



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA  
POTABLE DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

**WILFREDO ANTONIO CANO ZAMORA**

**Asesorado por el Ing. Civil Félix Douglas Aguilar Carrera**

**GUATEMALA, MARZO DE 2006**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE  
SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**WILFREDO ANTONIO CANO ZAMORA**

ASESORADO POR EL ING. FÉLIX DOUGLAS AGUILAR CARRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos</b>
<b>VOCAL I</b>	
<b>VOCAL II</b>	<b>Lic. Amahán Sánchez Álvarez</b>
<b>VOCAL III</b>	<b>Ing. Julio David Galicia Celada</b>
<b>VOCAL IV</b>	<b>Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz</b>
<b>VOCAL V</b>	<b>Br. Elisa Yazminda Vides Leiva</b>
<b>SECRETARIA</b>	<b>Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas</b>

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Julio Ismael González Podszueck</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Jorge Alfredo Baechli Alburez</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Augusto René Pérez Méndez</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Julio Víctor Guzmán de León</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Francisco Javier González López</b>

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE AGUA  
POTABLE DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 09 de febrero de 2005.

**Wilfredo Antonio Cano Zamora**

## **DEDICATORIA A:**

### **DIOS**

Porque sin Él nada somos, y por darme la sabiduría necesaria para poder alcanzar, uno de mis objetivos.

### **MI ESPOSA E HIJOS**

Mayra, Krista, Wilito y Christopher, por su amor, su apoyo y por ser mi motivación para alcanzar mis sueños; los amo.

### **MIS PADRES**

Servando Cano y Blanca Zamora de Cano, por el apoyo moral, espiritual y económico. Que el éxito alcanzado sea un poco de retribución a sus años de esfuerzo.

### **MIS HERMANOS**

Erick, Lorena, Eliza, Ester y Sari Cano Zamora.

### **MIS TÍOS**

A cada uno de ellos, gracias, en especial a mis tías Tonita y Sara.

### **MIS CUÑADOS**

Diana, Marco Antonio, Marvin, Danilo, Juan Luis y Jorge.

### **MIS SOBRINOS**

Madelyn, Alex, Marco Daniel, Rocío, Danilo y Pablo.

**MIS AMIGOS**

David Revolorio, Geovani y Fredy Godínez,  
Eduardo García, Oswaldo Marroquín, Any  
y Rebeca Mejía e Iglesia Siloé.

**RECONOCIMIENTOS A:**

Ing. Félix Douglas Aguilar Carrera

MULTIMAQUINARIA, S.A

MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA

Ing. Rudy Fernando González Escobar y familia

Ing. Mario Leonel Ramírez Toledo

Ing. Juan Salatiel Ruano

Ing. Carlos Ernesto González Ávila

**Muchísimas gracias por el apoyo en la realización de este trabajo.**



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
OBJETIVOS .....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Concepto de análisis de vulnerabilidad.....	1
1.2 Concepto de plan de mitigación.....	2
1.2.1 Prevención.....	2
1.2.2 Mitigación.....	3
1.2.3 Preparación.....	3
1.3 Concepto de plan de emergencia.....	4
1.3.1 Respuesta .....	4
1.3.2 Después del desastre.....	4
1.4 Descripción básica de un sistema de agua potable.....	5
1.4.1 Sistema de agua potable .....	5
1.4.2 Componentes del sistema.....	6
1.5 Amenazas naturales que afectan más frecuentemente a los sistemas de abastecimiento de agua.....	7
1.5.1 Huracanes.....	7
1.5.2 Terremotos o sismos.....	9

1.5.3	Erupciones volcánicas.....	10
1.5.4	Sequías.....	14
1.5.5	Deslizamientos.....	16
<b>2.</b>	<b>MARCO PRÁCTICO.....</b>	<b>25</b>
2.1	Monografía de Santa Catarina Pinula.....	25
2.1.1	Localización de Santa Catarina Pinula.....	25
2.1.2	Colindancias.....	26
2.1.3	Estructura orgánica de la municipalidad.....	26
2.1.4	Vías de acceso.....	27
2.1.5	División territorial de Santa Catarina Pinula.....	29
2.1.6	Población.....	30
2.1.7	Servicios.....	32
2.1.8	Características fisiográficas.....	33
	2.1.8.1 Orografía.....	33
	2.1.8.2 Suelos.....	34
	2.1.8.3 Hidrografía.....	35
	2.1.8.4 Clima del municipio.....	36
2.1.9	Impuestos.....	37
2.2	Descripción del sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Catarina Pinula.....	37
2.2.1	Historia del agua potable en la Cuchilla del Carmen.....	37
2.2.2	Detalle del sistema de agua de Santa Catarina Pinula.....	39
2.2.3	Datos estadísticos sobre el sistema de agua.....	56
2.3	Descripción de procesos operativos y administrativos del sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Catarina Pinula.....	56
2.3.1	Detalle.....	56

2.4	Análisis de los fenómenos naturales más frecuentes en Santa Catarina Pinula.....	58
2.4.1	Consideraciones especiales.....	58
2.4.2	Amenazas naturales de mayor riesgo.....	60
2.4.2.1	Sismos.....	61
2.4.2.2	Inundaciones .....	63
2.4.2.3	Deslizamientos.....	66
2.4.2.4	Erupciones volcánicas.....	69
2.4.3	Análisis de vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Catarina Pinula.....	79
2.4.3.1	Vulnerabilidad administrativa y operativa.....	79
2.4.3.2	Vulnerabilidad física.....	80
2.5	Plan de mitigación del sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Catarina Pinula.....	81
2.5.1	Prevención en Santa Catarina Pinula.....	81
2.5.2	Preparación en Santa Catarina Pinula.....	82
2.5.3	Mitigación.....	83
2.6	Plan de emergencias del sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Catarina Pinula.....	94
2.6.1	Comité de emergencia.....	94
2.6.2	Apoyo para prevenir o cubrir emergencias del sistema de agua en Santa Catarina Pinula.....	96
2.6.3	Funciones y responsabilidades del comité de emergencia.....	98
2.6.4	Comisión de formulación, evaluación y control del plan de emergencia .....	101
2.6.5	Centro de operaciones de emergencia .....	103
2.6.6	Declaratorias de alerta y emergencia .....	104

**CONCLUSIONES ..... 113**

**RECOMENDACIONES .....115**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 117**

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Ubicación del municipio de Santa Catarina Pinula respecto a la capital del país .....	25
2	Estructura orgánica de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula.....	27
3	Vías de comunicación del municipio Santa Catarina Pinula .....	28
4	División territorial del municipio de Santa Catarina Pinula.....	30
5	Población de Santa Catarina Pinula clasificada por sexo .....	31
6	Población de Santa Catarina Pinula clasificada por rango de edad .....	31
7	Hogares rurales y urbanos de Santa Catarina Pinula.....	32
8	Organigrama Departamento de Agua Potable Santa Catarina Pinula .....	58
9	Riesgo sísmico en Santa Catarina Pinula.....	61
10	Riesgo por inundaciones.....	64
11	Diagrama del sistema de agua de Santa Catarina Pinula.....	65
12	Falla de un talud por sobrecarga.....	68
13	Amenaza del volcán Pacaya .....	70
14	Mapa de amenaza volcánica en Guatemala.....	71
15	Comité de emergencia en Santa Catarina Pinula.....	100
16	Vista de la represa de captación .....	39
17	Vista de la recolección de agua desde las fuentes naturales.....	40
18	Vista del manantial 1 .....	40
19	Vista del manantial 2 .....	41
20	Vista del manantial 3 .....	41
21	Vista del manantial 4 .....	42
22	Caja reunidora de caudales .....	42

23	Estado de la línea de conducción .....	43
24	Reparaciones de la línea de conducción .....	44
25	Paso aéreo de la línea de conducción .....	44
26	Paso aéreo donde se muestra el cambio de .....	45
27	Tanque El Pueblito.....	46
28	Tubería de conducción expuesta .....	46
29	Tanque El Hüisital .....	47
30	Tanque elevado El Cementerio .....	48
31	Planta de tratamiento.....	49
32	Planta de tratamiento, vista lateral .....	49
33	Planta de tratamiento, vista superior .....	50
34	Sistema de filtros rápidos de planta de tratamiento El Hüisital .....	50
35	Sistema de filtros rápidos de la planta .....	51
36	Sedimentador .....	51
37	Clorinador .....	52
38	Pozo El Cementerio .....	53
39	Pozo El Rastro.....	53
40	Pozo El Estadio .....	54
41	Pozo El Hüisital .....	54
42	Pozo La Ceiba .....	55
43	Talud en el tanque el Hüisital .....	67
44	Suelo pomiticino en talud del Hüisital .....	67
45	Volcán Pacaya.....	70

## TABLAS

I	Aldeas y caseríos de Santa Catarina Pinula.....	29
II	Datos técnicos acerca de los pozos.....	55
III	Factores de daño en los componentes del sistema según intensidad sísmica	62
IV	Identificación y jerarquización de amenazas .....	73
V	Estimación de susceptibilidad de daño por sismo.....	74
VI	Estimación de susceptibilidad de daño por inundaciones .....	75
VII	Estimación de susceptibilidad de daño por deslizamientos .....	76
VIII	Estimación de susceptibilidad de daño por erupción volcánica.....	77
IX	Estado de respuesta a daños provocados por amenazas naturales.....	78
X	Estimación de las medidas de mitigación del componente Presa .....	86
XI	Estimación de las medidas de mitigación del componente Línea de Conducción .....	87
XII	Estimación de las medidas de mitigación del componente Pasos Aéreos .....	88
XIII	Estimación de las medidas de mitigación del componente Planta de Tratamiento.....	89
XIV	Estimación de las medidas de mitigación del componente Tanque de Distribución o Almacenamiento .....	90
XV	Estimación de las medidas de mitigación del componente Pozos.....	91
XVI	Estimación de las medidas de mitigación del componente Red de Distribución .....	92
XVII	Estimación de costos de las medidas de mitigación.....	93
XVIII	Estimación de las medidas de emergencia del componente Presa .....	105
XIX	Estimación de las medidas de emergencia del componente Línea de Conducción .....	106
XX	Estimación de las medidas de emergencia del componente Pasos Aéreos.....	107
XXI	Estimación de las medidas de emergencia del componente Planta de Tratamiento.....	108

XXII	Estimación de las medidas de emergencia del componente Tanque de Distribución o Almacenamiento.....	109
XXIII	Estimación de las medidas de emergencia del componente Pozos.....	110
XXIV	Estimación de las medidas de emergencia del componente Red de Distribución.....	111
XXV	Estimación de costos de las medidas de emergencia.....	112

## GLOSARIO

- Amenaza:** la probabilidad de ocurrencia dentro de un tiempo y lugar determinado, de un fenómeno natural o provocado por la actividad humana que se torna peligroso para las personas, edificaciones, instalaciones, sistemas y para el medio ambiente.
- Análisis de vulnerabilidad:** proceso para determinar los componentes críticos, débiles o susceptibles de daño o interrupción, de edificaciones, instalaciones y sistemas, o de grupos humanos, y las medidas de emergencia y mitigación a tomarse ante las amenazas.
- Componente:** parte discreta del sistema capaz de operar independientemente, pero diseñado, construido y operado como parte integral del sistema. Ejemplos de componentes individuales son: pozos, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento, presas, conducción, etc.
- Desastre natural:** manifestación de un fenómeno natural que se presenta en un espacio y tiempo limitado y que causa trastornos en los patrones normales de vida, pérdidas humanas, materiales y económicas, debido a su impacto sobre poblaciones, edificaciones, instalaciones, sistemas y el medio ambiente.
- Fenómeno natural:** manifestación de procesos naturales, ya sean atmosféricos geológicos, tales como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas y otros.

**Medidas de mitigación:** conjunto de acciones y obras a implementarse para reducir o eliminar el impacto de las amenazas, mediante la disminución de la vulnerabilidad de los Sistemas y sus componentes.

**Plan de mitigación:** conjunto de medidas y obras a implementar antes del impacto de las amenazas, para disminuir la vulnerabilidad de los componentes y de los sistemas.

**Prevención:** acciones de preparación para disminuir el impacto de las amenazas.

**Riesgo:** es el número esperado de muertos, heridos, daños a la propiedad, interrupción de las actividades económicas, impacto social, debidos a un fenómeno natural o provocado por el hombre.

**Sistema de agua potable:** conjunto de componentes construidos e instalados para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua a los usuarios. En su más amplia acepción comprende también las cuencas y acuíferos.

**Vulnerabilidad:** es el grado de daños susceptible de experimentar por las personas, edificaciones, instalaciones, sistemas, cuando estén expuestas a la ocurrencia de un fenómeno natural.

## RESUMEN

El tema de los desastres naturales es cada día más importante, debido a las múltiples catástrofes que se han presentado en los últimos tiempos. Por su parte, el análisis de vulnerabilidad sobre estos desastres, resulta primordial sobre todo en los países donde los recursos en esta materia son escasos y donde el riesgo es grande, dadas las condiciones geográficas y topográficas de algunos países. Por lo tanto, es importante el desarrollo de este tema, pues Guatemala está expuesta a sufrir los efectos de los desastres naturales tales como sismos, inundaciones, erupciones volcánicas y otros. Tales desastres pueden afectar en gran medida a los sistemas de agua potable, y la construcción de dichos sistemas representa un gran esfuerzo económico para las comunidades que se benefician con su operación. La temática ha sido tratada a nivel internacional por organismos que velan por la salud y por consultores internacionales, pero resulta interesante que se desarrolle el tema a nivel del país donde se consideren las características de los sistemas de agua potable, los riesgos del país y la administración de dichos sistemas de agua.

Este trabajo de graduación está dirigido principalmente a los estudiantes de ingeniería y al personal técnico y administrativo encargado de los sistemas de abastecimiento de agua potable, para que mediante su utilización se pueda determinar la vulnerabilidad de dichos sistemas y plantear las medidas de mitigación que permitan reducir el impacto de los fenómenos naturales. Además, va dirigida a todas las organizaciones involucradas en el tema del agua potable, para que tengan un apoyo más en el establecimiento de planes y políticas claras sobre el servicio de agua potable.

Los resultados del estudio serán de beneficio para las poblaciones, en especial la de Santa Catarina Pinula, que se abastece de agua potable por medio de este sistema y que está expuesta a las amenazas de los desastres naturales.



## **OBJETIVOS**

### **General:**

Elaborar el análisis de vulnerabilidad del sistema de agua potable del municipio de Santa Catarina Pinula, del departamento de Guatemala, el cual proveerá el plan de mitigación y emergencia ante los desastres naturales de mayor incidencia en la zona de estudio.

### **Específicos:**

1. Detallar los pasos a seguir para realizar un análisis de vulnerabilidad en los sistemas de agua potable.
2. Determinar los factores que amenazan los distintos componentes del sistema de distribución de la ciudad de Santa Catarina Pinula.
3. Proponer acciones para mitigar y prevenir los desastres en el sistema de agua potable en la ciudad de Santa Catarina Pinula.



## INTRODUCCIÓN

Guatemala, como el resto de los países del área centroamericana, es un país expuesto a catástrofes de tipo natural tales como terremotos, huracanes, inundaciones, etcétera, y sus sistemas de abastecimiento de agua potable se encuentran expuestos a los riesgos que ocasionan dichas calamidades.

La construcción de los sistemas de abastecimiento de agua ha representado un gran esfuerzo económico para los países en vías de desarrollo, y aún más, para los habitantes que generalmente pertenecen a las clases más pobres y marginadas. Estos sistemas han mostrado ser vulnerables al impacto de fenómenos naturales como sismos, erupciones volcánicas, deslizamientos, inundaciones y sequías, que se presentan con relativa frecuencia.

El impacto de las amenazas naturales sobre los sistemas de agua potable y sus componentes puede ser muy variado, y depende fundamentalmente de la magnitud y localización del fenómeno natural y de la vulnerabilidad del sistema y sus componentes, tanto en el aspecto físico como en el operativo, administrativo y organizativo.

La vulnerabilidad de los sistemas de agua potable puede ser física, organizativa y operativa, y depende de las características estructurales, recursos con los que se cuenta para el manejo del sistema, capacitación del personal, métodos operativos, esquema administrativo, así como de la forma de organización y de las características de la institución que los agrupa.

El análisis de vulnerabilidad, es el método que permite determinar las debilidades de los componentes de un sistema frente a una amenaza, con el objetivo de establecer las medidas de mitigación necesarias para corregir esas debilidades, y proponer las medidas de emergencia para dar una respuesta adecuada cuando el impacto de la amenaza se produce.

En este trabajo de graduación se propone desarrollar:

Una recopilación bibliográfica y práctica, donde se presenten los conceptos de vulnerabilidad, las características de los sistemas de agua potable, conceptos relativos a las amenazas, a los planes de emergencia y de mitigación.

Debido a la gran necesidad de garantizar el abastecimiento de agua potable en el municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala, se realizó un inventario de los fenómenos naturales que amenazan dañar el sistema.

También se propone analizar una parte del sistema como lo son, los tanques de distribución, para poder integrarlo en un plan de mitigación de desastres que debe estar compuesto por un equipo multidisciplinario, integrado con la Alcaldía Municipal de Santa Catarina Pinula.

En otro aspecto, se proponen medidas de prevención a realizar, para garantizar que el sistema completo nunca deje de operar en momentos en que ocurren desastres naturales. Los fenómenos que más amenazan los sistemas son los sismos, deslizamientos de tierra, inundaciones y sequías.

# 1. MARCO TEÓRICO

Es importante tener la referencia teórica, de estudios y documentos previamente desarrollados por autoridades y organizaciones dedicadas al estudio de desastres naturales, para obtener el marco conceptual que oriente el desarrollo del presente estudio y de futuros estudios que se deseen efectuar en la región de Santa Catarina Pinula.

## 1.1 Concepto de análisis de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se puede definir como el proceso para determinar los componentes críticos, débiles o susceptibles de daño o interrupción, de edificaciones, instalaciones y sistemas, o de grupos humanos, y las medidas de emergencia y mitigación a tomarse ante las amenazas.<sup>1</sup>

El análisis de vulnerabilidad es el método que permite determinar las debilidades de los componentes de un sistema frente a una amenaza, con un doble objetivo: establecer las medidas de mitigación necesarias para corregir esas debilidades, y proponer las medidas de emergencia para dar una respuesta adecuada cuando el impacto de la amenaza se produce.

El objetivo del análisis de vulnerabilidad y de la identificación de las medidas de mitigación para los sistemas de agua potable es tener sistemas sostenibles y seguros frente a las amenazas naturales.

Las amenazas a su vez pueden definirse como la probabilidad de ocurrencia dentro de un tiempo y lugar determinado, de un fenómeno natural o provocado por la

---

<sup>1</sup> Fuente: Manual para la mitigación de desastres en sistemas de agua potable. OPS/OMS.  
Disponible en : man-libro.pdf

actividad humana que se torna peligroso para las personas, edificaciones, instalaciones, sistemas y para el medio ambiente.<sup>2</sup>

## **1.2 Concepto de plan de mitigación**

El plan de mitigación es una etapa que se da “antes del desastre”, es la etapa más importante del proceso de planificación para situaciones de emergencia y desastre. Comprende tres actividades, a saber: prevención, preparación y mitigación, todas de responsabilidad del estado y, algunas en particular, de los organismos del sector saneamiento.

### **1.2.1 Prevención**

Esta es una actividad propia de los organismos gubernamentales que tienen a su cargo la administración de los recursos geológicos, hídricos, marítimos, forestales y de desarrollo urbano. Consiste en la eliminación o reducción de la presencia de eventos naturales que pueden constituir un peligro para el ser humano.

Fenómenos naturales tales como las inundaciones, algunos tipos de sequías, incendios, etc., que tienen un cierto grado de participación humana en su origen, pueden evitarse o impedirse con una buena política preventiva. Por otro lado, algunos fenómenos naturales que no son controlables pueden prevenirse (y, por lo tanto, no convertirse en amenazas mayores), si se llevan a cabo acciones de detección y vigilancia, como es el caso de los huracanes y algunas erupciones volcánicas. La recopilación y análisis de los datos sobre las amenazas debe ser una actividad permanente.

---

<sup>2</sup> Fuente: Manual para la mitigación de desastres en sistemas de agua potable. OPS/OMS. Disponible en: : man-libro.pdf

### **1.2.2 Mitigación**

Es el conjunto de medidas para aminorar o eliminar el impacto de las amenazas naturales, mediante la reducción de la vulnerabilidad del contexto social, funcional o físico.

Dado que el riesgo de que se produzca un desastre se fundamenta en la intervención de dos factores (la amenaza y la vulnerabilidad), además de las acciones de prevención es necesario mitigar los efectos de los fenómenos naturales reduciendo o eliminando la vulnerabilidad de: las personas, infraestructura, organizaciones, etc., a fin de que no sufran daños o pérdidas.

Estas actividades deben ser realizadas por diferentes organismos, entre los cuales se incluyen los del sector saneamiento, que normalmente utilizan recursos económicos propios. La mitigación se asocia a un tipo de amenaza, y se realiza en mayor o menor grado según sea el riesgo que ésta origina; también influye el estado de las estructuras.

El manejo de las amenazas naturales será más eficiente cuanto mayores y mejores sean las medidas de mitigación que se adopten, por lo que deben realizarse los análisis de vulnerabilidad, y evaluación de riesgo, y los programas pertinentes. Éstos comprenden mejoras físicas y estructurales, una organización eficaz, y actividades de operación y mantenimiento eficientes.

### **1.2.3 Preparación**

Comprende una serie de actividades cuyo objetivo es organizar, educar, capacitar y adiestrar a la población a fin de facilitar las acciones para un efectivo y oportuno control, aviso, evacuación, salvamento, socorro y ayuda de la población, así como una acción rápida y eficaz cuando se produce el impacto, permitiendo la restauración de los servicios lo más pronto posible. Para ello se deben formular y poner

en marcha los planes de operación de emergencia, adiestrar al personal y equipar los suministros de emergencia.

### **1.3 Concepto de plan de emergencia**

El plan de emergencia comprende las acciones a realizar **“durante el desastre”**. Éste comprende:

#### **1.3.1 Respuesta**

Una vez ocurrido el impacto se deben accionar las actividades de respuesta, las cuales comprenden búsquedas, rescate, socorro y asistencia de personas, comunicaciones y labores de operación y mantenimiento en el caso de los sistemas.

La capacidad de respuesta será mayor si se han diseñado las acciones que deben ejecutarse en el período de impacto de la amenaza natural, que puede variar de unas cuantas horas (terremotos) a algunos meses (sequías).

Las acciones de respuesta deberán ejecutarse según lo diseñado en el plan de emergencia, el cual comprenderá el manejo de los recursos humanos, materiales y económicos, tales como el personal técnico, maquinaria y equipos, y presupuestos para contingencias. Asimismo tendrá estructurada la secuencia de operaciones por realizar, desde la evaluación de daños hasta la reparación y puesta en funcionamiento de los componentes de los sistemas, todo esto bajo una normativa legal y estratégica.

#### **1.3.2 Después del desastre**

Las actividades por desarrollar después de ocurrido el desastre, con una intensidad acorde con la magnitud del mismo, son las siguientes:

**a) Rehabilitación**

Es el proceso de restablecimiento de las condiciones normales de vida mediante la reparación, adecuación y puesta en marcha de los servicios vitales que hayan sido interrumpidos o deteriorados por el desastre.

