

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**UBICACIÓN POTENCIAL DE HIDROSÓNICOS Y SISTEMA DE ALERTA
TEMPRANA PARA INUNDACIONES MEDIANTE LA OBSERVACIÓN DIRECTA
LOCAL EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO ZACAPA, SANTA BARBARA**

POR:

ALLAN EDUARDO RAMIREZ MORAN

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADA



CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2016

**UBICACIÓN POTENCIAL DE HIDROSÓNICOS Y SISTEMA DE ALERTA
TEMPRANA PARA INUNDACIONES MEDIANTE LA OBSERVACIÓN DIRECTA
LOCAL EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO ZACAPA, SANTA BARBARA**

POR:

ALLAN EDUARDO RAMIREZ MORAN

ERLIN VIANNEY ESCOTO VALLADARES, M. Sc

Asesor Principal

**TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DE EL TITULO DE LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2016

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

BIG BAG Literalmente gran estallido, constituye el momento en el que emerge la materia, es decir, el origen del universo. Y al proceso evolutivo de 4.500 millones de años que me llevo hasta la vida mía.

A MI PADRE Y MADRE Que fueron parte de todo el desarrollo de mi vida y a mi viejo que donde quiera que se encuentra intente sentirlo orgulloso de mi, y a mi mama por todo.

A MIS TÍO PAZ Y MI TÍA OFELIA Que fueron unos padres para mí en momentos difíciles.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA** por ser mi segunda casa de aprendizaje tanto en las ciencias ambientales como en el ámbito de los valores y compartir grandes experiencias que lo ayudan a formar carácter de conocimientos.

AL Msc. ERLIN ESCOTO por su asesoría y apoyo todo el proceso de mi trabajo profesional supervisado.

A MIS COMPAÑEROS DE CUARTO Por los momentos de diversión que pase junto a ellos.

A MIS COMPAÑEROS DE SECCIÓN por el apoyo de muchos de ellos preservando los mejores momentos con cada uno de ellos.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, en especial a mi madre **María Digna Moran** por inspirarme y darme todo por ella trabajar para ser moralmente una persona de bien en la sociedad. **Carlos Ramirez** un gran motivador y un hombre con brillantes ideas.

A mis hermanos **Francisco José Ramirez** sin el apoyo incondicional de él, un escenario totalmente distinto y difícil me hubiera encontrado, y por estar allí siempre como un verdadero hermano. Y mi hermana **Karla Aurora Ramirez** que ha sido una persona de mucha ayuda en todos los aspectos.

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 La Gestión del riesgo	3
3.2 La educación en la gestión de riesgo	5
3.3 Análisis de riesgo.....	5
3.4 ¿Qué es una amenaza?	6
3.5 Vulnerabilidad	6
3.6 Riesgo	6
3.7 Cambio Climático.....	7
3.8 Consecuencias del cambio climático	7
3.9 Precipitación	8
3.10 Sistemas de alerta temprana.....	8

3.11 Qué se necesita para el diseño del Sistema de Alerta Temprana.....	8
3.11.1 Conocimiento del riesgo.....	9
3.11.2 Servicio de seguimiento y aviso.....	9
3.11.3 Difusión y comunicación	9
3.11.4 Capacidad de respuesta	9
3.12 Hidrosónicos	10
IV MATERIALES Y MÉTODO.....	11
4.1. Ubicación del sitio de estudio.....	11
4.2 Materiales y equipo.....	12
4.3 Ubicación geográfica potencial de Hidrosónicos	12
4.3.1 Georreferenciación de ubicación de Hidrosónicos.....	12
4.3.2 Georreferenciación de la red hídrica y vial	13
4.4 Registro de información de campo	13
4.5 Capacitación de actores locales	13
4.6 Mapas temáticos	14
4.6.1 Mapa de inundación	14
4.6.2 Mapa de niveles de riesgo	14
4.6.3 Mapa de rutas de evacuación	15
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
5.1 Ubicación potencial de hidrosónicos	16
5.2 Hidrosónicos y comunidades	17
5.3 Red hídrica y vial	18
5.4 Capacitaciones	19
5.5 Zona de inundación.....	19
5.6 Niveles de riesgo.....	20

5.7 Rutas de evacuación.....	21
VI CONCLUSIONES	23
VII RECOMENDACIONES	24
VIII. BIBLIOGRAFÍA	25
ANEXOS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de generalidades de la Gestión del Riesgo.	4
Figura 2 .Esquema necesario para un Sistema de Alerta Temprana.	8
Figura 3. Ubicación geográfica de San Pedro Zacapa donde se realizó el trabajo.....	11
Figura 4. Ubicación geográfica potencial de los hidrosónicos en el sitio de estudio.....	17
Figura 5. Ubicación geográfica de las comunidades y los hidrosónicos en el sitio de estudio.	18
Figura 6 .Red vial e hídrica que relaciona el casco urbano de Zacapa y los hidrosónicos..	19
Figura 7. Zona afectada por inundación en el casco urbano.	20
Figura 8. Niveles de riesgo alto, medio y bajo identificados en el casco urbano de Zacapa.	21
Figura 9. Rutas de evacuación hacia puntos de refugio en caso de un evento de inundación.	22

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación potencial de Hidrosónicos.	28
Anexo 2. Georreferenciación de la red vial e hídrica.	28

Ramírez Morán, AE. 2016. Ubicación potencial de hidrosónicos y Sistema de Alerta Temprana para inundaciones mediante la observación directa local, en San Pedro Zacapa, Santa Bárbara. TPS, Licenciatura en Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, HN. 39 p.

RESUMEN

La vulnerabilidad histórica de inundaciones en Honduras ha ocasionado pérdidas materiales y humanas a lo largo de la historia. Y a principios de 2015 se realizó una línea base en 10 comunidades del municipio de Zacapa para conocer capacidades locales para la adaptación al cambio climático y la respuesta a eventos adversos; por otra parte, si la población tiene algún sistema o mecanismo de información para alertar de forma preventiva sobre posibles impactos de amenazas principalmente de inundaciones por quebradas y ríos. Debido a los eventos descritos anteriormente se realizó un trabajo que se llevó a cabo en el municipio de San Pedro Zacapa el cual se encuentra ubicado al Sur del Departamento de Santa Bárbara, a una distancia de 21 kilómetros del desvío Pito Solo y 32 Kilómetros de la Cabecera Departamental de Santa Bárbara. Partiendo de esta premisa se desarrolló un proyecto de sistema de alerta temprana, contando posteriormente con la utilización de instrumentos hidrosónicos que proporcionaran información de precipitación en tiempo real. Por otra parte, se hizo la generación de una serie de mapas para identificar el lugar potencial donde se ubicará el hidrosónicos, además se generó el mapa de la red vial e hídrica, haciendo uso de imágenes satelitales y hojas cartográficas. Asimismo, con ayuda de la población y entes municipales se desarrollaron mapas de inundación, niveles de riesgo y rutas de evacuación, como parte de un SAT para ayudar a autoridades locales a reducir riesgos por pérdidas de sus bienes y proteger sus vidas. Por otra parte, se capacitaron los actores locales como el CODEM y algunos representantes de los CODEL sobre el trabajo desarrollado y ante la amenaza de fenómenos naturales como las inundaciones.

