Indicador 1.1.2: Topografía del terreno (alrededores).....	48
23.	Indicador 1.1.3: Topografía del terreno (vivienda).....	48

24.	Indicador 1.1.4: Cercanía al lago (horizontal) en metros.....	49
25.	Indicador 1.1.5: Diferencia entre el lago y su vivienda (altura) en metros.....	49
26.	Indicador 2.1.1: Cuántas personas habitan la vivienda.....	50
27.	Indicador 2.1.2: Años de haber sido construida la vivienda.....	50
28.	Indicador 2.1.3: Cuántos niveles tiene la vivienda.....	51
29.	Indicador 2.1.4: Cantidad de habitaciones.....	51
30.	Indicador 2.1.5: Comparten varios ambientes en una habitación.....	52
31.	Indicador 2.1.6: Ha consumido alimentos provenientes del lago (peces).....	52
32.	Indicador 2.1.7: Con qué frecuencia consume alimentos provenientes del lago.....	53
33.	Indicador 2.1.8: Cómo elimina la basura del hogar.....	53
34.	Indicador 2.1.9: Reciclado y tecnologías de reutilización.....	54
35.	Indicador 2.1.10: Existencia de rellenos sanitarios.....	54
36.	Indicador 2.1.11: Cuenta con servicio de agua potable.....	55
37.	Indicador 2.1.12: Cómo obtiene el servicio de agua potable.....	55
38.	Indicador 2.1.13: Es constante el servicio de agua potable.....	56
39.	Indicador 2.1.14: Cuántas horas dispone de agua potable.....	56
40.	Indicador 2.1.15: Dónde almacena el agua potable.....	57
41.	Indicador 2.1.16: Tratamiento de aguas residuales.....	57
42.	Indicador 2.1.17: Existe unidad de cloración.....	58
43.	Indicador 2.1.18: Existen fugas en red de drenaje o agua potable.....	58
44.	Indicador 2.1.19: Se cobra tarifa por servicio de agua.....	59
45.	Indicador 2.1.20: Ubicación del sanitario en la vivienda.....	59
46.	Indicador 2.1.21: Cómo participan las comunidades locales en la mejora de la gestión de agua y saneamiento.....	60
47.	Indicador 2.1.22: Ha lavado los trastes de la cocina con agua del lago.....	60

48.	Indicador 2.2.23: Con qué frecuencia lava los trastes con agua del lago.....	61
49.	Indicador 2.1.24: Qué tipo de servicio sanitario tiene la vivienda.....	61
50.	Indicador 2.1.25: Cómo se deshace de las aguas grises.....	62
51.	Indicador 2.1.26: Existen aguas residuales expuestas a la intemperie.....	62
52.	Indicador 2.1.27: A dónde conecta el drenaje.....	63
53.	Indicador 2.1.28: Cuenta con servicio de electricidad.....	63
54.	Indicador 2.1.29: Consumo de electricidad.....	64
55.	Indicador: 2.1.30: Con qué cocina.....	64
56.	Indicador 3.1.1: Considera que su vivienda es segura ante los fenómenos naturales.....	65
57.	Indicadores 3.1.2: En época de lluvia se ha visto afectado por inundaciones.....	65
58.	Indicador 3.1.3: Clima del lugar.....	66
59.	Indicador 3.1.4: Sensación del clima en el interior de la vivienda es agradable y por qué.....	66
60.	Indicador 3.1.5: Tendencia de deslizamiento de tierra, No. de deslizamientos previos / años.....	67
61.	Indicador 3.1.6: Existencia de fallas presentadas en la estructura de la vivienda debido a los deslizamientos.....	68
62.	Indicador 3.1.7: Enfermedades comunes.....	68
63.	Indicador 3.1.8: Considera que su vivienda lo protege de los agentes ambientales.....	69
64.	Indicador 3.1.9: Existen incendios forestales.....	69
65.	Indicador 3.2.1: Percibe olores provenientes del lago.....	70
66.	Indicador 3.2.2: Le es molesto el olor.....	70
67.	Indicador 3.2.3: Presencia de plagas o suciedad en agua almacenada.....	71
68.	Indicador 3.2.4: Existencia de insectos.....	71
69.	Indicador 3.3.5: Predominancia de insectos.....	72

70.	Indicador 3.3.6: Coloración del agua del lago.....	73
71.	Indicador 3.2.7: Descomposición de materia orgánica cercana al lago.....	74
72.	Indicador 3.2.8: Existencia de salidas de aguas negras/grises al lago.....	74
73.	Indicadores 3.2.9: Existencia de basura en el agua del lago.....	75
74.	Indicador 3.2.10: Quema de basura en las cercanías.....	75
75.	Indicador 4.1.1: Utilización de materiales locales.....	76
76.	Indicador 4.1.2: Existencia de reglamento municipal de construcción.....	76
77.	Indicador 4.1.3: Licencia de construcción.....	77
78.	Indicador 4.1.4: Material del que están hechos los muros.....	77
79.	Indicador 4.1.5: Recubrimiento de los muros exteriores.....	78
80.	Indicador 4.1.6: Material del recubrimiento de los muros exteriores.....	78
81.	Indicador 4.1.7: Recubrimiento de los muros interiores.....	79
82.	Indicador 4.1.8: Material del recubrimiento de los muros interiores.....	79
83.	Indicador 4.1.9: Material del techo.....	80
84.	Indicador 4.1.10: Material de las puertas.....	80
85.	Indicador 4.1.11: Material de las ventanas.....	81
86.	Indicador 4.1.12: Material del recubrimiento del suelo.....	81
87.	Indicador 4.1.13: Profundidad aproximada de los cimientos.....	82
88.	Indicador 4.1.14: Ancho aproximado de los cimientos.....	82
89.	Indicador 4.1.15: Materiales utilizados para los cimientos.....	83
90.	Indicador 4.1.16: Se usó agua del lago en la construcción de la vivienda.....	83
91.	Indicador 4.1.17: Quién supervisó la construcción de la vivienda.....	84
92.	Indicador 4.2.1: Existen marcas de moho y humedad en los muros.....	85
93.	Indicador 4.2.2: Existe salitre en los muros.....	85
94.	Indicador 4.2.3: Existe deterioro del muro (no golpes).....	86
95.	Indicador 4.2.4: Deterioro del techo.....	86

96.	Indicador 4.2.5: Detalle del deterioro del techo.....	87
97.	Indicador 4.2.6: Deterioro de la cimentación.....	87
98.	Indicador 4.2.7: Detalle del deterioro de la cimentación.....	88
99.	Indicador 4.2.8: Deterioro de puertas.....	88
100.	Indicador 4.2.9: Detalle del deterioro de las puertas.....	89
101.	Indicador 4.2.10: Deterioro de las ventanas (opacidad del vidrio).....	89
102.	Indicador 4.2.11: Deterioro o desgaste de piso.....	90
103.	Indicador 4.2.12: Existencia de varillas de hierro expuestas.....	90
104.	Indicador 4.2.13: Existe tubería PVC expuesta.....	91
105.	Indicador 4.2.14: Presencia de hollín en muros.....	91
106.	Indicador 4.2.15: En época de lluvia existen filtraciones de agua.....	92
107.	Indicador 4.2.16: Lugar donde se filtra el agua.....	92
108.	Indicador 4.2.17: Realiza mantenimiento a su vivienda.....	93
109.	Indicador 4.2.18: Han realizado ampliaciones en la vivienda.....	93
110.	Imágenes recopiladas del estudio en las comunidades.....	94
111.	Pozo de la comunidad de El Salitre.....	94
112.	Figura Agua almacenada en toneles.....	95
113.	Aguas residuales expuestas.....	96
114.	Botellas de plástico acumuladas.....	97
115.	Goteo de aguas grises.....	98
116.	Aguas grises expuestas y humedad en muro.....	99
117.	Salida de aguas residuales hacia el lago y basura al fondo del barranco	99
118.	Salida de aguas residuales hacia el lago y dos pescadores trabajando.....	100
119.	Forma de cocinar de algunos habitantes de las comunidades estudiadas.....	101
120.	Viviendas bajo barrancos.....	101
121.	Viviendas entre la carretera y el lago de Amatitlán.....	102

122.	Lago de Amatitlán.....	103
123.	Viviendas a orillas del lago de Amatitlán.....	103
124.	Materia orgánica a orillas del lago de Amatitlán.....	104
125.	Basura quemada.....	104
126.	Block poroso.....	105
127.	Muro húmedo.....	106
128.	Óxido en puerta de metal.....	107
129.	Vivienda de madera deteriorada.....	107
130.	Deterioro de techo.....	108
131.	Desgaste de muro.....	109
132.	Humedad en muro.....	109
133.	Muro con salitre.....	110
134.	Tubería de PVC expuesta al sol.....	111
135.	Casa en buen estado.....	112

TABLAS

I.	Indicadores para la investigación.....	28
----	--	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
lb	Libra, unidad de medida de peso
ppm	Partículas por millón
f'c	Resistencia última del concreto

GLOSARIO

Azufre ambiental	Es un gas contaminante incoloro y con un olor desagradable que se origina en la combustión del carbón y del petróleo.
Covid-19	Enfermedad respiratoria muy contagiosa causada por el virus SARS-CoV-2. Afecta a diferentes personas de forma distinta. La mayoría de las personas infectadas desarrollarán una enfermedad de leve a moderada y se recuperarán sin necesidad de hospitalización.
Deletéreo	Denominación que reciben los materiales pétreos que contienen sustancias nocivas, que al emplearlos como agregados para concreto son perjudiciales para la durabilidad del mismo.
Desertificación	Consiste en una degradación persistente de los ecosistemas de las tierras secas producida por las variaciones climáticas y la actividad del hombre.
Disrupción	Ruptura brusca.
Estrés hídrico	Provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, entre otros).

Fenómeno ambiental	Se entiende por fenómeno ambiental aquella situación en la que las poblaciones se encuentran amenazadas por factores ambientales de diverso origen.
Google Docs	Es un potente procesador de texto y hoja de cálculo todo en línea, que permite crear nuevos documentos, editar los que ya teníamos o compartirlos en la red con otros usuarios.
Google Forms	Formularios de Google permite planificar eventos, enviar una encuesta, hacer preguntas a los alumnos o recopilar otros tipos de información de forma fácil y eficiente.
IGN	Instituto Geográfico Nacional.
Inocuo	Denominación que reciben los materiales pétreos que no contienen sustancias nocivas, que al emplearlos como agregados para concreto no son perjudiciales para la durabilidad del mismo.
Limo	Sedimento formado por fragmentos de diferentes rocas, es transportado en suspensión por ríos y por el viento. El diámetro de sus partículas varía de 0,002 mm a 0,06 mm.
NTG	Norma Técnica Guatemalteca.
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.

SNM

Sobre el Nivel del Mar.

Resiliencia

Materiales que se doblan sin romperse para recuperar la situación o forma original. Por ejemplo, un arco que se dobla para lanzar una flecha o los juncos bajo la fuerza del viento.

RESUMEN

Para el cumplimiento de los objetivos planteados para el presente trabajo de investigación fue necesario estudiar a las comunidades en el sitio.

La investigación se realizó por medio de encuestas a 51 viviendas, con indicadores también propuestos en la presente investigación, con los que se pretendió estudiar cuatro ámbitos: entorno general, en el que se estudió el terreno general donde estaban ubicadas las comunidades; habitabilidad, con lo que se estudiaron los servicios con los que cuentan los habitantes contemplando también su afección con relación a factores ambientales; materiales, con lo que se caracterizaron los materiales con los que estaban construidas las viviendas, y, por último, el estado de los materiales de construcción, con los que se estudió si existía deterioro que se le pudiera atribuir a la contaminación del lago de Amatlán.

Los principales resultados que se obtuvieron muestran que las comunidades tienen un fácil acceso hacia carreteras y un terreno favorable en la mayor parte de su extensión territorial. Los servicios de agua potable y alcantarillado son deficientes tanto en su distribución como en su manejo, respectivamente, lo cual puede afectar a la salud de los habitantes.

Las viviendas en su mayoría cuentan con más de 20 años de haber sido construidas y su mayor afección es la humedad del terreno, la cual produce moho en los muros, la propagación de plagas en madera y en pocos casos el deterioro en el recubrimiento de los muros, siendo esto en repello o pintura. Los habitantes se notan poco preocupados en cuanto al efecto de la contaminación de las aguas

del lago de Amatitlán en sus viviendas, dado que no se han presentado casos alarmantes con relación al deterioro de estas.

Habitar a las orillas del lago de Amatitlán ha influenciado fuertemente a su estilo de vida, hay quienes exponen que el lago en muchos casos ha sido fuente de empleo y alimentación. Han presenciado con el paso de los años una muerte lenta del cuerpo de agua que parece no tener solución, dado el poco interés de las organizaciones nacionales por tratar las principales causas de contaminación y deterioro del lago.

OBJETIVOS

General

Determinar los efectos de la contaminación del lago de Amatitlán en los materiales de construcción en viviendas de las comunidades de El Salitre, Tacatón y Cerritos.

Específicos

1. Identificar los materiales que utilizan las comunidades en estudio para la construcción de sus viviendas encuestando a los habitantes de las mismas.
2. Evaluar las condiciones de vida de las personas con base en sus servicios básicos y con las regulaciones de los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la ONU.
3. Evaluar las condiciones físicas de las viviendas enfatizando el estado de los materiales y su deterioro.
4. Exponer la opinión de los habitantes sobre la influencia del lago en su estilo de vida y la percepción de la contaminación del lago en sus viviendas.

INTRODUCCIÓN

En el año 2015 las Naciones Unidas adoptaron una agenda de desarrollo como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030. Este proyecto se titula Objetivos de Desarrollo Sostenible, siendo algunos de estos diecisiete objetivos las bases de la investigación que desarrollaremos.

Teniendo en cuenta que el crecimiento poblacional va de la mano con un crecimiento urbano, esto quiere decir que las comunidades que hoy son marginales mañana serán alcanzadas por la expansión urbana, deben estar preparadas ante ese crecimiento y es importante que las viviendas construidas actualmente tengan las condiciones que permitan que poblaciones futuras estén seguras y saludables.

La carencia de cuidado en las construcciones particulares de Guatemala es preocupante, comunidades enteras han sido construidas sin considerar la calidad de los materiales que utilizan, además el ambiente en el que están expuestas las construcciones afecta a sus características, por lo que si son cercanas a ambientes agresivos esta contaminación afecta al pasar los años reduciendo la resistencia y la durabilidad de los materiales, siendo el foco central de la investigación el encontrar los efectos que causa la contaminación del lago de Amatitlán a los materiales de las viviendas cercanas a sus orillas.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Lago de Amatitlán

El Lago de Amatitlán tiene su origen en la Era Cuaternaria y su formación se debe a los movimientos tectovolcánicos ocurridos en el área y provocados por los volcanes de Pacaya, Agua, Fuego y Acatenango. Durante esa época su extensión era de aproximadamente 80 Km, ocupando la superficie de los municipios de Amatitlán, Villa Nueva y Villa Canales, ya que se han encontrado fósiles de caracoles y pequeños esqueletos de peces, en excavaciones realizadas en esos lugares a principios del siglo XIX. Durante la época precolombina, el lago fue la fuente principal de abastecimiento de agua y de alimento para las tribus pocomam asentadas a su alrededor.¹

El Lago de Amatitlán se encuentra ubicado a 29 kilómetros de la ciudad capital, a una altura de 1,186 msnm, con una longitud máxima de 11 Km. Y un ancho máximo de 3,4 Km. Se estima que el volumen de agua es de 283 millones de metros cúbicos. Su profundidad promedio es de 18 metros y la máxima es de 31 metros. Actualmente tiene una extensión de 14,97 Km cuadrados. Los municipios que comparten la ribera del lago son: Amatitlán, Villa Canales, San Miguel Petapa y Villa Nueva.²

¹ AMSA. *Folleto nivel superior*. P. 4.

² *Ibíd.*, p. 5.

1.1.1. Flora

En el lago existen varias clases de plantas. En sus orillas se encuentran plantas como la *Jussiaea Peruviana*, o hierba de clavo, la *Typha sp* o tul. Otras plantas flotan, como la *Eichhornia Crassipes*, conocida como lechuguilla o ninfa. Entre las algas está la *Microcystis sp* (nata verde flotante), que produce un olor similar al gamezán, provoca irritación en la piel y al ser ingerida produce vómitos, pudiendo ocasionar la muerte.

Las algas se han reproducido en exceso debido a las grandes cantidades de fósforo y nitrógeno que llegan al lago provenientes de las aguas residuales domésticas, industriales y agroindustriales sin ningún tipo de tratamiento, las cuales son transportadas por el río Villalobos.³

1.1.2. Factores que influyen en el deterioro del lago

Son los siguientes:

1.1.2.1. Producción industrial

En la actualidad, Guatemala cuenta con más de 3 193 industrias reportadas por el INE, en 1996. De estas, 900 se encuentran ubicadas en la cuenca del lago de Amatitlán distribuidas en varias ramas como: textiles, alimenticias (que ocupan el 29,8 % de la mano de obra de los habitantes), metalúrgicas, galvanoplásticas, químicas, agroquímicas, curtiembres, jabones y cosméticos, yeso y cerámica, entre otras. Estas se distribuyen principalmente en las zonas 11 y 12 de la ciudad capital y en el municipio de Villa Nueva.

³ AMSA. *Folleto nivel superior*. p. 5.

En un estudio del Ministerio de ambiente y Recursos Naturales y la Agencia Japonesa JICA (Japón), el cual se llevó a cabo del 2007 al 2009, se evaluaron 400 industrias de siete municipios del departamento de Guatemala que pertenecen a la cuenca del lago de Amatitlán. El objetivo del estudio era evaluar el cumplimiento de las industrias respecto al acuerdo 236-2006-Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y Disposición de Lodos.⁴

1.1.2.2. Residuos sólidos

Debido a la concentración poblacional en la cuenca del lago, los residuos sólidos o basura se constituyen en uno de los más graves problemas de deterioro ambiental dentro del área. Se estima que una persona produce 1,5 lbs. al día de basura, lo cual, multiplicado por los 1,5 millones de habitantes del área de la cuenca, resulta en 2,25 millones de libras diarias. Por lo tanto, entre los mayores problemas que provoca la basura están su producción desmedida, disposición y manejo inadecuado. Hace 50 años no existían los productos de nylon o plástico, que son productos que se utilizan por poco tiempo, se acumulan rápido y no son biodegradables, constituyéndose en un gran problema para el ambiente.⁵

Otro problema es la mala disposición de los residuos. Los botaderos clandestinos que se crean en cualquier parte a través de la basura acumulada en las calles, quebradas y cunetas son un medio ideal para la reproducción de bacterias y el hábitat para roedores y moscas, entre otros. Los residuos sólidos son materiales con formas definidas como papel, botes, latas, cáscara de frutas, muebles viejos, botellas, frascos, bacterias de todo tipo, recipientes plásticos, entre otros. De acuerdo a su proveniencia, los residuos sólidos pueden clasificarse así:

⁴ AMSA. *Folleto nivel superior*. p. 7.

⁵ *Ibíd.*, p. 13.

- Agrícolas (cultivos).
- Comerciales (hoteles, restaurantes, mercados, oficinas, imprentas, talleres, gasolineras, tiendas).
- Industriales.
- Institucionales (escuelas, colegios, hospitales, cárceles, universidades).
- Domésticos (viviendas, condominios, apartamentos).
- Municipales (limpieza de calles y parques, demoliciones y construcciones).⁶

Dentro de cada una de las clasificaciones pueden establecerse varias categorías, por ejemplo: los residuos pueden ser tóxicos, peligrosos y no tóxicos. Los residuos tóxicos y peligrosos son aquellos que contienen sustancias que exigen un manejo especial. Si consideramos que todo este tipo de basura llega al lago de Amatitlán a través del río Villalobos, por fuertes vientos y lluvia, podremos medir la magnitud del problema que ocasiona.⁷

1.1.2.3. Residuos líquidos

El crecimiento acelerado de las áreas urbana e industrial de la ciudad de Guatemala y las cabeceras municipales de Mixco, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Villa Canales, Amatitlán y parte de Santa Catarina Pínula, ha provocado la eutrofización del lago de Amatitlán, enriqueciendo este cuerpo de agua con contaminantes como fosfatos, nitritos y materia orgánica. Dichas poblaciones no cuentan con tratamiento mínimo de aguas residuales ni de desechos sólidos domésticos.

⁶ AMSA. *Folleto nivel superior*. p. 14.

⁷ *Ibíd.*

Por tanto, las aguas residuales domésticas, que constituyen un 86 % de las aguas superficiales que ingresan al lago, y las aguas industriales, que constituyen un 14 %, son vertidas inicialmente a los barrancos, ríos, riachuelos y al suelo sin ningún tratamiento, teniendo como consecuencia la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, en niveles tan elevados que el lago de Amatitlán presenta un estado eutrófico, así como una elevada producción de algas y plantas acuáticas.

Así también, las descargas de aguas negras y agroquímicas aceleran el proceso de crecimiento de las algas que, al estar depositadas sobre la superficie de agua, impiden la penetración de los rayos solares y la circulación del agua para su oxigenación.⁸

1.1.2.4. Desestabilización de los ríos

La deforestación en las cabeceras de cuenca y en las riberas de ríos, la explotación descontrolada de materiales para la construcción, el crecimiento urbano desordenado y no planificado, han provocado un desequilibrio ecológico que ha incidido en el deterioro de los ríos de la cuenca y por tanto del lago de Amatitlán.⁹

1.2. Comunidades en estudio

Las comunidades que se estudiaron se describen en las siguientes páginas.

⁸ AMSA. Folleto nivel superior. p. 17.

⁹ *Ibíd.*, p. 21.

1.2.1. Aldea El Cerrito

- Localización geográfica: debido a los trabajos efectuados entre 1880 y 1882 para permitir la instalación de la vía férrea en la parte más estrecha del lago, también se le conoce como El Relleno, además que muchas personas han degenerado el nombre llamándole Cerritos. Esta aldea se encuentra a orillas del lago de Amatitlán, nororiente del municipio, a una distancia de 9 kilómetros de la cabecera municipal por la Carretera de Circunvalación, CA-2. Posee una extensión aproximada de 7 kilómetros cuadrados. Está limitada al norte por el lago de Amatitlán, al sur por la finca Panquejochó y aldeas Los Humitos y el Durazno, al Oriente por la aldea Tacatón y al Poniente por las colonias Edén Internacional y Planta Termoeléctrica La Laguna.
- El nombre correcto y oficial de esta aldea según el IGN es El Cerrito. Por la fuerza de la costumbre algunas personas han dado en llamarle Los Cerritos o El Relleno.
- Festividad: en la segunda semana de enero se realiza la celebración local en honor al señor de Esquipulas.¹⁰
- Turismo: aldea El Cerrito ha sido un lugar que atrae a los turistas, particularmente desde que se construyó el relleno para el paso del ferrocarril (1882). Las personas visitan el lugar para disfrutar del paisaje del lago, pescar con anzuelo o bien disfrutar una mojarra frita en las ventas a la orilla de la carretera. Otro lugar frecuentado es el conocido como Las Playas.¹¹

¹⁰ FAJARDO, Gil. *Tierra de Amatlés. Monografía del Municipio de Amatitlán*. p. 87.

¹¹Ibíd.

1.2.2. Aldea Tacatón

- Localización geográfica: está situada al nororiente de Amatitlán, km 35,5 sobre la carretera de circunvalación al lago CA2, a 11 kilómetros de distancia. Tiene una extensión aproximada de 6,5 km cuadrados. Está limitada al norte por el lago de Amatitlán, al sur por aldea Humitos, al oriente por finca Belén y al poniente por aldea El Cerrito. El IGN identifica a esta aldea a 1 200 SNM.
- Festividad: en marzo se celebra la festividad local en honor al Niño Dios de Belén, distinguiéndose una procesión acuática incluso con la participación de personas que hacen el viaje desde la playa principal del lago.
- Transporte colectivo: existe servicio de bus desde las cinco de la mañana. El viaje en bus desde el parque central de Amatitlán hasta Tacatón dura aproximadamente 30 minutos, mientras que en vehículo particular es de unos 15 minutos. Todo el recorrido es sobre carretera asfaltada.
- Turismo: el mayor atractivo lo constituyen las ruinas de la iglesia Pampichín, antiguo asentamiento de Amatitlán, que se encuentra a pocos kilómetros camino a aldea Mesillas Bajas.¹²

1.2.3. Colonia El Salitre

- Entre la playa y la carretera de circunvalación del lago de Amatitlán, a 3 kilómetros hacia el oriente de la cabecera municipal, se localiza la colonia

¹² FAJARDO, Gil. *Tierra de Amatlés. Monografía del Municipio de Amatitlán*. p. 89.