**b) Reconstrucción**

Las actividades de reconstrucción se refieren al proceso de recuperación a mediano y largo plazo de los elementos, componentes y estructuras afectadas por el desastre.

## **1.4 Descripción básica de un sistema de agua potable**

### **1.4.1 Sistema de agua potable**

Un sistema de agua potable es un conjunto de componentes construidos e instalados para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua a los usuarios. En su más amplia acepción comprende también las cuencas y acuíferos.<sup>3</sup> En términos generales, los sistemas de agua potable brindan su servicio a poblaciones concentradas o dispersas en el territorio de un país, pudiendo estar administrados local o regionalmente, en forma autónoma o dependiente de una organización superior.

Los sistemas pueden funcionar a gravedad, bombeo o pueden ser mixtos. En un sistema a gravedad el agua circula desde la captación hasta la distribución aprovechando la pendiente natural del terreno, en un sistema por bombeo requiere de equipo electromecánico para el abastecimiento del agua. Un sistema mixto requiere para

---

<sup>3</sup> Fuente: Manual para la mitigación de desastres en sistemas de agua potable. OPS/OMS. Disponible en : man-libro.pdf

que el agua circule, tanto de equipo electromecánico como de la pendiente natural del terreno.

#### **1.4.2 Componentes del sistema**

Los cuatro componentes básicos de estos sistemas son: captación, conducción, almacenamiento-tratamiento y distribución.

a) La captación: la captación es lugar donde se origina el sistema pues allí se encuentra el agua. Este componente puede ser una vertiente, un río, una fuente subterránea. Puede contar con estructuras de tipo muro, tanque, con pozos, o con derivación de un acueducto principal. Los muros y tanques están contruidos en hormigón y tienen tamaños variables. Los pozos pueden estar revestidos con tuberías de PVC o de acero.

b) Conducción: la conducción se refiere al método que se usa para que el agua fluya desde la fuente original hasta los tanques de almacenamiento-tratamiento. Como parte de la conducción se consideran los tubos de conducción. La longitud de la conducción es variable. Los tubos en general están enterrados, pueden ser de PVC, polietileno, asbesto, cemento o hierro, de diferentes diámetros, según diseño.

c) Almacenamiento-tratamiento: el almacenamiento consta de uno o varios tanques de almacenamiento de tamaño variable, de hormigón armado o cemento, enterrados, semienterrados, superficiales o elevados con estructura metálica o de hormigón. El tratamiento es con el objeto de eliminar contaminantes del agua y dejarla en condiciones adecuadas para el consumo humano. Para ello es necesario someterla a diversos procesos, utilizando métodos especiales y costosos, en diferentes plantas de tratamiento. Las plantas de tratamiento pueden tener aireadores, floculadores, sedimentadores y filtros. La desinfección puede ser manual o con dosificador. Este componente está ubicado en un área cerrada y puede tener una caseta donde se realiza la

desinfección, que generalmente es el único tratamiento. En algunos casos la desinfección se realiza directamente en los pozos de captación.

d) Distribución: consta de tubos de distribución, conexiones domiciliarias con o sin medidores. Los tubos pueden ser de PVC o polietileno de diferentes diámetros y las conexiones domiciliarias son con tubería de PVC, hierro o polietileno generalmente con diámetro de 1/2 pulgada. La longitud de la red de distribución es variable.

## **1.5 Amenazas naturales que afectan más frecuentemente a los sistemas de abastecimiento de agua**

### **1.5.1 Huracanes**

Los efectos del viento, pueden causar daños sobre las obras que están a nivel del suelo, el riesgo de daños aumenta en relación directa con la altura de las obras y con la superficie expuesta al viento. Los daños dependen de la resistencia al viento con que hayan sido construidas las obras.

Para la caracterización de los huracanes, se dispone de información de varios niveles de complejidad, cuya utilización dependerá del tipo de estudio que se desee elaborar. Los tipos más comunes de datos sobre esta amenaza son las siguientes: la información histórica disponible sobre los huracanes de mayor peligro, mapas de zonificación, determinación del aumento del nivel del mar, determinación de los efectos del huracán en el terreno como fuente potencial de inundaciones y de inestabilidad en los taludes.

### Daños producidos por huracanes:

En general, los daños debidos a este tipo de fenómenos, son los siguientes:

- a) Derribamiento de los estanques elevados, si el viento es lo suficientemente fuerte.
- b) Daños derivados del vaciado brusco del volumen de agua almacenada en un estanque elevado (que puede ser de varios miles de metros cúbicos).
- c) Derrumbe de la estructura de las cañerías de conexión, de un estanque elevado y en las instalaciones aledañas.
- d) Derrumbe de estanques de industrias, mercados, escuelas, etc. de tamaño intermedio; y de los de uso doméstico, cuando los hay a nivel de vivienda, que usualmente son pequeños.
- e) Daños parciales o totales en las instalaciones, puestos de mando y otras edificaciones de la empresa, tales como ruptura de vidrios, techos, inundaciones, etc., debido a la fuerza de los vientos.
- f) Ruptura de tuberías, en pasos expuestos, tales como ríos y quebradas, debido a correntadas.
- g) Ruptura y desacople de tuberías en zonas montañosas por deslizamientos de tierra y correntadas de agua.
- h) Ruptura y daños en las tapas de los tanques elevados y asentados sobre terreno.
- i) Contaminación de agua en los tanques y tuberías.
- j) Ruptura de tuberías y falla de estructuras por asentamientos del terreno, debido a inundaciones.
- k) Daños en sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, ocasionando la interrupción en la operación de equipos, instrumentos y medios de comunicación.

### **1.5.2 Terremotos o sismos**

Los movimientos de la corteza terrestre generan deformaciones intensas en las rocas del interior de la tierra, acumulando energía que súbitamente es liberada en forma de ondas que sacuden la superficie terrestre. Estos sacudones son los llamados terremotos, temblores o sismos. Este evento se caracteriza por ser un evento no predecible, no controlable ni alterable por el hombre. La gravedad del impacto se relaciona con la magnitud de la energía liberada, la distancia y ubicación del epicentro del terremoto o sismo en relación con el elemento expuesto y las condiciones locales del terreno.

Un terremoto tiene efectos directos y secundarios. Los efectos directos son aquellos causados por el sacudimiento producido por el paso de la onda sísmica y los secundarios por las deformaciones permanentes del terreno, como deslizamientos y corrientadas de lodo, licuación del suelo, avalanchas y maremotos.

Para la caracterización de la amenaza sísmica, se dispone de información de varios niveles de complejidad, cuya utilización dependerá del tipo de estudio que se desee elaborar. Los tipos más comunes de datos sobre esta amenaza son los siguientes: la sismicidad de la región, mapas de zonificación sísmica (que existen en muchos países y se pueden complementar con mapas sobre información geológica, en los cuales se destaquen los sistemas de fallas activas o potencialmente activas), la longitud de ruptura y desplazamientos permanentes de fallas activas (la magnitud Richter de un sismo está directamente relacionada a la longitud de ruptura o superficie del callamiento), datos sobre maremotos o tsunamis.

Entre los factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable están: la ubicación de los sistemas de agua potable (en zonas de amenaza sísmica). Especialmente en suelos pobremente consolidados, donde las vibraciones pueden ser amplificadas o deslizarse a la largo de fallas geológicas. La

resistencia individual de las estructuras en las cuales influirá el diseño, tipo de materiales, calidad y antigüedad de la construcción.

Efectos generales de los terremotos:

- a) Destrucción total o parcial de las estructuras de la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución.
- b) Ruptura de las tuberías de conducción y distribución y daños en las uniones, entre tuberías o con los tanques, con la consiguiente pérdida de agua.
- c) Interrupción de la corriente eléctrica, de las comunicaciones y de las vías de acceso.
- d) Modificación de la calidad del agua por deslizamientos en áreas de topografía sinuosa.
- e) Variación (disminución) del caudal en captaciones subterráneas o superficiales.
- f) Cambio del sitio de salida del agua en manantiales.
- g) Daños por inundación costa adentro por impacto de tsunamis.
- h) La magnitud y características de los daños estará usualmente relacionada con el diseño antisísmico de las obras, su calidad constructiva, su tecnología y la calidad del terreno donde se sitúan las componentes del sistema.

### **1.5.3 Erupciones volcánicas**

Guatemala, es el país de Centroamérica que cuenta con mayor cantidad de volcanes, 38, la mayoría ubicados paralelamente a la costa del Océano Pacífico.

Los volcanes son estructuras compuestas de materiales que se acumulan sobre la tierra y tienen un conducto llamado chimenea que comunica la superficie de la

tierra con el interior de la corteza terrestre. Este conducto sigue una dirección más o menos vertical y en la boca del mismo se presenta un orificio denominado cráter.

Los materiales de erupción varían desde fuertes torrentes de lava fluida, bombas de materiales incandescentes, nubes ardientes de gases, gases y cenizas de varios tamaños. Los torrentes de lava que se generan, varían en volumen, extensión, espesor y velocidad de avance. La extensión y espesor depende del volumen, fluidez y la posibilidad de que pueda expandirse o no lateralmente. Estos torrentes dependen de la topografía subyacente pero pueden producirse desviaciones en sus trayectorias por valles poco profundos, especialmente cuando se trata de torrentes más viscosos. La actividad de erupción de los volcanes puede durar días y hasta años<sup>4</sup>. El potencial destructor de las erupciones volcánicas varía en relación a los cuatro tipos de productos esperados en una erupción volcánica: flujos de lava, nubes ardientes, flujos de lodos o lahares y caídas de ceniza.

Tanto la lava como las nubes ardientes son muy calientes y destruyen todo lo que se encuentra a su paso bajo el cono volcánico. Los flujos de lodo o lahares, al contrario de los anteriores, no son calientes, pero tienen un volumen y una movilidad mucho mayor a lo largo de los drenajes que nacen en el volcán.

Las caídas de cenizas cubren de manera uniforme áreas mucho mayores que los productos anteriores al ser éstas transportadas por el aire y no estar condicionadas por la topografía existente. Mientras más lejos está la fuente de emisión, menor es el tamaño de la ceniza y menor el espesor depositado, que puede ser medido en el rango de los milímetros a centímetros.

---

<sup>4</sup> Como el caso del volcán Irazú en Costa Rica que erupció ceniza sobre la ciudad de San José durante dos años. Fuente: Manual para la mitigación de desastres en sistemas de agua potable. OPS/OMS. Disponible en : man-libro.pdf

El principal efecto de la caída de cenizas se produce en las plantas de tratamiento y acueductos a cielo abierto, por la contaminación producida por la depositación de este material de características ácidas. Colateralmente hay impactos indirectos como suspensión de energía eléctrica y corte de caminos y comunicaciones.

Cabe indicar que las erupciones volcánicas son un fenómeno progresivo, por lo que se podrían tomar medidas de emergencia en función de la información existente en los organismos responsables de controlar la evolución del proceso eruptivo. Las erupciones volcánicas son un evento gradual, no controlable ni alterable por el hombre y puede ser predecible, si se poseen técnicas adecuadas de vigilancia de los volcanes. Es un evento súbito si se trata de volcanes no conocidos o no vigilados.

Una erupción volcánica puede generar desastres “en cadena”, cuyas consecuencias pueden ser mayores que los de la propia erupción, y que pueden incluir: efectos sísmicos generados a partir de volcán en erupción; inundaciones y/o deslizamientos de nieve, tierra o fango producidos por calentamiento del terreno y vibraciones locales. Por otra parte, la erupción propiamente tal puede significar erupción de cenizas, polvo o gases, erupción de rocas o piedras o de lava.

En mapas de amenaza volcánica se pueden encontrar delineados los límites de las posibles áreas de influencia. Estos mapas generalmente presentan a escala local las zonas potencialmente afectadas por flujos piroclásticos (nubes ardientes), de lava y por caídas de ceniza, mientras que por la naturaleza del fenómeno los lahares se presentan a escala regional.

### Daños producidos por erupciones volcánicas:

**a)** La contaminación de las fuentes de aguas subterráneas es relativamente improbable, a menos que la caída de ceniza sea tan abundante y/o contenga materias muy contaminantes, o si entre por la boca de los pozos (si están sin tapas de protección) y ensucie el agua captada.

**b)** Contaminación de las fuentes superficiales de agua potable por depósitos de ceniza, efecto de gases o sustancias tóxicas, por muerte de animales en la cercanía de las obras de toma o en los canales abiertos de conducción del agua captada.

**c)** Contaminación del agua de los depósitos o estanques abiertos por la acumulación de sólidos en suspensión (plantas de tratamiento y captaciones superficiales).

**d)** Modificación de la calidad del agua en captación de agua superficial.

**e)** Se puede producir contaminación en plantas de filtros o de tratamiento de agua potable, por caída de ceniza volcánica sobre los estanques de coagulación, decantación o de los filtros, contaminando el agua o inutilizando los filtros con la propia ceniza que puede arrastrar el agua. El impacto a considerar será la suspensión del servicio y el reemplazo de filtros de arena por obstrucción en plantas de tratamiento, dependiendo de la duración e intensidad del fenómeno.

**f)** El escurrimiento de lava, si es abundante y de capacidad rodante suficiente, puede producir daños incluso en instalaciones enterradas tales como tuberías de agua potable o alcantarillados. Podría desenterrar, desplazar, llevarse y/o aplastar cañerías, cámaras y válvulas; en tanques semienterrados.

**g)** La erupción de corrientes de lava, de piedras o grandes rocas que pueden ser lanzadas a gran distancia pueden producir daños en prácticamente cualquier tipo de obras de estos sistemas (y cualquier obra y edificaciones ubicados sobre el nivel del suelo).

**h)** Destrucción total de cualquier componente del sistema de agua potable, si éstos están en las áreas de influencia directa de los flujos o del cauce de los drenajes que nacen en el volcán.

**i)** Obstrucción de las obras de captación, desarenadores, tuberías de conducción, floculadores, y filtros, por caídas de cenizas. Cuando el componente del sistema de agua se encuentra dentro de los límites de flujos piroclásticos, de lava y de lahares su destrucción debe ser considerada total y el factor de daño es de 100%.

**j)** Contaminación de ríos, quebradas y pozos en zonas de deposición de los lahares.

**k)** Destrucción de caminos de acceso a los componentes y de las líneas de transmisión de energía eléctrica y de comunicación.

**l)** Incendios.

#### **1.5.4 Sequías**

La sequía es un evento gradual, de inicio lento en período de años, predecible si se cuenta con los medios técnicos adecuados, controlable si se toman las medidas correspondientes en el largo plazo. La gravedad del impacto se relaciona con el déficit de lluvias, el nivel de las precipitaciones, el período de sequía, el área de erosión de la superficie del terreno y la extensión de la zona climática desértica.

La sequía cambia el entorno bioclimático de la región y las condiciones del agua subterránea. No ocurre en forma súbita y se produce por la falta o insuficiencia de lluvias o nieve durante meses y, a veces, durante años.

Los cursos de agua superficial, tales como ríos y esteros, sufrirán usualmente el efecto de la sequía mucho antes que los mantos de agua subterránea. Los cursos superficiales escurren generalmente a velocidades mucho mayores que los del agua subterránea. Esto implica que el agua de origen pluvial o del derretimiento de

nieves llegará al mar, por los ríos, mucho más rápidamente<sup>5</sup> que el agua infiltrada al subsuelo. Por lo tanto, el caudal de los ríos es más rápidamente afectado por sequías (o por grandes lluvias) a menos que existan lagos o embalses artificiales que regulen la variación anual del nivel de las lluvias y regularicen el caudal del río correspondiente.

El agua subterránea cuenta con dos características muy eficaces para aminorar y postergar el efecto de la sequía (en particular si las características hidrogeológicas son favorables): una gran capacidad de almacenamiento de agua en los poros del terreno permeable y una lenta velocidad de escurrimiento para finalmente ir a desembocar en el mar. Esa velocidad, del orden de unos pocos metros por día<sup>6</sup>, implica que su caudal de escurrimiento es el resultado de la infiltración de lluvias de muchos años consecutivos y, por lo tanto, sus fluctuaciones dependen menos de los cambios anuales en el nivel de las precipitaciones.

#### Daños producidos por las sequías

**a)** Pérdida o disminución del caudal de agua superficial y/o subterránea. La disminución o extinción de fuentes de abastecimiento de agua potable puede darse según el nivel de sequía.

**b)** Racionamiento y suspensión del servicio. La disminución del caudal normal de abastecimiento de agua potable podría generar una restricción moderada de los consumos; su racionamiento, desde mediano hasta muy agudo.

**c)** Contaminación de las fuentes de agua potable debido a factores tales como: disminución de la capacidad de auto purificación de ríos o esteros, debido a la disminución de su caudal; aumento de concentración de pesticidas, insecticidas o

---

<sup>5</sup> Con una velocidad en el río de sólo 0,1 m/s, por ejemplo, el agua superficial recorrería 8,64 km./día y tardaría unos 12 días en recorrer 100 km.

<sup>6</sup> Con una velocidad usual, del orden de 1 m/día, se demoraría unos 274 años en recorrer 100 km

residuos industriales, debido a ese mismo fenómeno; contaminación causada por peces muertos al disminuir, por ejemplo, el oxígeno libre; contaminación por animales muertos en las cercanías de las tomas de agua potable.

**d)** Nuevas demandas de aguas subterráneas según la duración del período de sequía. De acuerdo con las características hidrogeológicas locales puede darse emergencia en los abastecimientos de agua potable y el abastecimiento alternativo de industrias o usos agrícolas.

**e)** Disminución relativa del nivel freático de la napa, lo que produciría una disminución del rendimiento de los pozos y una mayor altura de bombeo para obtener el caudal necesario. La situación anterior puede involucrar mayores costos de operación en los pozos de captación de agua que ya existían, incluyendo probablemente una disminución del rendimiento de los equipos de bombeo.

**f)** La necesidad de disponer de fuentes alternativas de agua potable (debido a la menor capacidad de las fuentes superficiales) puede llevar a la necesidad de construcción de pozos de emergencia y equiparlos en forma urgente para suplir el abastecimiento de agua potable.

**g)** Necesidad de consumo de agua que llega en camiones tanque, con la consecuente pérdida de calidad del agua y el incremento en los costos.

**h)** Abandono de un sistema, según los daños sufridos.

### **1.5.5 Deslizamientos**

Evento gradual o súbito, en ocasiones predecible, controlable y alterable. Las fallas súbitas del terreno pueden ocurrir sin advertencia. Las fallas lentas presentan signos precursores que pueden ser reconocidos y vigilados en base a la instrumentación adecuada. La gravedad del impacto se relaciona con el volumen del material deslizado, la velocidad y trayectoria de la masa en movimiento, el tamaño de las rocas y el tipo de movimiento, todo esto en función a la ubicación geográfica del

sistema de agua. Los macro-deslizamientos y los movimientos de terreno desencadenados por sismos o lluvias pueden cambiar localmente la topografía de la zona. Los deslizamientos presentan efectos directos causados por la deformación y el impacto de la masa en movimiento y, secundarios, producidos por las inundaciones.

Los deslizamientos de taludes ocurren de muchas maneras y aún persiste cierto grado de incertidumbre en su predicción, rapidez de ocurrencia, y área afectada. Sin embargo, existen ciertos parámetros que ayudan a identificar y reconocer áreas potenciales de fallas, lo cual permite el tratamiento del talud para así eliminar o reducir a un mínimo el riesgo de falla.

La geología de la región representa un factor primordial en la estabilidad de un talud y existen muchos factores geológicos que ilustran el potencial del deslizamiento de taludes. A nivel regional, la Geología controla los aspectos genéricos del relieve y la Topografía de un área lo cual permite estimar su susceptibilidad al movimiento. En general, los deslizamientos pueden ocurrir en cualquier tipo de relieve si las condiciones están dadas. Sin embargo, la experiencia de trabajar y observar distintos tipos de terrenos ha demostrado que los deslizamientos son más comunes en ciertos tipos de geografía y menos comunes en otros.

Para el análisis de los deslizamientos se deben considerar los siguientes factores:

#### **1.5.5.1 Tipos de geografía del área**

a) Taludes escarpados: en terrenos escarpados los deslizamientos pueden ocurrir en cualquier tipo de material geológico. Sin embargo, la causa más común de un gran número de derrumbes que ocurren en taludes escarpados es el deslizamiento a lo largo de la zona de contacto de la roca con suelos residuales o coluviales.

b) Acantilados y bancos bajo la acción de corrientes de quebradas: en acantilados y bancos objeto de corrientes de quebradas, los deslizamientos son comunes. Si el banco está constituido por suelos o materiales no consolidados, el punto de deslizamiento más débil está ubicado en el máximo punto de curvatura de la quebrada y es en este punto donde se recibe el mayor impacto del agua.

c) Áreas de concentración de drenaje y filtración: un estudio cuidadoso de la red de drenaje y áreas de concentración de agua es extremadamente importante. Filtraciones con el consecuente deslizamiento es posible que ocurra en áreas debajo de reservorios, canales de irrigación o depresiones con agua estancada. La importancia de reconocer el peligro potencial en áreas derivadas de drenaje superficial, especialmente en rocas porosas y fracturadas, necesita especial énfasis.

d) Áreas de terreno ondulado: la presencia de terreno ondulado (pequeñas elevaciones o montículos) cuyas características sean inconsistentes con aquellas de los taludes generales del área y presentan escarpas en las elevaciones altas, son generalmente indicadores de un deslizamiento antiguo. Una vez que se encuentra un deslizamiento antiguo, sirve como advertencia de que el área en general ha sido inestable en el pasado y por lo tanto nuevas perturbaciones pueden reactivar el movimiento.

e) Áreas de concentración de fracturas: el movimiento de taludes puede estar estructuralmente controlado por superficies o planos de debilidad tales como fallas, planos de deposición y foliación. Estas estructuras pueden dividir un macizo rocoso en una serie de unidades individuales las cuales pueden actuar independientemente una de la otra.

### **1.5.5.2 Pluviosidad del área**

La pluviosidad tiene un efecto primordial en la estabilidad de taludes ya que influencia la forma, incidencia y magnitud de los deslizamientos. En suelos residuales, los cuales generalmente se encuentran no saturados, la pluviosidad tiene un efecto muy importante ya que la acumulación puede llegar a causar la saturación del terreno, activando así un deslizamiento. Con respecto a la pluviosidad hay tres aspectos importantes a considerar: el ciclo climático sobre un período de años (por ejemplo, alta precipitación anual versus baja precipitación anual); la acumulación de pluviosidad en un año dado (con relación a la acumulación normal); e intensidades de una tormenta dada.

### **1.5.5.3 Erosión del área**

La erosión puede ser causada por agentes naturales y humanos. Entre los agentes naturales se pueden incluir: el agua de escorrentía, aguas subterráneas, olas, corrientes y viento. La erosión causada por agentes humanos incluye cualquier actividad que permita un incremento de la velocidad del agua, especialmente en taludes sin protección; entre los principales está la tala de árboles, el sobre pastoreo y la presencia de ciertos tipos de vegetación que no permiten mantener el suelo en sitio. La erosión puede causar la pérdida de soporte de estructuras, pavimentos, rellenos y otras obras de ingeniería. En terrenos montañosos, la erosión incrementa la incidencia en la inestabilidad de taludes pudiendo resultar en la pérdida de vías u otras estructuras.