Palabras clave: Inundaciones, pérdidas, riesgo, SAT, vulnerabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alerta temprana es uno de los principales elementos de la reducción del riesgo de desastres. Además, su importancia radica en que permite conocer anticipadamente y con cierto nivel de certeza, en que tiempo y espacio, una amenaza o evento adverso de tipo natural puede desencadenar situaciones potencialmente peligrosas. De igual forma evita la pérdida de vidas y disminuye los impactos económicos y materiales asociados a los desastres.

Según datos del PNUD, Honduras es uno de los 20 países más vulnerables del mundo en cuanto a inundaciones y el más vulnerable a los huracanes. A lo largo de su historia, las graves consecuencias de las amenazas hidrometeorológicas han causado en Honduras enormes pérdidas humanas, sociales, económicas y ambientales. Sin embargo, un enfoque que fortalezca la capacidad de las comunidades para afrontar los desastres naturales exige reforzar la resiliencia, resistir y absorber las amenazas y recuperarse de su impacto preservando las estructuras y funciones básicas.

En ese sentido, el presente trabajo se realizó en Zacapa Santa Bárbara con el apoyo del proyecto USAID-PROPARQUE, con el fin de fortalecer las herramientas de recuperación y de respuesta de actores locales ante fenómenos de inundación en la zona mediante la identificación de sitios potenciales para ubicar una red de hidrosónicos y el reconocimiento de las áreas en riesgo para establecer un Sistema de Alerta Temprana.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Incrementar la resiliencia y la capacidad de respuesta de actores locales en el municipio de Zacapa ante fenómenos extremos del cambio climático.

2.2 Específicos

Identificar los puntos potenciales de ubicación de instrumentos hidrosónicos para monitorear las precipitaciones y crecidas de quebradas y ríos en San Pedro de Zacapa.

Incrementar el conocimiento de actores locales patronatos, comités de emergencia ante fenómenos naturales.

Generar una serie de mapas temáticos de amenazas por inundación para establecer niveles de riesgo y un diseño de rutas de evacuación.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 La Gestión del riesgo

Es el proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, una región o un país. Implica la complementariedad de capacidades y recursos locales, regionales y nacionales y está íntimamente ligada a la búsqueda del desarrollo sostenible (Chuquisengo, 2011).

La gestión de Riesgo de Desastres GRD puede ser:

- **Prospectiva:** Implica abordar medidas y acciones en la planificación del desarrollo para evitar que se generen nuevas condiciones de riesgo.
- **Correctiva:** Se refieren a la adopción de medidas y acciones de manera anticipada para reducir los riesgos ya existentes.
- **Reactiva:** Implica la preparación y respuestas a emergencias.

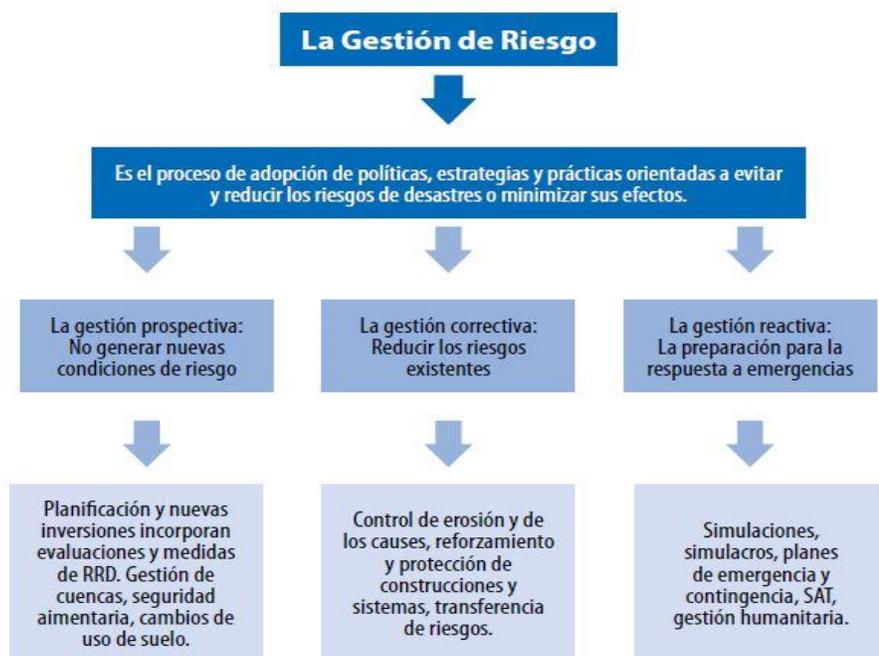


Figura. 1. Esquema de generalidades de la Gestión del Riesgo.

PNUD (2007), explica que dada la complejidad de las causas que generan las condiciones de riesgo; tanto que podamos pensar en un estado de situación en permanente evolución, se requiere una intervención multidimensional, política y técnica que se caracterice por:

- Su pluralidad e integralidad que signifique la participación coordinada de una amplia gama de actores.
- Incorporar la reducción de riesgos en la cultura institucional, integrando a autoridades, funcionarios, ciudadanos, empresas (basado en Proyectos regional de reducción de riesgos en capitales andinas).

3.2 La educación en la gestión de riesgo

Los riesgos pueden ser definidos como las condiciones locales, ambientales y naturales que pueden devenir en un desastre. Se trata de pérdidas probables debidas a las amenazas o peligros y la vulnerabilidad que poseen las personas y comunidades y la fragilidad de la infraestructura social y de los sistemas productivos (MEP Perú, 2008).

Según la CEPREDENAC (2007), los problemas de pobreza, la exclusión económica, social y cultural son vistas cada vez más como causas de fondo de la vulnerabilidad y de la insuficiente resiliencia frente a los desastres. El fortalecimiento de las capacidades de las personas e instituciones y de las organizaciones y redes, son clave para la reducción o prevención de los riesgos.

En función de lo anterior es importante definir conceptos que están involucrados en la Gestión del Riesgo.

3.3 Análisis de riesgo

El análisis de riesgo es un instrumento fundamental de la gestión de riesgo y del manejo de los desastres, que sirve para implementar las medidas para la reducción de los riesgos y de los efectos de un posible desastre (GTZ/Plan Trifinio, 2007)

Los principales productos de análisis de riesgo son:

1. Mapas de amenazas de riesgo.
2. Graficas de intensidad y duración de eventos climáticos.
3. Caracterización de las cuencas.

3.4 ¿Qué es una amenaza?