El Salitre. Está formada por una serie de chalets o casas de descanso, entre las cuales se distinguen tres conjuntos arquitectónicos: parque recreativo IRTRA Amatitlán, club social AGAYC y Casa de Retiros Jerusalén.

- Referencias históricas: en su playa recolectaba sal desde tiempos de la colonia, como lo indica Gage, en el capítulo IV de la tercera parte de la *Relación de sus viajes*: “se enriquecen por la sal que hacen o más que se recoge de los bordes del lago, donde todas las mañanas aparece, de donde se origina su nombre actual Salitre”¹³.

“De la producción artificial y abundante de sal blanca y gruesa de grano se beneficiaban los indios del pueblo de Amatitlán, por el fácil y seguro arte de coladeras”¹⁴.

- Transporte público: autobuses brindan el servicio entre Amatitlán y colonia El Salitre, cada media hora entre las siete de la mañana y siete de la noche. El viaje dura unos 10 minutos.¹⁵

1.3. Desarrollo sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, también conocidos como Objetivos Mundiales, se adoptaron por todos los estados miembros en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030.

¹³ GAGE, Thomas. *Relación de sus viajes*. p 54.

¹⁴ FUENTES Y GUZMÁN, Francisco Antonio. *Recordación florida*. p. 112.

¹⁵ FAJARDO, Gil. *Tierra de Amatlés. Monografía del Municipio de Amatitlán*. p. 108.

Los 17 ODS están integrados, ya que reconocen que las intervenciones en un área afectarán los resultados de otras y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad del medio ambiente, de forma económica y social.¹⁶

A continuación se mostrarán los objetivos de desarrollo sostenible por los que nos guiaremos para nuestra investigación.

1.3.1. Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento

La escasez de agua afecta a más del 40 por ciento de la población mundial, una cifra alarmante que probablemente crecerá con el aumento de las temperaturas globales producto del cambio climático. Aunque 2 100 millones de personas han conseguido acceso a mejores condiciones de agua y saneamiento desde 1990, la decreciente disponibilidad de agua potable de calidad es un problema importante que aqueja a todos los continentes.

Cada vez más países están experimentando estrés hídrico, y el aumento de las sequías y la desertificación ya está empeorando estas tendencias. Se estima que al menos una de cada cuatro personas se verá afectada por escasez recurrente de agua para 2050.

Con el fin de garantizar el acceso universal al agua para todos en 2030, es necesario realizar inversiones adecuadas en infraestructura, proporcionar instalaciones sanitarias y fomentar prácticas de higiene. Asegurar el agua potable segura y asequible universal implica llegar a más de 800 millones de personas

¹⁶ Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo. *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>. Consulta: 8 de marzo de 2020.

que carecen de servicios básicos y mejorar la accesibilidad y seguridad de los servicios por más de dos mil millones.¹⁷

1.3.2. Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos

La energía es central para casi todos los grandes desafíos y oportunidades a los que hace frente el mundo actualmente. Ya sea para los empleos, la seguridad, el cambio climático, la producción de alimentos o para aumentar los ingresos, el acceso a la energía para todos es esencial. La energía sostenible es una oportunidad que transforma vidas, economías y el planeta.¹⁸

1.3.3. Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles

Más de la mitad de la población mundial vive hoy en zonas urbanas. En 2050, esa cifra habrá aumentado a 6 500 millones de personas, dos tercios de la humanidad. No es posible lograr un desarrollo sostenible sin transformar radicalmente la forma en que construimos y administramos los espacios urbanos.

El rápido crecimiento de las urbes en el mundo en desarrollo -como resultado de la creciente población y del incremento en la migración- ha provocado un incremento explosivo de las mega urbes, especialmente en el mundo desarrollado, y los barrios marginales se están convirtiendo en una característica más significativa de la vida urbana.

¹⁷ Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo. *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>. Consulta: 8 de marzo de 2020.

¹⁸ Organización de las Naciones Unidas. *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. p. 37.

Mejorar la seguridad y la sostenibilidad de las ciudades implica garantizar el acceso a viviendas seguras y asequibles y el mejoramiento de los asentamientos marginales. También incluye realizar inversiones en transporte público, crear áreas públicas verdes y mejorar la planificación y gestión urbana de manera que sea participativa e inclusiva.¹⁹

1.3.4. Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

El cambio climático afecta a todos los países en todos los continentes, produciendo un impacto negativo en su economía, la vida de las personas y las comunidades. En un futuro se prevé que las consecuencias serán peores. Los patrones climáticos están cambiando, los niveles del mar están aumentando, los eventos climáticos son cada vez más extremos y las emisiones del gas de efecto invernadero están ahora en los niveles más altos de la historia. Si no actuamos, la temperatura media de la superficie del mundo podría aumentar unos 3 grados centígrados este siglo. Las personas más pobres y vulnerables serán los más perjudicados.

Una de las metas de este objetivo es fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.²⁰

¹⁹ Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo. *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>. Consulta: 8 de marzo de 2020.

²⁰ *Ibíd.*

1.4. Vivienda adecuada

Una vivienda adecuada debe brindar más que cuatro paredes y un techo. Deben satisfacerse varias condiciones para que una forma particular de vivienda pueda considerarse que constituye vivienda adecuada. Estos elementos son tan fundamentales como la oferta y disponibilidad básicas de vivienda. Para que la vivienda sea adecuada, debe reunir como mínimo los siguientes criterios:

- La seguridad de la tenencia: la vivienda no es adecuada si sus ocupantes no cuentan con cierta medida de seguridad de la tenencia que les garantice protección jurídica contra el desalojo forzoso, el hostigamiento y otras amenazas.
- Disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones e infraestructura: la vivienda no es adecuada si sus ocupantes no tienen agua potable, instalaciones sanitarias adecuadas, energía para la cocción, la calefacción y el alumbrado, y conservación de alimentos o eliminación de residuos.
- Asequibilidad: la vivienda no es adecuada si su costo pone en peligro o dificulta el disfrute de otros derechos humanos por sus ocupantes.
- Habitabilidad: la vivienda no es adecuada si no garantiza seguridad física o no proporciona espacio suficiente, así como protección contra el frío, la humedad, el calor, la lluvia, el viento u otros riesgos para la salud y peligros estructurales.
- Accesibilidad: la vivienda no es adecuada si no se toman en consideración las necesidades específicas de los grupos desfavorecidos y marginados.

- Ubicación: la vivienda no es adecuada si no ofrece acceso a oportunidades de empleo, servicios de salud, escuelas, guarderías y otros servicios e instalaciones sociales, o si está ubicada en zonas contaminadas o peligrosas.
- Adecuación cultural: la vivienda no es adecuada si no toma en cuenta y respeta la expresión de la identidad cultural.²¹

1.5. Censo 2018

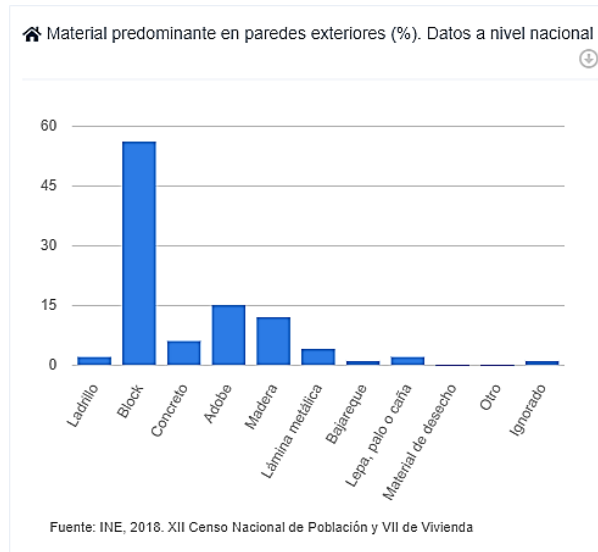
El XII censo de población y VII de vivienda presenta los siguientes resultados a cerca de las viviendas guatemaltecas.

1.5.1. Material predominante en paredes exteriores

Se puede apreciar que el 56 % de las viviendas en Guatemala es construido por *block* de concreto, seguido por un 15 % que se construye con adobe. En el caso específico de Amatitlán, el material predominante en los muros exteriores es el *block*, con un 75 % de las viviendas, seguido por muros de concreto y lámina metálica.

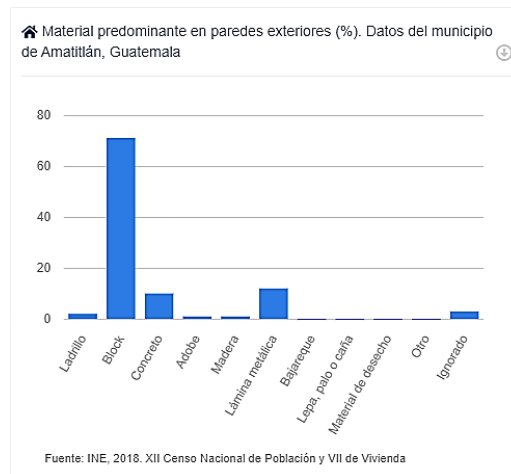
²¹ Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. *El derecho a una vivienda adecuada*. p. 4.

Figura 1. **Material predominante en paredes exteriores a nivel nacional**



Fuente: INE. 2018 XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda. s/p.

Figura 2. **Material predominante en muros exteriores en Amatitlán**

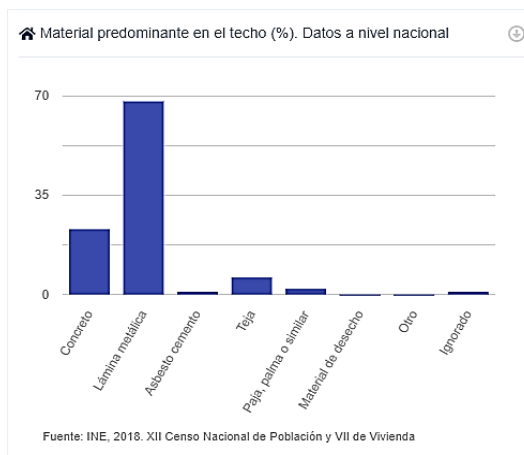


Fuente: INE. 2018 XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda. s/p.

1.5.2. Material predominante en el techo

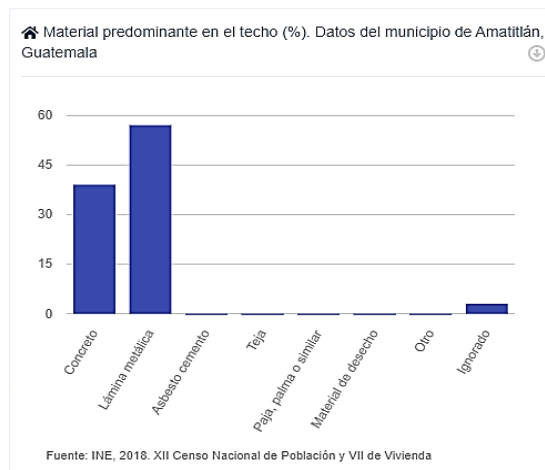
A nivel nacional el material con el cual los guatemaltecos cubren sus techos es con lámina metálica, seguido por el concreto, ya sea losa tradicional o prefabricada.

Figura 3. **Material predominante en el techo a nivel nacional**



Fuente: INE. 2018 XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda. s/p.

Figura 4. **Material predominante en el techo en Amatitlán**

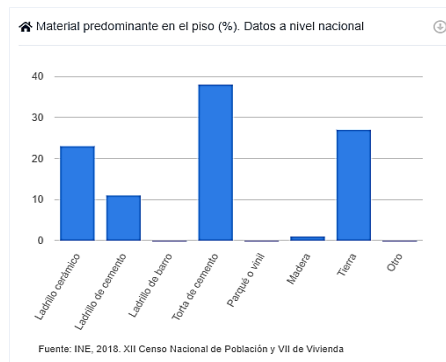


Fuente: INE. 2018 XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda. s/p.

1.5.3. Material predominante en el piso

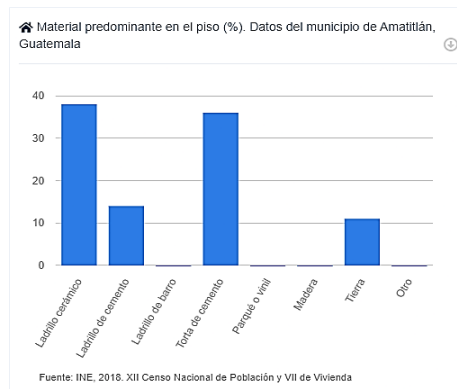
Se puede apreciar tres grandes grupos, uno de los cuales es la tierra, muestra de que muchas viviendas en Guatemala presentan esta precariedad que puede llegar a generar problemas estéticos, así como de salud al haber exposición al polvo que es levantado y posiblemente ingerido.

Figura 5. Material predominante en el piso, nivel nacional



Fuente: INE. 2018 XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda. s/p.

Figura 6. Material predominante en el piso en Amatitlán



Fuente: INE. 2018 XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda. s/p.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Materiales de construcción

Se mencionan a continuación:

2.1.1. Agua

Prácticamente cualquier agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor se puede usar como agua de mezcla (de mezclado, de amasado) para la preparación del concreto. Sin embargo, también se pueden emplear en concreto algunas aguas que no se consideran potables.²²

2.1.2. Los agregados

Se entiende por agregados a una colección de partículas de diversos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza, ya sea en forma de finos, arenas y gravas o como resultado de la trituración de rocas.

Cuando el agregado proviene de la desintegración de las rocas debido a la acción de diversos agentes naturales se llama agregado natural, y cuando proviene de la desintegración provocada por la mano del hombre se le puede distinguir como agregado de trituración, pues este método es el que generalmente se aplica para obtener el tamaño adecuado.

²² KOSMATKA, Steven; KERKHOFF, Beatrix; PANARESE, William; TANESI, Jussara, *PCA*. p. 95.

Los agregados naturales y los de trituración se distinguen por tener por lo general un comportamiento constructivo diferente, sin embargo, se pueden llegar a combinar teniendo la mezcla a su vez características diferentes.²³

2.1.3. Vidrio

Es otro de los materiales cerámicos usados comúnmente en la construcción, es un material compacto, homogéneo, transparente y muy resistente a la acción de los agentes atmosféricos.²⁴

2.1.4. Madera

La madera es un material renovable que el hombre ha utilizado desde tiempos remotos para diferentes fines: elaboración de herramientas, utensilios, muebles, entre otros. Fue el primer material de construcción trabajado por el hombre, que le proporcionó protección.²⁵

La madera es un material que se caracteriza por ser:

- Higroscópico: porque es capaz de perder o ganar humedad para ponerse en equilibrio con el medio ambiente.
- Heterogéneo: por células de diferentes tamaños y grosores, las propiedades varían de un árbol a otro de la misma especie y a lo largo de un mismo tronco.
- Anisotrópico: las propiedades físicas, mecánicas y de trabajabilidad son diferentes según el plano considerado.

²³ GÓMEZ, Jorge. *Materiales de construcción*. p. 63.

²⁴ GUTIÉRREZ, Libia. *El concreto y otros materiales para la construcción*. p. 141.

²⁵ *Ibíd.*, p. 145.

- Biodegradable: puede ser atacado por hongos e insectos. La magnitud del daño depende de las características de madurez y del grado de protección que se le dé.
- Combustible: por su composición química arde fácilmente.
- Deformable: cuando está sometido a carga y cuando esta actúa en forma permanente la deformación es irreversible.
- Fácil de trabajar, lo que permite diversidad de usos con poco gasto de energía.²⁶

2.1.5. Hierro

Industrialmente se designa con el nombre de hierro no al elemento químico de símbolo Fe, sino a las aleaciones del hierro con otros elementos que le acompañan, en forma de impurezas, en su obtención o añadidos expresamente para modificar sus propiedades, como el carbono, silicio, manganeso, fósforo, azufre, entre otros.²⁷

Las características y demás propiedades del hierro varían según su composición química, proceso de obtención y demás, pero gracias a estas variaciones es que se puede obtener una gran variedad de productos derivados del hierro, que se acomodan a los usos y necesidades de la industria y de la construcción.²⁸

²⁶ GUTIÉRREZ, Libia. *El concreto y otros materiales para la construcción*. p. 145.

²⁷ MOLINA, Arturo. *Materiales de construcción en ingeniería civil*. p. 65.

²⁸ *Ibíd.*, p. 66.

2.1.6. El yeso

El yeso es un material muy útil en la construcción, se le emplea en forma intensiva en los acabados interiores de las construcciones. Uno de los mejores atractivos del yeso es que se le puede aplicar con suma facilidad sobre los muros de tabique, sobre el bloque de concreto, sobre metales desplegados y sobre otras superficies. La superficie terminada puede quedar tan lisa como se quiera cuando se emplean pastas de yeso.²⁹

2.1.7. El cemento Portland

El cemento Portland es un material producto de la fusión química a altas temperaturas de materiales calcáreos y arcillosos, este nuevo producto reacciona cuando hace contacto con el agua endureciéndose con el tiempo hasta convertirse en una piedra artificial, por lo que recibe también el nombre de cemento hidráulico.

El método básico bajo el que se puede producir el cemento Portland fue descubierto por el inglés Joseph Aspdin en 1824, quien identificó al cemento como Portland por la semejanza del cemento endurecido con las canteras de la isla de Portland en Inglaterra. Desde su descubrimiento el cemento Portland se ha constituido en el material de construcción por excelencia, contándose a la fecha con una gran variedad de aplicaciones de productos derivados del cemento.³⁰

²⁹ GÓMEZ, Jorge. *Materiales de construcción*. p. 36.

³⁰ *Ibíd.* p. 48.

2.1.8. Ladrillos

Los ladrillos de barro cocido son prismas que pueden manejarse con una sola mano. Es uno de los productos más usados en la construcción de muros de carga o simplemente tabiques. Los ladrillos obtenidos poseen diversidad de formas, siendo los más comunes:

- Ladrillo perforado: ladrillo con agujeros que ocupan del 5 al 33 % del área total.
- Ladrillo hueco: ladrillo con agujeros que exceden del 33 % del área total.
- Ladrillo macizo (o tayuyo): ladrillo sin agujeros.³¹

2.1.9. Adobes

Los adobes son piezas moldeadas de barro sin cocer, de dimensiones variables, constituyendo un producto de regular calidad, por su escasa resistencia y poca durabilidad.

Los materiales que se utilizan para la fabricación de los adobes deben ser barros con cierta cantidad de arena (barros con mucha arcilla pueden producir cuarteaduras, y barros con mucha arena pueden dar adobes fácilmente desmoronables).

Deben ser barros sin piedras, basura o residuos vegetales, considerándose como buen material aquel que cuando se mezcla con agua produce un producto que puede alargarse en una cinta de 10 cm.

³¹ MOLINA, Arturo. *Materiales de construcción en ingeniería civil*. p. 90.

La fabricación de los adobes es tradicionalmente conocida: consiste en agregar agua y fibras (paja, crines, bagazo de caña) para producir una masa plástica que se deja reposar durante 2 días, después de los cuales previo a un amasado inicial se coloca en moldes de madera humedecidos y polvoreados con arena o polvo de ladrillo para evitar que los adobes se adhieran al molde.³²

2.1.10. Bloque hueco de concreto

Es un elemento simple, hecho de concreto, en forma de prisma, con uno o más huecos transversales en su interior, de manera que:

- El área neta del elemento sea de un 50 % a un 75 % del área bruta del elemento.
- Cuando es usado en un muro, forma cavidades internas con un área total en el plano horizontal, de más del 25 % pero no más del 50 % del área de la sección transversal horizontal del muro.³³

2.1.10.1. Clasificación y uso

- Clase A. Uso estructural con baja absorción de humedad. Para uso en muros exteriores o interiores que soportan carga por debajo o sobre el nivel del suelo. Muros de contención, muros de cimentación, muros de división que soportarán carga. Para edificaciones con áreas mayores de 100 m² de construcción, de uno o dos niveles.
- Clase B. Uso general con mediana absorción de humedad. Muros exteriores o interiores que soportan carga sobre el nivel del suelo, para

³² MOLINA, Arturo. *Materiales de construcción en ingeniería civil*. p. 91.

³³ Comisión Guatemalteca de Normas. *COGUANOR NTG 41054*. s/p.

edificaciones con un área máxima de 100 m² de construcción y distribución simétrica, de uno o dos niveles.

- Clase C. Uso no estructural con alta absorción de humedad. Muros exteriores o interiores sobre el nivel del suelo, que no soportan carga, o que la soportan en muros de edificaciones de un nivel, menores de 50 m² de construcción con distribución simétrica. También para muros colindantes entre terrenos.³⁴

2.1.11. Adoquín de concreto

Elemento compacto de concreto, prefabricado, con la forma de prisma recto, cuyas bases pueden ser polígonos, que permiten conformar superficies completas como componente de un pavimento articulado, estos pueden ser bicapa o monocapa.³⁵

- Adoquín monocapa. Elemento conformado de una sola capa de concreto.
- Adoquín bicapa. Si el adoquín se compone de dos capas de concreto de características diferentes, la capa de desgaste no deberá tener menos de 8 mm de espesor. En ningún momento durante el uso de los adoquines ni durante su ensayo a flexión se debe presentar separación o desprendimiento total o parcial de las dos capas de los adoquines bicapa.³⁶

³⁴ Comisión Guatemalteca de Normas. *COGUANOR NTG 41054*. s/p.

³⁵ *Ibíd.*

³⁶ *Ibíd.*

2.2. Indicadores

Un indicador es una herramienta que muestra indicios o señales de una situación, actividad o resultado. Un indicador es una herramienta cuantitativa o cualitativa que muestra indicios o señales de una situación, actividad o resultado; brinda una señal relacionada con una única información, lo que no implica que esta no pueda ser reinterpretada en otro contexto.

Cada indicador brinda información relevante y única respecto a algo: una señal que debe ser interpretada de una única manera, dado que tiene un solo objetivo. Por ejemplo, la luz roja de un semáforo tiene como objetivo indicar cuándo un automóvil debe detenerse; el algo que se quiere mostrar. Para entender ese algo, debe comprenderse que los indicadores tienen un objetivo concreto, y dado que este es único, la información relacionada con el indicador es única.³⁷

Los indicadores deben permitir monitorear el logro de los objetivos a los que se encuentran asociados; sin embargo, es posible medir diferentes dimensiones del desempeño para un mismo objetivo. La dimensión del indicador se define como el aspecto del logro del objetivo a cuantificar, esto es, la perspectiva con que se valora cada objetivo. Se consideran cuatro dimensiones generales para los indicadores: eficacia, eficiencia, calidad y economía.³⁸

³⁷ CONEVAL. *Manual para el Diseño y la Construcción de Indicadores. Instrumentos principales para el monitoreo de programas sociales de México.* p. 12.

³⁸ *Ibíd.*, p. 20.

2.2.1. Desarrollo de cada indicador

Deberá precisarse el nombre y la definición de cada indicador, y ubicársele en el marco de referencia que se esté utilizando. Habrán de señalarse, además, las fuentes de obtención de la información de base; la fórmula de cálculo y, en su caso, los criterios para ello; las posibles formas de desagregar el indicador (por género, entidad, modalidad de escuela, entre otros), y aportar elementos para la interpretación de los resultados.

Pese a todos los esfuerzos que se hagan, es seguro que el resultado de esta etapa no será un indicador perfecto, por lo que será necesario llevar a cabo, en la siguiente etapa, un proceso de depuración y refinamiento.

2.2.2. Criterios iniciales al crear indicadores

Antes de proceder a organizar costosos procesos de recolección de información para alimentar un sistema de indicadores, cada uno de los elementos que lo forman deberá someterse a un cuidadoso escrutinio, mediante un procedimiento de evaluación entre expertos y usuarios, para valorar a priori el grado en que cada indicador parece satisfacer los criterios de calidad aplicables que son, al menos, los siguientes:

- Validez, cualidad técnica básica, la propiedad del indicador que consiste en que mida realmente lo que se pretende que mida.
- Confiabilidad, la otra cualidad técnica esencial, consistente en que el indicador se defina conceptual y operacionalmente de forma tal que la información que permita obtener sea consistente a lo largo de sucesivas aplicaciones.