### **1.5.5.4 Efectos de sismos ocurridos en el área**

La falla de taludes y licuefacción de suelos constituyen uno de los principales efectos causados por los sismos, que puede afectar de modo desfavorable obras hechas por el hombre, generando grandes pérdidas materiales y hasta humanas. La gran mayoría de las fallas de taludes durante sismos se deben al fenómeno de

licuefacción en suelos no-cohesivos. Sin embargo, fallas en suelos cohesivos también han sido observadas durante eventos sísmicos.

En términos generales es importante recurrir a fuentes de información que permitan la detección de deslizamientos. Con frecuencia grandes áreas de deslizamiento se pueden identificar en mapas topográficos, mediante el análisis de condiciones particulares. Es usual, por ejemplo, que la inspección de las líneas de conducción y obras componentes de un sistema de agua se inicie por vía aérea, y el análisis con fotografía aérea de las áreas adyacentes de la instalación, a escalas del orden de 1:25000 a 1:50000, permitan descubrir evidencias importantes sobre grandes deslizamientos en curso, los cuales deberán ser evaluados con posterioridad en el sitio.

El conocimiento histórico de la ocurrencia de deslizamientos en el área de interés, constituye un buen punto de partida para la detección y evaluación de potenciales deslizamientos en el futuro. En general, las áreas donde estos fenómenos ya han ocurrido en el pasado son altamente susceptibles a que los mismos se repitan.

Entre las fuentes de información para conocer sobre deslizamientos en el pasado están las reseñas de deslizamientos publicados en periódicos locales, revistas nacionales o internacionales especializadas en el tema, mapas de zonificación de casos ocurridos de inestabilidad geológica e inventarios de riesgos geológicos, entre otros.

#### **1.5.5.5 Tipos más importantes de deslizamientos**

Los principales factores que influyen en la clasificación de los deslizamientos son la forma del movimiento, la forma de la superficie de falla, la coherencia de la masa fallada, la causa de la falla, el desplazamiento de la masa, tipo de material y tasa de movimiento.

a) Desprendimientos: son fallas repentinas de taludes verticales o casi verticales en las cuales se produce el desprendimiento de un bloque o múltiples bloques, los cuales descienden en caída libre. En suelos, los desprendimientos son causados por socavaciones de taludes debido a la acción de la erosión de quebradas o del hombre. En macizos rocosos son causados por socavación debido a la erosión, un incremento de la presión debido a la presencia de agua. En algunos casos los desprendimientos son el resultado de meteorización diferencial.

b) Derrumbes planares: los derrumbes planares consisten en el movimiento de uno o más bloques de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana bien definida. Estos derrumbes pueden ocurrir de una forma lenta a rápida. Los deslizamientos en bloque pueden ser destructivos. En regiones montañosas los deslizamientos masivos de roca resultan desastrosos, especialmente en períodos lluviosos, y en muchos casos no pueden ser prevenidos.

c) Derrumbes rotacionales: los derrumbes rotacionales tienden a ocurrir lentamente, en forma de cuchara, y el material comienza a fallar por rotación a lo largo de una superficie cilíndrica; aparecen grietas en la cresta del área inestable y abombamientos al pie de la masa deslizante. Al finalizar, la masa se ha desplazado sustancialmente dejando un escarpe en la cresta. La principal causa de este tipo de falla es un incremento en la inclinación del talud, meteorización y fuerzas de filtración.

d) Desprendimiento lateral: las fallas por desprendimiento lateral son una forma de falla planar que ocurre en suelos y rocas. La masa se deforma a lo largo de una superficie plana la cual representa una zona débil, los bloques se separan progresivamente por tensión y retroceden. Este tipo de falla es común en valles de ríos y se asocia también a arcillas firmes y duras fisuradas, lutitas y estratos con buzamiento horizontal con una zona continua de debilidad.

e) Avalanchas: las avalanchas son el movimiento rápido de escombros de suelo y roca, el cual puede o no comenzar con la ruptura a lo largo de una superficie de falla, especialmente en presencia de agua. Toda la vegetación, el suelo y la roca suelta pueden ser arrastrados. Las principales causas de avalanchas son: las altas fuerzas de filtración, alta pluviosidad, sismos y cedencia gradual de los estratos de roca. Las avalanchas ocurren de manera brusca sin previo aviso y generalmente son impredecibles.

f) Repteo: el repteo consiste en un lento e imperceptible movimiento o deformación del material de un talud a bajos niveles de esfuerzos, lo cual generalmente sólo afecta a las porciones más superficiales del talud aunque también puede afectar a porciones profundas en aquellos casos donde exista la presencia de un estrato poco resistente. El repteo es el resultado de la acción de fuerzas de filtración o gravitacionales y es un indicativo de condiciones favorables para el deslizamiento.

#### Daños producidos por los deslizamientos

Los efectos esperados con la ocurrencia de deslizamientos en zonas donde se encuentran ubicados los componentes de los sistemas de agua potable son:

a) Destrucción total o parcial de todas las obras, en especial de captación y de conducción, ubicadas sobre o en la trayectoria principal de deslizamientos activos, especialmente en terrenos montañosos inestables con fuerte pendiente o en taludes muy inclinados o susceptibles a deslizamientos.

b) Los elementos de captaciones superficiales (azudes, derivaciones, compuertas) ubicados en zonas montañosas pueden quedar enterrados o ser arrastrados por el impacto de flujos, avalanchas y deslizamientos.

c) Un daño importante se refiere a la contaminación del agua por aumento de la turbidez, debido a deslizamientos en las áreas de captación superficial de

zonas montañosas. Este daño llega a ser de gran magnitud en el caso de deslizamientos provocados por sismos o lluvias excepcionales, pues las áreas devastadas llegan a ser muy grandes.

**d)** Daños en la conducción: el principal daño se refiere al arrastre y destrucción de tramos de tuberías, canales de conducción, válvulas e instalaciones de bombeo ubicados sobre o en el trayecto de deslizamientos, flujos y avalanchas.

**e)** Planta de tratamiento: los daños en la planta se ocasionan solamente cuando la misma ha sido ubicada sobre o en la trayectoria de un deslizamiento, flujo o avalanchas, debajo de un escarpe rocoso, al pie de taludes sin protección, en zona de rellenos, o terrenos expansibles o licuables.

**f)** Colateralmente a impactos indirectos como la suspensión del servicio eléctrico, corte de caminos y comunicaciones.



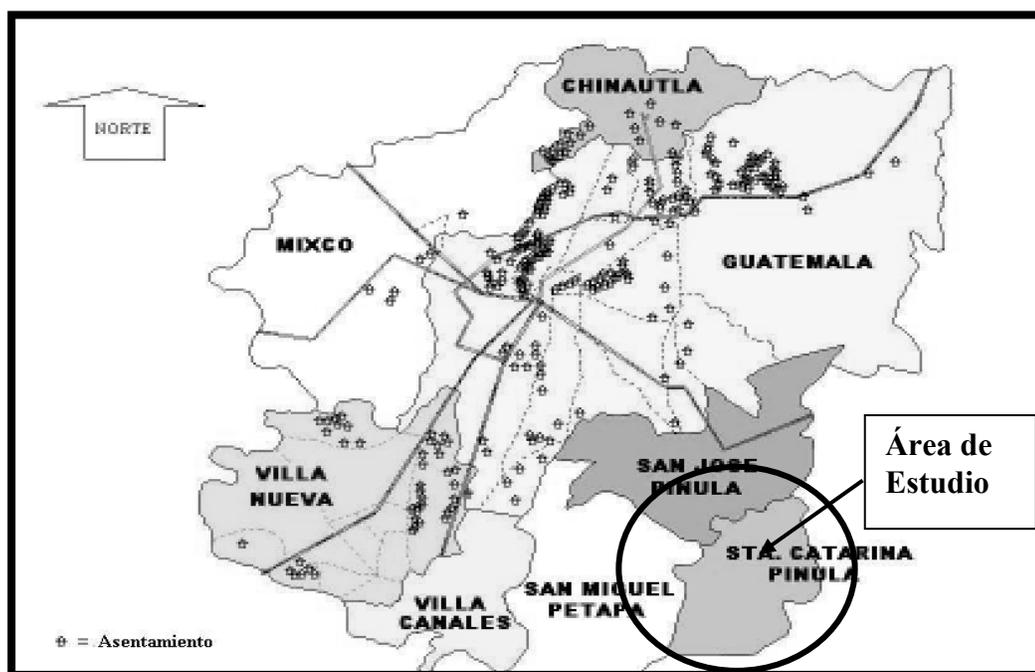
## 2 MARCO PRÁCTICO

### 2.1 Monografía de Santa Catarina Pinula

#### 2.1.1 Localización de Santa Catarina Pinula

Santa Catarina Pinula, es uno de los diecisiete municipios del departamento de Guatemala. Tiene una extensión territorial de cincuenta kilómetros cuadrados ( $50 \text{ Km}^2$ )<sup>7</sup>, y se encuentra ubicada en La Sierra Canales a una altura de mil quinientos cincuenta (1,550) metros sobre el nivel del mar. Santa Catarina Pinula se localiza en la latitud  $14^\circ 34' 13''$  y en la longitud  $90^\circ 29' 45''$ . El municipio se encuentra a una distancia de 15 kilómetros de la cabecera departamental de Guatemala y su ubicación a nivel del país se muestra en la figura 1.

**Figura 1 Ubicación del municipio de Santa Catarina Pinula respecto a la capital del país**



<sup>7</sup> Fuente: Periódico local, Condado News con fecha 15 al 28 de enero de 2005

### **2.1.2 Colindancias**

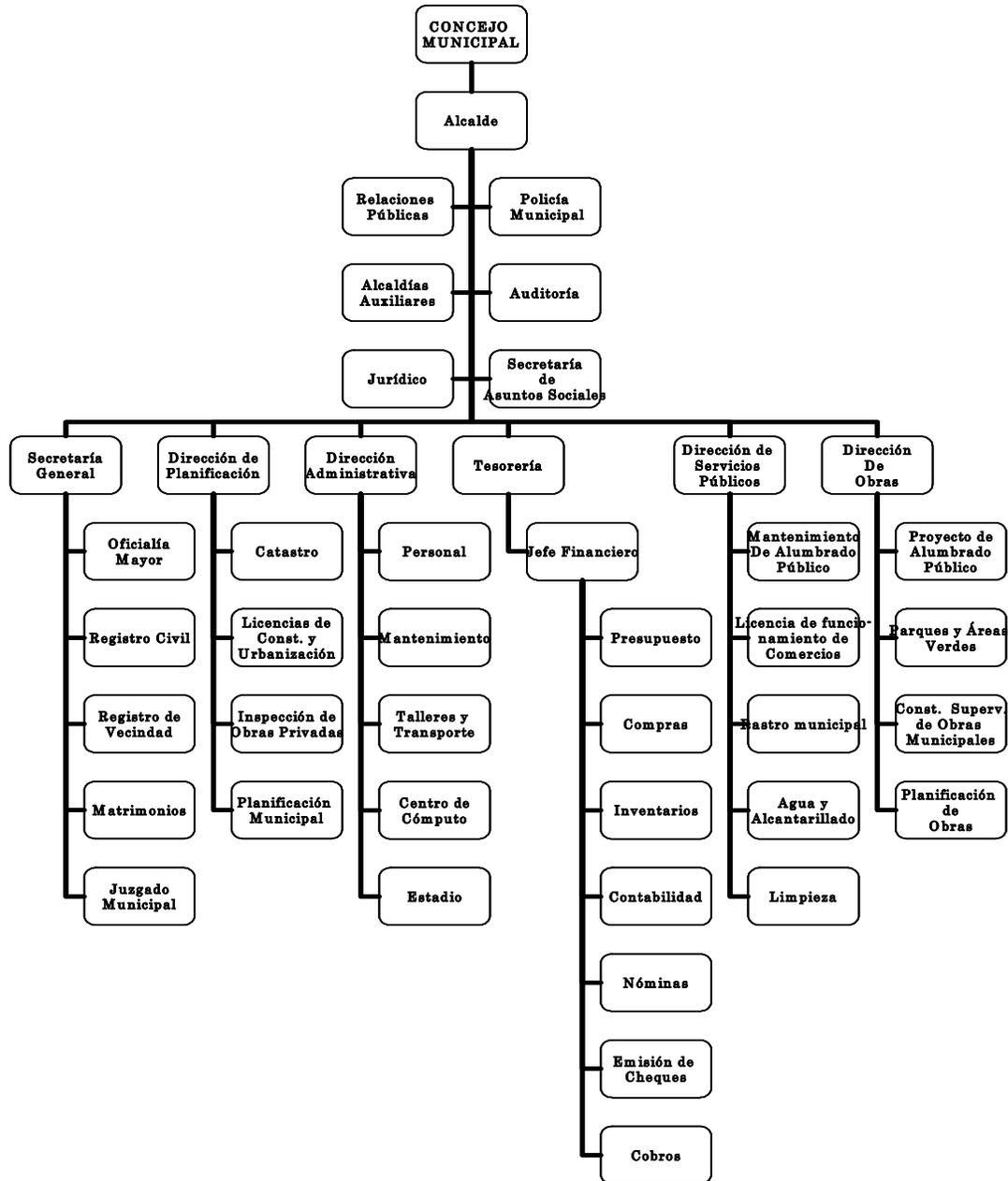
Santa Catarina limita al norte con Guatemala, al este con San José Pinula y Fraijanes, al sur con Fraijanes y Villa Canales y al oeste con Villa Canales y la ciudad de Guatemala, todos municipios del departamento de Guatemala.

### **2.1.3 Estructura orgánica de la municipalidad**

Según la constitución política de la República de Guatemala, (año 1985), Título V y capítulo VII en sus artículo 254, “El gobierno municipal será ejercido por una corporación, la cual se integra por el alcalde, por síndicos y concejales, todos electos directa y popularmente en cada municipio, en la forma y por el período que establezcan las leyes de la materia”. Cumplido con lo indicado, Santa Catarina tiene su corporación municipal conformada por: el alcalde, dos síndicos titulares, siete concejales titulares, tres concejales suplentes, un síndico y un secretario del concejo. Cada aldea tiene un alcalde auxiliar y con regidores, así como un comité pro-mejoramiento.

El organigrama de este municipio se muestra a continuación (figura 2).

Figura 2 Estructura Orgánica Municipalidad de Santa Catarina Pinula



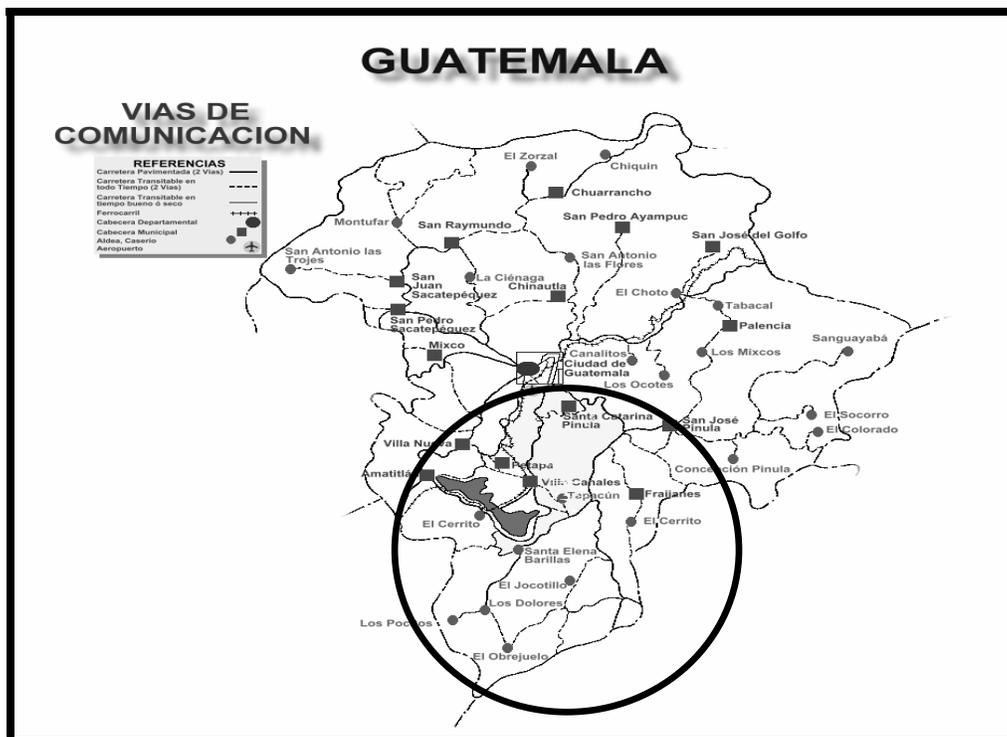
Fuente: Revista: una Administración Responsable. Municipalidad de Santa Catarina Pinula

## 2.1.4 Vías de acceso

Este municipio tiene acceso a la cabecera de la capital a través de una red de carreteras que se encuentran en proceso de expansión mediante la implementación de pasos de desnivel. Tiene un rápido acceso al Aeropuerto Internacional La Aurora, dado la corta distancia que existe de Santa Catarina Pinula a la cabecera de la ciudad capital.

El mapa siguiente (figura 3) muestra las vías de comunicación del departamento de Guatemala.

**Figura 3 Vías de comunicación municipio Santa Catarina Pinula**



Fuente: INE, Atlas

### 2.1.5 División territorial de Santa Catarina Pinula

Está conformado este municipio por un pueblo que es la cabecera, denominado Santa Catarina Pinula, por 315 colonias privadas, lotificaciones urbanizadas, condominios. Además, cuenta con 14 aldeas y 7 caseríos.

**Tabla I Aldeas y caseríos de Santa Catarina Pinula**

<b>Aldeas</b>	<b>Caseríos</b>
1. Cuchilla del Carmen	1. Trapichito
2. El Carmen	2. Pepe Nance
3. Salvadora I	3. Cambray
4. Salvadora II	4. El Zarzal
5. El Pueblito	5. Los Cipreces
6. Nueva Concepción	6. Laguneta
7. Puerta Parada	
8. Piedra Parada Cristo Rey	
9. Piedra Parada El Rosario	
10. San José El manzano	
11. Laguna Bermeja	
12. El Pajón	
13. Manzano La Libertad	
14. Don Justo	
15. Canchón	

Fuente: Revista: una Administración Responsable. Municipalidad de Sta. Catarina Pinula

La figura 4 muestra la división por zonas del municipio de Santa Catarina Pinula.

**Figura 4 División territorial del municipio de Santa Catarina Pinula**



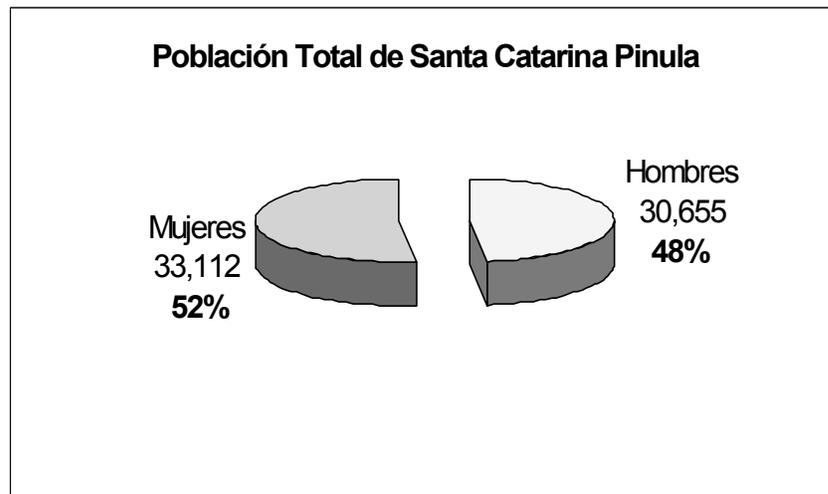
Fuente: Sumistrado por la Alcaldía de Santa Catarina Pinula

### **2.1.6 Población**

Según el censo del año 2002, este municipio cuenta con 15,781 viviendas y tiene una población de 63,767 habitantes. El cien por ciento de la población que habita este municipio habla el idioma español.

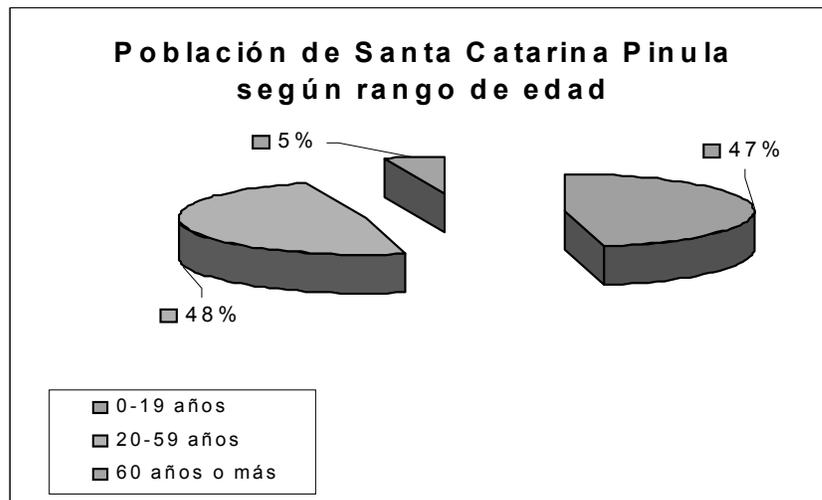
La figura 5 muestra la distribución de población de este municipio según su sexo, la figura 6 muestra la población según el rango de edad y la figura 7 muestra los hogares clasificados en urbanos y en rurales.

**Figura 5 Población de Santa Catarina Pinula clasificada por sexo**



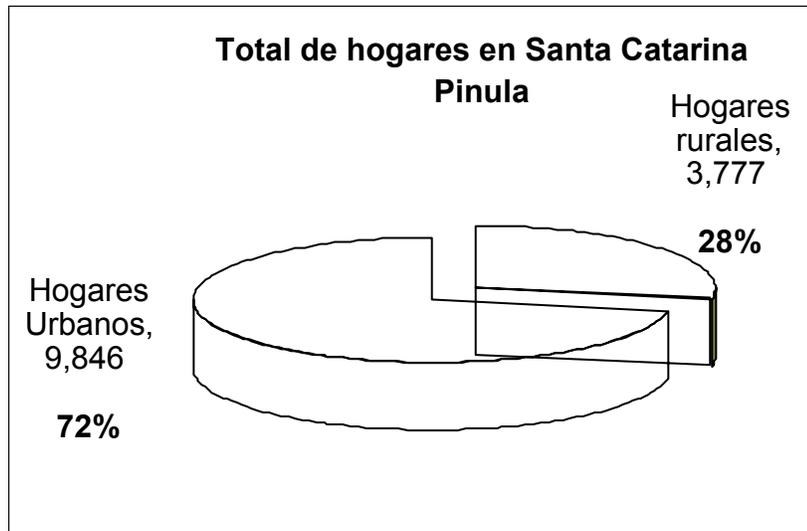
Fuente: Censos Nacionales XI de Población, VI de Habitación

**Figura 6 Población de Santa Catarina Pinula clasificada por rango de edad**



Fuente: Censos Nacionales XI de Población, VI de Habitación

**Figura 7 Hogares rurales y urbanos de Santa Catarina Pinula**



### **2.1.7 Servicios**

Entre los servicios del municipio, se identifica un centro de salud en la cabecera municipal y otro en la aldea Piedra Parada Cristo Rey. En materia de seguridad, cuenta con una subestación de la policía nacional civil en la cabecera municipal; posee un juzgado de paz y la policía municipal.