El grupo de investigación GRAVITY (2001) define la amenaza como un fenómeno potencial que amenaza al ser humano y su entorno. Los autores precisan que, en el caso de una amenaza de origen natural, dicha amenaza corresponde a la interacción potencial entre el hombre y eventos naturales externos y representa la probabilidad de un evento. Por otra parte, Blakie (1996) considera que la amenaza es un fenómeno caracterizado por: intensidad, severidad, época, periodos de retorno y duración.

3.5 Vulnerabilidad

Nivel de riesgo que afronta una familia o individuo a perder la vida, sus bienes y propiedades, y su sistema de sustento (esto es, su medio de vida) ante una posible catástrofe. Dicho nivel guarda también correspondencia con el grado de dificultad para recuperarse después de tal catástrofe (Pérez de Armiñó 1999).

Añadiendo algunos elementos más a esa idea básica, Chambers (1989) la define como “la exposición a contingencias y tensión, y la dificultad para afrontarlas”. La vulnerabilidad tiene por tanto dos partes: una parte externa, de los riesgos, convulsiones y presión a la cual está sujeto un individuo o familia; y una parte interna, que es la indefensión, esto es, una falta de medios para afrontar situaciones sin pérdidas perjudiciales.

3.6 Riesgo

ONAE (1987) define riesgo como grado de pérdidas previstas en vidas humanas personas lesionadas o heridas, pérdidas materiales y perturbaciones de la actividad económica debidas a un fenómeno determinado.

De otra manera Maskrey (1993), propone que es un fenómeno de origen natural o humano que significa un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada. Y también agrega que existen distintos niveles de riesgo: Riesgo aceptable, razonable, factible.

3.7 Cambio Climático

Para entender mejor este fenómeno es necesario empezar por definir que es el cambio climático. Según los científicos que forman parte del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC por sus siglas en ingles), es un cambio en el clima que puede atribuir directa o indirectamente a la actividad humana. Altera la composición de la atmosfera global y es suplementario a la variación natural del clima observada en periodos de tiempos comparables.

3.8 Consecuencias del cambio climático

Las sequias y las inundaciones, son las dos caras de una misma moneda. El cambio climático altera el régimen de lluvias, produciendo precipitaciones torrenciales e inundaciones en algunas zonas y graves sequias y desertificación en otras.

Los eventos meteorológicos siempre existieron, pero en algunas regiones están apareciendo con mayor frecuencia y capacidad destructiva. Esto podría causar por un lado inundaciones y deslizamientos de tierra y por otro lado acarreando impactos sobre la salud, daños a los bienes, perdidas de infraestructura y viviendas.

3.9 Precipitación

Se le puede llamar precipitación a la caída del agua de las nubes, ya sea en estado sólido o en estado líquido. Las pequeñas gotas de agua que forman las nubes son de dimensiones tan diminutas que se necesita reunir unos cuantos, de cientos de miles de estas gotitas para formar una gota de llovizna, y varios millones para formar una gota grande de lluvia (Fuentes, 1989). Los eventos de precipitación son recurrentes y están asociados a un periodo de retorno. De la magnitud de este evento dependen los efectos adversos que pueden ocurrir en las regiones.

3.10 Sistemas de alerta temprana

Un sistema de alerta temprana (SAT), consiste en la transmisión rápida de datos que active mecanismos de alarma en una población previamente organizada y capacitada para reaccionar de manera temprana y oportuna. El suministro de información oportuna se realiza por medio de las instituciones encargadas, lo que permite a las personas expuestas a la amenaza tomar acciones para reducir el riesgo y prepararse para respuesta efectiva (OEA, 2010).

3.11 Qué se necesita para el diseño del Sistema de Alerta Temprana

Para tener o crear un Sistema de Alerta Temprana, se necesita tener las siguientes condiciones previas:



Figura. 2 .Esquema necesario para un Sistema de Alerta Temprana.

De acuerdo con la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), un sistema de alerta temprana necesariamente comprende de cinco elementos fundamentales:

- Conocimiento del riesgo.
- Seguimiento de cerca o monitoreo de la amenaza.
- Análisis y pronóstico de amenazas.
- Comunicación o difusión de las alertas y los avisos.
- Capacidades locales para responder frente a la alerta recibida.

3.11.1 Conocimiento del riesgo

Consiste en la recolección sistemática de datos y puesta en práctica de evaluaciones de riesgo para responder a las siguientes preguntas: ¿se conocen bien las amenazas y las vulnerabilidades?, ¿Cuáles son sus patrones y las tendencias? Y ¿Se tiene ampliamente disponibles datos y mapas de riesgo?

3.11.2 Servicio de seguimiento y aviso

Desarrollo de servicios de monitoreo de eventos y de alerta temprana, de forma que se pueden contestar las siguientes preguntas: ¿se pueden generar avisos apropiados y a tiempo?

3.11.3 Difusión y comunicación

Comunicar la información sobre el riesgo y la alerta temprana para responder a las siguientes preguntas: ¿los avisos llegan a todas las personas en riesgo?, ¿se entiende el riesgo existente y dichos avisos? y ¿es la información clara y utilizable?

3.11.4 Capacidad de respuesta

Es construir una capacidad nacional y a nivel comunitaria en relación a los eventos adversos a la sociedad. Se deben responder a las siguientes preguntas: ¿los planes de respuesta están

al día y han sido probados?, ¿se hace uso de la capacidad y el conocimiento local? y ¿está la población preparada y lista para reaccionar ante avisos?

Hay SAT que utilizan tecnología que requiere de conocimiento técnico experto en lo que se refería a la observación y monitoreo del fenómeno y en la elaboración de pronósticos, generalmente se apoya en información proporcionada por redes globales o telemáticas y utiliza una base científica que requiere la participación de profesionales entrenados.

Hay otros sistemas de alerta de base comunitaria, más sencilla y caracterizados por el uso de equipos de bajo costo y de fácil manejo, y por ser operados por los miembros de la comunidad, tanto en la fase de monitoreo como de alerta (OEA, 2010).

3.12 Hidrosónicos

Son instrumentos que permiten recolectar información en tiempo real de precipitaciones, crecidas de ríos y quebradas. Estos aparatos se colocan en lugares específicos (previo conocimiento técnico donde se instalarán) que funcionan con un panel solar integrado que alimenta una batería interna y la información que se obtiene se envía a un website lo que permite el acceso e interpretación de datos. La información es manejada por personal técnico capacitado en la instalación, programación e interpretación de los datos. En Honduras, estos aparatos están en versión prototipo.

IV MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Ubicación del sitio de estudio

El trabajo se realizó en el municipio de San Pedro Zacapa, que se encuentra ubicado en el Departamento de Santa Bárbara y biofísicamente forma parte de la cuenca del Lago de Yojoa. Se encuentra a una distancia de 21 kilómetros de Pito Solo y a 32 kilómetros de la cabecera Departamental Santa Bárbara. La zona presenta una temperatura anual de 28°C a 38°C y una precipitación media anual de 1600 mm.