- Comparabilidad, si el indicador es aplicable en contextos diferentes de modo tal que permita comparaciones significativas.
- Estabilidad temporal, si permite comparaciones a lo largo del tiempo.
- Actualidad de la información que ofrece el indicador (*freshness*), ya que uno que no pueda ofrecer información razonablemente reciente, no tiene mucho valor.
- Factibilidad de implementación del indicador, si la información necesaria para construirlo puede obtenerse. Cuando esa información no esté disponible, deberá valorarse la importancia del indicador en relación con el costo que implicará.
- Utilidad, como el grado en que el indicador se refiera a un aspecto en el que las decisiones que tomen los responsables puedan impactar de manera significativa.
- Claridad, en el sentido de que la manera en que presente la información deberá facilitar una adecuada interpretación por parte de los usuarios.³⁹

³⁹ MARTÍNEZ, A. *Los indicadores como herramientas para la evaluación de la calidad de los sistemas educativos*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-109X2010000200004. Consulta: 15 de junio de 2020.

2.2.3. Categorización de los indicadores

Categorizar los indicadores es importante para darle un orden a la investigación y la evaluación. En esta investigación se tienen cuatro categorías principales, siendo estas:

- Entorno general
- Habitabilidad
- Factores ambientales
- Materiales y estado de la vivienda

2.2.3.1. Entorno general

Como primer punto de la investigación de campo se observan las características del terreno y ambiente cercano a las viviendas.

2.2.3.2. Habitabilidad

Como se menciona en *El derecho a una vivienda adecuada* de la ONU, la habitualidad debe ser adecuada en cuanto a la protección del ser humano a los factores ambientales, así como un adecuado espacio con el cual pueda desarrollarse. En esta sección también se contempla estudiar el acceso a los servicios básicos y saneamiento de la vivienda.

2.2.3.3. Factores ambientales

Todos los seres vivos se ven influenciados por el ambiente al que están expuestos, por lo que si se encuentra en un ambiente saludable este crece saludable. En caso contrario, un ambiente peligroso, este crece con deficiencias

arriesgando su salud. Las comunidades a estudiar cercanas al lago de Amatitlán se ven influenciadas por un ambiente notoriamente por la contaminación, por lo que estudiaremos cuál es su experiencia ante este hecho.

2.2.3.4. Materiales y estado de la vivienda

En esta sección se estudia y caracteriza cuáles son los materiales de construcción que las comunidades estudiadas utilizan, así como las condiciones de estos materiales, en busca de deterioros causados tentativamente por agentes ambientales a los que están expuestos.

2.3. Indicadores para la investigación

Los siguientes indicadores fueron trabajados para acoplarlos a los intereses de la investigación y al entorno de estudio, es decir a las comunidades cercanas al lago de Amatitlán.

Tabla I. Indicadores para la investigación

1	Entorno General		
1.1			
	indicador central	Unidad de medida	Observaciones
1.1.1	Tiene acceso a carreteras principales	Sí/No	
1.1.2	Topografía del terreno (alrededores)	Plano/pendiente regular/ pendiente pronunciada	
1.1.3	Topografía del terreno (vivienda)	Plano/pendiente regular/ pendiente pronunciada	
1.1.4	Cercanía al lago (horizontal)	Metros	
1.1.5	Diferencia entre el lago y su vivienda (altura)	Metros	
2	Habitabilidad		
2.1	Salud y condiciones de vivienda		

Continuación tabla I.

2.1.3	Cuántos niveles tiene la vivienda	Cantidad	
2.1.4	Cantidad de habitaciones	Cantidad	
2.1.5	Comparten espacios varios ambientes en una habitación, cuantos	Cantidad	
2.1.6	Ha consumido alimentos provenientes del lago (peces)	Sí/no	
2.1.7	Con qué frecuencia consume alimentos provenientes del lago	Diariamente/una vez por semana/ una vez por mes	
2.1.8	Cómo eliminan la basura del hogar	Recolector municipal/ recolector privado/la quema	
2.1.9	Reciclado y tecnologías de reutilización	Sí/no/descripción	
2.1.10	Existencia de rellenos sanitarios		
2.1.11	Cuenta con servicio de agua potable	Sí/no	
2.1.12	Cómo obtiene el servicio de agua potable	Río/pozo/agua de tubería/pipas	
2.1.13	Es constante el servicio de agua potable	Sí/no	
2.1.14	Cuántas horas dispone de agua potable	Horas	
2.1.15	Dónde almacena el agua potable	Tonel/pila/almacén especial	
2.1.16	Tratamiento de aguas residuales		
2.1.17	Existe unidad de cloración		
2.1.18	Existen fugas en red de drenaje o agua potable		
2.1.19	Se cobra tarifa por servicio de agua		
2.1.20	Ubicación del sanitario en la vivienda	Interior/externo	
2.1.21	Participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión de agua y el saneamiento		

Continuación tabla I.

2.1.22	Ha lavado los trastes de la cocina con agua del lago	Sí/no	
2.1.	Con qué frecuencia lava los trastes con	Diariamente/una vez por semana/	
23	agua del lago	una vez por mes	
2.1.24	Qué tipo de servicio sanitario tiene la vivienda	Inodoro a red/letrina	
2.1.25	Cómo se deshace de las aguas grises	Red de tubería sanitaria/sin drenajes	
2.1.26	Existen aguas negras o grises expuestas a la intemperie	Sí/no	
2.1.27	A dónde conectan el drenaje	Red municipal/al lago/fosa séptica	
2.1.28	Cuenta con servicio de electricidad	Sí/no	
2.1.29	Consumo de electricidad	kW	
2.1.30	Con qué cocina	Gas/leña/electricidad	
3	Factores Ambientales		
3.1	Exposición y Riesgo		
3.1.1	Considera que su vivienda es segura ante los fenómenos naturales	Sí/no	
2.1.28	Cuenta con servicio de electricidad	Sí/no	
2.1.29	Consumo de electricidad	kW	
2.1.30	Con qué cocina	Gas/leña/electricidad	
3	Factores Ambientales		
3.1	Exposición y Riesgo		
3.1.1	Considera que su vivienda es segura ante los fenómenos naturales	Sí/no	
3.1.2	En época de lluvia se ha visto afectado por inundaciones	Sí/no	
3.1.3	Clima del lugar	Seco/húmedo/otro	
3.1.4	¿Sensación del clima en el interior de la vivienda es agradable y por qué?	Sí/no, descripción	
3.1.5	Tendencia de deslizamiento de tierra	No. De deslizamientos previos / años	

Continuación tabla I.

3.1.6	Existencia de fallas presentadas en la estructura de la vivienda debido a los deslizamientos	Sí / No	
3.1.7	Enfermedades comunes	Descripción	
3.1.8	Considera que su vivienda lo protege de agentes ambientales	Sí/no	
3.1.9	Existen incendios forestales	Sí / No	
3.2	Contaminación		
3.2.1	Percibe olores provenientes del lago	Sí/no	
3.2.2	Le es molesto el olor	Sí/no	
3.2.3	Presencia de plagas o suciedad en agua almacenada	Sí / No	
3.2.4	Existencia de insectos	Imperceptible/considerable/crítico	
3.2.5	Predominancia de insectos	Descripción	
3.2.6	Coloración del agua	Claro/marrón/verde	
3.2.7	Descomposición de materia orgánica cercana al lago	Baja/media/alta	
3.2.8	Existencia de salidas aguas negras/grises al lago		
3.2.9	Existencia de basura en el agua del lago	Baja/media/alta	
3.2.10	Quema de basura en las cercanías	Sí/no	
4	Materiales y Estado de la Vivienda		
4.1	Materiales de la Vivienda		
4.1.1	Utilización de materiales locales		
4.1.2	Existencia de reglamento Municipal de construcción		
4.1.3	Licencia de construcción		
4.1.4	Material del que están hechos los muros	ladrillo/block/concreto/adobe/madera	
4.1.5	Recubrimiento de los muros exteriores	Sí/no	
4.1.6	Material del recubrimiento muros exteriores	Pintura solo/cernido/ Pintura+cernido/no tiene	

Continuación tabla I.

4.1.7	Recubrimiento de los muros interiores	Sí/no	
4.1.8	Material del recubrimiento de los muros interiores	Pintura solo/cernido/ pintura+cernido/no tiene	
4.1.9	Material del techo	Lámina/concreto/madera	
4.1.10	Material de las puertas	Madera/metal/plástico	
4.1.11	Materiales de las Ventanas	Madera/metal/plástico	
4.1.12	Material del recubrimiento del suelo	Baldosa cerámica/baldosa de concreto/torta de concreto/no tiene	
4.1.13	Profundidad aproximada de los cimientos	M	
4.1.14	Ancho aproximado de los cimientos	M	
4.1.15	Materiales utilizados para los cimientos	Descripción	
4.1.16	Se usó agua del lago en la construcción de la vivienda	Sí/no	
4.1.17	Quién supervisó la construcción de la vivienda	Albañil/un profesional	
4.2	Deterioro y Desgaste de los Materiales		
4.2.1	Existe marcas de moho y humedad en los muros	Sí/no	
4.2.2	Existe salitre en los muros	Sí/no	
4.2.3	Existe deterioro del muro (no golpes)	Sí/no	
4.2.4	Deterioro del techo	Imperceptible/moderado/considerable	
4.2.5	Detalle del deterioro del techo	Corrosión, porosidades, oxidación, otro	
4.2.6	Deterioro de la cimentación	Imperceptible/moderado/considerable	
4.2.7	Detalle del deterioro de la cimentación	Corrosión, porosidades, oxidación, otro	
4.2.8	Deterioro de puertas	Imperceptible/moderado/considerable	
4.2.9	Detalle del deterioro de las puertas	Plagas/humedad/oxidación	
4.2.10	Deterioro de ventanas (opacidad del vidrio)	Ninguna/moderado/alta	
4.2.11	Deterioro o desgaste de piso	Imperceptible/moderado/considerable	

Continuación tabla I.

4.2.12	Existencia de varillas de hierro expuestas	Sí/no	
4.2.13	Existe tubería PVC expuesta	Sí/no	
4.2.14	Presencia de hollín en muros	Sí/no	
4.2.15	En época de lluvia existen filtraciones de agua	Sí/no	
4.2.16	Lugar donde se filtra el agua	Techo/muros/piso	
4.2.17	Realiza mantenimiento a su vivienda	Nunca/ocasionalmente/siempre	
4.2.18	Han realizado ampliaciones en la vivienda	Sí/no	

Fuente: elaboración propia.

2.4. Visita al lago de Amatitlán

Se describe a continuación todo lo relacionado con este tema.

2.4.1. Organizaciones de apoyo al Lago de Amatitlán

Son las siguientes:

2.4.1.1. AMSA

Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán. Con el nombre de Autoridad para el Rescate y Resguardo del Lago de Amatitlán (ARLA), se inicia el proyecto para su recuperación y conservación. La institución fue creada por Acuerdo Gubernativo 489-85 emitido por el jefe de Estado el 12 de junio de 1985, modificado por los Acuerdos Gubernativos números 1110-85 del 8 de noviembre de 1985, y 211-87 del 245 de marzo de

1987, cuya naturaleza, capacidad jurídica, funciones y ámbito de competencia no se encontraban suficientemente establecidas en dichos acuerdos, siendo necesario redefinir todos estos aspectos, para darle la importancia, apoyo y protección que la Autoridad requiere, quedando derogados todos los acuerdos anteriormente mencionados.

Por esta razón se emitió una nueva disposición legal, el Acuerdo Gubernativo No. 204-93 del 7 de mayo de 1993, cuyo fin específico era planificar, coordinar y ejecutar las acciones del sector público y privado que fueran necesarias para preservar el Lago de Amatitlán y todas sus cuencas tributarias.

El 18 de septiembre de 1996 el Congreso de la Republica, por medio del Decreto 64-96, emitió la Ley de creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA) para darle mayor potestad, apoyo y protección a la citada autoridad, derogando el anterior Acuerdo Gubernativo.

Por tanto, es creada como un Organismo al más alto nivel con el fin específico de planificar, coordinar y ejecutar todas las acciones y medidas del sector público y privado que sean necesarias para recuperar el ecosistema del lago de Amatitlán y todas sus cuencas tributarias, mejorando la calidad de vida de los habitantes. El 17 de marzo de 1999 la Presidencia de la República, mediante Acuerdo Gubernativo 186-99, aprueba y publica el Reglamento de AMSA.⁴⁰

⁴⁰ AMSA. *Folleto nivel superior*. p. 2.

2.4.1.2. Amigos al rescate del lago de Amatitlán

Amigos al rescate del lago de Amatitlán nace para pronunciarse sobre el estado del lago de Amatitlán en mayo del año 2015, luego de la inactividad de FUNDALAGO como su sucesor realiza trabajos de concientización ambiental y crea propuestas para mejorar y rescatar el lago de Amatitlán.

Según las palabras de Daniel Hernández, cofundador de Amigos al Rescate del Lago de Amatitlán, la contaminación del lago tiene una larga historia que se puede atribuir a cuando la ciudad capital fue trasladada al Valle de la Ermita y desde entonces la contaminación no ha dejado de incrementar a pesar de los múltiples trabajos de organizaciones en el mantenimiento del lago.

2.4.2. Visita al lago de Amatitlán

Con el fin de conocer más las comunidades de estudio, se decidió explorar por lancha el lago de Amatitlán y observar desde esa perspectiva el estado del lago. Se contó con la ayuda del cofundador de Amigos al Rescate del Lago de Amatitlán para las gestiones necesarias a AMSA, para solicitar una lancha en la cual realizaríamos el viaje por el lago de Amatitlán.

El día 17 de julio del 2020, nuestro punto de reunión fue frente a NAUTICA, dependencia de AMSA a las 10 de la mañana, en ese lugar conocimos a Mario Sigüenza, quien sería nuestro piloto. Con las medidas de seguridad tales como chaleco salvavidas y las necesarias para protegernos de COVID-19, fuimos cuatro personas sobre la lancha con el espacio suficiente para guardar distancia entre nosotros.

Figura 7. **Llegada a Náutica, AMSA**



Fuente: Náutica AMSA, Amatitlán, Guatemala.

El viaje fue realizado por la orilla del lago, hasta llegar a la comunidad de El Salitre, lugar donde el alcalde auxiliar Reginaldo Cotzajay nos esperaba para viajar con nosotros, siendo el cuarto tripulante.

Figura 8. **Reginaldo Cotzajay, alcalde auxiliar de El Salitre**



Fuente: Lago de Amatitlán, Amatitlán, Guatemala.

Durante el viaje, tanto el señor Reginaldo Cotzajay como Mario Sigüenza, quienes al parecer se conocían desde jóvenes y además han residido a orillas del lago durante toda su vida, nos contaron junto a Daniel Hernández sobre su vida y perspectiva del estado en el que el lago se encuentra.

Llegamos a la aldea El Tacatón, donde aparcamos para hablar sobre la investigación del trabajo de graduación y ellos hablaron sobre sus proyectos tanto como fundador de Amigos al Rescate del Lago de Amatitlán, como alcalde auxiliar y como ciudadanos preocupados por el lago de Amatitlán.

Luego de la charla pasamos por Playa Dorada, lugar donde el río Villa Lobos conecta con el lago de Amatitlán, donde se ubica un cordón ambiental y donde se recolecta la basura que es arrastrada por el río Villa Lobos.

Figura 9. **Cordón ambiental de AMSA**



Fuente: Lago de Amatitlán, Amatitlán, Guatemala.

Figura 10. **Trabajadores de AMSA en Playa Dorada**



Fuente: Lago de Amatitlán, Amatitlán, Guatemala.

En todo el viaje se apreció la coloración verde que ha adoptado el agua del lago, también ocasionalmente basura flotando y olor levemente parecido a materia orgánica descompuesta, a la orilla del lago se podía observar una sustancia espesa de color verde.

Figura 11. **Coloración verde a las orillas del lago**



Fuente: Lago de Amatitlán, Amatitlán, Guatemala.

Figura 12. **Vegetación acuática cerca de la orilla del lago**



Fuente: Lago de Amatitlán, Amatitlán, Guatemala.

Figura 13. **Salida de aguas grises**



Fuente: Lago de Amatitlán, Amatitlán, Guatemala.

Figura 14. **Personas lavando ropa a orillas del lago**



Fuente: Lago de Amatitlán, Amatitlán, Guatemala.

Figura 15. **Integrantes de la visita al lago**



Fuente: Lago de Amatitlán, Amatitlán, Guatemala.

3. ESTUDIO DE CAMPO

Luego de explorar la zona desde la perspectiva acuática se procedió a seguir con la organización, sobre la recolección de datos con los alcaldes auxiliares.

3.1. Organización

Dada la situación actual mundial ante la pandemia de COVID-19 la organización con los representantes de las comunidades fue llevada a cabo a distancia a través de llamadas. Los alcaldes auxiliares accedieron a informar a sus vecinos sobre nuestra visita, así también fueron ellos nuestros guías durante las visitas.

3.2. Recolección de datos

Se recolectaron los siguientes datos:

3.2.1. Equipo humano

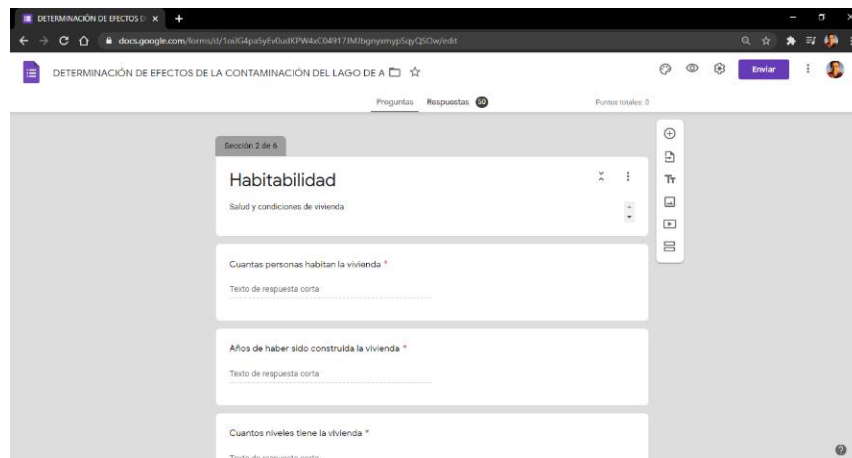
Un grupo de voluntarios ayudaron en la labor de recolectar datos en las visitas a las comunidades, reuniéndonos en el sitio para iniciar a realizar las encuestas.

3.2.2. Metodología de recolección de información

Para recolectar los datos necesarios para la investigación fue necesario visitar de vivienda en vivienda de los vecinos de las comunidades, accediendo a responder las interrogantes hechas por los encuestadores y permitiendo el acceso a su vivienda en los casos que fuera necesario explorar más a fondo.

Los datos fueron ingresados a través de la plataforma virtual de Google Forms, esto para utilizar la menor cantidad posible de hojas de papel y exponer lo menos que se pudiera a los encuestadores al contagio del virus COVID-19 en dichas hojas. Así también para contribuir al medio ambiente ahorrando y contaminando lo menos posible. Posterior a la recolección de los datos, los mismos fueron ordenados para graficar las respuestas.

Figura 16. Encuesta digitalizada en Google Forms

The image shows a screenshot of a Google Form titled "DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL LAGO DE A...". The form is displayed in a web browser window. The current section is titled "Habitabilidad" and is part of "Sección 2 de 6". The sub-section is "Salud y condiciones de vivienda". There are three questions listed: "Cuántas personas habitan la vivienda *", "Años de haber sido construida la vivienda *", and "Cuántos niveles tiene la vivienda *". Each question has a "Texto de respuesta corta" (Short answer text) input field below it. The form is currently in "Preguntas" (Questions) mode, and the "Enviar" (Submit) button is visible in the top right corner. The total score is 0.

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Respuestas almacenadas en Google Docs

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Marca temporal	Puntuación	Nombre de la comunidad	Tiene acceso a carretera	topografía del terreno (al topografía del terreno (vi	Cercanía al lago (horizon	Diferencia entre el lago y Fotos	Cuanta		
2	14/11/2020 14:34:56		Salitre	SI	Plano	Plano	50 metros	Un metro y medio		
3	14/11/2020 14:36:17		Salitre	SI	Plano	Plano	50 metros	50 1.50		
4	14/11/2020 14:46:31		Salitre	SI	Plano	Plano	50 metros	1.5 metros	https://drive.google.com/	
5	14/11/2020 14:52:04		Salitre	SI	Plano	Plano	100 0.50	100 0.50		
6	14/11/2020 15:04:52		Salitre	SI	Plano	Plano	1.5 m	2m		
7	14/11/2020 15:07:52		Salitre	SI	Plano	Plano	100 mts	2 mts	https://drive.google.com/2adult	
8	14/11/2020 15:08:11		Salitre	SI	Plano	Plano	200 m	200 m		
9	14/11/2020 15:12:58		Salitre	SI	Plano	Plano	60 metro	2 metros		4 persc
10	14/11/2020 15:18:10		Cerritos	SI	Plano	Plano	200 m	200 m		
11	14/11/2020 15:23:21		Salitre	SI	Plano	Plano	200 m	250 m	2	
12	14/11/2020 15:42:10		Salitre	SI	Plano	Plano	200 m	250m.	https://drive.google.com/	
13	14/11/2020 15:42:54		Salitre	SI	Plano	Plano	103 mts	2 mts		4 persc
14	14/11/2020 15:49:17		Salitre	SI	Plano	Plano	50 metros	2 metros		10 persc
15	14/11/2020 15:49:18		Salitre	SI	Pendiente regular	Plano	240	240	4	
16	14/11/2020 15:55:15		Salitre	SI	Plano	Plano	200 m	250 m	https://drive.google.com/	
17	14/11/2020 16:06:56		Salitre	SI	Plano	Plano	100	100	2	
18	14/11/2020 16:13:34		Salitre	SI	Plano	Plano	150 metros.	4 metros		
19	28/11/2020 9:38:21		Tacón	SI	Pendiente pronunciada	Pendiente regular	100	100	5	
20	28/11/2020 9:37:26		Tacón	SI	Pendiente pronunciada	Pendiente pronunciada	30	30	5	
21	28/11/2020 9:54:02		Tacón	SI	Plano	Pendiente regular	100	100	3	
22	28/11/2020 9:56:21		Tacón	SI	Plano	Pendiente pronunciada	80	80	6	
23	28/11/2020 9:56:57		Tacón	SI	Plano, Pendiente regular	Pendiente regular	20	20	6	
24	28/11/2020 10:14:33		Tacón	SI	Plano	Plano	15	15	6	
25	28/11/2020 10:14:53		Tacón	SI	Pendiente pronunciada	Pendiente regular	30	30	6	

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Reunión con el equipo y uno de los alcaldes auxiliares



Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Encuestando a alcalde auxiliar**



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Encuesta a vecino de la comunidad**

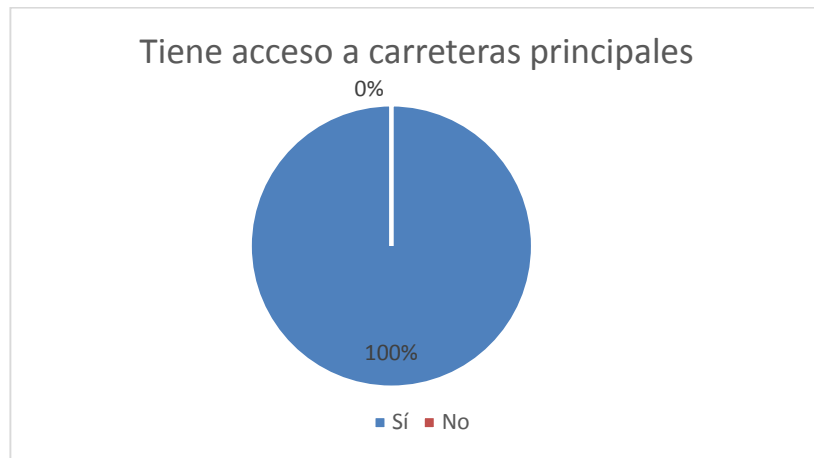


Fuente: elaboración propia.