Santa Catarina Pinula cuenta entre otros, con un nuevo centro de salud, el cual tiene tres especialidades de atención a pacientes: una clínica dental, enfermería y sala de espera. Adicionalmente, cuenta con un área para juegos de niños y servicios sanitarios. Este nuevo centro de salud fue creado con la proyección de convertirse en un hospitalito.<sup>8</sup> También se habilitó una ambulancia equipada, que estará al servicio de todas las personas de la comunidad. La ambulancia tiene personal paramédico a fin de

---

<sup>8</sup> Tomado del periódico local Condado News, de fecha 15 al 28 de enero de 2005, página 7

brindar un mejor servicio. La ambulancia puede ser solicitada mediante el número 1525, habilitado para emergencias.

En materia de comunicación posee servicio de correos convencionales en la cabecera y en Puerta Parada, además existen teléfonos públicos instalados en algunas aldeas y en la cabecera. También en la cabecera existe el servicio de internet, el cual facilita las comunicaciones tanto a nivel local como al exterior del país.

Existen templos para profesión de la fe católica así como de la evangélica. Entre las iglesias católicas se pueden mencionar el Monte San Francisco, de la orden franciscana; Nuestra Señora de la Luz; Las Clarisas; y Casa del Peregrino. Entre las iglesias evangélicas se pueden mencionar Cristo Viene y Antioquia.

En cuanto a la educación, Santa Catarina Pinula posee escuelas oficiales tanto en la cabecera municipal como en cada una de las aldeas y caseríos. También existen colegios privados y academias de mecanografía.

## **2.1.8 Características fisiográficas**

### **2.1.8.1 Orografía<sup>9</sup>**

El relieve del suelo de Santa Catarina Pinula va desde 900 metros hasta 2,100 metros sobre el nivel del mar. Los dos cerros que se localizan en este municipio son:

a) Cerro Guachisote: este cerro se localiza al sur de la cabecera municipal y del casco de la finca Los Ángeles, entre el riachuelo Panaseque y la quebrada Seca. Se encuentra localizado a 1,800 metros sobre el nivel del mar.

---

<sup>9</sup> Fuente: Disponible en: [www.santacatarinapinula.gob.gt](http://www.santacatarinapinula.gob.gt)

**b)** Cerro Tabacal: este cerro está ubicado al sur de la aldea Cristo Rey y al este de la aldea Puerta Parada. Se encuentra a 2,026 metros sobre el nivel del mar.

### **2.1.8.2 Suelos**

Santa Catarina Pinula tiene tres grupos de suelos, a saber: áreas fragosas, suelos de Guatemala y suelo Morán.

**a)** Áreas fragosas: es un terreno quebrado grueso. Es una clase de terreno masificado en la vecindad de la ciudad de Guatemala, donde los barrancos de laderas perpendiculares de casi 100 metros de profundidad han cortado la planicie de Guatemala. Las áreas de esta clase de terreno son en su mayoría baldías.

**b)** Suelos de Guatemala: son profundos y bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica débilmente cementada, en un ambiente húmedo seco. La profundidad del suelo varía según el grado de erosión al cual ha estado sujeto durante su desarrollo. Típicamente ocupa un valle o un bolsón intra montañosos que es casi plano pero algunas partes son ondulada a suavemente ondulada. En estos suelos se cultiva maíz y café.

**c)** Suelo Morán: son suelos bien drenados y desarrollados sobre ceniza volcánica pomáceo en un clima húmedo-seco. Ocupan relieves de ondulados a muy ondulados a altitudes medianas superiores en la parte sur central de Guatemala. Estos suelos originalmente estaba forestados, probablemente con pino, encino y ciprés. Actualmente, el área está limpia y se usa para cultivar café, maíz o pastos.

### 2.1.8.3 Hidrografía<sup>10</sup>

Los ríos que se localizan en este municipio son: Acatán, Chicoj, Los Ocotes, El Sauce, La Palma, Las Minas y Pinula.

**a)** Río Acatán: se origina en las aldeas Santa Inés Pinula y Don Justo. Corre de sureste a noreste. Al oeste del caserío Manzano le afluye el río Chiquito. Pasa al este de la aldea Puerta Parada y toma rumbo al norte. Corre al oeste de la aldea Cristo Rey. Entre el caserío Los López, el casco de la finca Vista Hermosa cambia su nombre a Río Monjitas. Tiene una longitud aproximada de 14 kilómetros.

**b)** Río Chicoj: se origina como río La Palma, al oeste del caserío Laguna Bermeja y al oeste de la Aldea Ciénaga Grande. Corre de sur a norte. Pasa entre las aldeas Cristo Rey y Platanar, a oeste del caserío los López, se une a la quebrada Cuesta Grande, origen del río Los Ocotes. Tiene una longitud de 5 kilómetros.

**c)** Río Chiquito: río entre los municipios de Santa Catarina Pinula, Guatemala y Palencia. Tiene su origen al norte de aldea Cristo Rey. Tiene la unión del río Chicoj y la quebrada Cuesta Grande. Su longitud es de 20 kilómetros.

**d)** Río El Sauce: tiene su origen en el caserío La Nueva Concepción. Fluye al noreste, pasa al este de la cabecera. Al sur de la colonia Vista Hermosa, desagua en el río Negro. Su longitud es de 3 kilómetros.

**e)** Río de las Minas: río de los municipios de Santa Catarina Pinula y de Villa Canales. Se origina al suroeste de la aldea Don Justo. Corre de sureste a noreste, recibe la quebrada El Anono y pasa al sur de la aldea La Salvadora. Atraviesa las aldeas El Porvenir y Boca del Monte. Toma rumbo sur, corre al oeste de la aldea Chichimecas y al norte de la cabecera de Villa Canales, así como la aldea Inés Petapa. Descarga en el río Villalobos. Su longitud es de 14 kilómetros.

**f)** Río Pinula: río de los municipios de Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Petapa. Se forma en la aldea Don Justo. Corre de sureste a noreste, pasa

---

<sup>10</sup> Fuente: Disponible en: [www.santacatarinapinula.gob.gt](http://www.santacatarinapinula.gob.gt)<sup>10</sup>

al norte de la cabecera municipal de Santa Catarina Pinula y toma al oeste. Al sur de la capital le afluye el riachuelo Panasequeque y pasa al oeste de la aldea La Libertad, con rumbo norte a sur. Al este de la aldea Guajitos recibe el río Cuadrón, fluye al oeste de la aldea Boca del Monte y al norte de la aldea Santa Inés Petapa, descarga en el río Villalobos. Longitud 22 kilómetros.

**g)** Riachuelo Panasequeque: este riachuelo tiene su origen al sureste de la cabecera municipal y al este del Cerro Guachisote. Su curso es de sureste a noreste. Pasa al sur de la aldea El Pueblito. Descarga en el río Pinula. Su longitud es de 6 kilómetros.

**h)** Las quebradas de este municipio son: Agua Bonita, Agua Fría, Cuesta Ancha, Cuesta Grande, El Manzano, El Anono, El Cangrejito, el Chorro, El Guayabo, El Mezcal, El Riíto, La Esperanza, Piedra Marcada y Seca. Cabe destacar que la quebrada Agua Bonita, es un paraje de Santa Catarina Pinula, en la finca San Lázaro, al noreste de la cabecera municipal. Se encuentra a 1,700 metros sobre el nivel del mar. En este lugar se encuentra una de las estaciones de bombeo de agua municipal que surte a la ciudad capital.

**i)** Lagunas: entre éstas está la Laguna Bermeja (la cual está a punto de desaparecer)

#### **2.1.8.4 Clima del municipio<sup>11</sup>**

Conforme a los datos de la página web que posee este municipio se indica que según la clasificación de las zonas de vida de Guatemala (basado en el sistema Holdngdge), Santa Catarina Pinula pertenece a la zona de vida del Bosque Húmedo Montano bajo sub-tropical.

---

<sup>11</sup> Fuente: disponible en [www.santacatarinapinula.gob.gt](http://www.santacatarinapinula.gob.gt)

a) Precipitación: la precipitación anual en Santa Catarina Pinula va desde 1057 a 1588 milímetros.

b) Elevación: pertenece a la zona cuya elevación sobre el nivel del mar es de 1,500 a 2,400 metros. Temperatura: su temperatura oscila entre los 15° C a 23° C y tiene un 70% de evapotranspiración y el porcentaje de días claros al año es del 50%.

c) Vientos: el tipo y la dirección del viento es de NE a SO fuerte de 90% a 10%.

### **2.1.9 Impuestos**

La Municipalidad de Santa Catarina Pinula ha recaudado por concepto de IUSI (Impuesto Único sobre Inmuebles) Q3,328,864.45 en el año 2003 y Q3,145,376.06 en el año 2004.<sup>12</sup>

## **2.2 Descripción del sistema de abastecimiento de agua potable en la cabecera de Santa Catarina Pinula**

El sistema de agua potable para el municipio de Santa Catarina Pinula, tiene una relación directa con lo que se cuenta en sus historias.

### **2.2.1 Historia del agua potable en la Cuchilla del Carmen<sup>13</sup>**

Según lo referenciado en la página de internet, antes de 1963, los habitantes de la Cuchilla del Carmen para proveerse de agua para su consumo, acudían a los barrancos y a los ríos para lavar su ropa e higiene personal y trasladar en tinajas lo

---

<sup>12</sup> Fuente: Periódico local, Condado News del 15 al 28 de enero de 2005, página 9.

<sup>13</sup> Fuente. Disponible en [www.santacatarinapinula.gob.gt](http://www.santacatarinapinula.gob.gt)

necesario para preparar sus alimentos; como los habitantes tenían tantos problemas, especialmente en el invierno para proveerse del agua indispensable para sus necesidades, se formó un comité, que después de múltiples esfuerzos, logró que el alcalde de la Municipalidad de Guatemala, en esa época el Doctor Luis Fernando Galich López, autorizara que en la tubería que conducía agua a la capital, se conectara un tubo que proporcionaría diez pajas de agua que abastecerían a nuestra aldea por medio de “llena cántaros”. Este servicio fue inaugurado el 13 de octubre de 1,963, con participación de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula, Servicio Especial de la Salud Pública y el Instituto de Fomento Municipal.

Con el normal crecimiento de la población, el agua que utilizaban los vecinos por medio de llena cántaros se fue haciendo insuficiente y el comité que participó en el primer proyecto no pudo resolver el problema y fue así como en el año de 1,976 a instancia del alcalde municipal de Santa Catarina Pinula de esa época, se formó un comité, el cual después de de varios estudios sobre el problema, llegó a la conclusión que el diámetro de la tubería era insuficiente para satisfacer a la población del vital líquido , ya que un tubo de  $\frac{3}{4}$ ” que abastecía el tanque de captación se cambió a un tubo de 2”, permitiendo esto, que dicho tanque recibiera una mayor cantidad de agua. En 1,986 fue necesario cambiar la tubería de distribución que era de  $\frac{1}{2}$ ” a 2”, construyéndose también otro tanque de captación para guardar más cantidad y la población tuviera abundante agua siempre por llena cántaros, los cuales se habían triplicado.

En el año 1,993 estando la Municipalidad de Santa Catarina Pinula en completa posesión de los nacimientos de agua que anteriormente usufructuaba la Municipalidad de Guatemala, se consideró la conveniencia de vender los servicios para que la población pudiera abastecerse por medio de servicios domiciliarios, desapareciendo los llena cántaros que por 30 años abastecieron a la población.”

## 2.2.2 Detalle del sistema de agua de Santa Catarina Pinula

Este sistema al igual que otros, consta de:

### a) Componente de captación.

El sistema de agua potable posee una fuente o represa de captación que está ubicada en la montaña donde nace el río Las Minas, y esta represa es alimentada por cuatro manantiales o fuentes naturales de agua. La dimensión de esta presa es de 5 metros de profundidad, 10 metros de ancho y 20 metros de largo. Está construida de mampostería y tiene la capacidad de almacenar 1 millón de litros de agua. La capacidad de esta represa es del 100% de su capacidad en época lluviosa y de un 20% aproximadamente en otras épocas del año. Vistas de esta represa y del proceso de recolección de agua se muestra en las figuras 16 y 17. Muestra de los manantiales que alimentan esta captación se presentan en las figuras 18, 19, 20 y 21.

**Figura 16 Vista de la represa de captación**



**Figura 17 Vista de la recolección de agua desde las fuentes naturales**



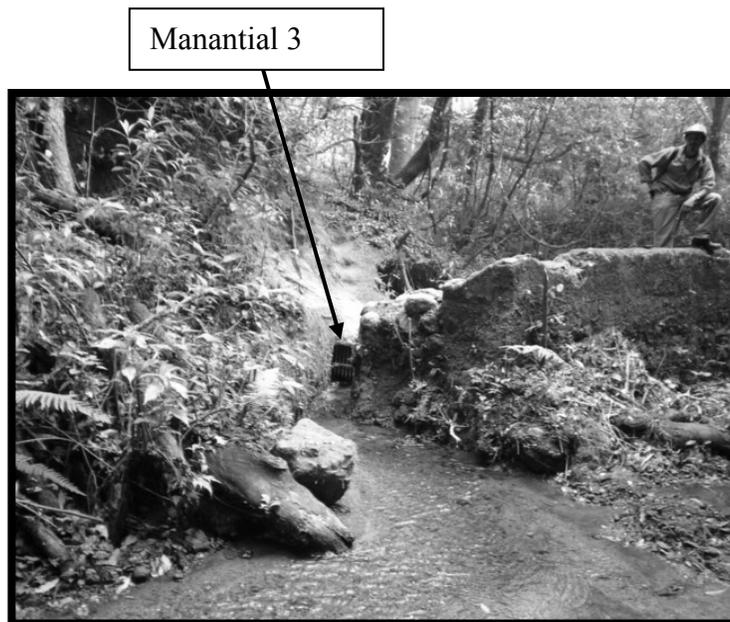
**Figura 18 Vista del manantial 1**



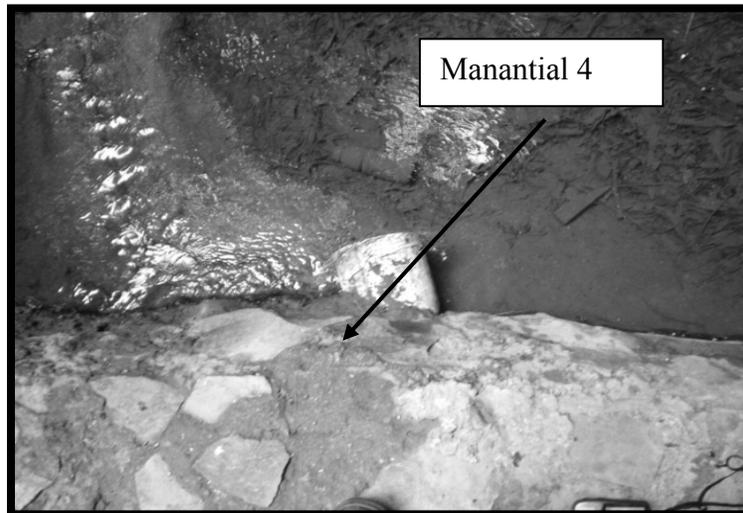
**Figura 19 Vista del manantial 2**



**Figura 20 Vista del manantial 3**



**Figura 21 Vista del manantial 4**



Como parte del componente de captación se construyeron unas cajas recolectoras de caudales de agua, las cuales llevan el líquido desde el manantial a la presa de captación. Una vista de dichas cajas se presenta en la figura 22.

**Figura 22 Caja reunidora de caudales**



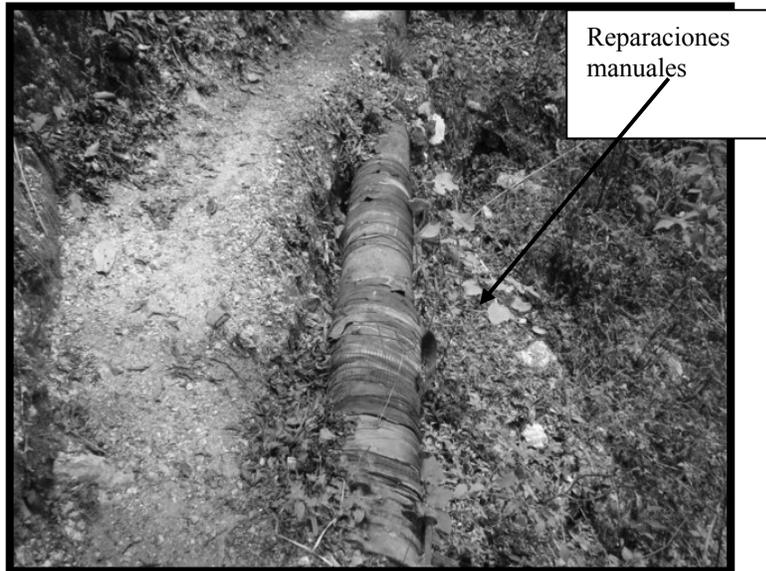
## **b) Componente de conducción**

La línea de conducción de este sistema tiene una longitud aproximadamente de 7,636 metros lineales, de la presa al tanque de almacenamiento-tratamiento El Hüisital. Se observó que esta línea de conducción está en muy mal estado, y existen muchos de tramos que están expuestos al contacto de la naturaleza. La tubería es metálica de tipo HG, se encuentran altamente oxidados y en muchos casos presentan fugas. La tubería es de ocho pulgadas (8") de diámetro. El sistema está ubicado en un sector montañoso de Santa Catarina Pinula y dado lo irregular del terreno, existen pasos aéreos que sostienen la tubería que están contruidos provisionalmente con horcones de madera, también existen algunos pasos aéreos de estructura metálica, que necesitan mantenimiento. Existen tramos de la línea de conducción que han sido reparados con hules para evitar la fuga del agua, en otros casos, se han cambiado tramos de la tubería por tipo PVC debido a la gravedad de la destrucción del tubo. Una muestra del estado de la línea de conducción se presenta en las figuras 23, 24 y 25.

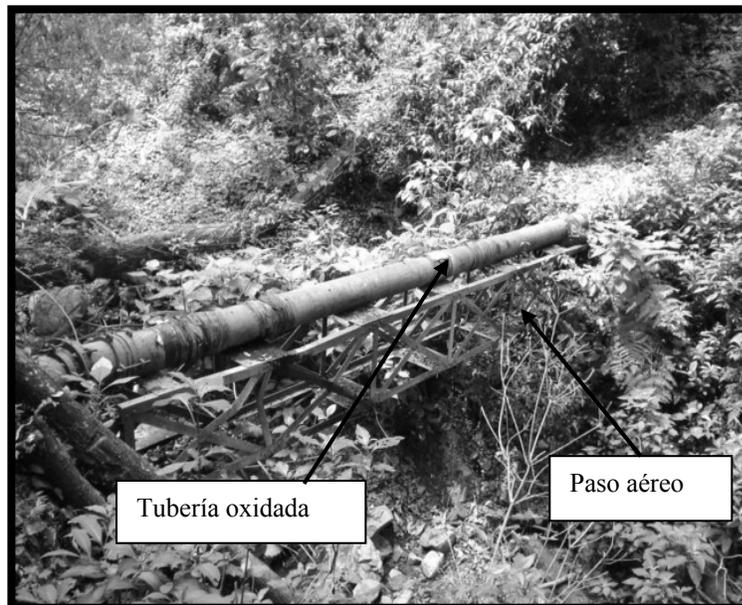
**Figura 23 Estado de la línea de conducción**



**Figura 24 Reparaciones de la línea de conducción**

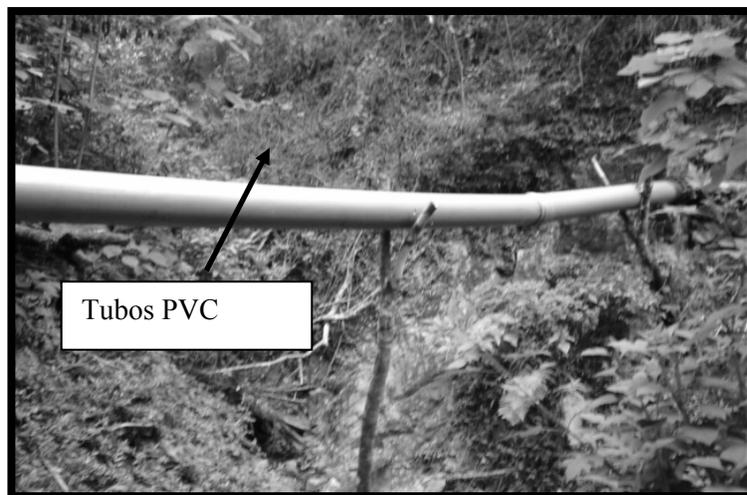


**Figura 25 Paso aéreo de la línea de conducción**



Como se mencionó anteriormente, en algunos tramos de la línea de conducción, se ha cambiado la tubería de metal por tubería tipo PVC, debido a la destrucción de la original. Esto puede observarse en la figura 26.

**Figura 26 Paso aéreo donde se muestra el cambio de algunos tubos originales debido a su deterioro**



En un tramo del sistema de conducción y previo a llegar a la planta de tratamiento, se encuentra el Tanque El Pueblito, el cual recolecta agua en un tanque de concreto, el cual posee dos tuberías de salida, una para enviar agua a la localidad de igual nombre (El Pueblito) y otra salida para la planta de tratamiento. En la figura 27, se muestra dicho tanque. Por su parte, la figura 28, se muestra la exposición que presenta la línea de conducción antes de llegar a la planta de tratamiento.

**Figura 27 Tanque El Pueblito**



**Figura 28 Tubería de conducción expuesta antes de llegar a la planta de tratamiento**



**c) Almacenamiento-Tratamiento**

Santa Catarina Pinula cuenta con dos tanques de distribución o de almacenamiento, el primero denominado “Tanque El Hüisital”, éste es del tipo semienterrado, de mampostería reforzada y está ubicado en la parte sur de la ciudad, específicamente en la 0 avenida y 0 calle, Zona 2. Es factible el acceso a este tanque por medio de vehículo. El tanque es de forma circular, de un diámetro de 8.60 m. y una altura de 4.50 m., y de una capacidad de 261,400 litros de agua y tarda 8 horas en estar completamente lleno. Se estima que la población a la que sirve es de 1500 viviendas.

**Figura 29 Tanque El Hüisital**



El otro tanque, es elevado y permite el almacenamiento y distribución de agua, se le conoce como Tanque El Cementerio y está ubicado en el Cementerio Municipal, Zona 1. Su diámetro es de 3m y su altura de 6m. Tiene una capacidad de 42,400 litros de agua.

**Figura 30 Tanque elevado El Cementerio**



El tratamiento para eliminar los contaminantes del agua y dejarla en condiciones adecuadas para el consumo humano se lleva a cabo en una planta de tratamiento, ubicada en la parte superior del tanque de almacenamiento, sobre un talud. Esta planta de tratamiento posee el sistema de filtros rápidos, un compartimiento para sedimentación y un compartimiento para clorinación.

La planta de tratamiento está ubicada en la parte superior de un talud y la tubería que conduce el agua desde el tanque el Huisital a dicha planta se encuentra expuesta, como se puede observar en la figura 31. Otras vistas de esta planta de tratamiento se presentan en las figuras 32 y 33.