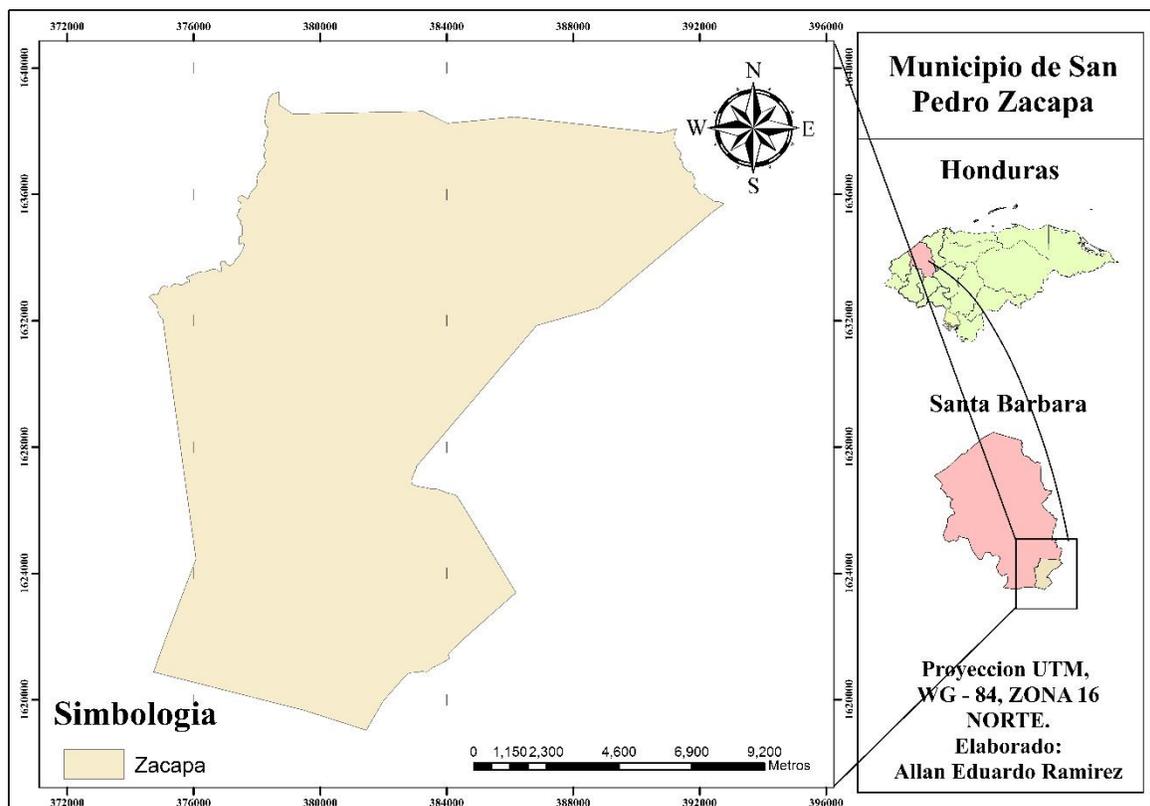


Figura. 3. Ubicación geográfica de San Pedro Zacapa donde se realizó el trabajo.

El trabajo se realizó entre los meses de noviembre de 2015 a marzo de 2016 y consistió en la capacitación de miembros del Comité de Emergencia Local (CODEL) y Comité de Emergencia Municipal (CODEM) en temas de gestión de riesgos. Además, se crearon diferentes mapas temáticos de inundación, niveles de riesgo y rutas de evacuación, todo esto con ayuda del conocimiento y experiencia de los pobladores.

4.2 Materiales y equipo

En la ejecución del trabajo, para la georreferenciación se necesitó de la ayuda de un receptor de GPS (Sistema de posicionamiento global), computadora portátil, SAS Planet (Imágenes Satelitales), herramientas de Sistemas de Información Geográfica para la creación de mapas y en la toma de las fotografías se usó una cámara fotográfica (Canon®), y Microsoft Excel®.

4.3 Ubicación geográfica potencial de Hidrosónicos

Para la identificación de los sitios potenciales donde se ubicaron los instrumentos hidrosónicos se tomaron criterios como una buena recepción de señal telefónica (Instrumentos emiten datos por medio de chip telefónico), otro de los criterios que se tomó en cuenta fue las condiciones estables o sea que no existieran problemas con respecto a la erosión del río, con el objetivo de que la programación inicial del hidrosónicos no sea alterada por un evento de erosión. La identificación de los puntos para instalar los aparatos se hizo haciendo un recorrido por el río.

4.3.1 Georreferenciación de ubicación de Hidrosónicos

Ya identificadas las zonas para la ubicación de los hidrosónicos, se seleccionaron cuatro sitios para la ubicación de los hidrosónicos y en compañía con el técnico del Unidad Municipal Ambiental se tomó las coordenadas de los lugares donde serán instalados cuatro instrumentos, en el municipio de Zacapa Santa Bárbara. La toma de datos se realizó en un

solo día, con el objetivo de tener la ubicación precisa de cada uno de los aparatos (hidrosónicos).

4.3.2 Georreferenciación de la red hídrica y vial

Contando con la ubicación de los hidrosónicos se procedió a generar en primera instancia las rutas de acceso a cada uno de ellos. Se fueron tomando los datos de coordenadas por toda la red vial partiendo de los instrumentos hasta llegar al casco urbano. Seguidamente se georreferenció la red hídrica de la zona que se vio afectada por inundación, en otras palabras, únicamente el cauce del río que tiene conexión con tres de los cuatro hidrosónicos que tienen influencia directa con el casco urbano de Zacapa.

4.4 Registro de información de campo

Se utilizó el programa Excel para crear una base datos de todos los puntos obtenidos en la georreferenciación; esto se documentó, por si existiera el caso de que existan posibles modificaciones en un futuro, por ejemplo; la reubicación de hidrosónicos, e incluso los mapas de niveles de riesgo, inundación y rutas de evacuación.

4.5 Capacitación de actores locales

Al inicio se desarrolló una reunión con entes municipales para dar a conocer en qué consistió el trabajo, partiendo de allí, se obtuvieron reuniones periódicas para revisar el avance y desarrollo del mismo.

Cabe mencionar que los temas desarrollados fueron acerca de los hidrosónicos, gestión de riesgo, sistemas de alerta temprana, y cambio climático (inundación). Todas estas charlas se realizaron de forma visual con ayuda de un proyector y diapositivas. Los temas descritos

anteriormente fueron desarrollados con el apoyo de algunos representantes del CODEL, CODEM y UMA.