3.3. Recolección de datos

La recolección de datos se evidencia a continuación:

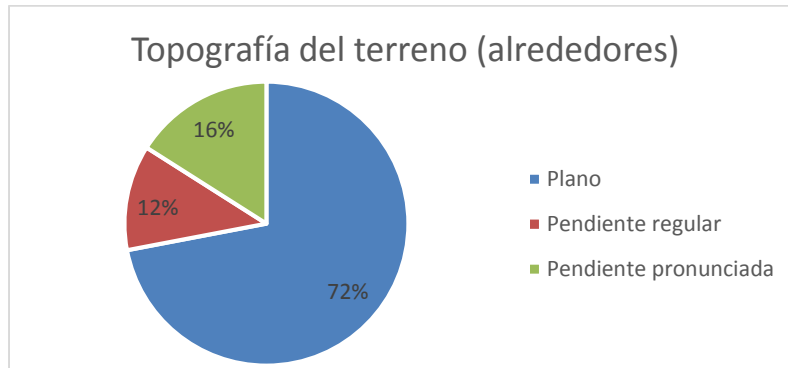
Figura 21. **Indicador 1.1.1: Tiene acceso a carreteras principales**



Fuente: elaboración propia.

Las comunidades se encuentran a orillas del lago de Amatitlán, cercano a la carretera de circunvalación al lago CA2, por lo que tienen fácil acceso a caminos principales hacia Amatitlán y Villa Canales.

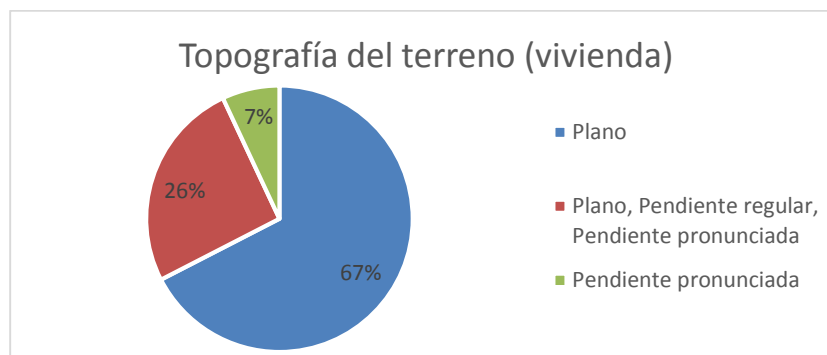
Figura 22. **Indicador 1.1.2: Topografía del terreno (alrededores)**



Fuente: elaboración propia.

La mayor parte de extensión territorial de las comunidades muestra un terreno plano, si bien algunas partes, como El Tacatón, tienen pendientes pronunciadas.

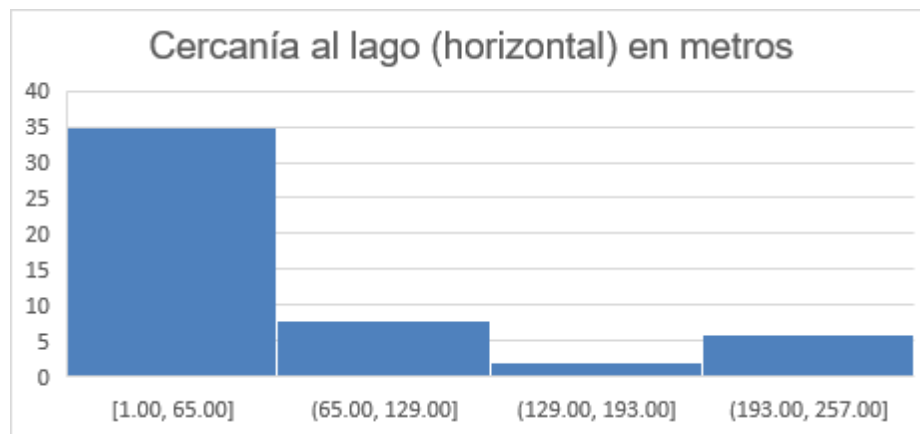
Figura 23. **Indicador 1.1.3: Topografía del terreno (vivienda)**



Fuente: elaboración propia.

Dentro de las viviendas el 67 % de los encuestados encuentran un terreno plano y el resto ven irregularidades en el terreno.

Figura 24. **Indicador 1.1.4: Cercanía al lago (horizontal) en metros**



Fuente: elaboración propia.

35 viviendas encuestadas se encontraban a una distancia no mayor de 65 metros, en los datos recolectados 7 viviendas se encontraban a menos de 5 metros de la orilla del lago.

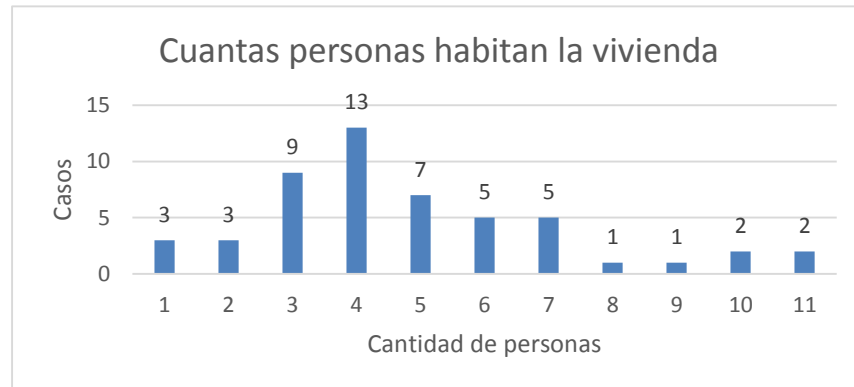
Figura 25. **Indicador 1.1.5: Diferencia entre el lago y su vivienda (altura) en metros**



Fuente: elaboración propia.

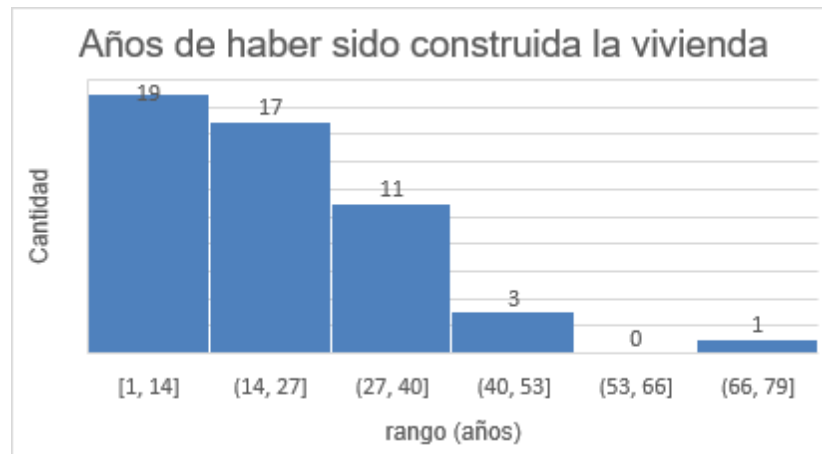
37 viviendas están a menos de 4 metros de altura a nivel del agua del lago.

Figura 26. **Indicador 2.1.1: Cuántas personas habitan la vivienda**



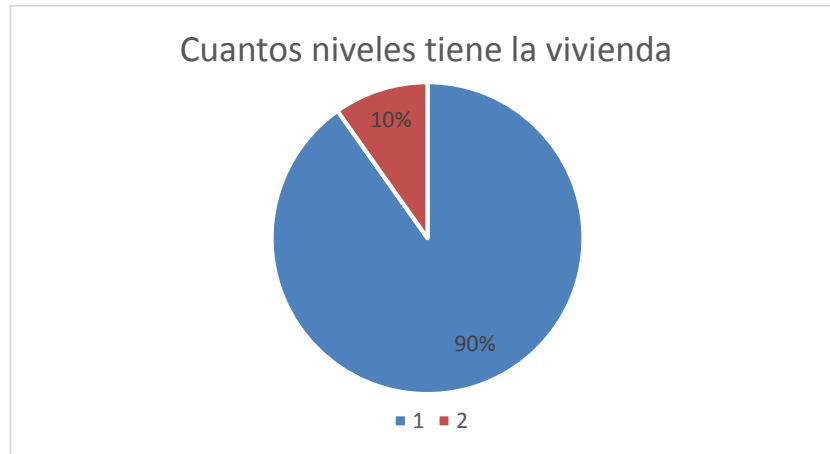
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Indicador 2.1.2: Años de haber sido construida la vivienda**



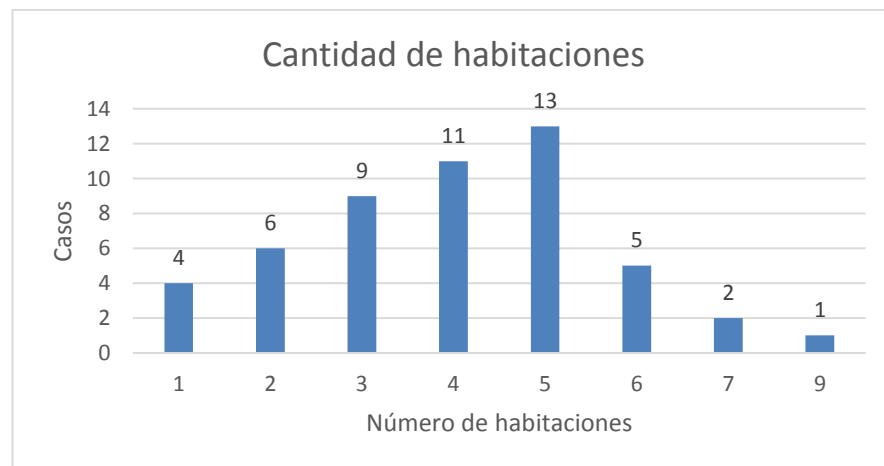
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Indicador 2.1.3: Cuántos niveles tiene la vivienda**



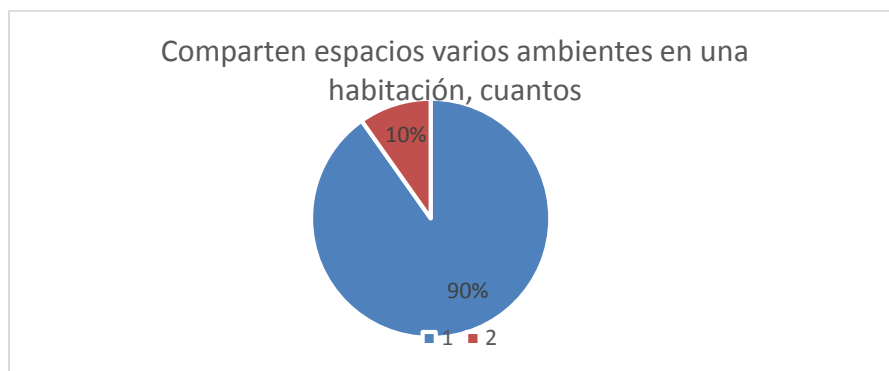
Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Indicador 2.1.4: Cantidad de habitaciones**



Fuente: elaboración propia.

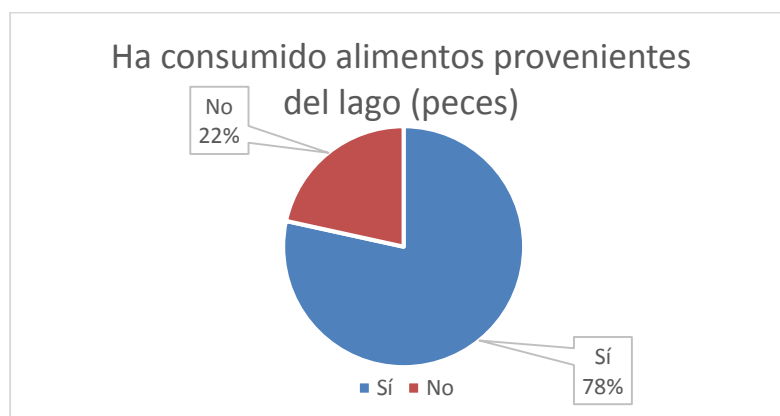
Figura 30. **Indicador 2.1.5: Comparten varios ambientes en una habitación**



Fuente: elaboración propia.

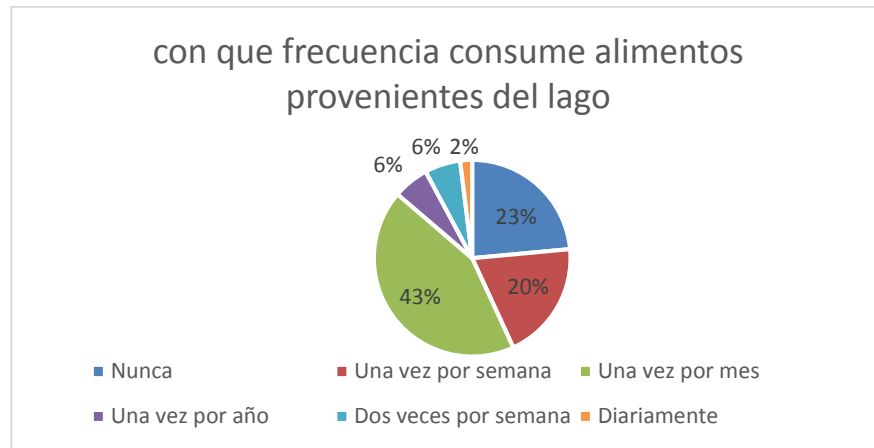
El 90 % de las viviendas encuestadas identifican un ambiente dentro de cada habitación, por lo que cuentan con una habitación para cada uso.

Figura 31. **Indicador 2.1.6: Ha consumido alimentos provenientes del lago (peces)**



Fuente: elaboración propia.

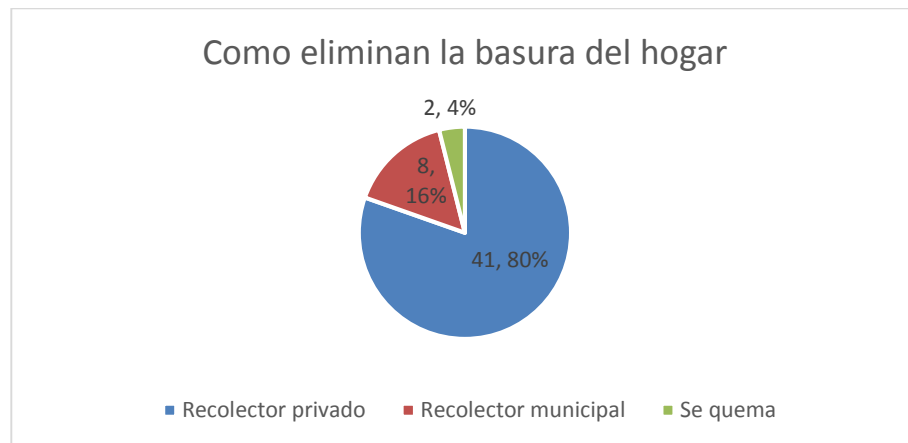
Figura 32. **Indicador 2.1.7: Con qué frecuencia consume alimentos provenientes del lago**



Fuente: elaboración propia.

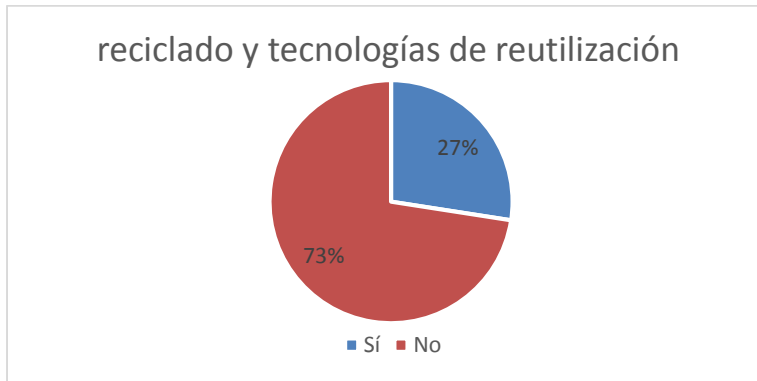
Un gran porcentaje de habitantes consume con frecuencia alimentos provenientes del lago de Amatitlán, en su mayoría tilapia (mojarras).

Figura 33. **Indicador 2.1.8: Cómo elimina la basura del hogar**



Fuente: elaboración propia.

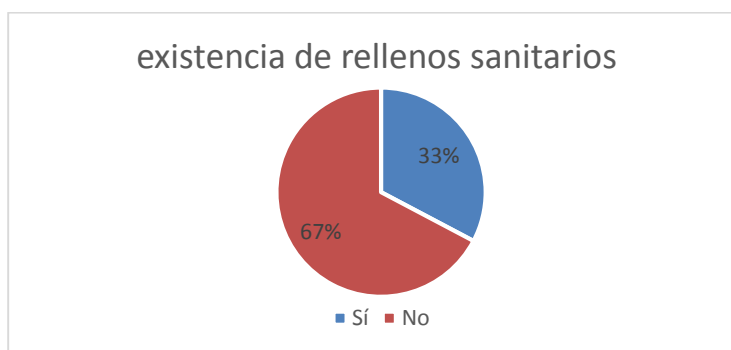
Figura 34. **Indicador 2.1.9: Reciclado y tecnologías de reutilización**



Fuente: elaboración propia.

El 73 % de los encuestados exponen no estar acostumbrados a reciclar la basura para reducir la contaminación, puesto que no existe apoyo a las comunidades para realizarlo.

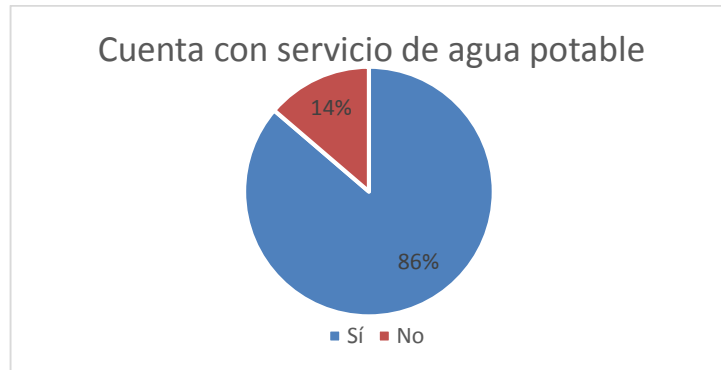
Figura 35. **Indicador 2.1.10: Existencia de rellenos sanitarios**



Fuente: elaboración propia.

El 33 % de los encuestados expone que existen rellenos sanitarios realizados por ellos en su vivienda.

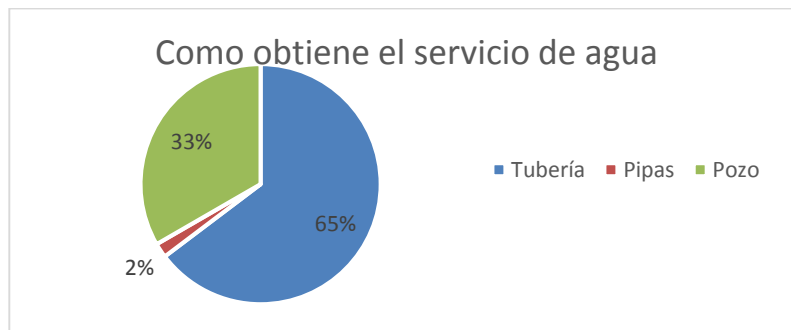
Figura 36. **Indicador 2.1.11: Cuenta con servicio de agua potable**



Fuente: elaboración propia.

Los encuestados hacen la observación de que disponen de agua potable de distintas maneras e intentan aprovechar la obtención de agua.

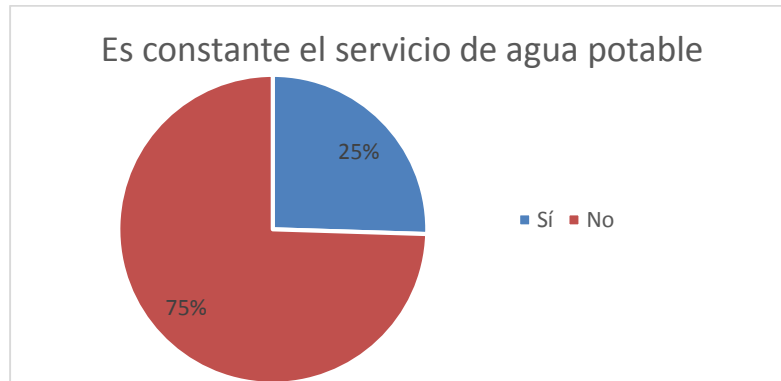
Figura 37. **Indicador 2.1.12: Cómo obtiene el servicio de agua potable**



Fuente: elaboración propia.

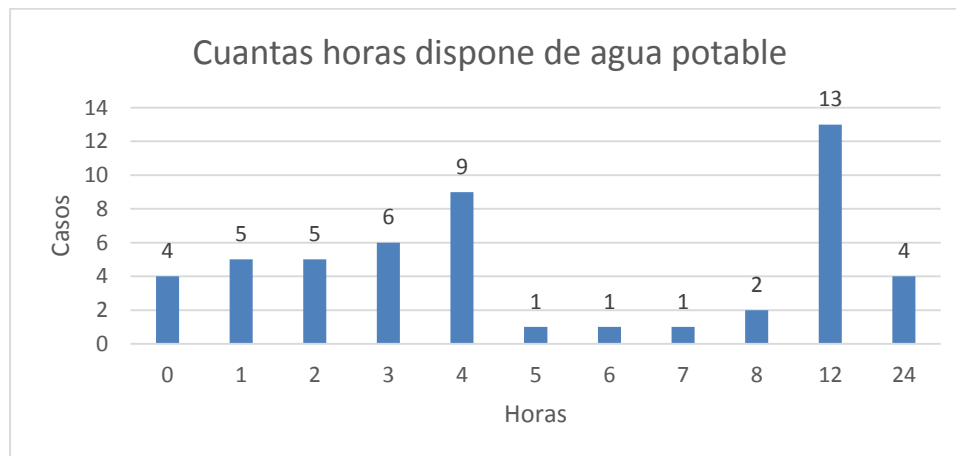
El 33 % de las viviendas obtiene agua a través de pozos, dado que la mayoría se encontraban a pocos metros de altura del nivel del agua del lago.

Figura 38. **Indicador 2.1.13: Es constante el servicio de agua potable**



Fuente: elaboración propia.

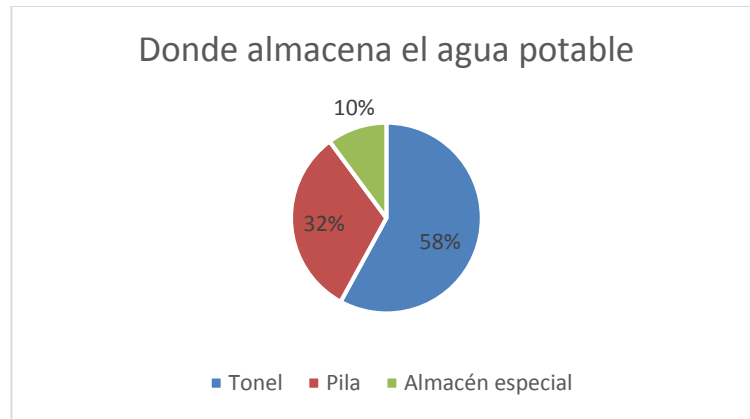
Figura 39. **Indicador 2.1.14: Cuántas horas dispone de agua potable**



Fuente: elaboración propia.

31 viviendas disponen de agua potable que se distribuye por la red por menos de 6 horas, en ocasiones el agua llega cada dos días.

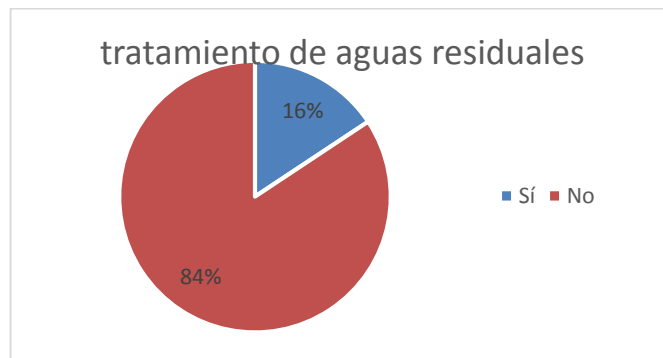
Figura 40. **Indicador 2.1.15: Dónde almacena el agua potable**



Fuente: elaboración propia.