**Figura 31 Planta de tratamiento**



**Figura 32 Planta de tratamiento, vista lateral**

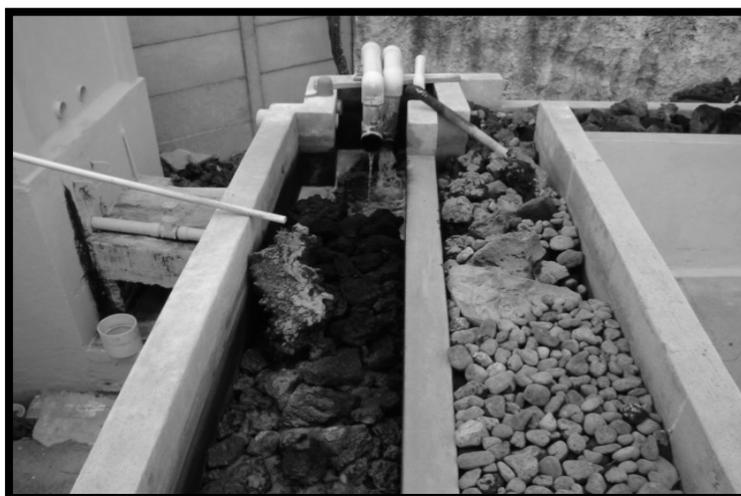


**Figura 33** Planta de tratamiento, vista superior



La planta de tratamiento de El Hüisital posee el sistema de filtros rápidos. En las figuras 34 y 35 se muestran dichos sistemas.

**Figura 34** Sistema de filtros rápidos de planta de tratamiento El Hüisital



**Figura 35 Sistema de filtros rápidos de la planta de tratamiento El Hüisital**



Además, la planta de tratamiento posee un sedimentador como parte de su proceso de purificación del agua y un clorinador como se muestra en las figuras 36 y 37 respectivamente.

**Figura 36 Sedimentador**



**Figura 37 Clorinador**



**d) Sistema de distribución**

La red de distribución es de tubería PVC y conexiones domiciliarias sin medidores (contadores). Los tubos son de PVC con diámetros no mayores de 6” y las conexiones domiciliarias son con tubería de PVC generalmente con diámetro de ½”. La longitud de la red de distribución es de aproximadamente de 10,627 metros lineales.

Adicionalmente, a lo largo de la red de distribución, se dispone de cinco pozos distribuidos en diferentes puntos de la cabecera del municipio, los cuales proveen de agua a los vecinos de Santa Catarina Pinula, se denominan: El Hüisital, La Ceiba, El Cementerio, El Rastro y El Estadio.

El tanque de El Hüisital, alimenta al tanque llamado por el mismo nombre, el pozo El Cementerio alimenta al tanque elevado llamado por el mismo nombre, y los otros tres pozos están conectados directamente a la red. En la figura 38, se

presenta una vista del pozo El Cementerio. La figura 39 presenta el pozo El Rastro, la 40 muestra el pozo El Estadio y la 41 el pozo El Hüisital y la 42 el pozo La Ceiba.

**Figura 38 Pozo El Cementerio**



**Figura 39 Pozo El Rastro**



**Figura 40 Pozo El Estadio**



**Figura 41 Pozo El Hüisital**



**Figura 42 Pozo La Ceiba**



A continuación en la tabla II, se presentan datos técnicos de los cinco pozos de Santa Catarina Pinula.

**Tabla II Datos técnicos acerca de los pozos**

<b>Pozo</b>	<b>Profundidad (metros)</b>	<b>Diámetro (pulgadas)</b>	<b>Caudal Actual (gal/min)</b>	<b>Bomba Voltaje (HP)</b>	<b>Bomba Amperaje (V)</b>	<b>Bomba Ciclos (Hz)</b>	<b>Veloc. (RPM)</b>
<b>La Ceiba</b>	800	8	60	60	460	60	3525
<b>El Cementerio</b>	800	8	90	25	460	50	
<b>El Rastro</b>	800	8	60	25	460	50	
<b>El Estadio</b>	1200	8	180	75	460	60	3525
<b>El Hüisital</b>	800	8	50	30	460	60	3450

### **2.2.3 Datos estadísticos sobre el sistema de agua**

La población servida por este sistema de agua es de 6,849 usuarios. El método de cuotas de este sistema de agua es de tarifa única, por un monto de Q20.00 (veinte quetzales) al mes, sin importar si el servicio es doméstico, comercial o industrial. Esto significa una recaudación mensual de Q136,980.00 (ciento treinta y seis mil novecientos ochenta exactos) y una recaudación anual de Q1,643,760.00 (un millón seiscientos cuarenta y tres mil setecientos sesenta quetzales).

## **2.3 Descripción de procesos operativos y administrativos del sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Catarina Pinula**

### **2.3.1 Detalle**

El sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Catarina Pinula está administrado por la municipalidad de Santa Catarina Pinula y depende de la Dirección de Servicios Públicos de dicha municipalidad y localizada en el departamento de Agua y Drenajes (ver organigrama de la municipalidad en la figura 2).

De acuerdo con el organigrama establecido, el principal responsable del sistema de agua potable es el señor alcalde de la municipalidad de Santa Catarina Pinula, y en orden operativo el director de Servicios Públicos y el director de Obras.

Debe indicarse que la Dirección de Servicios Públicos fue creada en el Acta N° 12-2000 en el inciso 7°, celebrada por el honorable Consejo Municipal el 24 de febrero del 2000.<sup>14</sup> El departamento de Agua y Alcantarillado o Agua y Drenaje tiene a cargo los siguientes servicios:

---

<sup>14</sup> Revista: Una Administración Responsable. Municipalidad de Sta. Catarina Pinula

- a)** Emisión de títulos de agua.
- b)** Adjudicación de servicios de agua.
- c)** Supervisión del funcionamiento de los pozos, plantas de tratamiento y clorinadores.
- d)** Velar por la potabilidad del agua.
- e)** Mantenimiento de la red de distribución de agua.
- f)** Cobro de los servicios de canon de agua y drenaje.

Los procesos operativos del sistema de agua son cubiertos por La Sección Operativa de Aguas. Bajo esta dependencia se dispone de 20 fontaneros quienes son encargados de darle mantenimiento a todo el sistema de agua potable, hacer ajustes en las tuberías dañadas y solucionar los problemas que se presentan. Para efectos del mantenimiento del sistema, actualmente no se dispone de una bodega de materiales, sino que en cada caso debe obtenerse un permiso para comprar el dispositivo requerido (tubos, pegamento, accesorios, etc.).

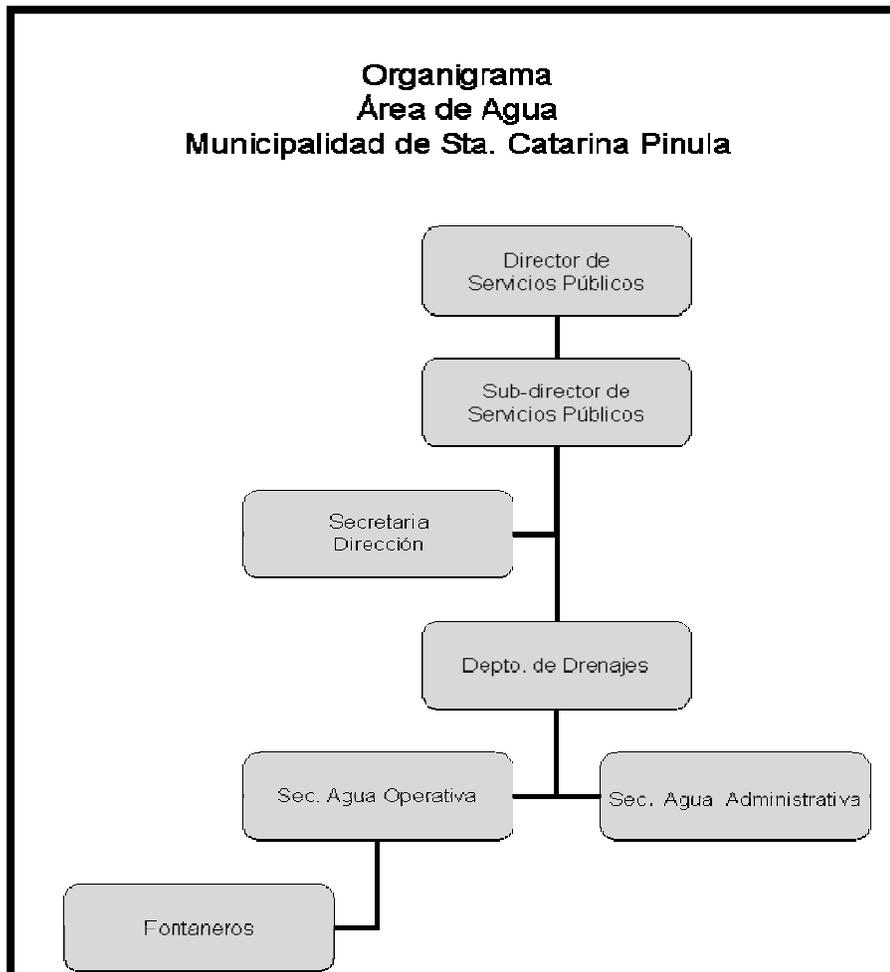
Por su parte, la Dirección de Obras creada en el Acta 12-2000 del 24 de febrero del 2000, dentro de sus funciones tiene a su cargo la planificación de obras varias y en cuanto al Agua Potable, sus responsabilidades son:

- a)** Construcción de pozos mecánicos.
- b)** Red de distribución de agua y conexiones domiciliarias.
- c)** Línea de conducción de agua.
- d)** Equipamiento de Pozos.
- e)** Tanques semienterrados y elevados.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Fuente: Revista, Una Administración Responsable. Municipalidad de Sta. Catarina Pinula

**Figura 8 Organigrama del Departamento de Agua Potable,  
Santa Catarina Pinula**



## **2.4 Análisis de los fenómenos naturales más frecuentes en Santa Catarina Pinula**

### **2.4.1 Consideraciones especiales**

El volcán de Pacaya se encuentra a 28 Km. de Santa Catarina Pinula. Para llegar a este volcán se utiliza la carretera CA-9, hacia la costa sur del país, en dirección del municipio de San Vicente Pacaya. El volcán está localizado entre dos departamentos,

el departamento de Guatemala y el departamento de Escuintla. Este volcán tiene más de 30 años de expulsar materiales piro clásticos, típicos de una erupción estromboliana. Su altura es de 2,500 metros. Cuenta también con un conducto secundario que se llama Pico Mackenney; además de este foco eruptivo, tiene tres picos conocidos localmente como: Cerro Chino, Cerro Grande, Cerro Chiquito.<sup>16</sup> Este volcán es un riesgo latente para el sistema de agua de Santa Catarina Pinula.

En Guatemala el riesgo de terremotos o sismos es considerable y es importante lo indicado en un estudio reciente donde se indica que “el sistema de de falla Motagua-Polochic es un sistema transcurrente, lateral izquierdo, que incluye tres fallas principales, la del Polochic, la del Motagua, y la de Jocotán. La falla de Motagua se rompió en 1976, con el terremoto destructivo de magnitud 7,5 y varios grandes terremotos históricos han sido reportados tanto en la Falla de Motagua y en la Falla del Polochic, y posiblemente en la falla de Jocotán”.<sup>17</sup> Algunas conclusiones del artículo referenciado, son las siguientes:<sup>18</sup>

a) “Un deslizamiento transcurrete destal de 10mm/año es observado bajo el arco volcánico de Centroamérica. Es consistente con las soluciones del plano de falla de los sismos ocurridos dentro del arco desde Guatemala hasta Nicaragua y está probablemente asociado con el partimiento del deslizamiento debido a los 10° (grados) de oblicuidad de la convergencia (DeMers, 2001).

---

<sup>16</sup> Fuente: Disponible en [www.mayaspirit.com.gt](http://www.mayaspirit.com.gt)

<sup>17</sup> Fuente: Restricciones al movimiento de las placas de Norteamérica y del Caribe a través de medidas de GPS a lo largo del Sistema de falla Motagua-Polochic en Guatemala. Ingeniería, La Revista del Colegio de Ingenieros, Septiembre-Octubre de 2004, Página 15

<sup>18</sup> Fuente: Restricciones al movimiento de las placas de Norteamérica y del Caribe a través de medidas de GPS a lo largo del Sistema de falla Motagua-Polochic en Guatemala. Ingeniería, La Revista del Colegio de Ingenieros, Septiembre-Octubre de 2004, Página 17

b) Una extensión Este-Oeste con una tasa de 8mm/año es observada al sur de la falla de Motagua, en concordancia con la presencia de los graben de Ciudad de Guatemala, cuyas fallas normales fueron reactivadas durante el terremoto de 1976 en la falla del Motagua.

c) Un pequeño gradiente de velocidad es observado a lo largo de la Falla del Polochic. Aunque las observaciones no pudieron ayudar a separar las contribuciones respectivas de las fallas del Motagua y la del Polochic, ellas pueden ser modeladas con un deslizamiento de 16-18mm/año sobre la falla de Motagua debajo de una profundidad de cerca de 10-15km.

El departamento de Guatemala, está recorrido por dos fallas geológicas paralelas que recorren el departamento de norte a sur. Estas fallas se denominan fallas de Mixco y fallas de Santa Catarina Pinula. Entre dichas fallas, los terrenos del centro del departamento se han estado hundiendo desde hace muchísimos años. Esta enorme y alargada depresión (60 kilómetros) se ha asociado a otras: por el sur a la cuenca del lago de Amatitlán y a la hondonada del valle del río Michatoya (el conocido Cañón de Palín), por el norte a la cuenca del río Las Vacas.<sup>19</sup> Ver mapa de riesgos a sismos Fig. No. 36.

#### **2.4.2 Amenazas naturales de mayor riesgo**

Luego de la investigación desarrollada se concluye que los fenómenos naturales más susceptibles a ocurrir en la cabecera del municipio de Santa Catarina Pinula son:

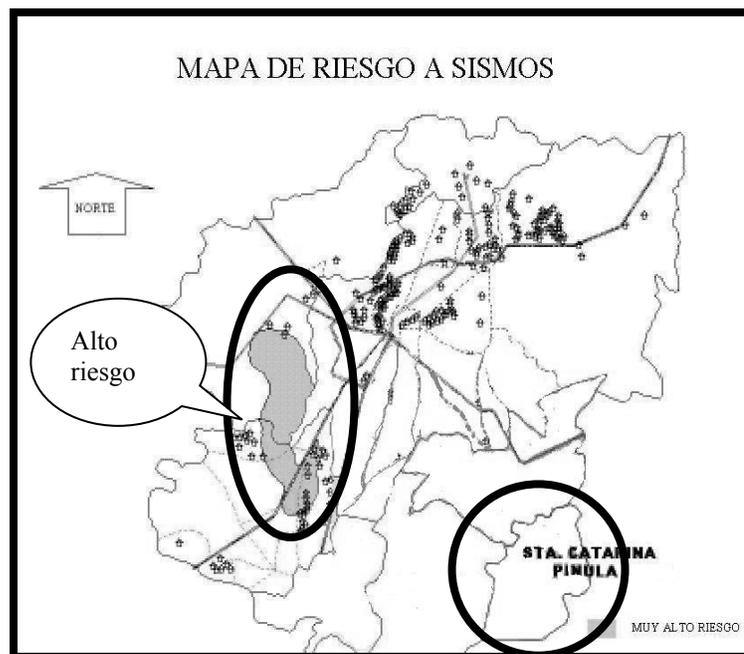
---

<sup>19</sup> Tomado de [www.viajeaguatemala.com/comn/guatemala.htm](http://www.viajeaguatemala.com/comn/guatemala.htm)

### 2.4.2.1 Sismos

Aunque este municipio no se encuentra localizado directamente dentro de la zona de alto riesgo sísmico, no deja de ser susceptible a los movimientos telúricos debido a los efectos de eventos ocurridos históricamente, a la ubicación del Departamento de Guatemala y a las fallas geológicas existentes en dicho departamento. Observar lo mostrado en la figura 9.

**Figura 9 Riesgo sísmico en Santa Catarina Pinula**



Resulta interesante anotar datos obtenidos de estudios internacionales donde se menciona que el departamento de Guatemala, ha mantenido una distribución de máximas intensidades sísmicas en América Central; teniéndose registradas intensidades de VII, VIII y IX.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> Fuente: Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1988. Disponible en <http://www-oas.org/USDE/publications/oea65s/ch16b.htm>. Cap. 11

Por otra parte, este departamento tiene una probabilidad condicional (esta probabilidad se refiere principalmente a los terremotos causados por movimientos entre placas) de 50% hasta 79% de sufrir terremotos en el lapso de 1989-2009 con una intensidad sísmica probable de X.<sup>21</sup> Frente a los datos antes señalados y a los factores de daño que pueden tener los sismos en un sistema de agua, resulta relevante considerar estos eventos en la presente investigación.

**Tabla III Factores de daño en los componentes del sistema según intensidad sísmica**

	<b>Factores de Daño</b>					
	<b>Intensidad Escala Mercalli Modificada</b>					
<b>Componente del Sistema de Agua</b>	<b>Daño en porcentaje</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>X</b>
<b>Pozos</b>	%	1.04	4.60	6.66	14.79	23.56
<b>Acueductos</b>	%	0.57	1.05	2.66	4.42	8.80
<b>Estaciones de bombeo</b>	%	2.35	5.85	11.73	20.74	30.77
<b>Tanque de almacenamiento</b>	%	1.10	4.10	6.45	10.63	24.11
<b>Planta de tratamiento</b>	%	1.09	3.33	6.67	13.38	20.59
<b>Red de conducción de agua</b>	Rutas / Km.	0.00	0.69	1.56	5.21	9.13

Tomando en cuenta lo antes señalado, se puede decir que entre los efectos que un fuerte sismo puede provocar en el sistema de agua potable de la cabecera de Santa Catarina Pinula están:

<sup>21</sup> Fuente: Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1988. Disponible en <http://www-oas.org/USDE/publications/oea65s/ch16b.htm>. Cap. 11

a) Destrucción total o parcial de las estructuras de captación debido al mal estado de éstas y a que están expuestas al medio ambiente en un lugar muy montañoso y de terreno quebrado.

b) Destrucción total o parcial de las estructuras de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución. El daño producido puede calcularse dependiendo de la intensidad del sismo, de acuerdo con la tabla III.

c) Ruptura de las tuberías de conducción y distribución y daños en las uniones, entre tuberías o con los tanques, especialmente porque estas son de PVC, con la consiguiente pérdida de agua.

d) Interrupción de corriente eléctrica, con la consiguiente interrupción del bombeo de agua y dejando fuera de servicio el sistema.

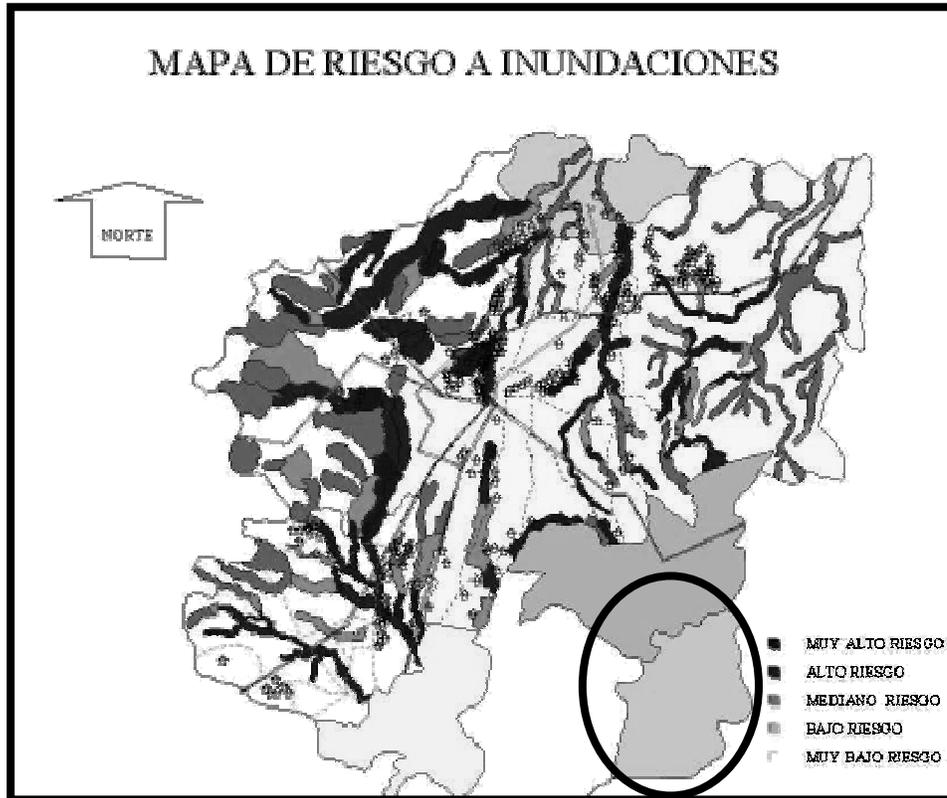
e) Modificación de la calidad del agua por deslizamientos en áreas de topografía sinuosa. Además, en el área del tanque El Hüisital hay un canal que transporta aguas residuales domiciliarias, lo que incrementa el riesgo de los deslizamientos.

f) Daños graves especialmente al Tanque El Hüisital dado su ubicación, tipo de suelo (arena pomicítica), así como por su cercanía con taludes y viviendas.

#### **2.4.2.2 Inundaciones**

Santa Catarina Pinula está clasificada como un municipio de mediano riesgo de inundación, según la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, lo cual se muestra en el mapa de riesgo a inundaciones, de la figura 10.

**Figura 10 Riesgo por inundaciones**



Los tipos de inundaciones que se pueden presentar en Santa Catarina Pinula son:

- a) Por desbordamiento de ríos (vertiente de planicie).
- b) Inundaciones súbitas (vertientes de alta pendiente).
- c) Inundaciones por lluvias torrenciales y falta de absorción y escurrimiento.

En la figura 11, se muestra un diagrama del sistema de agua ubicado de Santa Catarina Pinula (resaltado el color) en relación a las fuentes de agua que posee el municipio de Santa Catarina Pinula.



d) Contaminación del agua en las cuencas o en tanque de captación de El Hüisital el cual está en un área muy montañosa y de terreno quebrado.

e) Daño en la planta de tratamiento de El Hüisital.

f) Daño de equipos de bombeo al entrar en contacto con el agua, dejando sin operación el suministro de agua.

g) Colateralmente hay impactos indirectos como la suspensión de energía eléctrica, ruptura de caminos y comunicaciones impidiendo el acceso a los cinco pozos ubicados en la cabecera del municipio y tanque de almacenamiento y tratamiento del Hüisital.

h) Imposibilidad de llegar al lugar de captación para corregir en forma oportuna desperfectos del sistema de captación.

i) Socavación de la estructura de cimentación del tanque elevado El Cementerio.

### **2.4.2.3 Deslizamientos**

Durante las visitas al sitio de estudio se corroboró que Santa Catarina Pinula, posee alto riesgo de derrumbes. Por lo tanto, el tanque y planta de tratamiento El Hüisital posee un alto riesgo debido al peligro de un derrumbe y a su condición de estar ubicado frente a un talud de material pomicítico e inclinación casi vertical, de donde se ha extraído material, dejando cavernas que lo vuelven inestable, como se observa en las figuras 43 y 44. Además este tanque se encuentra ubicado en una zona de proyección urbana y sobre la corona de un talud, lo que podría representar una falla de la ladera por sobrecarga en la parte superior, lo cual se grafica en la figura 12. Esto puede comprobarse en la figura 31.