4.6 Mapas temáticos

Se realizaron diferentes mapas temáticos: Mapa de inundación, niveles de riesgo y rutas de evacuación, que se clasifican como los principales en un sistema de alerta temprana. Dichos mapas se generaron utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

4.6.1 Mapa de inundación

Para generar este mapa se utilizó una imagen panorámica, la cual mostró un amplio sector de la zona donde ocurrió el evento que ocasionó la inundación. Después, se procedió a la creación del polígono el cual se hizo a través de recorridos con acompañamiento de la población que fue afectada y miembros de la corporación municipal. Dicho polígono representa el área donde se inundó.

4.6.2 Mapa de niveles de riesgo

Se crearon tres niveles de riesgo: alto, medio y bajo. Para el riesgo alto, el polígono de inundación se delimitó haciendo uso de fotografías y mediante un recorrido con los pobladores de la zona afectada. Respecto al riesgo medio, se tomó en consideración la diferencia de altura entre el cauce y el límite de inundación del riesgo alto, este valor se usó para delimitar el polígono que correspondió al riesgo medio tomando en consideración que el nivel del agua superara dos veces el evento suscitado. Finalmente se delimitó el tercer polígono correspondiente a nivel bajo donde su límite inferior fue la parte alta del polígono de riesgo medio y su límite superior recayó sobre los puntos más altos del casco urbano del municipio San Pedro de Zacapa.

4.6.3 Mapa de rutas de evacuación

Se realizó un recorrido por todo el casco urbano para determinar los puntos más seguros en caso de un evento de inundación para que las personas tengan donde refugiarse. Teniendo los puntos de los lugares seguros, se elaboraron las rutas de evacuación tomando como referencia las calles para luego ser representado en un mapa. Para ello, se utilizó una imagen satelital para tener una mejor visualización y los Sistemas de Información de Geográfica.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Ubicación potencial de hidrosónicos

Con el recorrido en campo y definidos los sitios ideales para la instalación de los hidrosónicos, se representaron en una hoja cartográfica para mejor visualización de ellos (figura 4). Los sitios identificados reúnen las condiciones potenciales cumpliendo con los criterios ya antes mencionados para que los instrumentos posteriormente hagan la recolección de datos de precipitación y crecidas del caudal. Con la instalación de estos aparatos se pretende mantener alertados a la población.

Los cuatro puntos donde se ubicarán los hidrosónicos, están a una distancia considerable de la zona de alto riesgo de inundación. Esto con el objetivo de que la población sea alertada a tiempo y puedan ser evacuadas en caso de que suceda un evento de inundación, ya que los aparatos estarán emitiendo datos de precipitación y aumento del caudal del río. Dichos datos serán enviados a un website (Sitio web o servidor), es decir, si los datos obtenidos de los instrumentos muestran que el río trae un aumento de caudal por encima de lo normal, la persona encargada de manejar el servidor comunicará a la población de evacuar la zona lo más antes posible.

Además, es importante mencionar que la información obtenida por medio de los hidrosónicos servirá para llevar registros de precipitación ya sea diarios, mensuales y anuales. Asimismo esta información permitirá identificar los meses más lluviosos del año, e incluso poder hacer proyecciones o estimar los periodos de retorno para precipitación y caudales extremos.

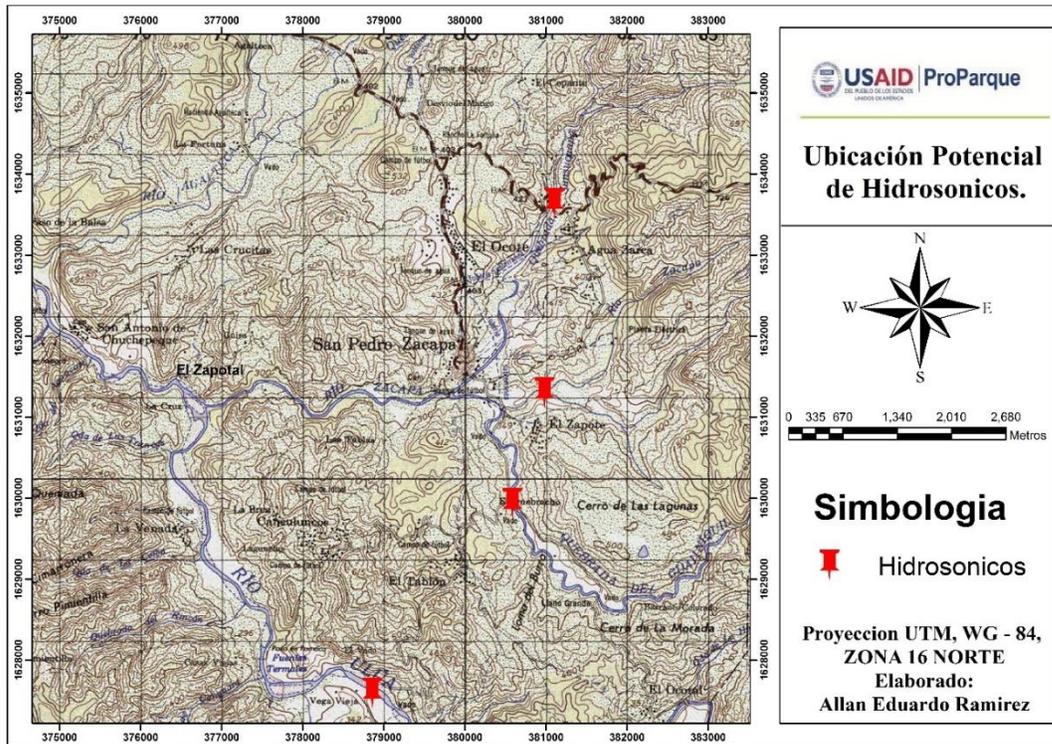


Figura. 4. Ubicación geográfica potencial de los hidrosónicos en el sitio de estudio.

5.2 Hidrosónicos y comunidades

Se georreferenciaron las comunidades que están directa e indirectamente beneficiadas con el proyecto (comunidades expuestas a inundaciones), usando una hoja cartográfica para una mejor visualización. El casco urbano será el más beneficiado ya que contará con la instalación de tres aparatos que estarán en constante monitoreo, sin embargo, existe una influencia directa del caudal de tres ríos que hacen a su vez una zona de alto riesgo. Una de las desventajas que tiene Zacapa en relación a los hidrosónicos es que la distancia es corta, en otras palabras, en caso de darse un evento extremo la comunicación y la respuesta a un fenómeno de ser inmediata.

Caso contrario sucede con las comunidades de El Zapotal, San Antonio de Chuchupeque, que, el estar alejados les permite disponer de mayor tiempo para emitir una emergencia en caso de una fuerte tormenta que pueda provocar daños severos.