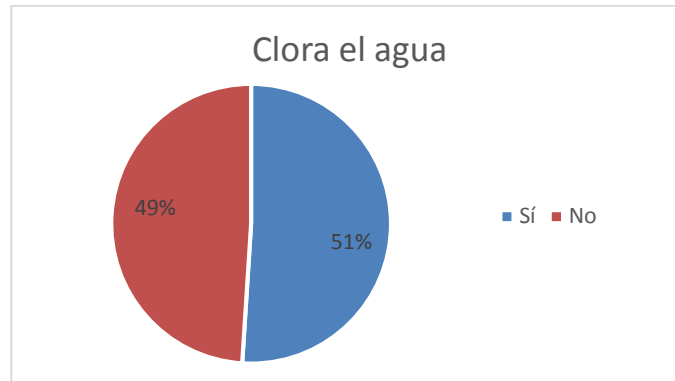
Los habitantes de las comunidades de estudio optan, en su mayoría, por almacenar agua para consumo en toneles.

Figura 41. **Indicador 2.1.16: Tratamiento de aguas residuales**



Fuente: elaboración propia.

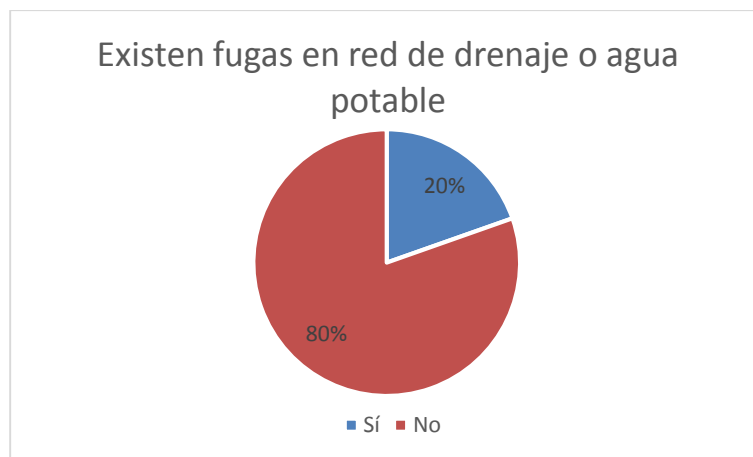
Figura 42. **Indicador 2.1.17: Existe unidad de cloración**



Fuente: elaboración propia.

En este caso aproximadamente la mitad de la población encuestada afirma que cloran su agua almacenada antes de consumirla y el resto la consume sin preocuparse en ello.

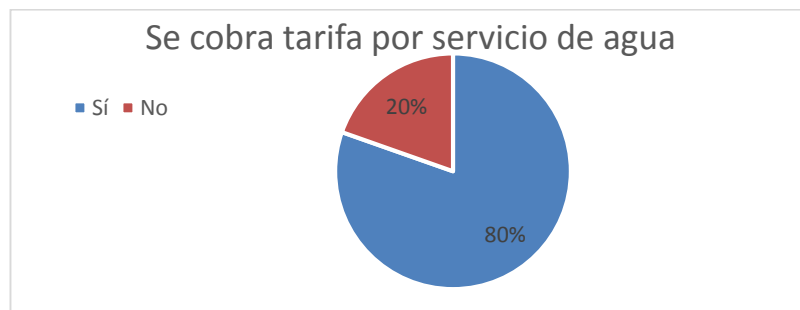
Figura 43. **Indicador 2.1.18: Existen fugas en red de drenaje o agua potable**



Fuente: elaboración propia.

Dentro de las viviendas del 80 % de los encuestados no existían fugas de agua de cualquier tipo, por otro lado, el 20 % restante relataban que había fugas de aguas residuales en su vivienda, en la zona de sus patios para ser precisos.

Figura 44. **Indicador 2.1.19: Se cobra tarifa por servicio de agua**



Fuente: elaboración propia.

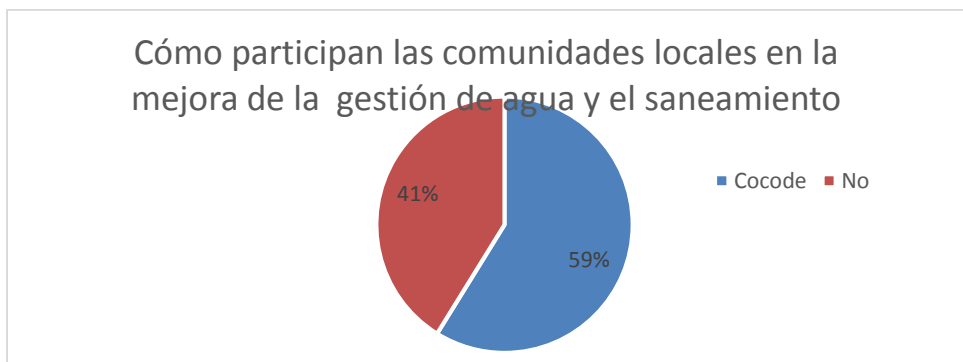
Figura 45. **Indicador 2.1.20: Ubicación del sanitario en la vivienda**



Fuente: elaboración propia.

El 67 % de las viviendas tienen ubicado su servicio sanitario en su interior y el resto tiene su sanitario en el exterior.

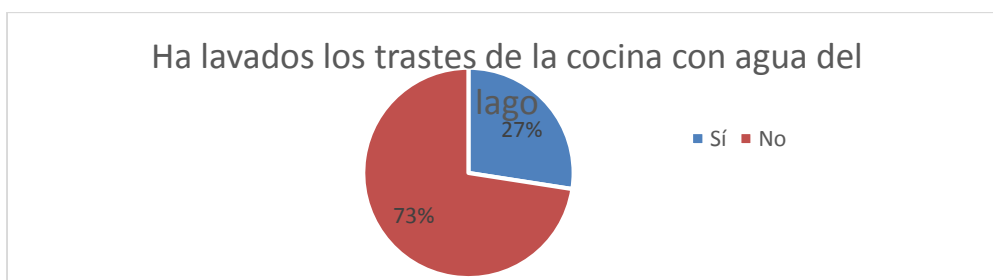
Figura 46. **Indicador 2.1.21: Cómo participan las comunidades locales en la mejora de la gestión de agua y saneamiento**



Fuente: elaboración propia.

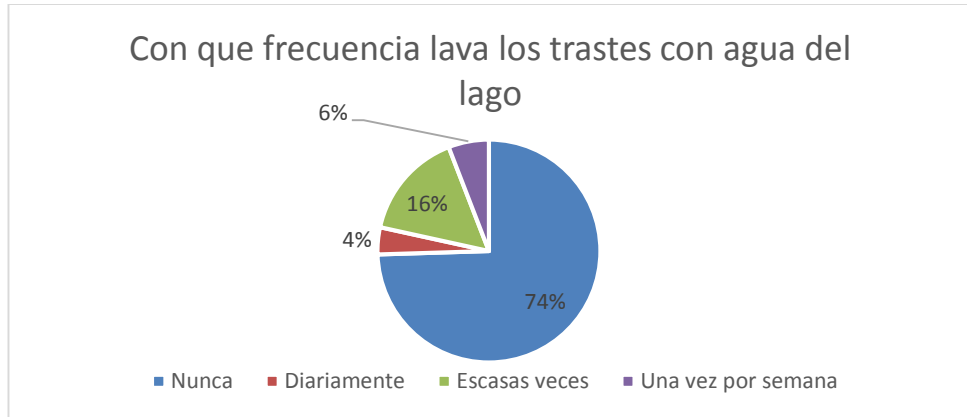
El 59 % de los encuestados afirman que los COCODE de las comunidades han participado para mejorar el servicio de agua potable, aunque se ven deficiencias en dicho servicio.

Figura 47. **Indicador 2.1.22: Ha lavado los trastes de la cocina con agua del lago**



Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Indicador 2.2.23: Con qué frecuencia lava los trastes con agua del lago**



Fuente: elaboración propia.

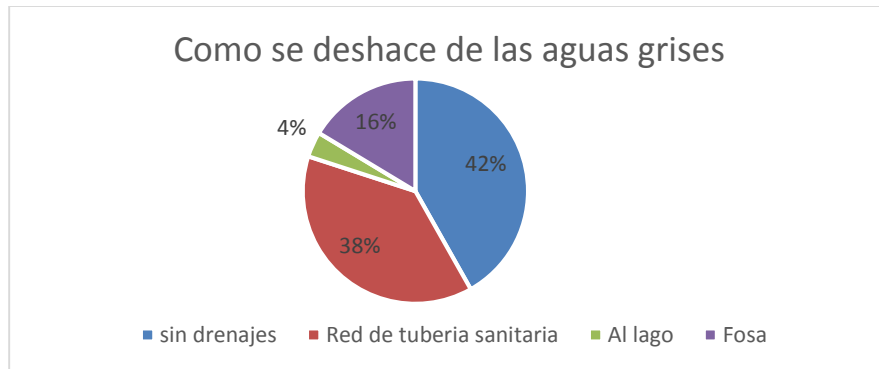
El 74 % de los encuestados evitan lavar los trastes de la cocina con agua del lago de Amatitlán, aunque en algunos casos sí han llegado a consumir peces del lago.

Figura 49. **Indicador 2.1.24: Qué tipo de servicio sanitario tiene la vivienda**



Fuente: elaboración propia.

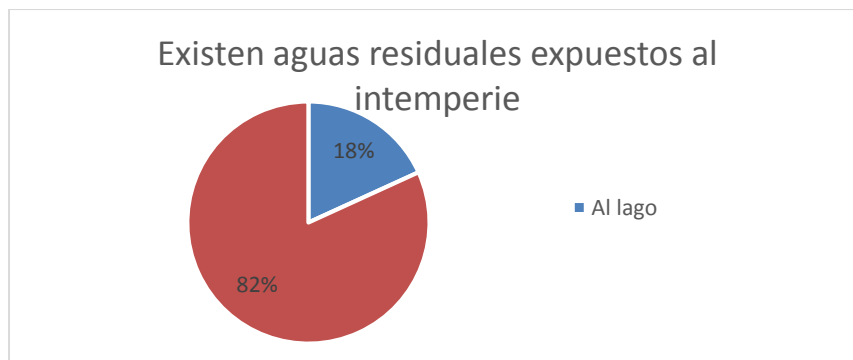
Figura 50. **Indicador 2.1.25: Cómo se deshace de las aguas grises**



Fuente: elaboración propia.

El 42 % de los encuestados no cuentan con servicio de drenaje, lo cual muestra que existe un mal manejo de los desechos orgánicos.

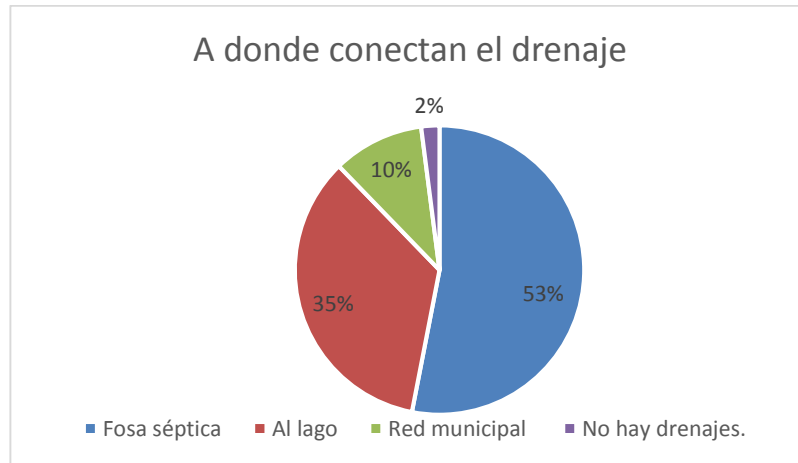
Figura 51. **Indicador 2.1.26: Existen aguas residuales expuestas a la intemperie**



Fuente: elaboración propia.

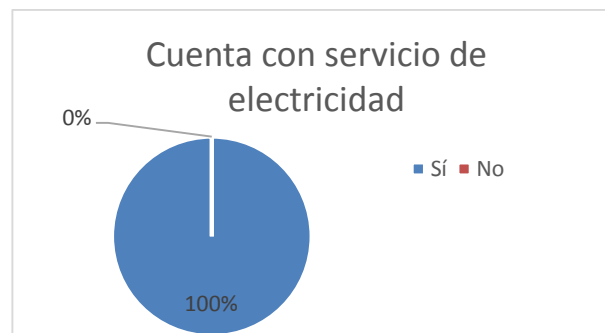
Las aguas residuales se ven presentes en las calles, las cuales pueden influir en la generación de enfermedades y plagas.

Figura 52. **Indicador 2.1.27: A dónde conecta el drenaje**



Fuente: elaboración propia.

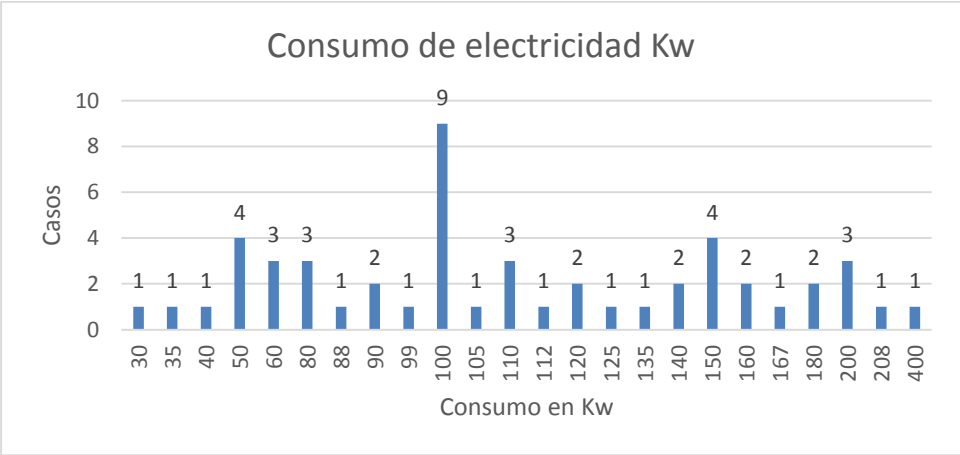
Figura 53. **Indicador 2.1.28: Cuenta con servicio de electricidad**



Fuente: elaboración propia.

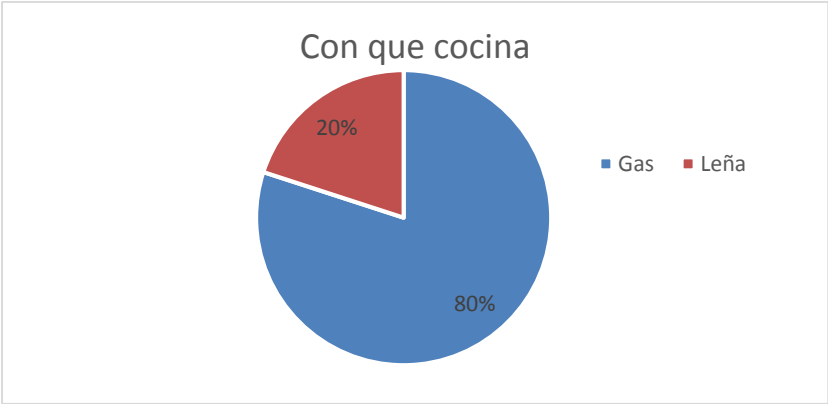
El 100 % de las viviendas cuentan con el servicio de electricidad.

Figura 54. **Indicador 2.1.29: Consumo de electricidad**



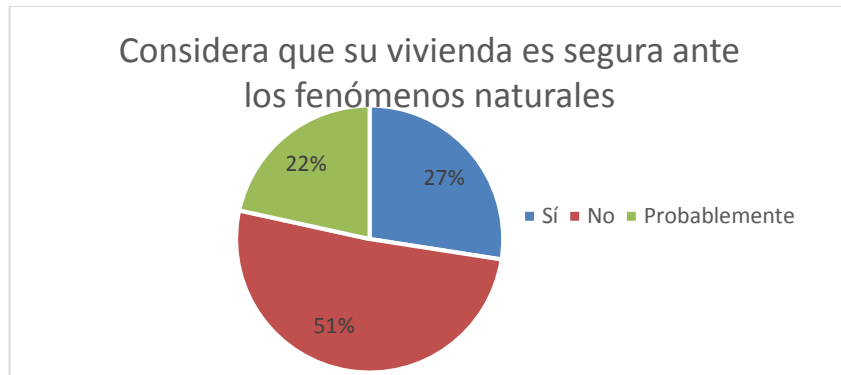
Fuente: elaboración propia.

Figura 55. **Indicador: 2.1.30: Con qué cocina**



Fuente: elaboración propia.

Figura 56. **Indicador 3.1.1: Considera que su vivienda es segura ante los fenómenos naturales**



Fuente: elaboración propia.

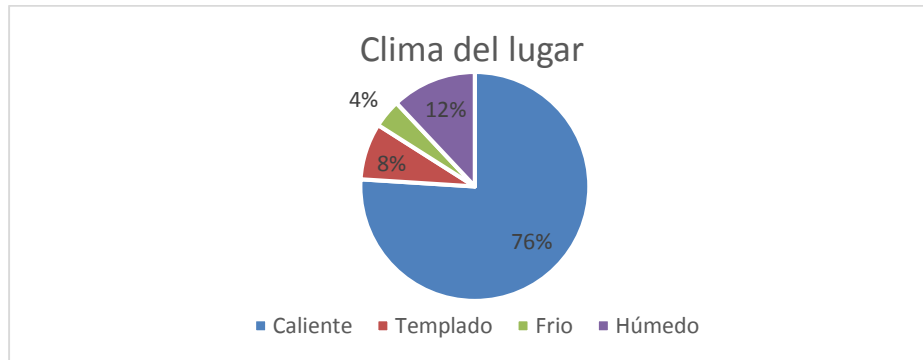
El 73 % de los encuestados no se sienten seguros ante fenómenos naturales tales como tormentas, terremotos y demás.

Figura 57. **Indicadores 3.1.2: En época de lluvia se ha visto afectado por inundaciones**



Fuente: elaboración propia.

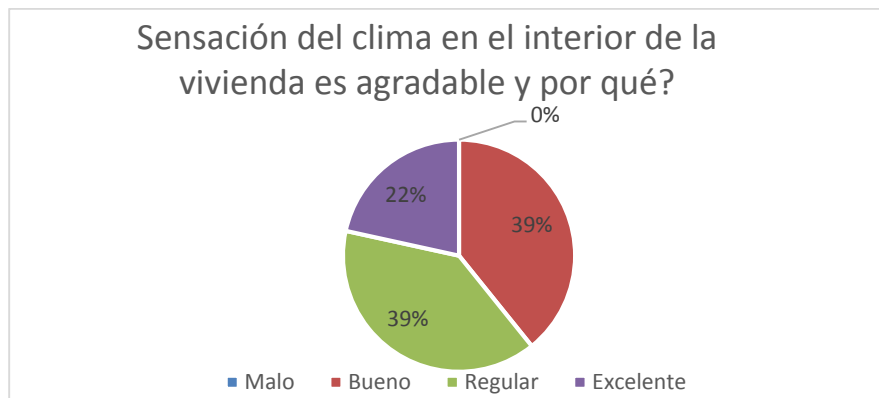
Figura 58. **Indicador 3.1.3: Clima del lugar**



Fuente: elaboración propia.

El 76 % de los pobladores sienten que el clima de sus comunidades en su mayoría es cálido.

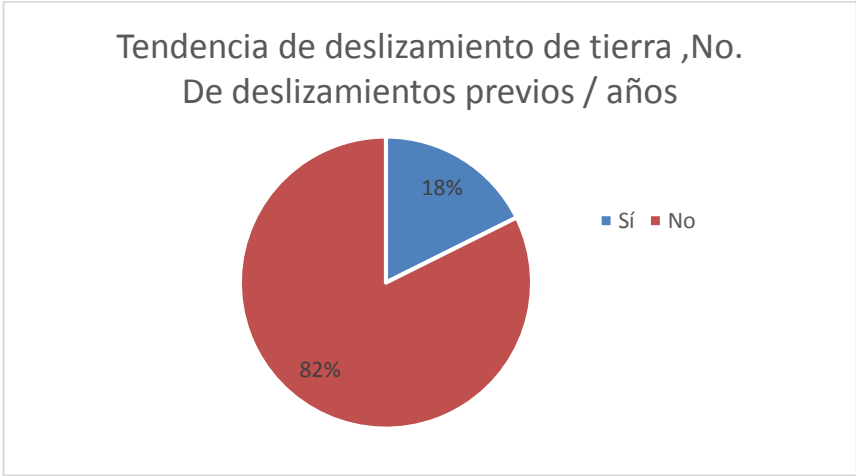
Figura 59. **Indicador 3.1.4: Sensación del clima en el interior de la vivienda es agradable y por qué**



Fuente: elaboración propia.

Ninguno de los encuestados tiene una mala sensación dentro de sus viviendas con respecto al clima.

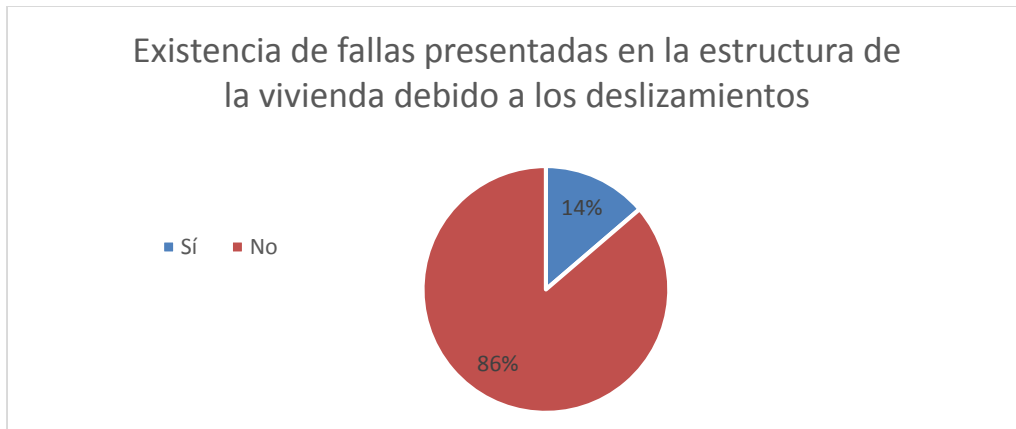
Figura 60. **Indicador 3.1.5: Tendencia de deslizamiento de tierra, No. de deslizamientos previos / años**



Fuente: elaboración propia.

Se ve una baja tendencia de deslizamientos de tierra en las comunidades, algunos encuestados comentaron que los deslizamientos de los cuales tienen conocimiento sucedieron en el año 2010 en la tormenta tropical Agatha.

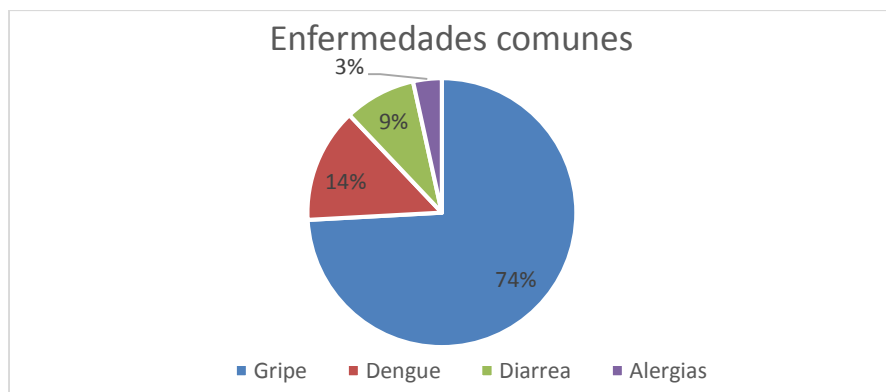
Figura 61. **Indicador 3.1.6: Existencia de fallas presentadas en la estructura de la vivienda debido a los deslizamientos**



Fuente: elaboración propia.