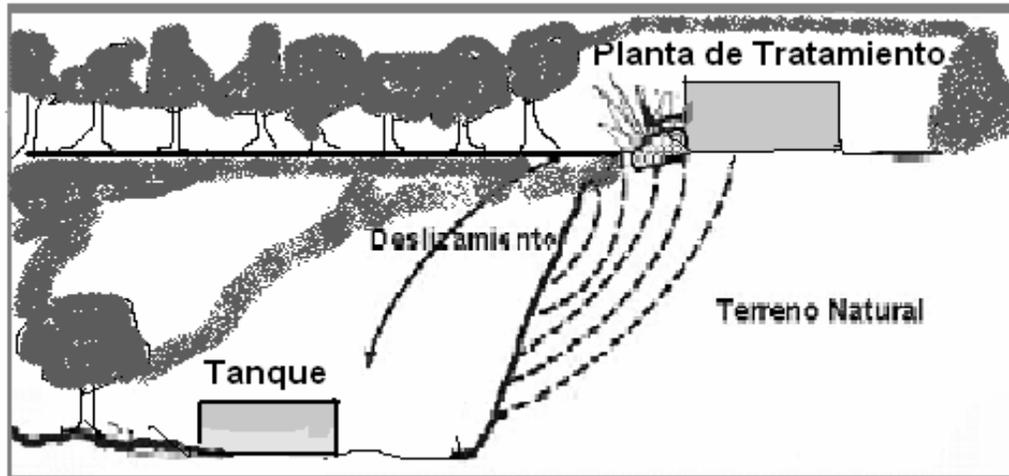
**Figura 43 Talud en el tanque el Hüisital**



**Figura 44 Suelo pomiticino en talud del Hüisital**



**Figura 12 Falla de un talud por sobrecarga**



Los deslizamientos ocurren como resultado de cambios súbitos o graduales en la composición, estructura, hidrología o vegetación en un terreno en declive o pendiente. Estos cambios pueden desencadenarse por:

- a) Vibraciones como las ocasionadas por sismos.
- b) Remoción del soporte lateral por la erosión, fallas geológicas existentes en la pendiente, excavación, construcciones, deforestación y pérdida de vegetación.
- c) Sobrecarga del terreno, producida por el peso del agua en tanques, la carga de las estructuras y la vegetación misma.
- d) Fuertes aguaceros, aumento de los niveles freáticos o de saturación de aguas.

Entre los acontecimientos factibles a ocurrir por los deslizamientos en Santa Catarina Pinula se pueden mencionar:

**a)** Destrucción total o parcial de todas las obras, en especial de captación, conducción, almacenamiento y distribución ubicadas sobre o en la trayectoria principal de deslizamientos activos, especialmente las dos colinas que son inestables con fuerte pendiente y susceptibles a deslizamientos.

**b)** Contaminación del agua en las áreas de captación superficial en zonas montañosas. Esto actualmente es altamente factible dado el deterioro de las líneas de conducción.

**c)** Colateralmente a impactos indirectos como la suspensión del servicio eléctrico, corte de caminos y comunicaciones.

#### **2.4.2.4 Erupciones volcánicas**

Debido a la corta distancia que existe entre Santa Catarina Pinula y el Volcán Pacaya (28 km) y a la actividad que mantiene este volcán y sus características se tiene el riesgo de una erupción volcánica que pueda afectar los manantiales de agua contaminando sus fuentes y hasta puede destruir parte del sistema de agua potable.

En la figura 45 se muestra una foto de este volcán y en las figuras 13 y 14 se muestra un plano de amenaza volcánica.

**Figura 45 Volcán Pacaya**



**Figura 13 Amenaza del volcán Pacaya**

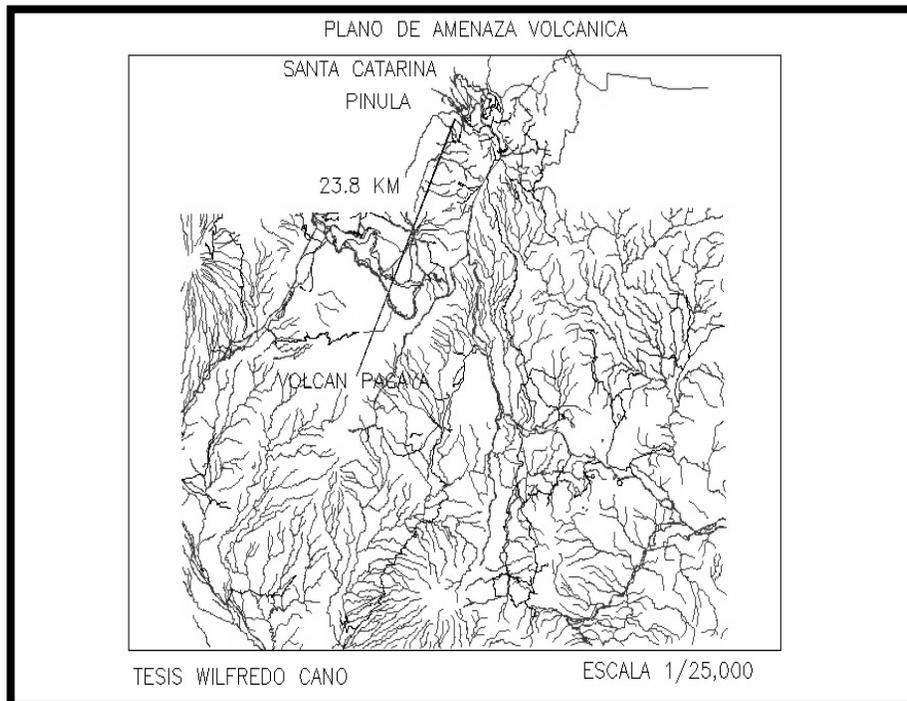
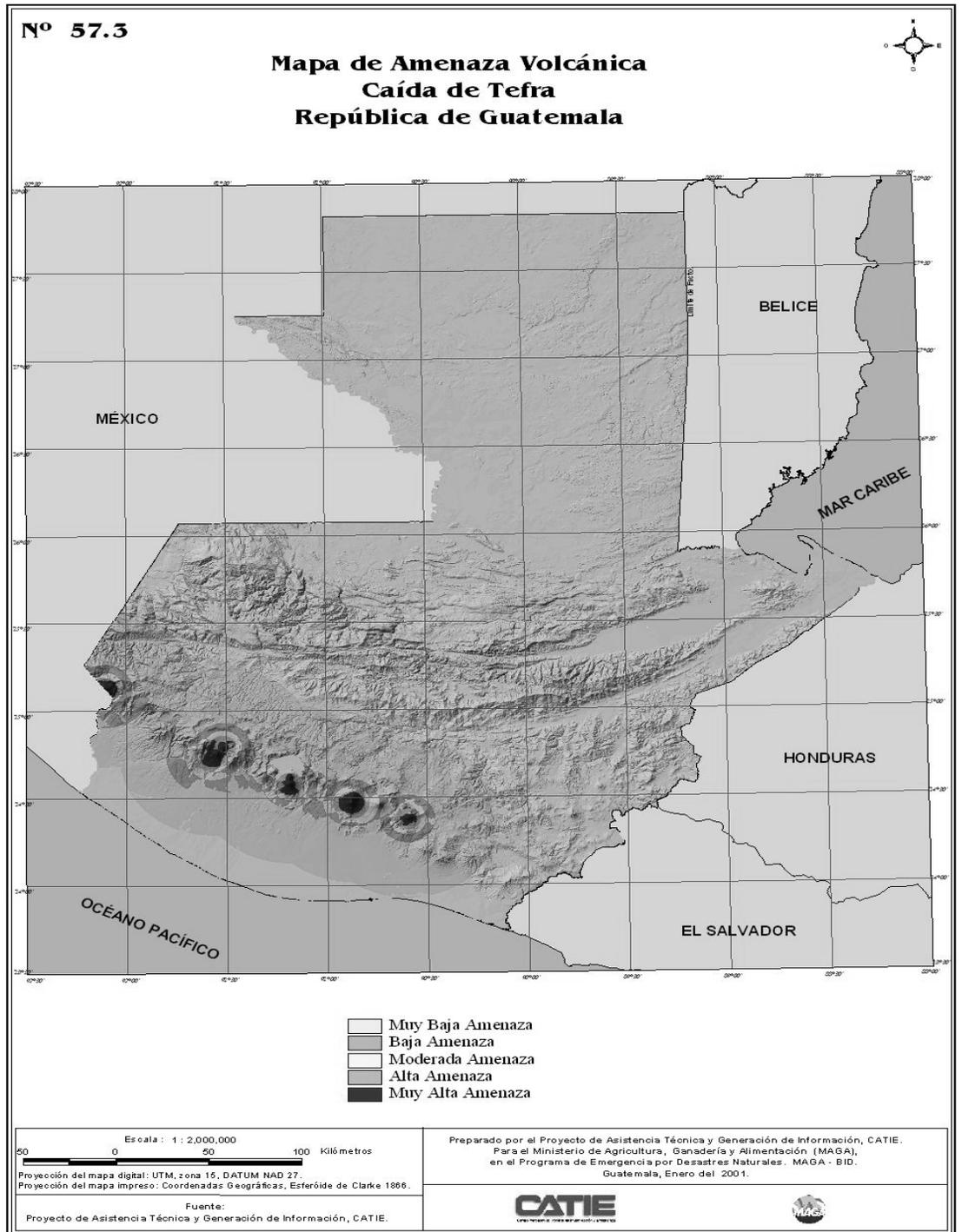


Figura 14 “Mapa de amenaza volcánica en Guatemala”



A continuación se presentan las siguientes tablas, donde se identifican y se jerarquizan, las amenazas naturales de mayor riesgo en Santa Catarina Pinula y la estimación de la susceptibilidad de daño.

**Tabla IV Identificación y jerarquización de amenazas**

FORMATO 1												
IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE AMENAZAS EN SANTA CATARINA PINULA												
No.	Componente del Sistema	a Evaluar	Sistema	Evaluación			Amenazas Identificadas					
				a	b	c	Sismos	Inundaciones	Deslizamientos	Erup. Volcánicas		
1	Captación			Mapas de zonificación	0	0	0	0	0	0	0	0
				Observación del evaluador	1	1	0	1	0	0	0	
				Opinión de los habitantes	0	1	0	1	0	0	0	
				Sumatoria de a, b, c	1	2	0	2	0	0	0	
2	Línea de conducción			Mapas de zonificación	1	1	1	1	1	1	1	0
				Observación del evaluador	1	1	1	1	1	1	0	
				Opinión de los habitantes	1	1	1	1	1	1	0	
				Sumatoria de a, b, c	3	3	3	3	0	0	0	
3	Pasos Aéreos			Mapas de zonificación	1	1	1	1	1	1	1	0
				Observación del evaluador	1	1	1	1	1	1	0	
				Opinión de los habitantes	0	1	1	1	1	1	0	
				Sumatoria de a, b, c	2	3	3	3	0	0	0	
4	Planta de Tratamiento			Mapas de zonificación	1	0	0	1	0	1	1	1
				Observación del evaluador	1	0	0	1	0	1	1	
				Opinión de los habitantes	0	0	0	1	0	1	0	
				Sumatoria de a, b, c	2	0	0	3	2	2	2	
5	Tanque de Distribución El Huisital			Mapas de zonificación	1	0	0	1	0	1	1	1
				Observación del evaluador	1	0	0	1	0	1	1	
				Opinión de los habitantes	0	0	0	1	0	1	0	
				Sumatoria de a, b, c	2	0	0	3	2	2	2	
6	Pozos (5)			Mapas de zonificación	1	1	1	1	1	0	1	1
				Observación del evaluador	1	1	1	1	1	1	1	
				Opinión de los habitantes	1	0	0	1	0	1	0	
				Sumatoria de a, b, c	3	2	2	2	2	2	2	
7	Red de Distribución			Mapas de zonificación	1	1	1	1	1	1	1	1
				Observación del evaluador	1	1	1	1	1	1	1	
				Opinión de los habitantes	0	1	1	1	1	1	0	
				Sumatoria de a, b, c	2	3	3	3	2	2	2	
<b>TOTALES</b>					<b>15</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	









**Tabla IX Estimación de respuesta a daños provocados por amenazas naturales**

FORMATO 3										
ESTIMACIÓN DE RESPUESTA A DAÑOS PROVOCADOS POR AMENAZAS NATURALES										
ANÁLISIS DE ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL			ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			ANÁLISIS DE APOYO ADMINISTRATIVO				
A. PLANES DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS			A. PROGRAMA DE PLANIFICACIÓN			A. DISPONIBILIDAD Y MANEJO DE DINERO				
<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				
B. PLANES DE MITIGACIÓN			B. PROGRAMAS DE OPERACIÓN			B. APOYO LOGÍSTICO DE PERSONAL ALMACENES Y TRANSPORTE				
<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				
C. COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL			C. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO			C. PERSONAL CON CONOCIMIENTO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA				
<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				
D. COMISIÓN DE FORMULACIÓN DE LOS PLANES DE MITIGACIÓN			D. PERSONAL CAPACITADO EN EMERGENCIAS			No.	NOMBRE	TELÉFONO		
<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			1	Emiliano Coro			
						2				
						3				
E. COMITÉ DE EMERGENCIAS			E. DISPONIBILIDAD DE EQUIPO Y MAQUINARIA			D. CONTRATACIÓN DE EMPRESAS EN EL MERCADO				
<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				
MIEMBROS DEL COMITÉ			DESCRIPCIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARIA			NOMBRE DE EMPRESAS				
No.	NOMBRE	CARGO	No.	DETALLE	No.	NOMBRE	TELÉFONO			
1						LISTADO DE CONTRATISTAS				
2										
3										
4										
5										
F. SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y ALERTA INTERINSTITUCIONAL			F. SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y ALERTA EN LA EMPRESA			E. SISTEMAS DE INFORMACIÓN A LOS USUARIOS				
<input type="checkbox"/> Defensa Civil <input checked="" type="checkbox"/> Instituto Metereológico <input checked="" type="checkbox"/> Instituto Vulcanológico <input checked="" type="checkbox"/> Instituto Sismológico <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Otro			<input checked="" type="checkbox"/> Radio UHF <input type="checkbox"/> Radio VHF <input checked="" type="checkbox"/> Teléfono <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/> Otro:			<input type="checkbox"/> Radio <input type="checkbox"/> Televisión <input checked="" type="checkbox"/> Circulares <input type="checkbox"/> Cable <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/> Otro:				

### **2.4.3 Análisis de vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Catarina Pinula**

#### **2.4.3.1 Vulnerabilidad administrativa y operativa**

Entre las debilidades detectadas en este estudio en el orden administrativo y operativo, se pueden mencionar:

**a)** No existe un manual de procedimientos donde se detallen las acciones para que las dos direcciones (Dirección de Servicios Públicos y la Dirección de Obras) coordinen las acciones a seguir y sus departamentos (Servicios Públicos y Obras) trabajen en forma coordinada y logren mantener la operabilidad del sistema de agua potable. Además, en caso de emergencia se tengan las directrices a seguir a fin de solventar la situación a la mayor brevedad y restablecer los servicios de agua potable.

**b)** No existen planos del sistema de agua potable, que apoyen las labores de mantenimiento, extensión o re-estructuración. Esto representa una amenaza al mismo, sobre todo en caso de una emergencia.

**c)** No existe una adecuada planificación y calendarización de las acciones que debe desarrollar la Dirección de Obras para que el mantenimiento de la infraestructura del sistema de agua cuente con un adecuado mantenimiento preventivo.

**d)** Se considera que existe vulnerabilidad funcional en la Sección Operativa de Agua, pues los 20 fontaneros de esta dependencia no reciben ninguna capacitación al respecto y no disponen de planos actualizados del sistema de agua, por lo que resulta difícil que puedan garantizar la operación, mantenimiento y administración con un mínimo de ayuda externa.

e) El sistema de tarifa único dificulta financiar el desarrollo y adecuado mantenimiento preventivo del sistema.

#### **2.4.3.2 Vulnerabilidad física**

Las características de los componentes físicos del sistema de agua potable de Santa Catarina Pinula, presenta algunas debilidades en algunos de los componentes del sistema. Éstas son:

a) El camino de acceso al sitio de la captación es vulnerable a los eventos de deslizamientos.

b) El sistema de captación está ubicado en un sector montañoso de Santa Catarina Pinula y dado lo irregular del terreno, existen pasos aéreos que sostienen la tubería que están contruidos provisionalmente con horcones de madera, también existen algunos pasos aéreos de estructura metálica, que necesitan mantenimiento.

c) Existen tramos de la línea de conducción que han sido reparados con hules para evitar la fuga del agua, en otros casos, se han cambiado tramos de la tubería por tipo PVC debido a la gravedad de la destrucción del tubo. En términos generales la línea de conducción está en muy mal estado, altamente oxidada y se encuentra expuesta al medio ambiente.

d) La planta de tratamiento está ubicada en la parte superior de un talud y la tubería que conduce el agua desde el tanque el Hüisital a dicha planta se encuentra expuesta.

e) La presa de captación está expuesta al fenómeno de erupción volcánica, dada la cercanía que existe hacia el Volcán Pacaya (28 Km.), el cual puede contaminar el agua con sustancias tóxicas de sus erupciones.

f) Existe una guardianía cerca de la captación (presa), con un fontanero siempre de turno; este funcionario es el responsable de dar la alerta ante una emergencia y lo hace a través de un radio portátil proporcionado por la municipalidad. En caso de falla del aparato este funcionario se queda incomunicado.

## **2.5 Plan de mitigación del Sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Catarina Pinula**

El plan de mitigación es una etapa que se da “antes del desastre”, es la etapa más importante del proceso de planificación para situaciones de emergencia y desastre. Comprende tres actividades, a saber: prevención, preparación y mitigación.

### **2.5.1 Prevención en Santa Catarina Pinula**

Esta es una actividad propia del organismo que tiene a su cargo la administración de los recursos hídricos del municipio, en este caso de la municipalidad.

La prevención demanda el análisis y de los riesgos detectados y la puesta en marcha de medidas que eviten o minimicen la ocurrencia de un evento destructivo que afecte el sistema de agua potable y a la población involucrada.

a) Prevención de sismos o erupciones volcánicas: estos son eventos no controlables por el hombre, sin embargo las acciones de detección y vigilancia operan en estos casos como medidas preventivas. La recopilación y análisis de los datos sobre las amenazas debe ser una actividad permanente, y es importante que la municipalidad de Santa Catarina Pinula tenga un contacto frecuente y cercano con el Instituto Nacional de

Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSEVUMEH), y los centros universitarios que den seguimiento en esta materia.

**b)** Prevención de inundaciones y deslizamientos: la mano del hombre puede actuar para minimizar el riesgo de ocurrencia de estos eventos. En Santa Catarina Pinula se puede eliminar o reducir la presencia de inundaciones y deslizamientos que puedan afectar el sistema de agua potable mediante mejoras físicas y estructurales del sistema de captación, una mejor ubicación de la planta de tratamiento donde no exista un talud y una perspectiva de desarrollo urbano, cambios en las líneas de conducción, una organización eficaz, y actividades de operación y mantenimiento eficientes.

### **2.5.2 Preparación en Santa Catarina Pinula**

Como preparación se conocen todas las actividades cuyo objetivo es organizar, educar, capacitar y adiestrar a la población a fin de facilitar las acciones para un efectivo y oportuno control, aviso, evacuación, salvamento, socorro y ayuda de la población, así como una acción rápida y eficaz cuando se produce el impacto, permitiendo la restauración de los servicios lo más pronto posible.

Para ello se deben formular y poner en marcha los planes de operación de emergencia, adiestrar al personal y equipar los suministros de emergencia. En el plan de educación se debe determinar a quién se debe capacitar, cómo y cuándo hacerlo. Para este efecto de capacitación debe recordarse la labor de Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) al respecto.

La Municipalidad de Santa Catarina Pinula debe destinar recursos (tanto humanos como financieros) para desarrollar esta etapa, la cual es sumamente importante dentro del contexto de las amenazas y del manejo de sus efectos.

### **2.5.3 Mitigación**

La mitigación se asocia a un tipo de amenaza, y se realiza en mayor o menor grado según sea el riesgo que ésta origina; también influye el estado de las estructuras. El manejo de las amenazas naturales será más eficiente cuanto mayores y mejores sean las medidas de mitigación que se adopten.

De acuerdo con el estudio realizado del sistema de Santa Catarina Pinula se proponen las siguientes medidas de mitigación:

**a)** Diseñar los manuales de procedimientos donde se detallen las acciones de las direcciones (Dirección de Servicios Públicos y la Dirección de Obras) y sus departamentos (Servicios Públicos y Obras) para lograr que trabajen en forma planificada y coordinada y logren así mantener la operabilidad del sistema de agua potable tanto en circunstancias normales como en circunstancias especiales o de emergencia. En caso de emergencia se tendrán las directrices a seguir para solventar la situación a la mayor brevedad y restablecer los servicios de agua potable. Estos manuales deben ser autorizarlos y puestos en vigencia a través de campañas de comunicación y de programas de capacitación.

**b)** Contratar los servicios de asesoría de empresas o ingenieros, según lo permita la ley, para lograr el levantamiento de planos actualizados del sistema de agua potable, que apoyen las labores de mantenimiento, extensión o re-estructuración del sistema. Estos planos serán de gran apoyo en caso de una emergencia, por lo cual deben ser dados a conocer al personal operativo y deben existir copias de los mismos como medida de respaldo.

**c)** Diseñar programas de trabajo y planificar el mantenimiento preventivo de las obras asociadas al sistema de agua potable para que exista una adecuada calendarización de las acciones que debe desarrollar la Dirección de Obras, de manera que la infraestructura del sistema de agua se mantenga en las mejores condiciones posibles.

**d)** Diseñar e implementar un plan de capacitación que considera a todos los funcionarios del sistema de agua potable, en especial a los fontaneros, los que deben conocer detalles sobre las amenazas y debilidades que posee el sistema, y de las medidas a seguir para minimizar tales debilidades. La ausencia de capacitación de los 20 fontaneros y la ausencia de planos actualizados del sistema de agua dificulta las acciones oportunas para garantizar la operación, mantenimiento y administración del sistema.

**e)** Analizar el actual sistema de tarifas y establecer cuotas de acuerdo al tipo servicio, ya sea comercial o domiciliario. Valorar lo establecido en otras municipalidades de la capital y analizar la posibilidad de instalar medidores de agua que permitan regular el consumo y el buen uso del líquido.

**f)** El tanque de captación debe protegerse mediante la protección de la cuenca, para que minimice el impacto de un derrumbe y se recomienda tener identificado otro camino de acceso al tanque que permita llegar al sitio en caso de emergencia, debido a que el camino de acceso al sitio de la captación es vulnerable a los eventos de deslizamientos.

**g)** Debe crearse un plan de mejoramiento de la línea de conducción donde se planifiquen etapas del trabajo que puedan ejecutarse en períodos específicos y con un presupuesto específico, para subsanar el mal estado, la alta oxidación y la exposición al medio ambiente. Se recomienda buscar apoyo internacional para financiar la obra.

**h)** La presa de captación está expuesta al fenómeno de erupción volcánica, dado la cercanía que existe hacia el Volcán Pacaya (28 Km.), el cual puede contaminar altamente el agua con sustancias tóxicas de sus emanaciones.