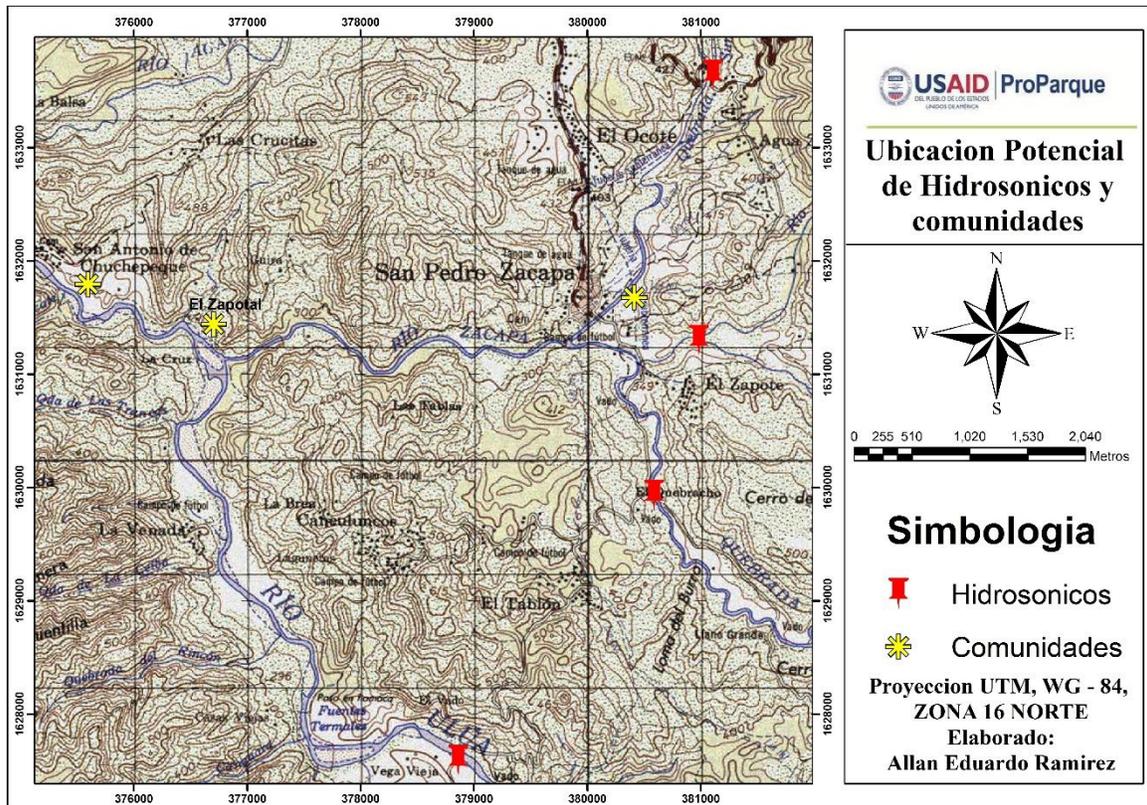


Figura. 5. Ubicación geográfica de las comunidades y los hidrosónicos en el sitio de estudio.

5.3 Red hídrica y vial

Se georreferenció la red hídrica que tiene influencia directa con el casco urbano del municipio, esto incluyó solamente los tramos de tres ríos: Aguazarca, Guanijquil y Zacapa. Además, es importante mencionar que con la georreferenciación de la red hídrica e pudo conocer la distancia real que existe entre los instrumentos hasta el casco urbano de San Pedro Zacapa. También se obtuvo la red vial como acceso a cada uno de los aparatos, esto para conocer las rutas al momento de realizar el mantenimiento.

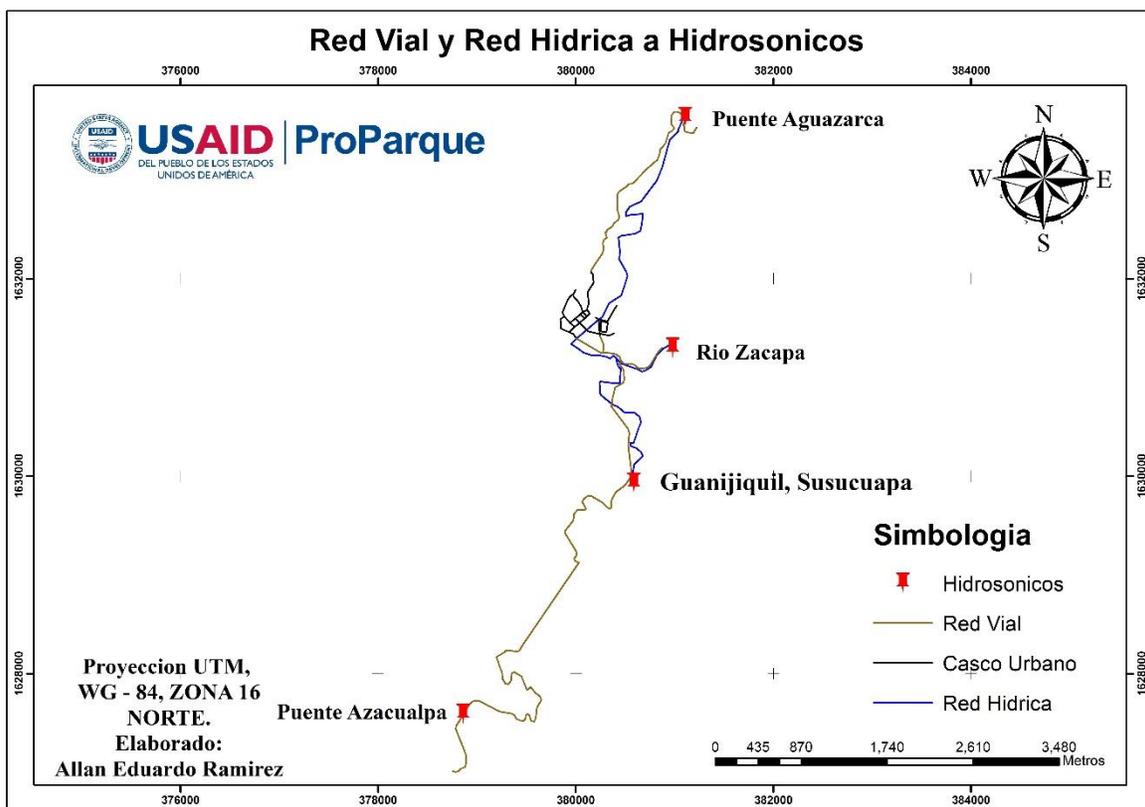


Figura. 6 .Red vial e hídrica que relaciona el casco urbano de Zacapa y los hidrosónicos.

5.4 Capacitaciones

Se realizaron cinco capacitaciones a los CODEL, CODEM, UMA, patronatos y autoridades locales (regidores). Las capacitaciones fueron para reforzar conocimiento en la temática de gestión de riesgo ya que anteriormente los bomberos habían fortalecido capacidades sobre primeros auxilios. Respecto a Sistemas de Alerta Temprana, ninguno de los participantes tenía conocimiento sobre ello.