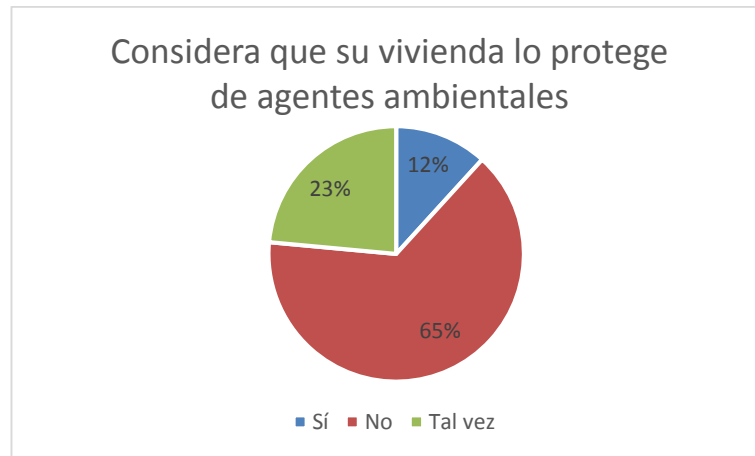
Las personas que se han visto afectadas por los deslizamientos relatan que algunos muros tuvieron fallas menores, pero con el tiempo fueron reparadas.

Figura 62. **Indicador 3.1.7: Enfermedades comunes**



Fuente: elaboración propia.

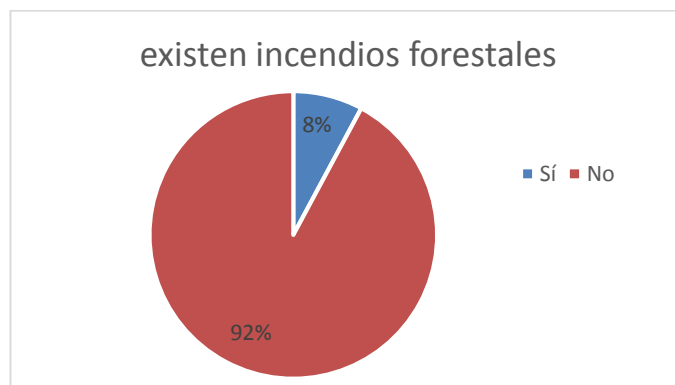
Figura 63. **Indicador 3.1.8: Considera que su vivienda lo protege de los agentes ambientales**



Fuente: elaboración propia.

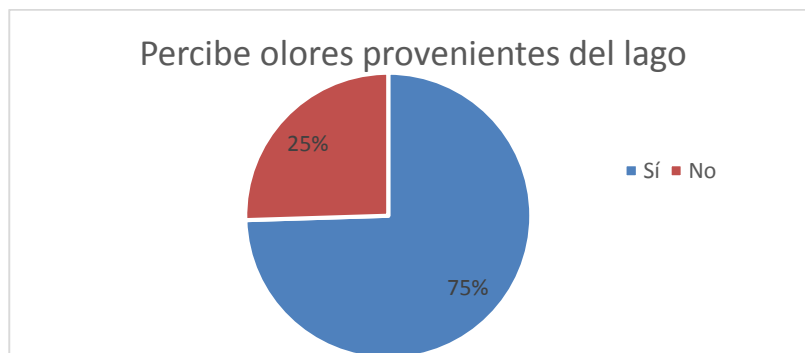
El 65 % de los encuestados consideran que sus viviendas no los protegen de los agentes ambientales tales como el viento, la temperatura y la lluvia.

Figura 64. **Indicador 3.1.9: Existen incendios forestales**



Fuente: elaboración propia.

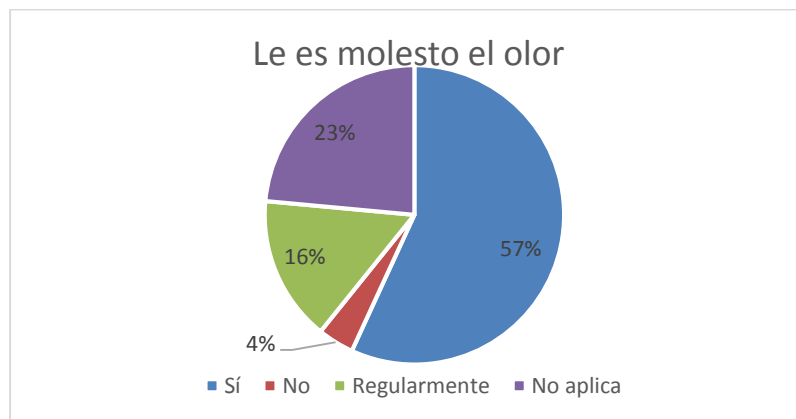
Figura 65. **Indicador 3.2.1: Percibe olores provenientes del lago**



Fuente: elaboración propia.

Los pobladores perciben olores provenientes del lago de Amatitlán, algunos comentaron que los olores se intensifican en época seca, cuando el agua fluye de menor manera sobre el lago y cuando el lago se voltea.

Figura 66. **Indicador 3.2.2: Le es molesto el olor**



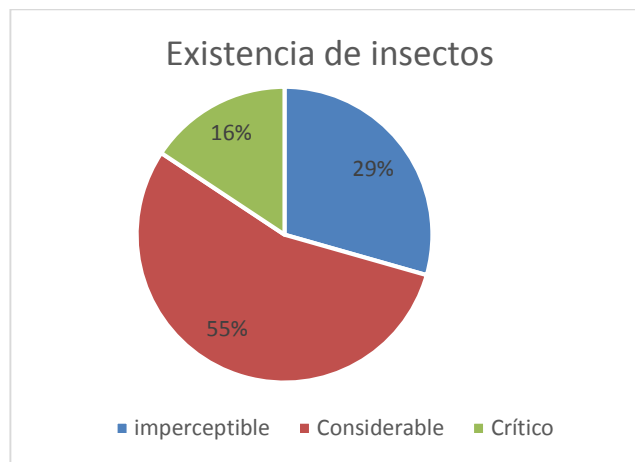
Fuente: elaboración propia.

Figura 67. **Indicador 3.2.3: Presencia de plagas o suciedad en agua almacenada**



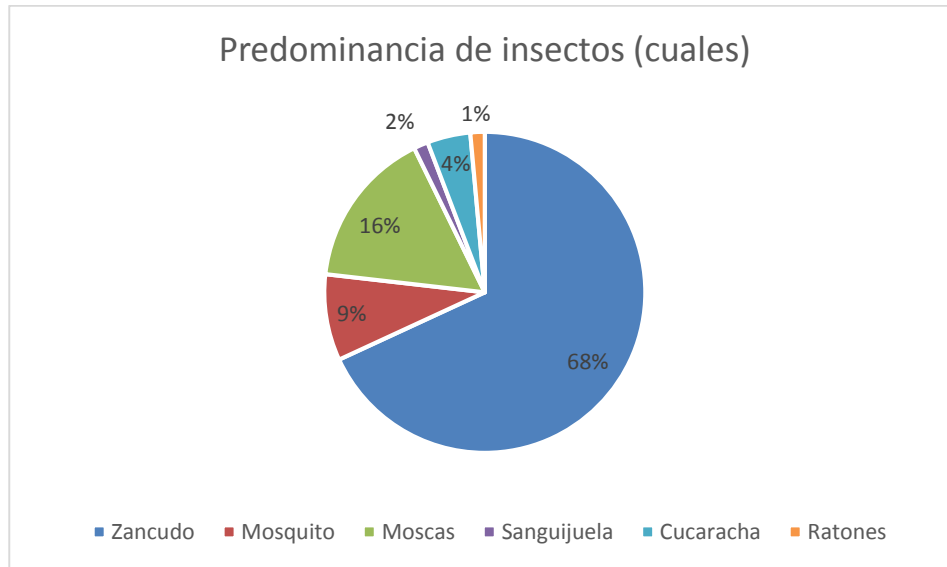
Fuente: elaboración propia.

Figura 68. **Indicador 3.2.4: Existencia de insectos**



Fuente: elaboración propia.

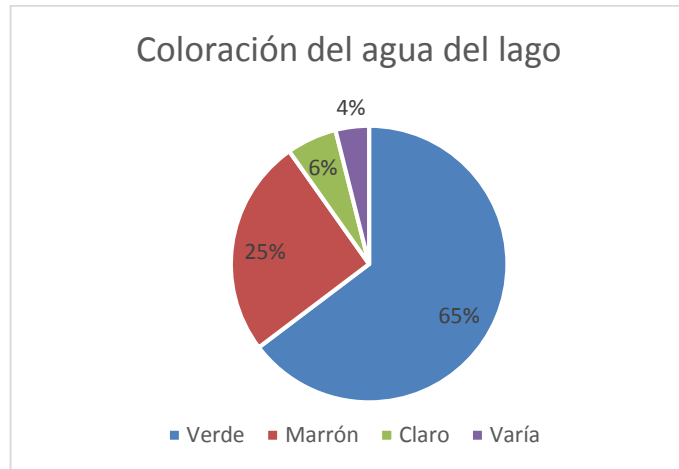
Figura 69. **Indicador 3.3.5: Predominancia de insectos**



Fuente: elaboración propia.

Dada la influencia de la humedad en las comunidades, los insectos que predominan son los zancudos y, por otro lado, la existencia de aguas residuales también influye en la reproducción de moscas y mosquitos.

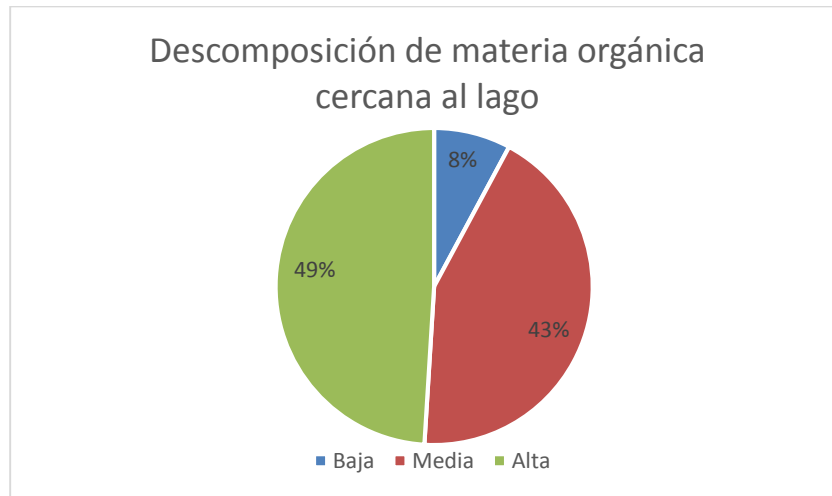
Figura 70. **Indicador 3.3.6: Coloración del agua del lago**



Fuente: elaboración propia.

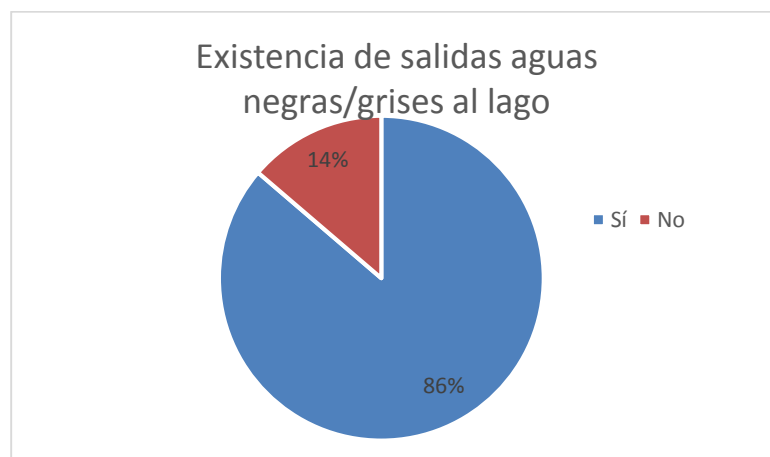
El 65 % de los encuestados encuentran la coloración del agua del lago en un tono verde en la mayor parte del año, en otros casos afirman que la coloración varía a la época del año y la zona donde se observe.

Figura 71. **Indicador 3.2.7: Descomposición de materia orgánica cercana al lago**



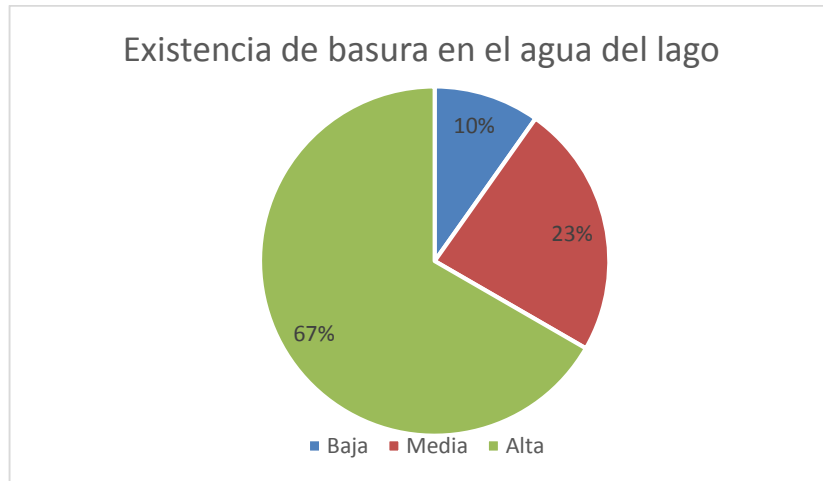
Fuente: elaboración propia.

Figura 72. **Indicador 3.2.8: Existencia de salidas de aguas negras/grises al lago**



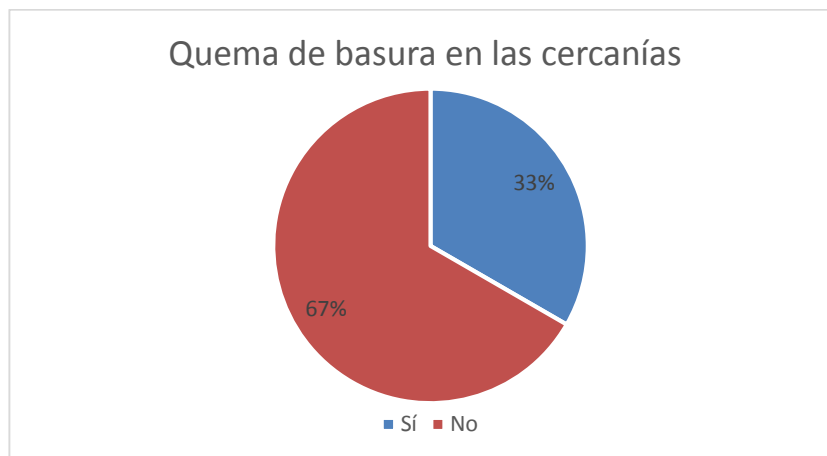
Fuente: elaboración propia.

Figura 73. **Indicadores 3.2.9: Existencia de basura en el agua del lago**



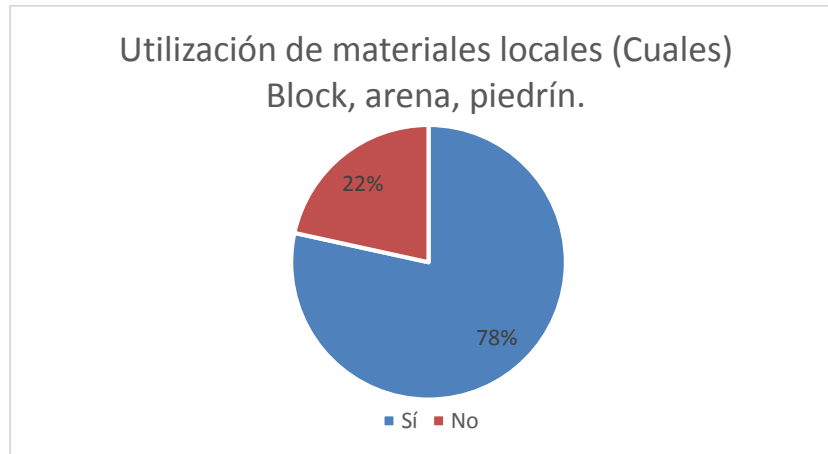
Fuente: elaboración propia.

Figura 74. **Indicador 3.2.10: Quema de basura en las cercanías**



Fuente: elaboración propia.

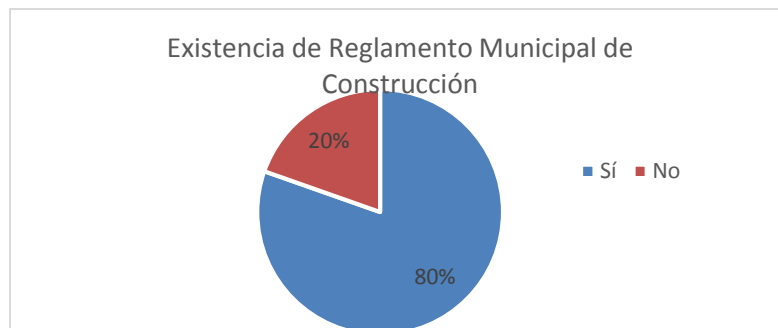
Figura 75. **Indicador 4.1.1: Utilización de materiales locales**



Fuente: elaboración propia.

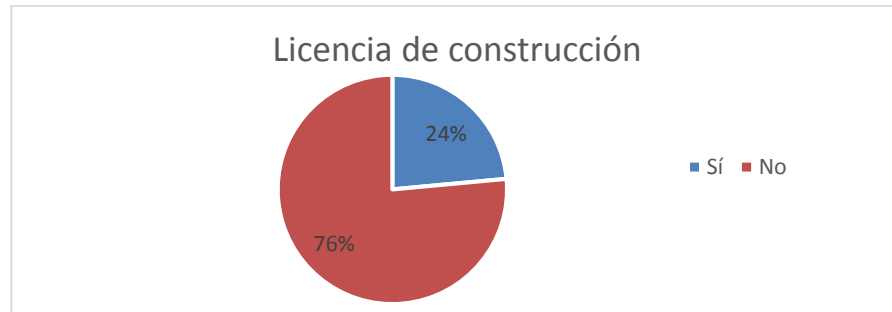
El 78 % de los encuestados afirman que han utilizado materiales obtenidos de ferreterías locales tales como *block*, hierro y pedrín; por otro lado, la arena es extraída de bancos locales y del río Michatoya en Amatlán.

Figura 76. **Indicador 4.1.2: Existencia de reglamento municipal de construcción**



Fuente: elaboración propia.

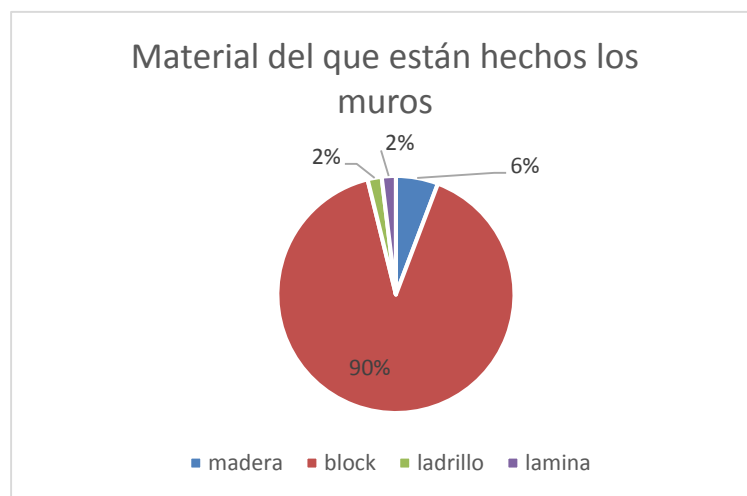
Figura 77. **Indicador 4.1.3: Licencia de construcción**



Fuente: elaboración propia.

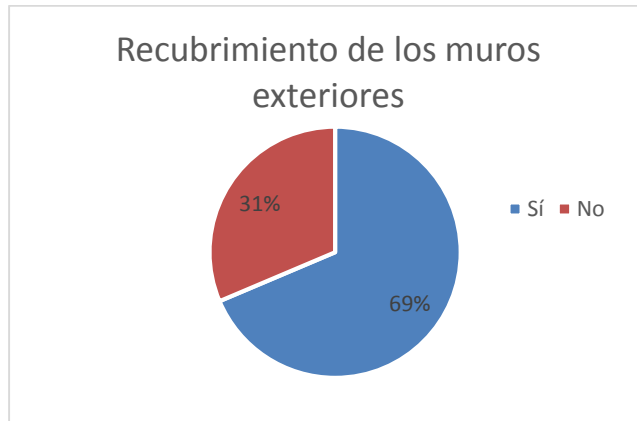
A pesar que en el indicador 4.1.2 el 80 % de los encuestados afirma tener conocimiento de la existencia de un reglamento municipal de construcción, el 76 % no solicitó una licencia para construir su vivienda, dadas las diferencias entre los pobladores hacia la municipalidad por la baja percepción que tienen en ayuda para sus comunidades.

Figura 78. **Indicador 4.1.4: Material del que están hechos los muros**



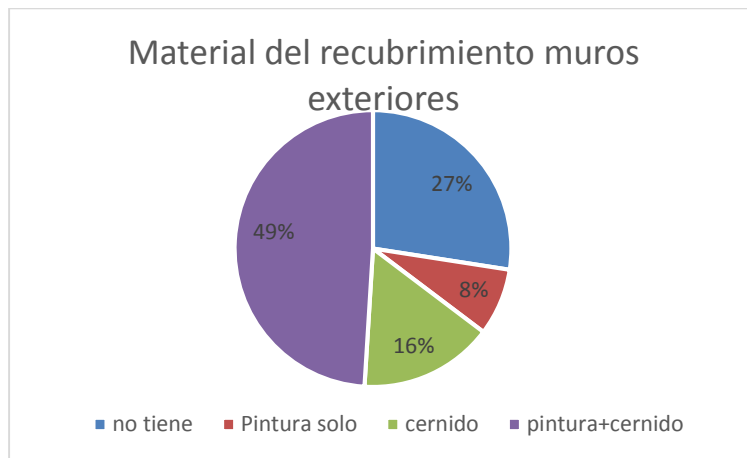
Fuente: elaboración propia.

Figura 79. **Indicador 4.1.5: Recubrimiento de los muros exteriores**



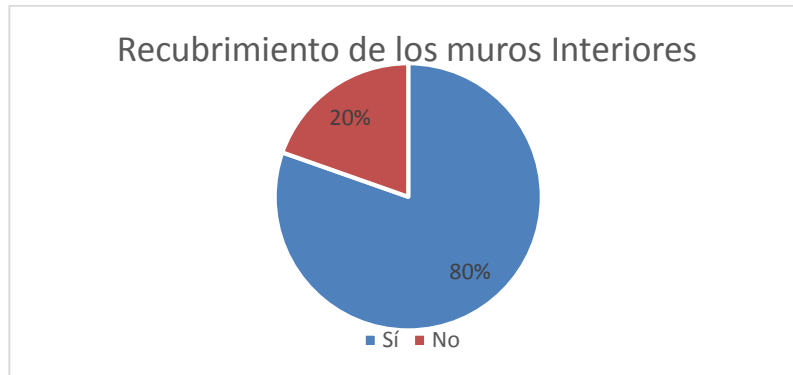
Fuente: elaboración propia.

Figura 80. **Indicador 4.1.6: Material del recubrimiento de los muros exteriores**



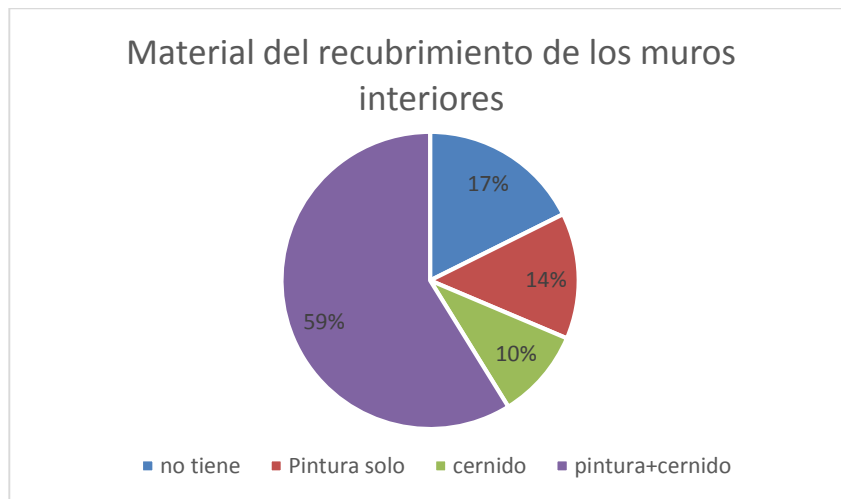
Fuente: elaboración propia.