**i)** El mecanismo de comunicación que posee actualmente el guardián de la presa de captación, es susceptible a la falla, por lo cual se debería de disponer de otro medio alternativo, como el teléfono celular que le permita dar la alerta ante una emergencia. Esta medida es actualmente muy factible dado su bajo costo.

A continuación se presentan las medidas de mitigación propuestas de acuerdo al componente del sistema, con sus respectivos costos.

**Tabla X Estimación de las medidas de mitigación del componente Presa**

FORMATO 4.1					
ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DEL COMPONENTE "PRESA"					
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE MITIGACION A IMPLEMENTARSE	
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Arrastre de lodo y árboles por crecidas de nacimientos	1.1	Construcción de disipadores de energía
		1.2	Destrucción de tuberías que están expuestas que recolectan el agua de los 4 nacimientos, hacia la presa	1.2	Revestimiento de tuberías expuestas
2	Obstrucciones de tuberías de estructuras	2.1	Arrastre de hojas y material flotante	2.1	Protección de cuenca
3	Modificación de la calidad de agua	3.1	Erosión de taludes de la cuenca de los nacimientos, aguas arriba de la presa	3.1	Protección de cuenca
		3.2	Arrastre de arena de lecho de los nacimientos por incremento de velocidad de flujo ante crecidas	3.2	Construcción de disipadores de energía
4	Disminución en la cantidad de agua	4.1	Deforestación del área de nacimientos (sequías)	4.1	Protección de cuenca
5	Desacoples de Tubería	5.1	Por el choque de rocas y árboles en uniones de tubería con estructuras	5.1	Protección de tuberías expuestas
6	Destrucción de accesos a infraestructura	6.1	Posibles derrumbes de taludes camino a la presa	6.1	Estabilización de taludes susceptibles a erosiones

**Tabla XI Estimación de las medidas de mitigación del componente  
Línea de Conducción**

FORMATO 4.2					
ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DEL COMPONENTE "LINEA DE CONDUCCION"					
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN		MEDIDA DE MITIGACION A	
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Tuberías expuestas que pueden fallar, por causa de deslizamientos o sismos	1.1	Revestimiento de tuberías expuestas
2	Obstrucciones de tuberías o estructuras	2.1	Deslizamiento de taludes con piedras y árboles	2.1	Estabilización de taludes susceptibles a erosiones
3	Modificación de la calidad del agua	3.1	Ingreso de contaminación en roturas de tuberías y por oxidación	3.1	Sustitución de tramos de tubería dañada de Hg. diámetro 8"
4	Disminución en la cantidad de agua	4.1	Deslizamiento de taludes con piedras y árboles	4.1	Estabilización de taludes susceptibles a erosiones
5	Desacoples en tuberías	5.1	Deslizamiento de taludes con piedras y árboles	5.1	Estabilización de taludes susceptibles a erosiones
6	Destrucción de accesos a infraestructura	6.1	Derrumbes de taludes sobre la línea de conducción	6.1	Estabilización de taludes susceptibles a erosiones
		6.2	Posible desbordamiento del río Las Minas	6.2	Protección de cuenca

**Tabla XII Estimación de las medidas de mitigación del componente  
Pasos Aéreos**

FORMATO 4.3					
<b>ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DEL COMPONENTE "PASOS AEREOS"</b>					
<b>EFFECTO ESPERADO</b>		<b>LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFFECTO ESPERADO</b>		<b>MEDIDA DE MITIGACION A IMPLEMENTARSE</b>	
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Erosionamiento en las bases, de los puentes de estructura metálica sobre el cual están instaladas las tuberías	1.1	Recubrimiento del talud, de las bases de los puentes de estructura metálica
2	Obstrucción de tuberías o estructuras	2.1	Deslizamiento de taludes con piedras y árboles	2.1	Estabilización de taludes susceptibles a erosiones
3	Modificación de la calidad del agua	3.1	Ingreso de contaminación en roturas de tuberías	3.1	Sustitución de tramos de tubería dañada de Hg. diámetro 8"
4	Disminución en la cantidad de agua	4.1	Rotura de tubería a causa del colapso del paso aéreo	4.1	Recubrimiento del talud, de las bases de los puentes de estructura metálica
5	Rotura de tuberías	5.1	Rotura de tubería a causa de sismo	5.1	Instalación de juntas flexibles en puntos críticos
6	Destrucción total de pasos aéreos	6.1	Con los pasos aéreos provisionales, la tubería puede fallar en cualquier momento (deslizamiento o sismo) lo cual provocaría la suspensión total del suministro de agua hacia los tanques	6.1	Construcción de 3 pasos aéreos de 20m y 3 de 12m

**Tabla XIII Estimación de las medidas de mitigación del componente  
Planta de Tratamiento**

FORMATO 4.3				
ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DEL COMPONENTE "PASOS AEREOS"				
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE MITIGACION A IMPLEMENTARSE
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Erosionamiento en las bases, de los puentes de estructura metálica sobre el cual están instaladas las tuberías	1.1 Recubrimiento del talud, de las bases de los puentes de estructura metálica
2	Obstrucción de tuberías o estructuras	2.1	Deslizamiento de taludes con piedras y árboles	2.1 Estabilización de taludes susceptibles a erosiones
3	Modificación de la calidad del agua	3.1	Ingreso de contaminación en roturas de tuberías	3.1 Sustitución de tramos de tubería dañada de Hg. diámetro 8"
4	Disminución en la cantidad de agua	4.1	Rotura de tubería a causa del colapso del paso aéreo	4.1 Recubrimiento del talud, de las bases de los puentes de estructura metálica
5	Rotura de tuberías	5.1	Rotura de tubería a causa de sismo	5.1 Instalación de juntas flexibles en puntos críticos
6	Destrucción total de pasos aéreos	6.1	Con los pasos aéreos provisionales, la tubería puede fallar en cualquier momento (deslizamiento o sismo) lo cual provocaría la suspensión total del suministro de agua hacia los tanques	6.1 Construcción de 3 pasos aéreos de 20m y 3 de 12m

**Tabla XIV Estimación de las medidas de mitigación del componente  
Tanque de Distribución o Almacenamiento**

FORMATO 4.5					
ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DEL COMPONENTE "TANQUE DE DISTRIBUCION O ALMACENAMIENTO"					
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE MITIGACION A IMPLEMENTARSE	
1	Daño parcial en estructuras	1.2	Posible derrumbe de talud de la parte de atrás del tanque	1.2	Diseño y construcción de muro de Contención
2	Modificación de la calidad del agua	2.1	Daño estructural provoca modificación de la calidad del agua almacenada	2.1	Diseño y construcción de muro de Contención
3	Disminución en la cantidad de agua	3.1	Daños en la estructura y desacople de tuberías provocan pérdida de agua almacenada	3.1	Reforzar puntos de unión entre estructuras y tuberías
4	Desacoples de Tubería	4.1	Movimiento laterales a la posición de la estructura	4.1	Reforzar puntos de unión entre estructuras y tuberías

**Tabla XV Estimación de las medidas de mitigación del componente  
Pozos**

FORMATO 4.6					
ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DEL COMPONENTE "POZOS"					
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN		MEDIDA DE MITIGACION A	
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Posible derrumbe sobre la caseta de controles (Pozo El Huisital)	1.1	Diseño y construcción de muro de contención
2	Obstrucciones de tuberías o estructuras	2.1	Posible derrumbe sobre la caseta de controles (Pozo El Huisital)	2.1	Diseño y construcción de muro de contención
3	Modificación de la calidad del agua	3.1	Daño en el sistema de clorificación	3.1	Mantener un equipo de clorificación adicional, por cualquier falla del mismo, en cualquiera de los cinco pozos
		3.2	Contaminación del agua por derrumbe de las paredes de los pozos (provocado por sismo o deslizamiento de talud)	3.2	Inspección del encamisado o entubamiento de los 5 pozos
4	Disminución en la cantidad de agua	4.1	Posible daño en la bomba sumergible	4.1	Creación de algún fondo para la compra de una bomba para sustituir cualquiera de los cinco pozos existentes ante cualquier falla por sismo
5	Daños al suministro de energía eléctrica	5.1	Cortes del servicio por daños a líneas de suministros de energía eléctrica.	5.1	Coordinación interinstitucional con la empresa prestadora del servicio a la hora de una emergencia
				5.2	Adquisición de plantas de emergencia de suministro de energía eléctrica
6	Daño parcial de equipo electromecánico	6.1	Derrumbes sobre la caseta de controles (pozo El Huisital) y sobre las bombas de agua sumergibles	6.1	Diseño y construcción de muro de contención
7	Desacoples de Tubería	7.1	Movimientos sísmicos provocan desacoples de tuberías con estructuras rígidas	7.1	Reforzar puntos de unión entre estructuras y tuberías

**Tabla XVI Estimación de las medidas de mitigación del componente  
Red de Distribución**

FORMATO 4.7				
ESTIMACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL COMPONENTE "RED DE DISTRIBUCIÓN"				
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE MITIGACIÓN A IMPLEMENTAR
1	Obstrucciones de tuberías o estructuras	1.1	Ingreso de materiales no deseables (lodo, basura, etc.), por inundación	1.1 Rediseño de sectorización de red para tener opción de suministro, e interconexión con las fuentes (nacimientos y pozos) para reducir riesgos de nulidad de agua.
2	Modificación de la calidad de agua	2.1	Ingreso de contaminación en roturas de tuberías por inundación	2.1
3	Disminución en la cantidad de agua	3.1	Fugas de agua como consecuencia de rotura de tuberías	3.1
4	Rotura de tubería	4.1	Movimientos laterales provocados por sismo	4.1
5	Desacoples de tubería	5.1	Movimientos laterales provocados por sismo	5.1

**Tabla XVII Estimación de costos de las medidas de mitigación**

Formato 5						
ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN						
No.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN A IMPLEMENTAR	CANTIDAD	UNIDAD DE	COSTO		RESPONSABLE
			MEDIDA	UNITARIO	COSTO TOTAL	
1	Construcción de disipadores de energía	2.00	Unidad	Q 60,000.00	Q 120,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
3	Protección de cuenca	1.00	Global	Q 250,000.00	Q 250,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
5	Protección de tuberías expuestas (Captación)	240.00	ml	Q 120.00	Q 28,800.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
7	Sustitución de tramos de tubería de Hg. diámetro 8"(línea de conducción)	600.00	ml	Q 1,030.00	Q 618,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
8	Estabilización de taludes susceptibles a erosiones con geotextil (línea de conducción)	1000.00	m2	Q 200.00	Q 200,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
9	Recubrimiento del talud, de las bases de los puentes de estructura metálica	5.00	Unidad	Q 10,000.00	Q 50,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
	Implementar medidas de mitigación operativa	1.00	Global	Q 25,000.00	Q 25,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
10	Construcción de pasos aéreos de 20m	3.00	Unidad	Q 25,000.00	Q 75,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
11	Construcción de pasos aéreos de 12m	3.00	Unidad	Q 20,000.00	Q 60,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
13	Diseño y Construcción de Muro de Contención (talud sobre el que está la planta de tratamiento)	100.00	m3	Q 800.00	Q 80,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
18	Adquisición de plantas de suministro de energía eléctrica	1.00	Unidad	Q 35,000.00	Q 35,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
22	Diseño y construcción de muro de contención (tanque de distribución o almacenamiento)	100.00	m3	Q 800.00	Q 80,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
24	Diseño y construcción de muro de contención (pozo El Guisital)	75.00	m3	Q 800.00	Q 60,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
25	Equipo de clorificación adicional, por cualquier falla de estos, en cualquiera de los cinco pozos	1.00	Unidad	Q 12,000.00	Q 12,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
26	Creación de algún fondo para la compra de una bomba para sustituir cualquiera de los cinco pozos existentes	1.00	Unidad	Q 50,000.00	Q 50,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
	Reforzar puntos de unión entre estructuras y tuberías	1.00	Global	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
27	Coordinación interinstitucional con CONRED	1.00	Global	Q 10,000.00	Q 10,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
28	Conformar comité de emergencias	1.00	Global	Q 10,000.00	Q 10,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
29	Desarrollar planes de concientización a las autoridades administrativas sobre la importancia de suministros de agua	1.00	Global	Q 20,000.00	Q 20,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
30	Elaboración de planes de emergencia	1.00	Global	Q 15,000.00	Q 15,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
31	Destinar fondos para manejo de emergencias	1.00	Global	Q 50,000.00	Q 50,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
32	Establecimiento de normas y procedimientos a seguir en caso de emergencias y desastres	1.00	Global	Q 15,000.00	Q 15,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
33	Mantener base de datos de proveedores y convenios comerciales para suministros de materiales	1.00	Global	Q 10,000.00	Q 10,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
34	Mantener inventario del sistema (incluye planos y memoria de diseño)	1.00	Global	Q 50,000.00	Q 50,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
<b>TOTAL</b>					<b>Q 1,963,800.00</b>	

## **2.6 Plan de emergencias del sistema de abastecimiento de agua potable de Santa Catarina Pinula**

La administración de la municipalidad de Santa Catarina Pinula debe propiciar el desarrollo de un plan de emergencia que considere la planificación, organización, dirección, control y capacitación de las actividades municipales, humanas y operativas que deben coexistir para dar servicios de agua potable y alcantarillado a la población de este municipio.

Este proceso administrativo deberá hacerse bajo el marco legal que ampare y promueva tales programas, para lo cual se puede buscar el consejo de la Asesoría Legal que posee la municipalidad de Santa Catarina. El otro componente necesario es la base de información suministrada en un estudio sobre las amenazas, riesgos y componentes de los sistemas.

La municipalidad deberá establecer los órganos funcionales que asuman tal responsabilidad durante todo el ciclo de los desastres, dando especial importancia a la etapa de mitigación, a la ejecución de los planes y a las medidas preventivas.

A continuación se describen algunos entes básicos a conformar para la administración de emergencias.

### **2.6.1 Comité de emergencia**

El comité de emergencia es un órgano funcional de la institución administradora de los servicios de agua potable (la municipalidad en este caso) que tiene la responsabilidad de la planificación, organización y dirección de los recursos humanos, materiales y económicos, y de las actividades de operación y mantenimiento

de los sistemas en la mitigación, preparación, respuesta, rehabilitación y reconstrucción ante situaciones de emergencia y desastre.

Este comité, que deberá estar integrado por las principales autoridades de la municipalidad (Directores y Jefes de Áreas), será el nexo entre las labores administrativas y operativas con la dirección de la municipalidad (Alcalde) y, a su vez, con las otras organizaciones que tienen participación en el manejo de emergencias (por ejemplo, CONRED). El comité de emergencia estará presidido por el señor alcalde, y para su constitución debería contar al menos con los siguientes funcionarios:

- a)** Alcalde la municipalidad
- b)** Jefes de la Dirección de Servicios Públicos
- c)** Jefes de la Dirección de Obras (obras de sobre agua potable)
- d)** Jefe de de la Dirección Administrativa (mantenimiento)
- e)** Jefe de Cobros
- f)** Jefe de la Dirección de Planificación
- g)** Jefe de Relaciones Públicas
- h)** Representante de la comisión de formulación, evaluación y control del

plan de emergencia.

Este comité, debe contar con una figura de un presidente que debe ser un líder que motive e integre al grupo de participantes. Lo ideal es que un representante de este comité de emergencia (de preferencia el presidente del mismo) participara en un comité de emergencia local, el cual debería estar integrado por las principales autoridades de las empresas de servicio, municipio, policía, bomberos y, especialmente, defensa civil. En caso de que no exista este comité de emergencia local, se deberá promover su constitución en coordinación con defensa civil y al amparo de las normas sobre emergencias existentes en la localidad.

Este comité de emergencia de la municipalidad deberá tener un carácter permanente, y la frecuencia de sus reuniones estará sujeta a la situación existente. La función principal de dicho comité es la de tomar decisiones, sea en situaciones de emergencia o no.

El comité de emergencia puede celebrar reuniones de la siguiente manera:

- a) Cuatro reuniones ordinarias al año (una en cada trimestre).
- b) En las etapas de formulación de los planes operativos de emergencia y aplicación de las medidas preventivas, una reunión mensual para evaluar el avance de los mismos.
- c) En situaciones de alerta y emergencia, la frecuencia de las reuniones se establecerá de acuerdo con los lineamientos pertinentes para cada situación. En casos de sismo, por ejemplo, al no existir un período de alerta, la constitución del comité de emergencia es inmediata y permanente. En los casos de sequía, normalmente existe un período amplio de alerta, y las características propias de su impacto (larga duración) permiten una frecuencia más amplia de las reuniones.
- d) Por convocatoria del presidente del comité central de emergencia.

### **2.6.2 Apoyo para prevenir o cubrir emergencias del sistema de agua en Santa Catarina Pinula**

Existen organismos nacionales e internacionales que pueden apoyar para prevenir desastres o tomar medidas en caso de emergencia. Entre estos entes se puede mencionar:

### Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres:

En Guatemala existe la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres Naturales o Provocados (CONRED), “es una institución que a nivel nacional está en la capacidad legal, científica y tecnológica de coordinar, planificar y ejecutar todas las acciones destinadas a reducir los efectos que causan los desastres naturales, socio naturales o antropogénicos, así como a evitar la construcción de nuevos riesgos, mediante acciones de prevención.”<sup>22</sup>

CONRED fue creada mediante el decreto legislativo 109-96, cuenta con ocho sedes regionales que han estado organizando y capacitando a las COLRED (Coordinadora Locales), las COMRED (Coordinadoras Municipales) y CODRED (Coordinadoras Departamentales) y CONRED (a nivel nacional).

Al respecto, el diario Prensa Libre, en su artículo “¿Podemos cubrir una crisis?” 30 de enero de 2005, por el subsecretario ejecutivo de CONRED, se comenta que en materia de riesgos Guatemala ha logrado avances importantes como son la elaboración del Plan Nacional de Respuesta, que contiene los procedimientos interinstitucionales que permiten en el momento de una emergencia responder de manera eficaz a cada una de las amenazas.

Otras de las instituciones que pueden apoyar a la municipalidad de Santa Catarina en emergencia del sistema de agua potable son:

- Bomberos
- Cruz Roja
- Secretaria de la Presidencia – Consejos de desarrollo
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)

---

<sup>22</sup> Fuente: Disponible en : [www.conred.org/quienes\\_somos/](http://www.conred.org/quienes_somos/)

### **2.6.3 Funciones y responsabilidades del comité de emergencia**

Estas funciones consisten en lo siguiente:

#### **Del señor alcalde:**

- a) Dictar la política general de la municipalidad para afrontar situaciones de emergencia.
- b) Nombrar el comité de emergencia y la comisión de formulación, evaluación y control del plan de emergencia.
- c) Aprobar el plan de emergencia.
- d) Solicitar a las autoridades gubernamentales la declaratoria de emergencia del servicio cuando la situación lo amerite.
- e) Aprobar y apoyar las acciones antes, durante y después de la emergencia.

#### **Del comité de emergencia:**

- a) Declarar la situación de alerta o emergencia interna de la municipalidad.
- b) Dirigir el proceso de formulación, preparación y aplicación del plan de emergencia.
- c) Integrar la comisión de formulación, evaluación y control del plan de emergencia.
- d) Facilitar a la comisión la realización de sus actividades.
- e) Disponer y supervisar el adiestramiento permanente del personal en los procedimientos de emergencia tanto teóricos como prácticos.
- f) Dar prioridad, coordinar y disponer las actividades y el uso adecuado de los recursos durante la emergencia.
- g) Establecer y mantener lazos de comunicación y coordinación con las entidades públicas de importancia (por ejemplo CONRED) que tengan la responsabilidad de tomar medidas de emergencia a nivel local o nacional.

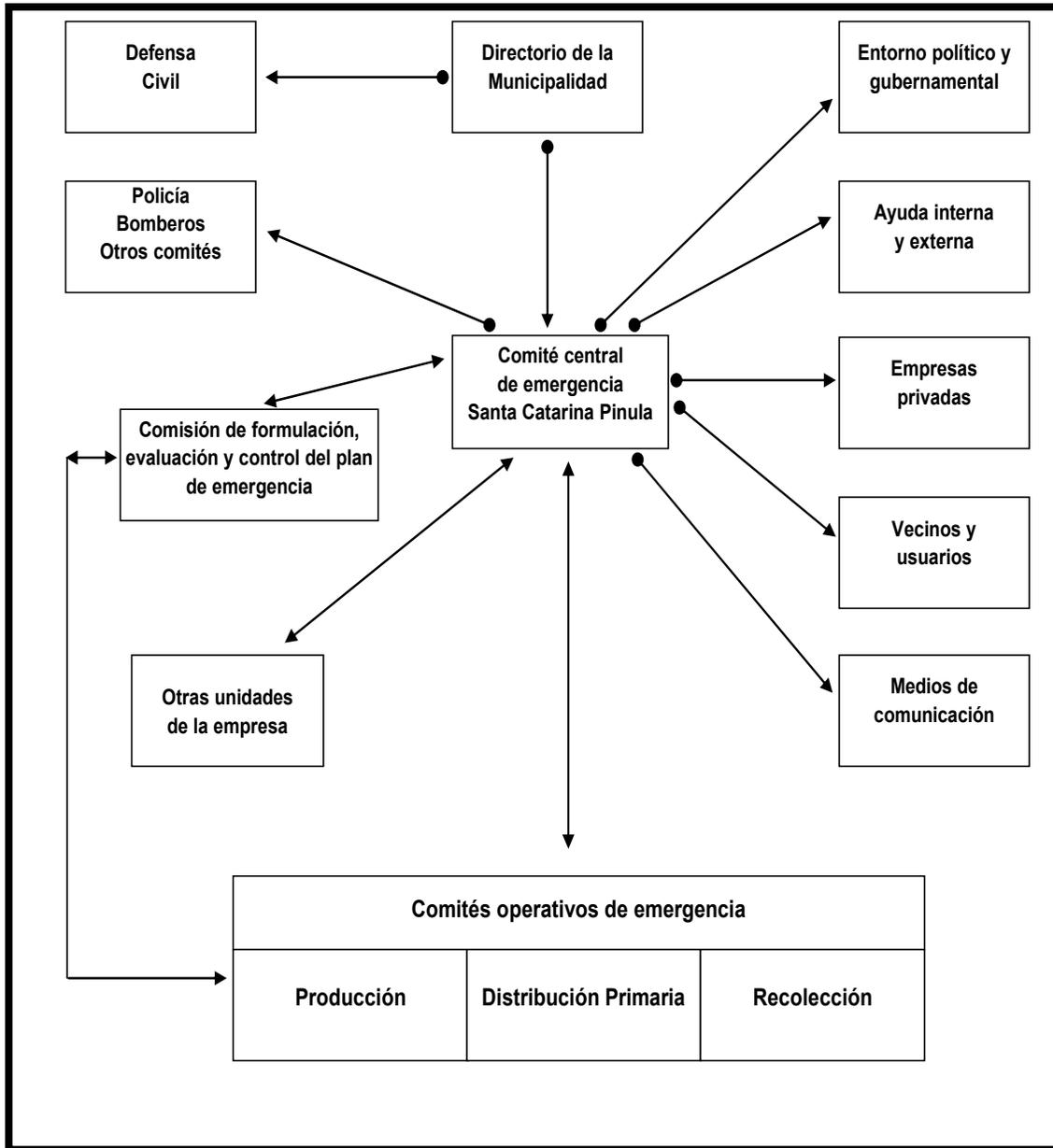
**h)** Mantener contacto con las organizaciones privadas, tales como proveedores de equipos, productos químicos y tuberías, asociaciones profesionales y contratistas.