5.5 Zona de inundación

Con la información obtenida de los pobladores, entes municipales, observación directa, conocimiento local y uso de fotografías del día de inundación se generó el polígono de inundación. Así mismo la delimitación del polígono proporciona información relevante

acerca de la magnitud del evento ocurrido en el caso urbano, dando pautas para conocer el área afectada y las familias más vulnerables que se encuentran en riesgo.

Es importante mencionar que el uso de la imagen satelital proporcionó una visualización adecuada de toda la zona e hizo posible una mejor interpretación de la información ya que permitió observar los hogares afectados. Partiendo de aquí, se consideró la zona de inundación con un nivel de alto riesgo, en caso de repetirse un evento de esta categoría las personas dentro del polígono deben de evacuar de manera inmediata.

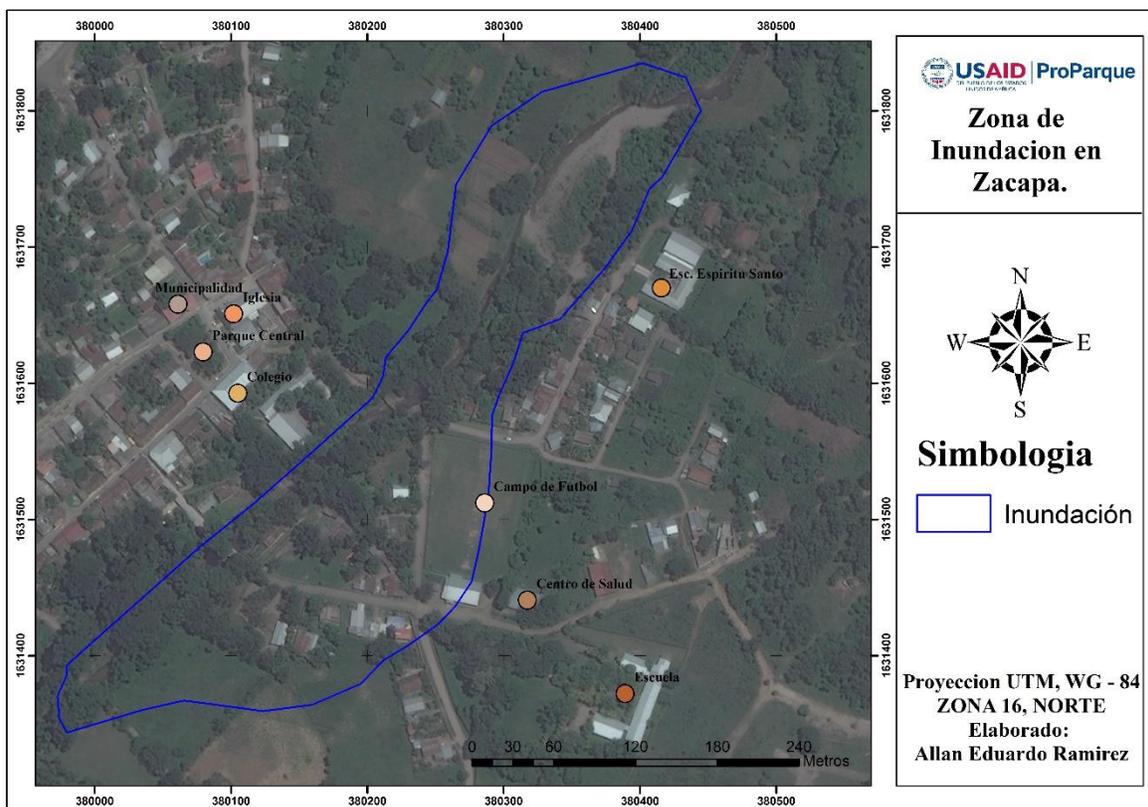


Figura. 7. Zona afectada por inundación en el casco urbano.

5.6 Niveles de riesgo

Se determinaron tres niveles de riesgo: Alto, medio y bajo. El riesgo alto fue determinado por el evento de caudal máximo suscitado en la zona, el riesgo medio estimado para un evento

de doble altura del nivel de agua (4 m del cauce) y el riesgo bajo para aquellos puntos más altos del sitio de estudio (figura 8).

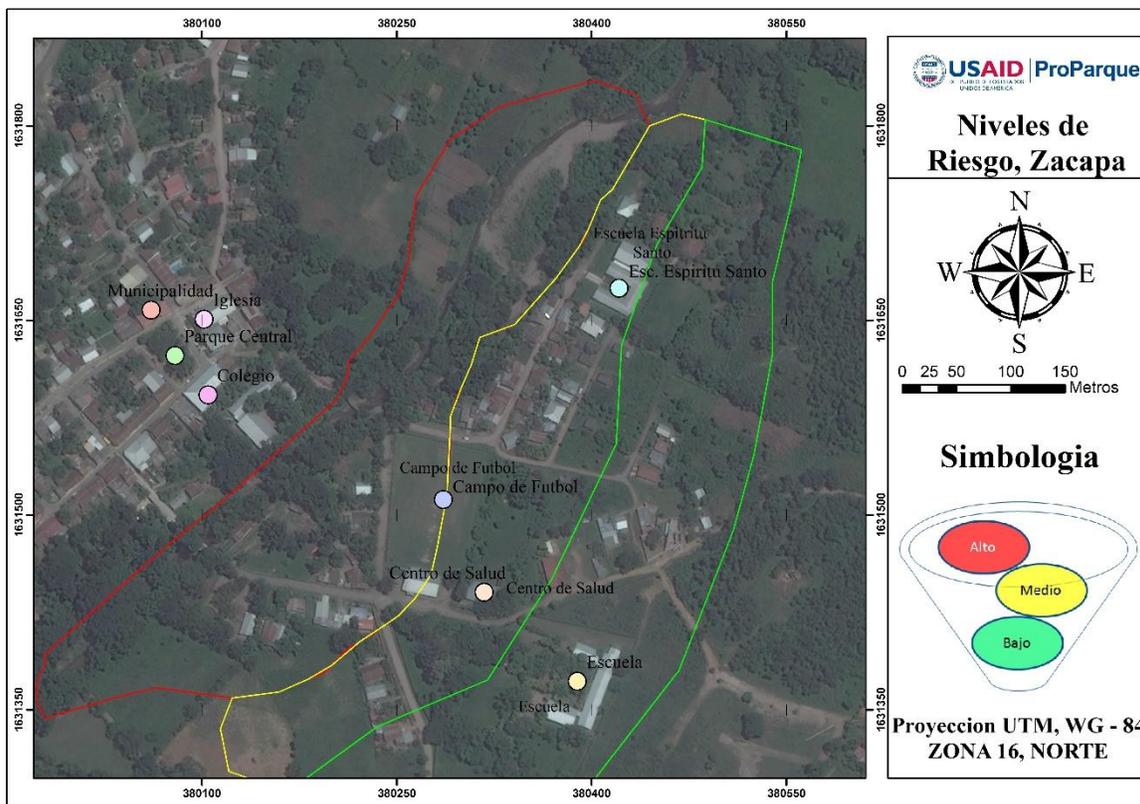


Figura. 8. Niveles de riesgo alto, medio y bajo identificados en el casco urbano de Zacapa.