Figura 81. **Indicador 4.1.7: Recubrimiento de los muros interiores**



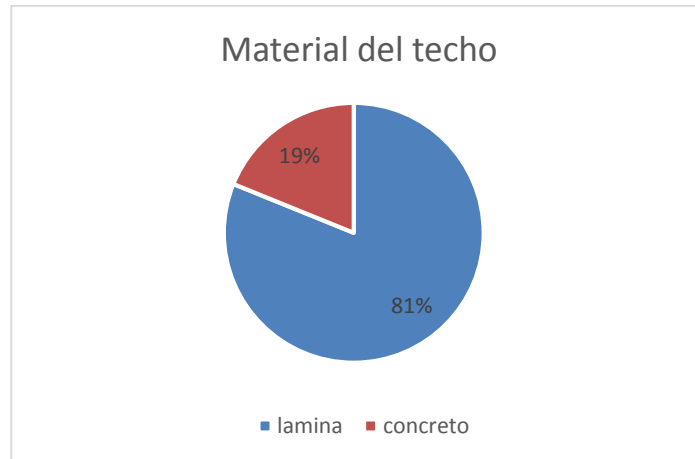
Fuente: elaboración propia.

Figura 82. **Indicador 4.1.8: Material del recubrimiento de los muros interiores**



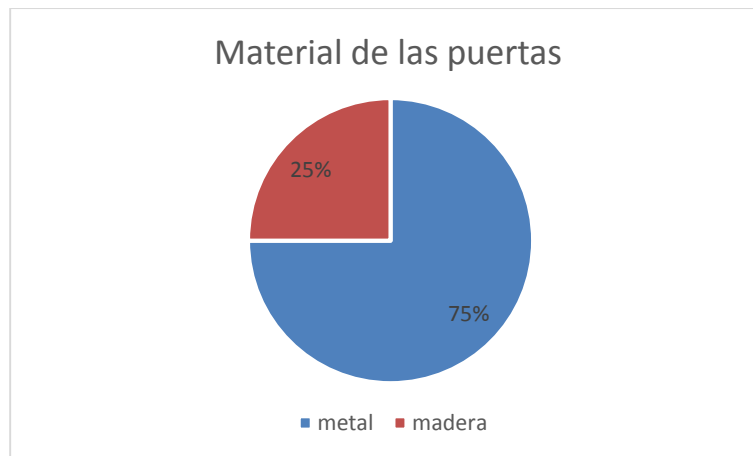
Fuente: elaboración propia.

Figura 83. **Indicador 4.1.9: Material del techo**



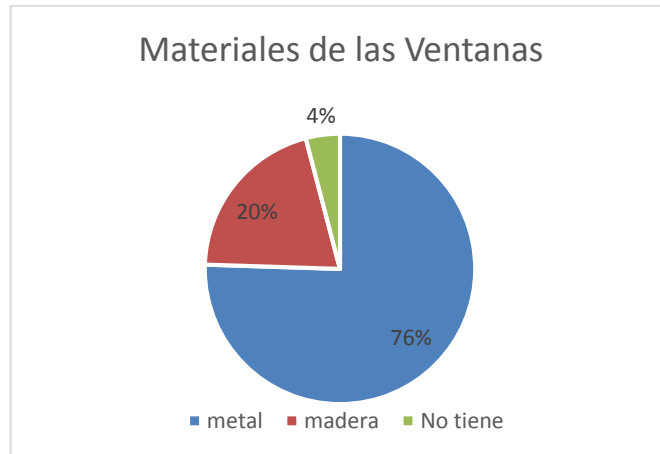
Fuente: elaboración propia.

Figura 84. **Indicador 4.1.10: Material de las puertas**



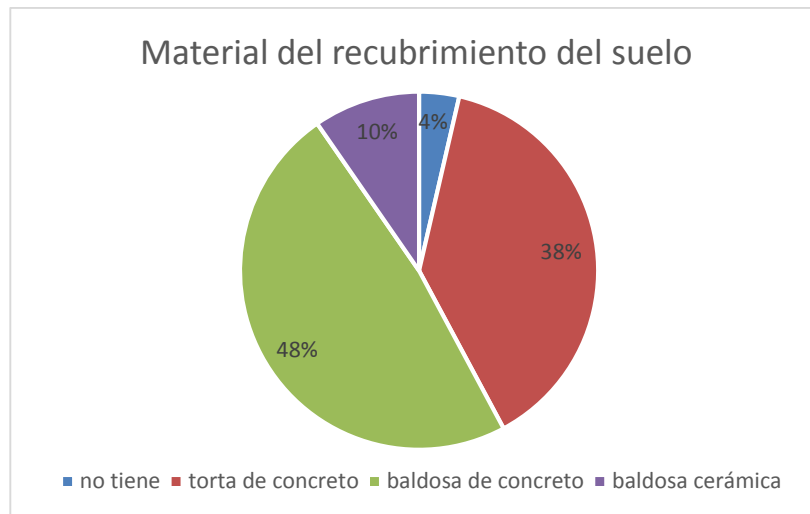
Fuente: elaboración propia.

Figura 85. **Indicador 4.1.11: Material de las ventanas**



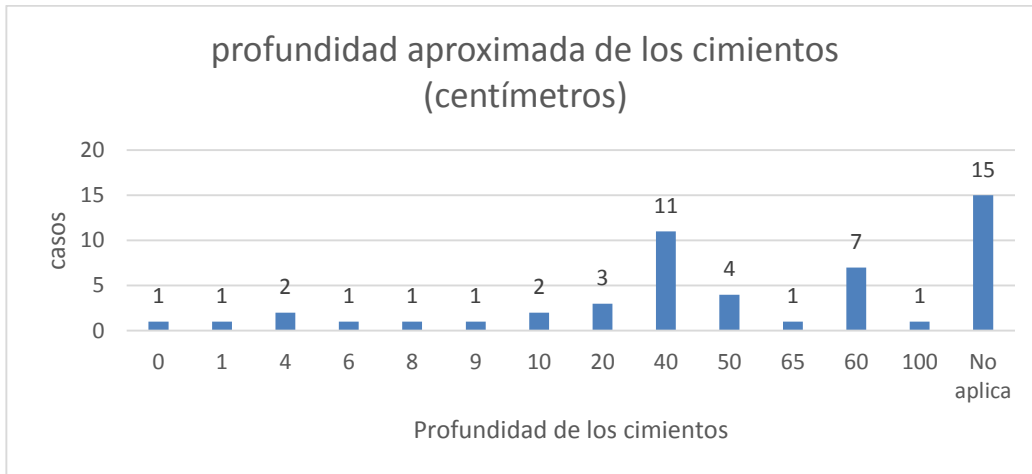
Fuente: elaboración propia.

Figura 86. **Indicador 4.1.12: Material del recubrimiento del suelo**



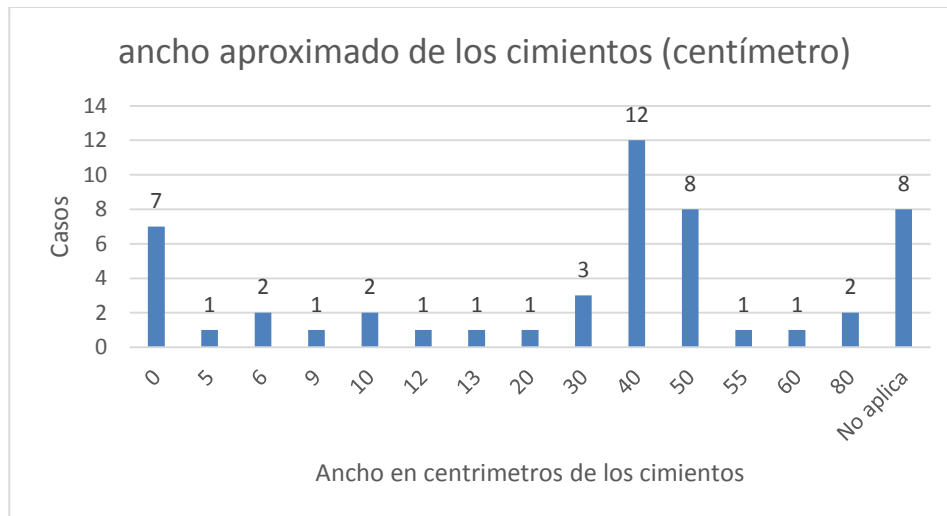
Fuente: elaboración propia.

Figura 87. **Indicador 4.1.13: Profundidad aproximada de los cimientos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 88. **Indicador 4.1.14: Ancho aproximado de los cimientos**



Fuente: elaboración propia.

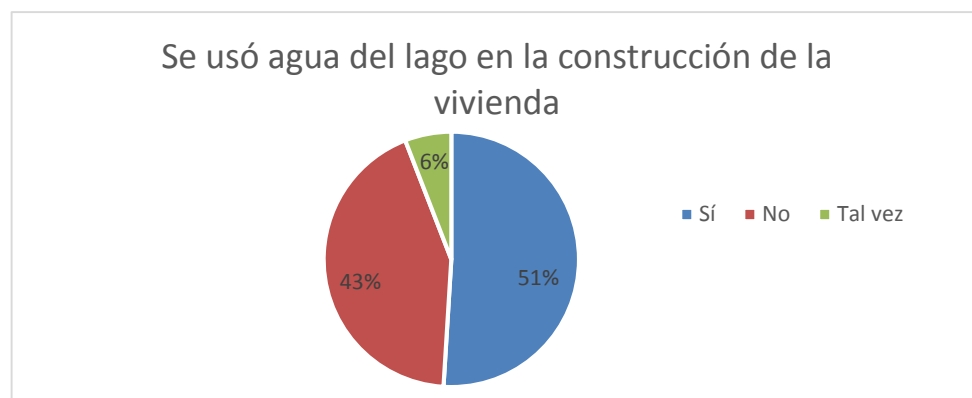
Gran cantidad de encuestados demostraron tener desconocimiento en cuanto a la información de sus cimientos se refiere, respondiendo con datos poco realistas o fuera de lo que se considera normal en construcciones populares.

Figura 89. **Indicador 4.1.15: Materiales utilizados para los cimientos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 90. **Indicador 4.1.16: Se usó agua del lago en la construcción de la vivienda**



Fuente: elaboración propia.

Más de la mitad de los encuestados afirman que utilizaron agua del lago de Amatlán para realizar sus construcciones, la contaminación del lago ha estado presente durante décadas, por lo que se presume que utilizaron agua contaminada para la levantar sus viviendas.

Figura 91. **Indicador 4.1.17: Quién supervisó la construcción de la vivienda**



Fuente: elaboración propia.

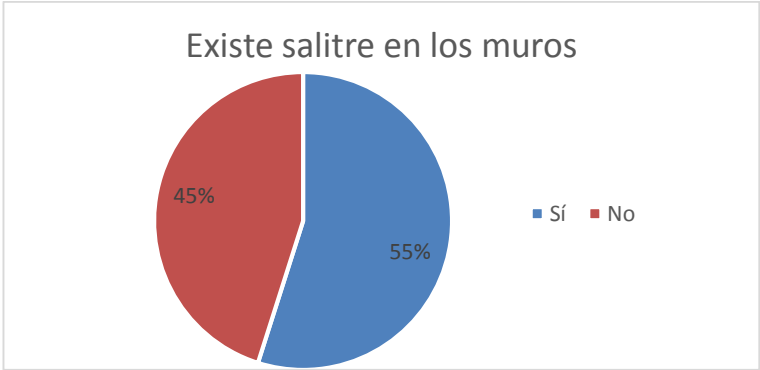
Añadiendo al uso de agua del lago de Amatlán, las respuestas del indicador 4.1.17 muestran que la supervisión en la construcción de las viviendas no fue administrada por un profesional con los conocimientos necesarios en control de calidad, sin menospreciar la experiencia y conocimientos de los albañiles.

Figura 92. **Indicador 4.2.1: Existen marcas de moho y humedad en los muros**



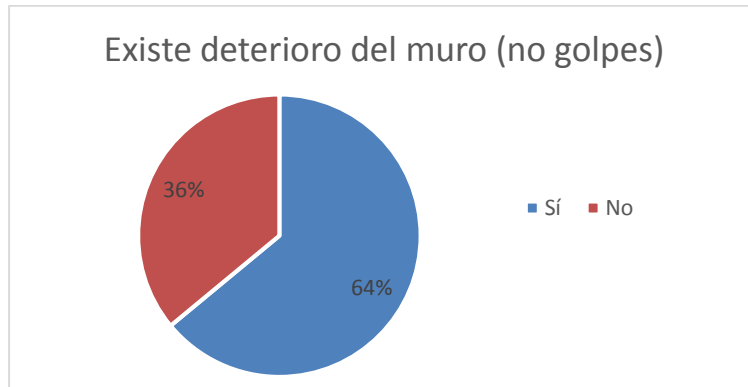
Fuente: elaboración propia.

Figura 93. **Indicador 4.2.2: Existe salitre en los muros**



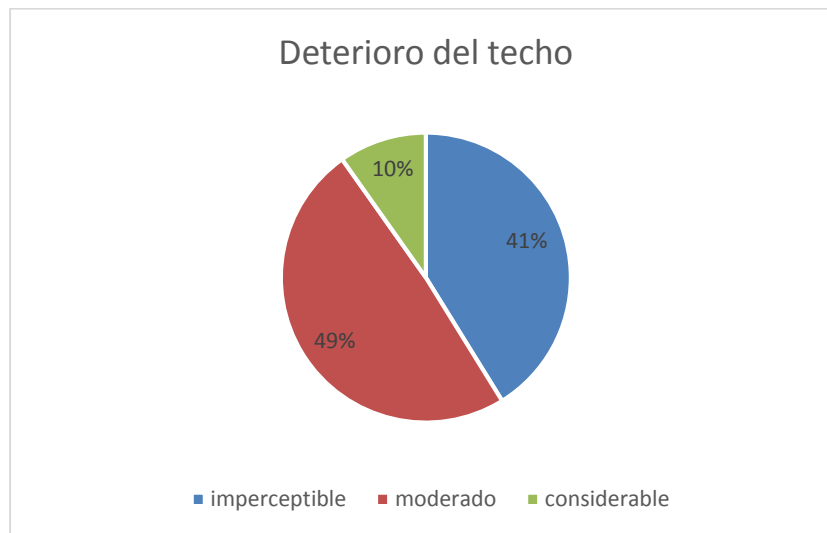
Fuente: elaboración propia.

Figura 94. **Indicador 4.2.3: Existe deterioro del muro (no golpes)**



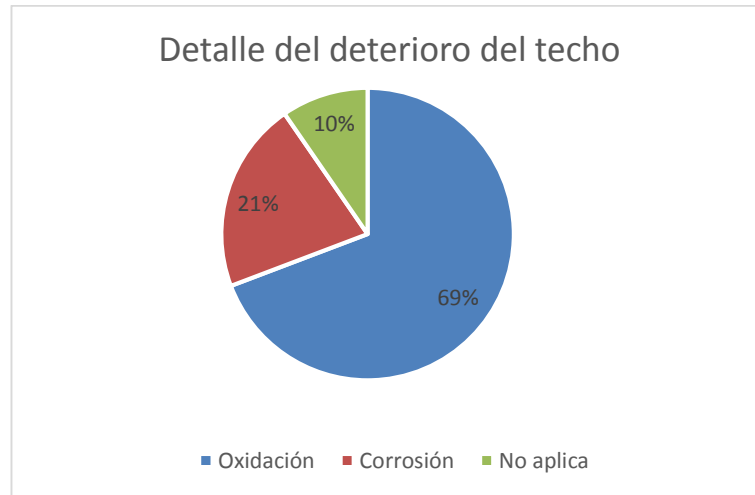
Fuente: elaboración propia.

Figura 95. **Indicador 4.2.4: Deterioro del techo**



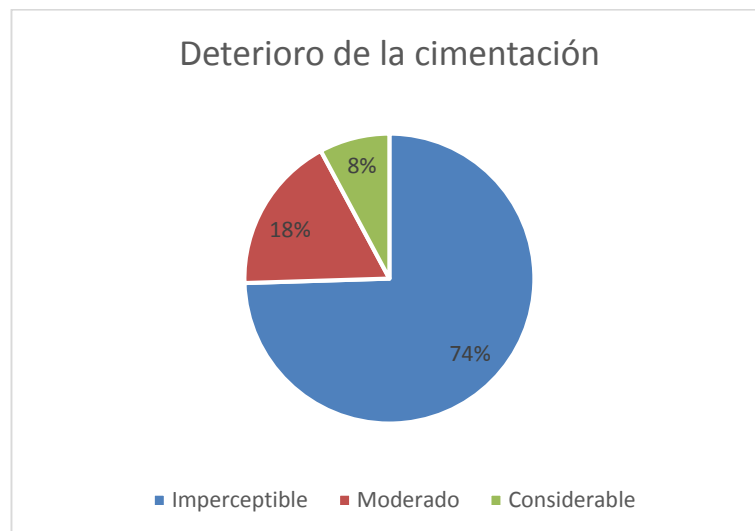
Fuente: elaboración propia.

Figura 96. **Indicador 4.2.5: Detalle del deterioro del techo**



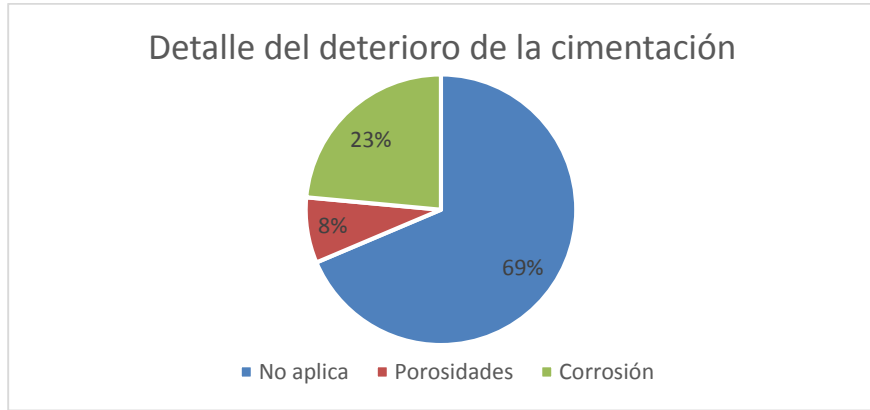
Fuente: elaboración propia.

Figura 97. **Indicador 4.2.6: Deterioro de la cimentación**



Fuente: elaboración propia.

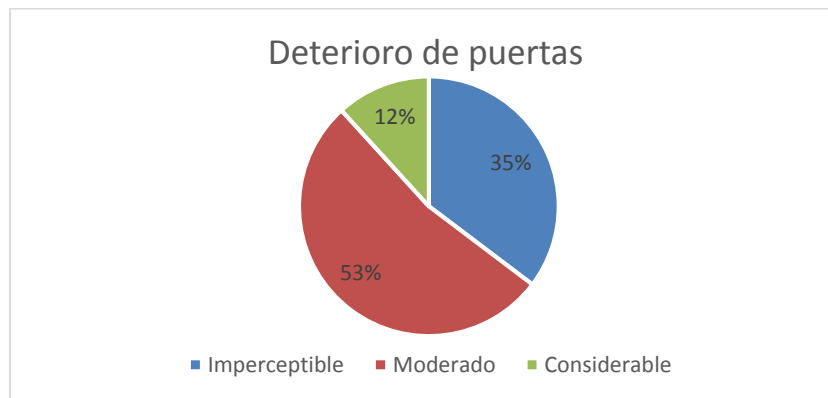
Figura 98. **Indicador 4.2.7: Detalle del deterioro de la cimentación**



Fuente: elaboración propia.

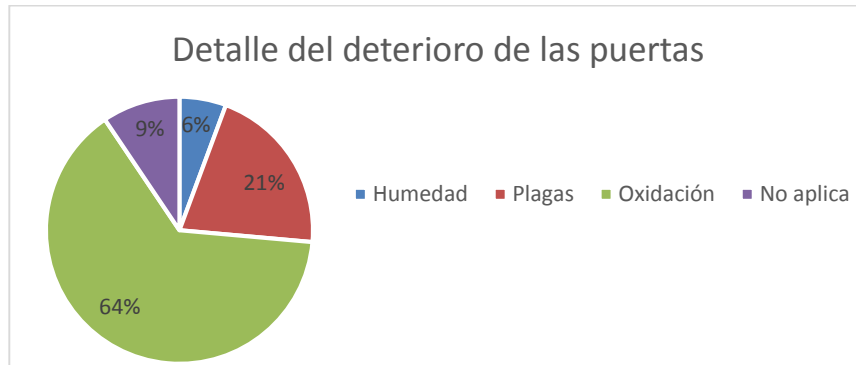
En el 69% de los casos no se pudo determinar el estado de la cimentación de las viviendas, en el resto de los casos los encuestados expusieron sus experiencias en casos anteriores.

Figura 99. **Indicador 4.2.8: Deterioro de puertas**



Fuente: elaboración propia.

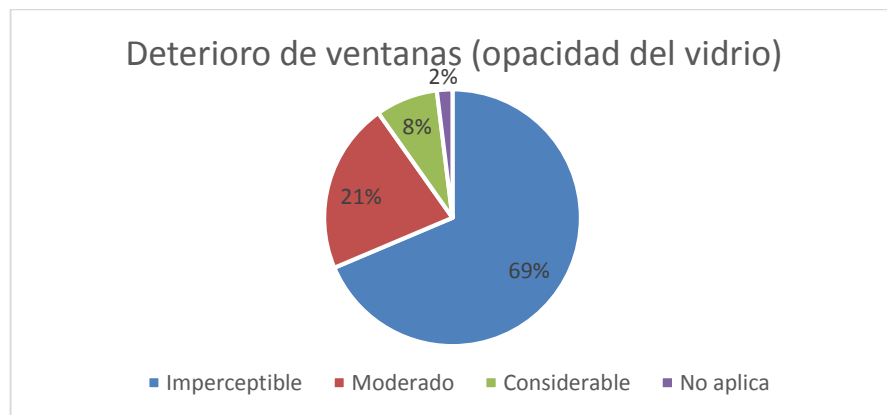
Figura 100. **Indicador 4.2.9: Detalle del deterioro de las puertas**



Fuente: elaboración propia.

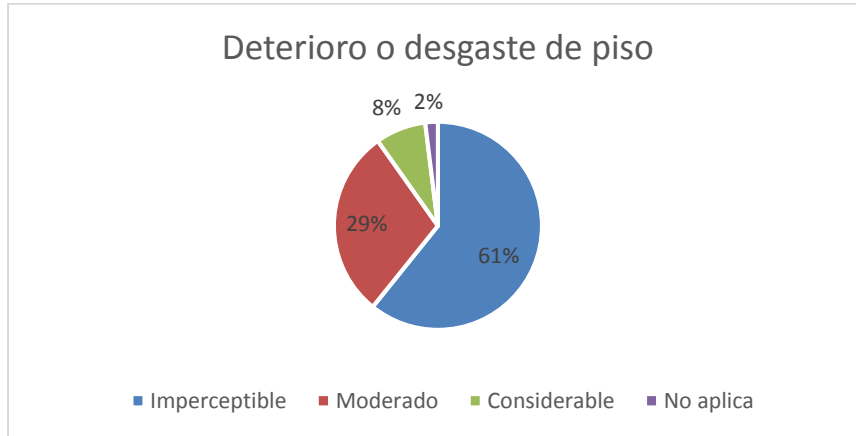
Dado que la gran mayoría de puertas con las que cuentan los vecinos son de metal, el deterioro más perceptible en este caso es oxidación y en algunos casos corrosión.