**i)** Disponer la revisión y actualización periódica del plan de emergencia.

**j)** Disponer y hacer cumplir las acciones para contar con información sobre personal, logística, planos, diagramas, descripción de los sistemas, etc. que sea necesaria para futuros análisis de vulnerabilidad y la formulación del plan de emergencia.

En la figura 15 se muestra un ejemplo del Comité de Emergencia que se podría conformar en la municipalidad de Santa Catarina Pinula.

**Figura 15 Comité de emergencia en Santa Catarina Pinula**



#### **2.6.4 Comisión de formulación, evaluación y control del plan de emergencia.**

Esta comisión será nombrada por el comité de emergencia de la municipalidad. La función principal de esta comisión es la responsabilidad de formular, evaluar y controlar “plan de mitigación” y de formular, evaluar y controlar el “plan de emergencia”. Sobre estas actividades esta comisión debe rendir informe al comité de emergencia.

El plan de emergencia es dinámico, por lo que deberá mantenerse actualizado y estar disponible en todo momento para uso de las personas que intervengan en el mismo. Es por eso que su incorporación en el accionar de la municipalidad deberá ser como un programa operativo y administrativo más, que requiere del soporte que garantice su calidad y eficiencia.

La comisión de formulación, evaluación y control del plan de emergencia es un equipo de trabajo que, bajo la supervisión del comité de emergencia y un cronograma de actividades previamente determinado, asumirá la responsabilidad directa de efectuar el análisis de vulnerabilidad de los componentes de los sistemas, formular el plan de emergencia y los planes operativos y anexos a éstos, y llevar a cabo la evaluación periódica de los mismos a fin de mantenerlos actualizados. También coordinará la ejecución de los programas de aplicación del plan y de las medidas preventivas.

Tal comisión, que deberá estar integrada por profesionales de las áreas de operación, mantenimiento y planificación principalmente, podrá trabajar como un comité técnico al cual se le asignen metas precisas que deberá cumplir en un período de tiempo determinado. Para ello se podrán incorporar técnicas administrativas modernas (computadora, secretaria, dibujante, movilidad, etc.), asignar otros recursos y liberar a sus integrantes del control de ingreso y salida al centro de trabajo, puesto que el control sobre la comisión se ejercerá con el cumplimiento de las metas.

Es de suma importancia que las entidades orgánicas de la municipalidad requeridas por la comisión presten su total y oportuna participación en lo que se les solicite. Esto incluye la asignación temporal de personal a la comisión. Esta comisión también contará con un presidente que la representará en el comité de emergencia, y el número de técnicos que se requieran según el trabajo por realizar.

Por ejemplo, durante el análisis de vulnerabilidad de una planta de tratamiento deberá incorporarse a la comisión el jefe de operaciones de la planta y, en forma eventual, el jefe de mantenimiento físico, el jefe de mantenimiento eléctrico, el jefe de seguridad, etc.

La comisión de formulación, evaluación y control del plan de emergencia tendrá carácter permanente durante las etapas de análisis de vulnerabilidad, preparación de los planes y aplicación de los mismos, así como durante los períodos de alerta, emergencia y rehabilitación. Durante el resto del tiempo designará a las unidades orgánicas que se encargarán de las labores simples relacionadas con la emergencia, y se reunirá para preparar informes con anterioridad a las reuniones trimestrales del comité de emergencia.

Finalmente, la comisión deberá supervisar y evaluar el proceso de documentación de emergencias que realizarán las unidades participantes, a fin de contar con la información requerida para la actualización del plan y la documentación de los hechos propiamente dichos. Esto incluye desde la descripción de una ruptura de una tubería principal y la atención de un incendio de magnitud, hasta los sucesos ocurridos durante la atención de una emergencia mayor como un sismo.

### **2.6.5 Centro de operaciones de emergencia**

Un aspecto importante de la atención de emergencias es la elección y puesta en funcionamiento de un centro de operaciones adecuado. Este local puede coincidir con el centro de comando de las operaciones diarias, es decir el edificio de la municipalidad de Santa Catarina Pinula, pero debe contar con un área específica o local, con la seguridad adecuada y la mínima probabilidad de riesgos. La ubicación del actual edificio de la municipalidad se considera estratégica respecto a facilidades de acceso, comunicación y desplazamiento.

En este local se debe reunir el comité de emergencia y el personal clave que participa en el plan, y desde allí se dirigirán las acciones para hacer frente a la emergencia, para lo cual se contará con un panel de control de operaciones de emergencia. Asimismo, este local debe tener anexo el centro de comunicaciones y estar equipado permanentemente al menos con los siguientes elementos:

- a)** Equipo radiotransmisor con su instructivo de operación.
- b)** Receptor de radio, televisión y teléfono.
- c)** Plan de emergencia y anexos.
- d)** Archivo técnico y planos.
- e)** Panel de control de operaciones.
- f)** Mueble de archivo.
- g)** Mesas de trabajo y reuniones.
- h)** Equipo de cómputo y accesorios de oficina.
- i)** Juegos de llaves (vehículos y locales).
- j)** Herramientas básicas, etc.

Es ideal que existan al menos dos centros alternos de operaciones de emergencia que cumplan con los mismos requisitos, pero de no ser posible, al menos debe contarse con uno. Es indudable que el establecimiento de un centro de operaciones implica gastos, pero cuando una medida preventiva como ésta se realiza a tiempo y las

actividades de preparación se incorporan a las operaciones mismas, el beneficio que se obtiene al presentarse el desastre puede ser considerable.

#### **2.6.6 Declaratorias de alerta y emergencia**

Los fenómenos naturales tienen características de impacto diferentes, y por ello generan situaciones de alerta y emergencia propias. Un sismo que se produce sin previo aviso y esto origina que la acción sea inmediata, no así la sequía que presenta condiciones climáticas fácilmente identificables para su presencia, permite un período de alerta relativamente extenso y, según su impacto, la etapa de emergencia también puede ser amplia.

El estado de alerta es el período que transcurre desde el momento en que se declara el alerta y se inicia la movilización de recursos, hasta que se produce el impacto; si éste es muy débil, no se genera una situación de emergencia. La fase o estado de emergencia es la que sigue al impacto. Se declara cuando éste es inminente o, en el caso de los fenómenos repentinos, cuando ya ha ocurrido.

El señor alcalde debería ser la autoridad que declare el estado de emergencia a nivel del municipio y solicite al gobierno central o la autoridad competente la declaratoria de emergencia local conforme lo establece la ley.

A continuación se presenta, las medidas de emergencia propuestas de acuerdo al componente del sistema, con sus respectivos costos.

**Tabla XVIII Estimación de las medidas de emergencia  
del componente Presa**

FORMATO 7.1					
ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE EMERGENCIA DEL COMPONENTE "PRESA"					
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE EMERGENCIA A IMPLEMENTARSE	
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Arrastre de piedras y árboles por crecida de nacimientos	1.1	Construcción de disipadores de energía
		1.2	Volteo de presa de captación al incrementarse las velocidades de flujo	1.2	Reparación de muros dañados en la presa
2	Obstrucciones de tuberías o estructuras	2.1	Arrastre de lodo y material flotante	2.1	Limpieza de tuberías bloqueadas
3	Modificación de la calidad del agua	3.1	Erosión de taludes de la cuenca del río, aguas arriba de la presa	3.1	protección de cuenca
		3.2	Arrastre de arena de lecho del río por incremento de velocidad de flujo ante crecidas	3.2	Construcción de disipadores de energía
4	Disminución en la cantidad de agua	4.1	Obstrucción de tubería de toma	4.1	Limpieza de tuberías tapadas
5	Desacoples de Tubería	5.1	Por el choque de rocas y árboles en uniones de tubería con estructuras	5.1	Reparación de desacoples
6	Destrucción de accesos a infraestructura	6.1	Derrumbes de taludes en carreteras	6.1	Desbloquear ruta de acceso
		6.2	Incremento de nivel de dos ríos que se deben de atravesar par llegar a la obra de captación	6.2	Instalar pasos provisionales

**Tabla XIX Estimación de las medidas de emergencia del componente  
Línea de Conducción**

FORMATO 7.2					
ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE EMERGENCIA DEL COMPONENTE "LINEA DE CONDUCCION"					
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE EMERGENCIA A IMPLEMENTARSE	
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Daño de tramos de tubería	1.1	Sustitución de tramos de tubería de Hg. diámetro 8"
2	Obstrucciones de tuberías o estructuras	2.1	Deslizamiento de taludes sobre tuberías	2.1	Remoción de derrumbes (línea de conducción)
3	Modificación de la calidad del agua	3.1	Deslizamiento de piedras y árboles	3.1	Reparación de daños en tuberías
4	Disminución en la cantidad de agua	4.1	Deslizamiento de piedras y árboles	4.1	Reparación de daños en tuberías
		4.2	Taponamiento de tuberías con lodo y hojas	4.2	Limpieza de tuberías bloqueadas
5	Rotura de tuberías	5.1	Deslizamiento de piedras y árboles	5.1	Reparación de daños en tuberías
		5.2	Falla en tuberías oxidadas por sobre presión	5.2	Sustitución de tramos de tubería de Hg. diámetro 8"
6	Destrucción de accesos a infraestructura	6.1	Derrumbes de taludes en carreteras	6.1	Desbloqueo de tuberías de acceso
		6.2	Incremento de nivel de los ríos que se deben de atravesar para llegar a la obra de captación	6.2	Instalación de pasos provisionales

**Tabla XX Estimación de las medidas de emergencia del componente Pasos Aéreos**

FORMATO 7.3				
ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE EMERGENCIA DEL COMPONENTE "PASOS AEREOS"				
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE EMERGENCIA A IMPLEMENTARSE
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Daño de puentes de estructura metálica sobre el cual se ha instalado las tuberías	1.1 Reparación de puentes de estructura metálica
2	Modificación de la calidad del agua	2.1	Rotura de tubería a causa del colapso del puente	2.1 Instalación de tubería provisional
				2.2 Construcción de pasos nuevos sobre ríos
3	Disminución en la cantidad de agua	3.1	Rotura de tubería a causa del colapso del puente	3.1 Instalación de tubería provisional
				3.2 Construcción de pasos nuevos sobre ríos
4	Rotura de tuberías	4.1	Rotura de tubería a causa del colapso del puente	4.1 Instalación de tubería provisional
				4.2
5	Destrucción total de pasos aéreos	5.1	Daño de puentes de estructura metálica sobre el cual se ha instalado las tuberías	5.1 Construcción de pasos provisionales
				5.2 Construcción de pasos nuevos sobre ríos

**Tabla XXI Estimación de las medidas de emergencia del componente  
Planta de Tratamiento**

FORMATO 7.4					
ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE EMERGENCIA DEL COMPONENTE "PLANTA DE TRATAMIENTO"					
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE		MEDIDA DE EMERGENCIA A	
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Derrumbe de talud sobre el que esta la planta de tratamiento	1.1	Construcción de Muro de contención
				1.2	Reparación de planta de tratamiento
2	Obstrucciones de tuberías o estructuras	2.1	Ingreso de materiales no deseados ante falla de obra de captación	2.1	Limpieza de unidades de tratamiento
3	Modificación de la calidad del agua	3.1	Ingreso de calidad inadecuada de agua	3.1	Limpieza de unidades de tratamiento
				3.4	Colapso del lecho filtrante de módulos de filtros
4	Disminución en la cantidad de agua	4.1	Daño de la caseta de clorificación, provocaría pérdida del flujo de agua	4.1	Aplicación manual de desinfección
5	Desacoples de Tubería	6.1	Movimientos sísmicos provocan desacoples de tuberías con estructuras rígidas	6.1	Reparación de puntos de unión entre estructuras y tuberías
6	Destrucción de accesos a infraestructura	8.1	Derrumbes y deslizamientos en acceso a la planta de tratamiento	8.1	Limpieza y remoción de derrumbes
				8.2	Crecida de los ríos que imposibilite el acceso a la planta de tratamiento

**Tabla XXII Estimación de las medidas de emergencia del componente  
Tanque de Distribución o Almacenamiento**

FORMATO 7.5					
ESTIMACIÓN DE LAS MEDIDAS DE EMERGENCIA DEL COMPONENTE "TANQUE DE DISTRIBUCIÓN O ALMACENAMIENTO"					
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE EMERGENCIA A IMPLEMENTAR	
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Fisuras a paredes y losas de tanque	1.1	Reparación de paredes y losa del tanque
		1.2	Derrumbe de talud lateral del tanque	1.2	Construcción de muro de contención
2	Modificación de la calidad del agua	2.1	Daño estructural provoca modificación de la calidad del agua almacenada	2.1	Reparación de tanque de distribución o almacenamiento
3	Disminución en la cantidad de agua	3.1	Daños en la estructura y desacople de tuberías provocan pérdida de agua almacenada	3.1	Reparación de tanque de distribución o almacenamiento
4	Desacoples de Tubería	4.1	Movimiento laterales a la posición de la estructura	4.1	Reparación de puntos de unión entre estructuras y tuberías
5	Destrucción de accesos a infraestructura	5.1	Derrumbes y deslizamientos en acceso a la planta de tratamiento	5.1	Limpieza y remoción de derrumbes
		5.2	Crecida de los ríos que imposibilita el acceso a la planta de tratamiento	5.2	Construcción de acceso alternativo

**Tabla XXIII Estimación de las medidas de emergencia del componente  
Pozos**

FORMATO 7.6					
ESTIMACIÓN DE LAS MEDIDAS DE EMERGENCIA DEL COMPONENTE "POZOS"					
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE EMERGENCIA A IMPLEMENTAR	
1	Daño parcial en estructuras	1.1	Daño en la caseta de controles (Pozo El Huisital)	1.1	Reparación de caseta de controles (pozo El Huisital)
		1.2	Daño en el entubamiento (posible falla en la tubería por sismo)	1.2	Sustitución de tuberías en pozo
2	Obstrucciones de tuberías o estructuras	2.1	Derrumbe en las paredes del pozo El Huisital	2.1	Limpieza de pozo con equipo especial
3	Modificación de la calidad del agua	3.1	Daño en el sistema de clorificación	3.1	Reposición de equipo de clorificación
		3.2	Contaminación del agua por derrumbe de las paredes de los pozos (provocado por sismo)	3.2	Suministro provisional de agua con cisternas
4	Disminución en la cantidad de agua	4.1	Posible daño en la bomba sumergible	4.1	Reposición de bomba para sustituir cualquiera de los cinco pozos existentes
5	Daños al suministro de energía eléctrica	5.1	Cortes del servicio por daños a líneas de suministros de energía	5.1	Suministro provisional de agua con cisternas
			Destrucción total de suministro de energía eléctrica	5.2	Reposición de plantas de suministro de energía eléctrica
				5.3	Suministro provisional de agua con cisternas
6	Daño parcial de equipo electromecánico	6.1	Derrumbes sobre la caseta de controles (pozo El Huisital) y sobre las bombas de agua sumergibles	6.1	Reparación de equipo electromecánico
7	Desacoples de Tubería	7.1	Por el choque de derrumbe de las paredes en uniones de tubería con estructuras	7.1	Reparación de puntos de unión entre estructuras y tuberías
8	Destrucción de accesos a infraestructura	8.1	Derrumbes de taludes en carreteras	8.1	Limpieza y remoción de derrumbes
		8.2	Incremento de nivel de dos ríos que se deben de atravesar par llegar a la obra de captación	8.2	Construcción de acceso alterno

**Tabla XXIV Estimación de las medidas de emergencia del componente  
Red de Distribución**

FORMATO 7.7					
ESTIMACIÓN DE LAS MEDIDAS DE EMERGENCIA DEL COMPONENTE "RED DE DISTRIBUCIÓN"					
EFECTO ESPERADO		LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE EMERGENCIA A IMPLEMENTAR	
1	Obstrucciones de tuberías o estructuras	1.1	Ingreso de materiales no deseables al momento de producirse roturas en tuberías	1.1	Reparación de tuberías dañadas
2	Modificación de la calidad de agua	2.1	Ingreso de contaminación en roturas de tuberías	2.1	Suministro emergente de agua por cisternas
3	Disminución en la cantidad de agua	3.1	Fugas de agua como consecuencia de rotura de tuberías	3.1	Suministro emergente de agua por cisternas
4	Rotura de tubería	4.1	Movimientos laterales provocados por sismo	4.1	Suministro emergente de agua por cisternas
5	Desacoples de tubería	5.1	Movimientos laterales provocados por sismo	5.1	Suministro emergente de agua por cisternas

**Tabla XXV Estimación de Costos de las medidas de Emergencia**

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LAS MEDIDAS DE EMERGENCIA						
No.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN A IMPLEMENTAR	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	RESPONSABLE
1	Construcción de disipadores de energía	4.00	Unidad	Q 60,000.00	Q 240,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
3	Protección de cuenca	1.00	Global	Q 500,000.00	Q 500,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
4	Limpieza de tuberías tapadas	1.00	Unidad	Q 5,000.00	Q 5,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
5	Reparación de tuberías dañadas (Captación)	500.00	ml	Q 120.00	Q 60,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
6	Reparación de muros dañados en la presa	100.00	Global	Q 800.00	Q 80,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
7	Reparación de desacoples	1.00	Unidad	Q 5,000.00	Q 5,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
8	Sustitución de tramos de tubería de Hg. diámetro 8"(línea de conducción)	1200.00	ml	Q 1,030.00	Q 1,236,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
9	Remoción de derrumbes (línea de conducción)	2000.00	m3	Q 25.00	Q 50,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
10	Reparación de puentes de estructura metálica y cambio de tuberías (pasos aéreos)	5.00	Unidad	Q 20,000.00	Q 100,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
11	Construcción de Muro de Contención (talud sobre el que está la planta de tratamiento)	200.00	Global	Q 800.00	Q 160,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
12	Reparación estructural de planta de tratamiento	1.00	Global	Q 100,000.00	Q 100,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
13	Limpieza y remoción de derrumbes (planta de tratamiento)	200.00	Unidad	Q 25.00	Q 5,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
14	Reparación de puntos de unión entre estructuras y tuberías	1.00	Unidad	Q 8,000.00	Q 8,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
15	Reposición de equipo dañado y suministro alternativo de energía eléctrica	1.00	Unidad	Q 6,000.00	Q 6,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
16	Adquisición de plantas de suministro de energía eléctrica	1.00	Unidad	Q 35,000.00	Q 35,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
17	Construcción de muro de contención (tanque de distribución o almacenamiento)	150.00	m3	Q 800.00	Q 120,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
18	Reparación estructural de tanque de distribución o almacenamiento	1.00	Global	Q 100,000.00	Q 100,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
19	Limpieza y remoción de derrumbes (tanque de distribución)	200.00	Unidad	Q 25.00	Q 5,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
20	Reparación estructural de caseta de controles (pozo El Guisital)	1.00	Unidad	Q 6,000.00	Q 6,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
21	Sustitución de tuberías en pozos	1.00	Global	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
22	Limpieza de pozos con equipo especial	5.00	Global	Q 25,000.00	Q 125,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
23	Diseño y construcción de muro de contención (pozo El Guisital)	60.00	m3	Q 800.00	Q 48,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
24	Reposición de equipo de clorificación	5.00	Unidad	Q 12,000.00	Q 60,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
25	Reposición de equipo de bombeo de pozos	1.00	Unidad	Q 50,000.00	Q 50,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
26	Reparación de daños en tuberías de distribución	20.00	FALLA/Km.	Q 12,000.00	Q 240,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
27	Organización de comités de emergencia	1.00	Global	Q 25,000.00	Q 25,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
28	Análisis de daño en el sistema	1.00	Global	Q 60,000.00	Q 60,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
29	Elaboración de estrategias en suministro de agua	1.00	Global	Q 10,000.00	Q 10,000.00	Municipalidad de Santa Cat. Pinula
<b>TOTAL</b>					<b>Q 3,479,000.00</b>	

## CONCLUSIONES

1. El sistema de agua potable de Santa Catarina Pinula es muy vulnerable frente a los fenómenos naturales, y no cuenta con planes de mitigación, ni emergencia para contrarrestar los mismos.
2. Los componentes del sistema de agua potable de Santa Catarina Pinula, más vulnerables ante los fenómenos naturales, según la investigación realizada en este documento son, el tanque de almacenamiento y la planta de tratamiento El Huisital.
3. El fenómeno natural o amenaza, que más daño puede provocar a los diferentes componentes del sistema de agua potable de Santa Catarina Pinula, son los deslizamientos o derrumbes causados por sobrecarga de taludes, debido a las constantes lluvias, en época de invierno.
4. El costo de las medidas de emergencia son el doble, que el costo de las medidas de mitigación. (tablas XVII y XXV).
5. En cuanto a la operación y mantenimiento del sistema de agua, no existe una rutina establecida para tal efecto, sobre todo, se trabaja bajo la demanda de emergencias de mantenimiento o mediante la atención de solicitudes de conexión o desconexión.
6. El operador o fontanero no dispone de un diseño gráfico del sistema para realizar su trabajo. De igual forma, no dispone de ningún manual de operación que regule y oriente su trabajo. Además, no se lleva una bitácora o historial de la operación del sistema.



## **RECOMENDACIONES**

- 1.** Debido a la vulnerabilidad del sistema de agua potable de Santa Catarina Pinula, se recomienda crear planes de mitigación y emergencia.
- 2.** En cuanto a procedimientos de capacitación, en materia de agua, actualmente no se dispone de ningún programa establecido para estos fines y no existen procedimientos escritos al respecto.
- 3.** Construir planos actualizados del sistema de agua potable, que sirvan de apoyo para el mejoramiento del sistema (ampliación) o para darle mantenimiento preventivo (mejoras, cambios de tuberías, limpieza, etc.).



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente "CEPIS". **Administración de emergencias en salud ambiental y provisión de agua. 1988.**
2. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente "CEPIS". **Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres.** CEPAL, 2002 (versión preliminar).
3. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente "CEPIS". **Estudio de caso: terremoto del 22 de abril de 1991 - Limón, Costa Rica,** Costa Rica, 1996.
4. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente "CEPIS", **Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos,** 1997.
5. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente "CEPIS". **Evaluación de necesidades en el sector salud con posterioridad a inundaciones y huracanes.** 1989.
6. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente "CEPIS". **Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: guía para una respuesta eficaz.** 2001.

7. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente "CEPIS". **Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable.** 1998.
8. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente "CEPIS". **Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario - Guías para el análisis de vulnerabilidad.** 1998.
9. Organización Panamericana de la Salud. **Planificación para atender situaciones de emergencia en sistemas de agua potable y alcantarillado.**
10. Organización Panamericana de la Salud. **Manual para la mitigación de desastres en sistemas de agua potable.** Disponible en: man-libro.pdf.
11. **Inauguran centro de salud en Santa Catarina Pinula.** Periódico local Condado News, Santa Catarina Pinula, página 7. 2005.
12. Coro García, José Antonio. **Una administración responsable.** Santa Catarina Pinula. 2003.
13. **Restricciones al movimiento de las placas de Norteamérica y del Caribe a través de medidas de GPS a lo largo del Sistema de falla Motagua-Polochic en Guatemala.** Ingeniería, La Revista del Colegio de Ingenieros, Guatemala (15-17). 2004.