5.7 Rutas de evacuación

Las rutas de evacuación en el sitio de estudio se dividieron en dos sub zonas, en la primera se encontró que el punto ideal fue la escuela ya que se encontraba en una zona alta y de fácil acceso, el otro punto está parcialmente definido, debido a que aún no se cuenta con una infraestructura, sin embargo, se piensa crear una infraestructura de tipo comunal y que a la vez funcione como sitio de refugio.

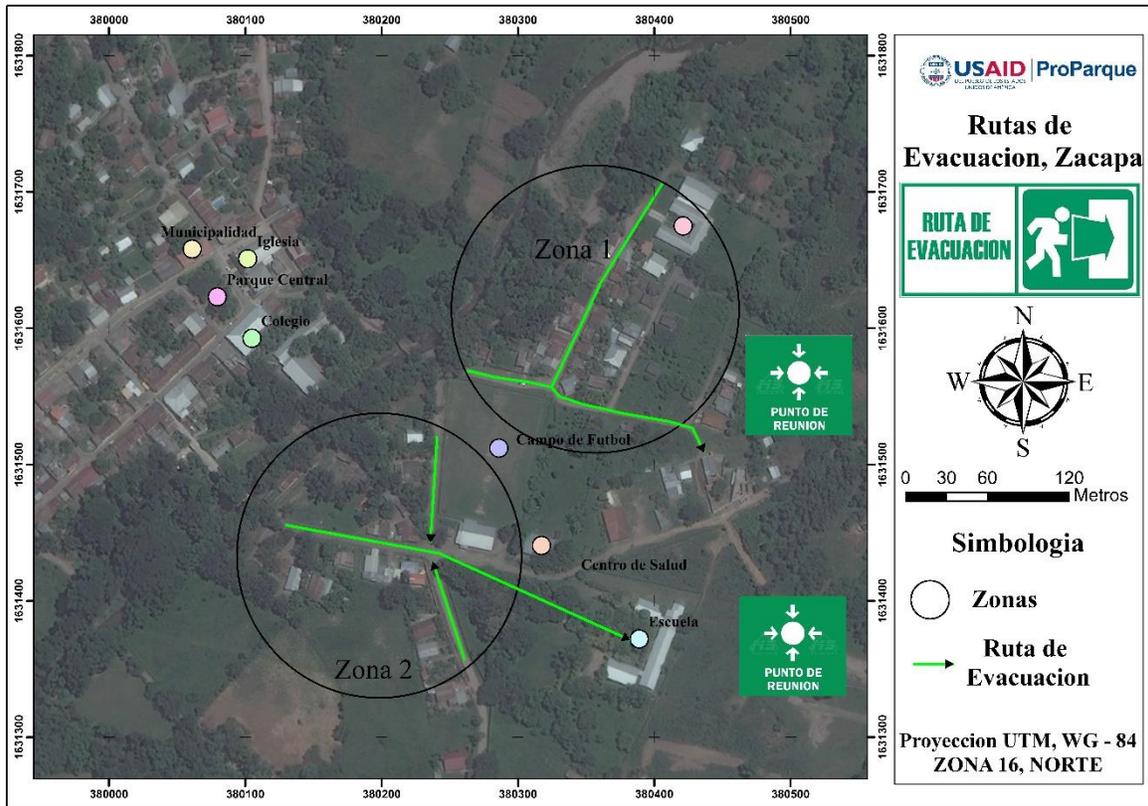


Figura. 9. Rutas de evacuación hacia puntos de refugio en caso de un evento de inundación.

VI CONCLUSIONES

Hubo consenso para la ubicación geográfica potencial de los aparatos hidrosónicos por parte de los actores involucrados en la gestión de riesgo del municipio de Zacapa.

Los mapas de inundación y niveles de riesgo son una herramienta útil para la toma de decisiones de parte de la alcaldía municipal y entes locales involucrados.

Las capacitaciones dieron como resultado el incremento del conocimiento sobre la temática de gestión de riesgo, especialmente por los Sistemas de Alerta Temprana (SAT).

Las rutas de evacuación son una herramienta útil que pueden salvar vidas al momento de suscitarse un evento extremo. Además, son una vía para poder realizar simulacros a través de COPECO.

VII RECOMENDACIONES

Es necesario establecer el segundo punto de control, (zonas seguras) siguiendo la línea de las rutas de evacuación definidas en el mapa.

La creación de una señalización donde sea posible para hacer referencia sobre los niveles de riesgo y la ruta de evacuación más cercana y conveniente para cada zona.

La creación de una base de datos de precipitación para la construcción de cuadros y gráficos comparativos de precipitaciones máximas, promedio y mínimas.

Es necesario la medición del caudal, de todos los ríos que tienen influencia con el caso urbano de San Pedro Zacapa y así mismo, la creación de una base de datos.

Seguir con la iniciativa del proyecto de los hidrosónicos ya que sería una herramienta útil en el Sistema de Alerta Temprana.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Chardon AC & González LJ. 2002. Programa de información e indicadores de gestión de riesgos. (En línea). Consultado 24 de septiembre 2015. Disponible en: <http://idea.unalmz.edu.co/documentos/Anne-Catherine%20fase%20I.pdf>

Córdoba HS & Canales VC. 2009. Contra el cambio climático. (En Línea). Consultado 24 de septiembre 2015. Disponible en: <http://www.nuevarevista.net/articulos/contra-el-cambio-climatico>

FAO. La amenaza hidrometeorológica en Honduras. (En línea). Consultado 15 de Mayo 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/013/i1255b/i1255b01.pdf>

Gentil G & Thiel I. 2005. El cambio climático y como mitigarlo. Se. 20 P.

Goyal RM & Ramirez HV. 2007. Elementos de la climatología. 307 p.

Magaña OV & García GC. Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. (En línea). Consultado el 23 de septiembre 2015. Disponible en. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2887461.pdf>

Manual de sistemas de alerta temprana. (En línea). Disponible en. <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama%20MANUAL%20INFORMATIVO.pdf>

Narváez L; Lavell A & Pérez Ortega G. 2009. La gestión del riesgo de desastres. 1 Ed. Lima, Perú. 106 p.

UNESCO. Conceptos y herramientas sobre sistemas de alerta temprana y gestión del riesgo para la comunidad educativa. (En línea). Consultado 24 de septiembre 2015. Disponible en. <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Costa%20Rica.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación potencial de Hidrosónicos.



Toma de coordenadas en el puente de Aguazarca.



Lugar donde estará uno de los Hidrosónicos.

Anexo 2. Georreferenciación de la red vial e hídrica.



Georreferenciación de la red vial creando la ruta de acceso a cada uno de los Hidrosónicos.



Vista panorámica del rio Zacapa.