Figura 101. **Indicador 4.2.10: Deterioro de las ventanas (opacidad del vidrio)**



Fuente: elaboración propia.

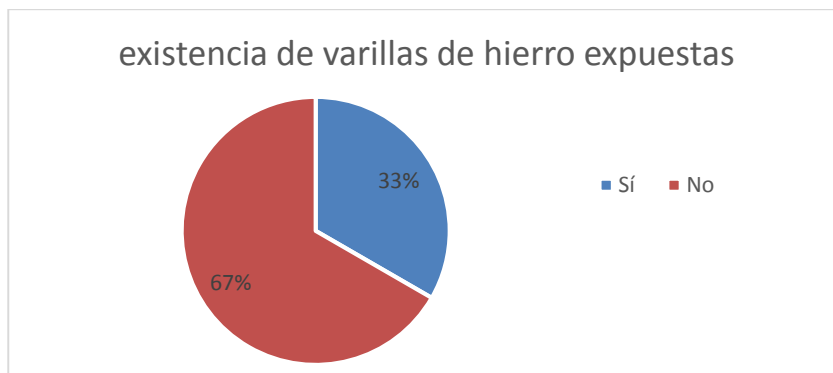
Figura 102. **Indicador 4.2.11: Deterioro o desgaste de piso**



Fuente: elaboración propia.

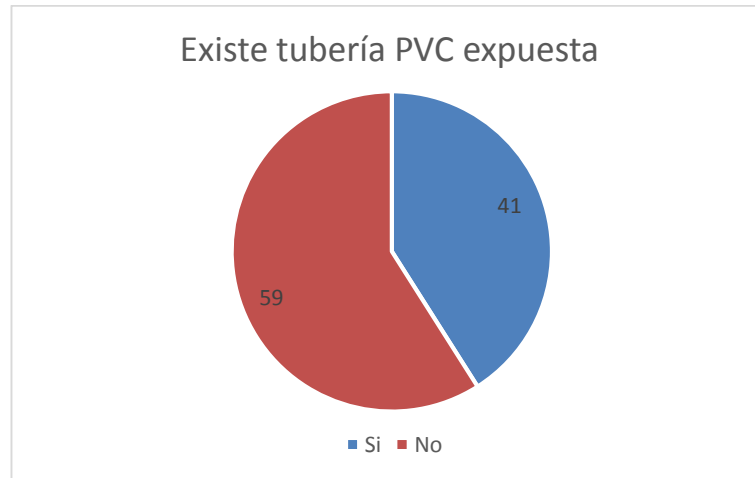
En el 61 % de los casos no se encontró deterioro perceptible en el piso, en otros podía notarse muestras de humedad de manera moderada.

Figura 103. **Indicador 4.2.12: Existencia de varillas de hierro expuestas**



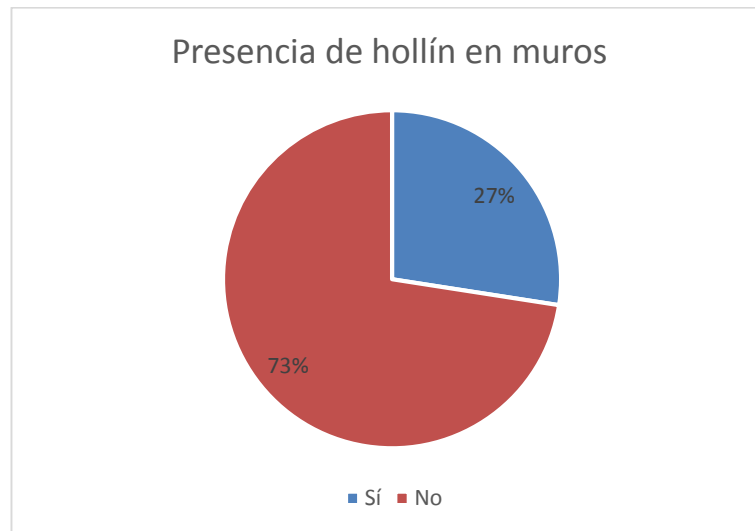
Fuente: elaboración propia.

Figura 104. **Indicador 4.2.13: Existe tubería PVC expuesta**



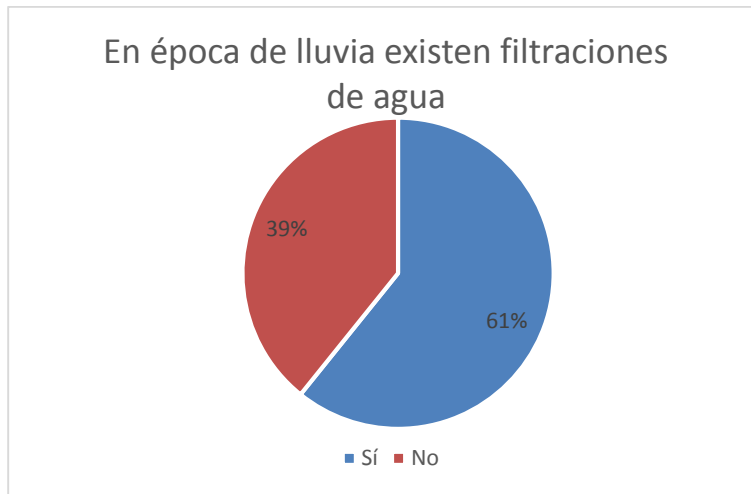
Fuente: elaboración propia.

Figura 105. **Indicador 4.2.14: Presencia de hollín en muros**



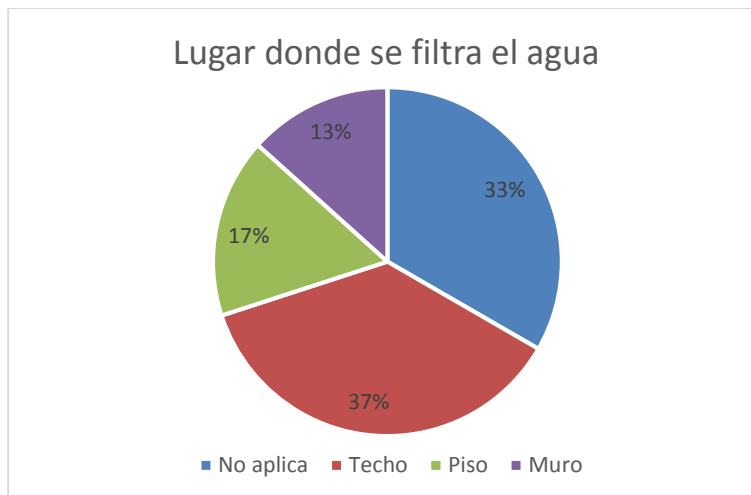
Fuente: elaboración propia.

Figura 106. **Indicador 4.2.15: En época de lluvia existen filtraciones de agua**



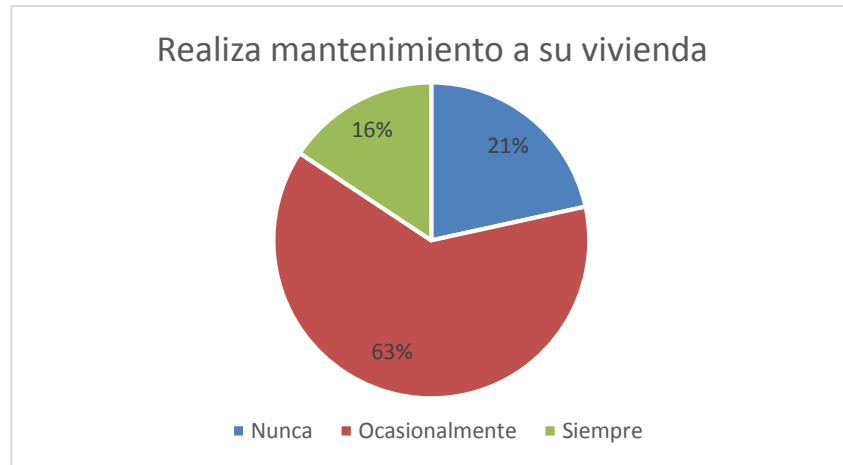
Fuente: elaboración propia.

Figura 107. **Indicador 4.2.16: Lugar donde se filtra el agua**



Fuente: elaboración propia.

Figura 108. **Indicador 4.2.17: Realiza mantenimiento a su vivienda**



Fuente: elaboración propia.

Figura 109. **Indicador 4.2.18: Han realizado ampliaciones en la vivienda**



Fuente: elaboración propia.

Figura 110. **Imágenes recopiladas del estudio en las comunidades**



Fuente: Comunidad Cerritos, Amatlán.

Figura 111. **Pozo de la comunidad de El Salitre**



Fuente: Comunidad El Salitre, Amatlán.

Pozo utilizado por los vecinos de la comunidad de El Salitre, vecinos relatan que existe una vena volcánica cerca del lugar, por lo que confían en el uso del agua que extraen de dicho pozo.

Figura 112. **Figura Agua almacenada en toneles**



Fuente: elaboración propia.

Algunas viviendas optan por almacenar el agua en toneles y pilas, en este caso se guardó en un tonel evidentemente sucio y gastado por el uso, haciendo que el agua adopte una coloración marrón.

Figura 113. **Aguas residuales expuestas**



Fuente: Comunidad Tacatón, Amatitlán.

En esta fotografía se muestra cómo corren aguas residuales al aire libre sobre una cuneta, también se muestra basura inorgánica en estas aguas.

Figura 114. **Botellas de plástico acumuladas**



Fuente: Comunidad Tacatón, Amatitlán.

Acumulación de botellas de plástico en cuneta con agua, sitio idóneo para la reproducción de zancudos y más plagas.

Figura 115. **Goteo de aguas grises**



Fuente: Comunidad Tacatón, Amatitlán.

En la fotografía se puede observar la existencia de una salida de aguas grises hacia la calle.

Figura 116. **Aguas grises expuestas y humedad en muro**



Fuente: Comunidad Tacatón, Amatitlán.

Las aguas grises corren por la calle, se puede observar también la humedad que se filtra por los muros, entre los cimientos y el *block*. Se puede notar el crecimiento de hierbas en el muro y el desgaste de la pintura.

Figura 117. **Salida de aguas residuales hacia el lago y basura al fondo del barranco**



Fuente: Comunidad Tacatón, Amatitlán.

En un espacio entre viviendas se localizó una salida de aguas residuales hacia el lago, así también la existencia de basura inorgánica.

Figura 118. **Salida de aguas residuales hacia el lago y dos pescadores trabajando**



Fuente: Comunidad Tacatón, Amatitlán.

Se encontró otra salida de aguas residuales hacia el lago, al fondo de la fotografía se puede observar a dos pescadores a punto de salir a trabajar y buscar su sustento.

Figura 119. **Forma de cocinar de algunos habitantes de las comunidades estudiadas**



Fuente: Comunidad Cerritos, Amatitlán.

Figura 120. **Viviendas bajo barrancos**



Fuente: Comunidad Tacatón, Amatitlán.

Las viviendas en la comunidad del Tacatón en su mayoría están ubicadas en la parte baja de una montaña, en este ejemplo se puede ver lo vulnerable que pueden llegar a estar al momento de un sismo o deslizamiento de tierra. El terreno es rocoso, los vecinos reportan pocos o leves deslizamientos.

Figura 121. **Viviendas entre la carretera y el lago de Amatitlán**



Fuente: Comunidad Tacatón, Amatitlán.

Se puede observar que las viviendas están construidas en un nivel distinto al de la carretera, se cuenta con un muro de contención provisional para evitar derrumbes hacia las viviendas.

Figura 122. **Lago de Amatitlán**



Fuente: lago de Amatitlán, Amatitlán.

Presencia de materia orgánica a orillas del lago de Amatitlán denominada ninfa, coloración verde del lago.

Figura 123. **Viviendas a orillas del lago de Amatitlán**



Fuente: lago de Amatitlán, Amatitlán.

Figura 124. **Materia orgánica a orillas del lago de Amatitlán**



Fuente: lago de Amatitlán, Amatitlán.

Se logra observar materia orgánica sobre el agua del lago, también se nota una sustancia espesa de color verde.

Figura 125. **Basura quemada**



Fuente: lago de Amatitlán, Amatitlán.

Se localizó una zona en la que algunas personas queman basura, generando un foco de contaminación atmosférica. No se descarta quema de basura dentro de viviendas no encuestadas.

Figura 126. **Block poroso**



Fuente: Comunidad El Salitre, Amatitlán.

Se puede observar un grupo de *block* de un muro demasiado poroso en una vivienda con 15 años de haber sido construida, también se observa humedad en la que crece musgo.

Figura 127. **Muro húmedo**



Fuente: Comunidad Tacatón, Amatlán.

Muro sin algún tipo de recubrimiento en el que las dos primeras filas de *block* se encuentran húmedas y con musgo creciendo en él. Una varilla de hierro se encuentra expuesta al aire libre cerca de la zona húmeda (círculo rojo).

Figura 128. **Óxido en puerta de metal**



Fuente: Comunidad El Salitre, Amatitlán.

Figura 129. **Vivienda de madera deteriorada**



Fuente: Comunidad El Salitre, Amatitlán.

Esta vivienda la habita una mujer de la tercera edad, con el paso del tiempo su vivienda se ha ido deteriorando poco a poco. Se observan dos toneles en los que almacena agua para su consumo.

Figura 130. **Deterioro de techo**



Fuente: Comunidad El Salitre, Amatlán.

Viga de madera consumida por plagas y acompañada por láminas metálicas oxidadas.

Figura 131. **Desgaste de muro**



Fuente: Comunidad El Salitre, Amatlán.

Figura 132. **Humedad en muro**



Fuente: Comunidad El Salitre, Amatlán.

Pared con muestras de humedad en la parte superior y media, en la zona marcada se puede observar salida de salitre que afectó la pintura y desgastó el muro.

Figura 133. **Muro con salitre**



Fuente: Comunidad El Salitre, Amatlán.

Acercamiento de la figura anterior, el salitre ha levantado la pintura y desgastado con el tiempo el repello del muro, se presume que esta zona es cercana o está sobre una solera.

Figura 134. Tubería de PVC expuesta al sol



Fuente: Comunidad El Salitre, Amatlán.

Tubería de PVC expuesta al sol, la radiación UV del sol tiene efectos negativos sobre este tipo de tubería principalmente en su durabilidad.

Figura 135. **Casa en buen estado**



Fuente: Comunidad El Salitre, Amatlán.

Esta casa pertenece a un chalet. Una correcta supervisión al construir y un mantenimiento adecuado han hecho que permanezca en buen estado, con pocos signos de deterioro.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Entorno general

Las comunidades cuentan con acceso hacia carreteras principales, la carretera circunvalación al lago CA2 que rodea al lago de Amatitlán conectando a Amatitlán y Villa Canales. Las viviendas encuestadas están ubicadas en su mayoría a las orillas del lago de Amatitlán, a menos de 65 metros y con una altura de diferencia al nivel del lago de 4 metros. El terreno donde fueron construidas las viviendas es estable y en ciertas zonas con suelo rocoso. La topografía en las viviendas es variada, en El Tacatón el terreno tiene pendientes pronunciadas debido a que se encuentra ubicado a un costado de las montañas.

4.2. Habitabilidad

El 70 % de las viviendas encuestadas fueron construidas aproximadamente hace menos de 25 años y el 90 % son de un solo piso, cuentan con suficientes habitaciones para desarrollarse, como es costumbre algunas de estas habitaciones comparten ambientes, entre los más comunes: comedor-cocina, sala-comedor.

Los encuestados afirman que se han alimentado con la fauna del lago de Amatitlán, siendo estos el 78 % que busca aprovechar los recursos que ofrece el lago, aunque sea dañino para su salud.

Todas las viviendas cuentan con servicio constante de electricidad, sin embargo, el servicio de agua potable es irregular debido a que se ve interrumpido

en su distribución teniendo dos horas diarias de servicio y en ocasiones el agua llega cada dos días, los vecinos se han organizado para solicitar una mejora, pero no se han mostrado resultados.

Otra irregularidad en sus servicios es el de alcantarillado, en el cual no existe un manejo correcto de los desechos humanos, existiendo fugas al intemperie y salidas de aguas servidas hacia el lago debido a la inexistencia de tubería en la cual transportar hacia un área de tratado de estas aguas.

4.3. Factores ambientales

Los habitantes no se muestran seguros ante amenazas naturales, sintiéndose vulnerables a los fenómenos y agentes ambientales, aunque encuentran el clima del lugar agradable para vivir. Por otro lado, les son molestos los olores, desechos orgánicos e inorgánicos y las plagas que se generan debido a la cercanía al lago de Amatitlán, como las moscas, zancudos y mosquitos.

4.4. Materiales

Los encuestados han obtenido sus materiales de construcción de ferreterías locales, tales como *block*, varillas de acero, ladrillo, cemento y agregados. Algunos afirman que el agregado fino es extraído de bancos en el río Michatoya en Amatitlán por la facilidad de transporte, lo que ha buscado alternativas más accesibles para su economía.

Se tiene conocimiento de la existencia del reglamento municipal de construcción, pero no se solicitan licencias de construcción, además de que no fueron consultados profesionales al momento del diseño y ejecución de las obras. Otro punto mencionado es que afirman que el agua del lago de Amatitlán pudo

llegar a ser usada para levantar su vivienda. Como se mencionaba anteriormente, el servicio de agua potable es irregular en estas comunidades, por lo que los pobladores al tener un fácil acceso al agua del lago optan por usar esta misma.

Todas las viviendas muestran cierto grado de deterioro causado por el ambiente al que están expuestas, se pueden encontrar muestras de humedad en la parte baja de los muros. Este deterioro en su mayoría no es preocupante, ya que se encuentra en áreas pequeñas dentro de las viviendas y no se han visto afectadas por fallas a la estructura en los años que han vivido en estas comunidades, pero esto no es indicio de que no pudieran fallar ante fenómenos de gran magnitud.

Respecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, estas comunidades están lejos de ser pobres, tienen zonas que pueden explotar tanto por sus recursos y por el turismo que podrían generar. Los objetivos de desarrollo sostenible tienen entre sus puntos la importancia de agua limpia y saneamiento, ciudades y comunidades sostenibles y la salud y bienestar. Para estos objetivos en concreto, las comunidades aún tienen camino por recorrer, la contaminación del lago es un factor importante para alcanzarlos. El lago incumple con varios objetivos, como el objetivo de agua limpia; además la fauna del lago de la cual se alimentan los pobladores también está contaminada, lo cual puede generar enfermedades gastrointestinales.

CONCLUSIONES

1. Los materiales de las viviendas en las comunidades estudiadas muestran ser como el promedio en Guatemala, siendo en su mayoría muros de *block*, techo de lámina y ventanas de metal, suelos de granito y fundición de concreto. Estos fueron obtenidos en ferreterías locales, siendo la construcción supervisada en un alto porcentaje por albañiles y sin licencia de construcción extendida por la municipalidad de Amatitlán.
2. Las tres comunidades estudiadas cuentan con dos servicios principales con deficiencias, siendo un servicio de agua irregular y un servicio de alcantarillado inexistente en algunos casos, que generan un saneamiento e higiene inadecuados, aumentando padecimientos gastrointestinales causados por bacterias y parásitos. Por otro lado, los vecinos de las comunidades cuentan con un servicio eléctrico constante que les permite realizar actividades como la cocción, conservación de alimentos, calefacción y alumbrado.
3. Las viviendas, dada la influencia de la cercanía al lago de Amatitlán, se ven afectadas por la humedad presente en el suelo, por lo mismo se puede encontrar muestras de humedad en la parte baja de los muros de las viviendas, como también presencia de salitre, causantes del desmoronamiento del recubrimiento en muros. Los techos de lámina se ven afectados por la oxidación y corrosión, plagas y hongos se ven presentes en puertas y ventanas de madera a causa del ambiente al que están expuestos. Los habitantes declaran que, al suscitarse sismos, sus viviendas no han presentado fallas en su estructura.

4. Los encuestados mayores, quienes han vivido toda o gran parte de su vida cerca del lago de Amatitlán, comentan que el lago sufre de contaminación desde siglos atrás, aproximadamente desde que la ciudad capital se trasladó al Valle de la Ermita en el año 1775 y se ha agravado algunas décadas atrás. El lago ha sido su fuente de ingresos y de alimento en algunos casos, dado el turismo y pesca. Los encuestados afirman que el lago de Amatitlán tiene vida, mostrándose en algunas temporadas saludable con agua más clara de lo normal y en otros se presenta el fenómeno de la bumbancia, que se define como la mezcla o volteo de las aguas del lago, en el cual hay un cambio de temperatura, haciendo que el agua del fondo suba a la superficie teniendo esta menos cantidad de oxígeno, causando la muerte de los peces.

RECOMENDACIONES

1. Integrar, en futuras investigaciones que puedan relacionarse con esta, pruebas de laboratorio para examinar componentes en el agua y cómo afectan a las propiedades mecánicas en muestras de concreto y demás muestras de materiales.
2. Promover que las administraciones gubernativas deben enfocarse en mejorar los servicios y garantizar una vivienda digna para los guatemaltecos, esto con planes y leyes de desarrollo social.
3. Instar a que las instituciones del área de construcción a nivel nacional compartan conocimientos a la población en general de manera intensiva e insistente, sobre métodos y prácticas en construcción de viviendas en Guatemala, e impulsar el desarrollo nacional en infraestructura.

BIBLIOGRAFÍA

1. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán. *Folleto nivel superior*. 1a ed. Guatemala: AMSA, 1997. 21 p.
2. BECOÑA IGLESIAS, Elisardo. Resiliencia: definicion, características y utilidad del concepto. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*. 11 (1), p. 125-146
3. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. *Manual para el diseño y la construcción de indicadores. Instrumentos principales para el monitoreo de programas sociales de México*. 1a ed. Mexico, D.F.: CONEVAL, 2013. 55 p.
4. DOMÍNGUEZ, Jorge. *Civilgeeks*. [en línea]. <<https://civilgeeks.com/2014/07/18/libro-de-materiales-de-construccion-ph-d-jorge-gomez/>>. [Consulta: junio de 2021].
5. FAJARDO, Gil. *Tierra de Amatlés*. 1a ed. Guatemala: Impresiones EG, 2010. 104 p.
6. GUTIÉRREZ, Libia. *El concreto y otros materiales para la construcción*. 1a ed. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2003. 28 p.

7. GUZMÁN, Omar. *Propiedades en estado endurecido de concreto preparado con agua contaminada con cloruros*. 1a ed. Ciudad de Guatemala: Autor, 2007. 8 p.
8. HALCOMB, Elizabeth. *Mixed Methods*. Standard, 1 (1), p. 29,32 y 41-47.
9. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. *Metodología de la investigación*. 3a ed. México, D.F.: MacGraw-Hill/Interamericana, 2010. 428 p.
10. KOSMATKA, Steven H.; KERKHOFF, Beatrix; PANARESE, William C.; TANESI, Jussara. *Diseño y control de mezclas de concreto*. 8a ed. Portland, EE.UU.: Portland Cement Association, Skokie, 2004. 223 p.
11. MANN, C. *Observational Research methods*. Research Desing II, 1 (1), 2003. p. 20 y 54-60.
12. MÁRQUEZ, Fernando. *Mecanismos de biodeterioro del concreto reforzado*. Trabajo de graduación de Ing. Universidad Francisco de Paula Santander, 2015. 135 p.
13. MARTÍNEZ RIZO, Felipe. *Los indicadores como herramientas para la evaluación de la calidad de los sistemas educativos*. 2a ed. México D.F.: Sinética, 2010. 97 p.
14. MOLINA HIGUEROS, Marco Antonio. *Materiales de construcción en ingeniería civil*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 143 p.

15. Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas. *El derecho a una vivienda adecuada*. Ginebra, Suiza: ONU, 2010. 65 p.
16. Organización de las Naciones Unidas. *Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales*. Ginebra, Suiza: ONU, 1991. [en línea]. <http://www2.ohchr.org/english/issues/housing/docs/CG4_sp.doc> . [Consulta: junio de 2021].
17. Organización de las Naciones Unidas. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Ginebra, Suiza: ONU, 2006. [en línea]. <<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>>. [Consulta: junio de 2021].
18. RODRÍGUEZ, Carlos Alberto. *Efectos de la calidad del agua en la resistencia del concreto*. 1a ed. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 1984. 118 p.

