

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACION DE SUELOS Y**  
**AGUA**



**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN DEL RIO**  
**HUALLAGA EN LA CIUDAD DE TINGO MARIA EN UN ENTORNO SIG**

**Tesis para optar el título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN**  
**CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**Presentado por:**

**JOSE HIBRAHIN TUESTA RODRIGUEZ**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

Tingo María – Perú

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 21 de Diciembre del 2018, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

### **“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN DEL RIO HUALLAGA EN LA CIUDAD DE TINGO MARÍA EN UN ENTORNO SIG”**

Presentado por el Bachiller: **JOSÉ HIBRAHIN TUESTA RODRIGUEZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 20 de Febrero del 2019

Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ  
PRESIDENTE

Ing. MSc. JOSÉ KALION GUERRA LU  
VOCAL

Ing. JUAN PABLO RENGIBO TRIGOZO  
VOCAL

Ing. RICARDO M. CHAVEZ ASENCIO  
ASESOR



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**



**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO POR INUNDACIÓN DEL RIO  
HUALLAGA EN LA CIUDAD DE TINGO MARIA EN UN ENTORNO SIG**

**Autor** : JOSÉ HIBRAHIN TUESTA RODRIGUEZ

**Asesor** : Ing. RICARDO MARTÍN CHAVEZ ASENCIO

**Programa de Investigación** : Suelo, agua, cambio climático.

**Línea (s) de Investigación** : Desarrollo de tecnologías para la protección de  
suelos y agua a nivel de microcuenca y cuenca

**Lugar de Ejecución** : Ciudad de Tingo María – Rupa Rupa

**Duración** : Fecha de Inicio : 15-01-2016  
Término : 19-12-2017

**Financiamiento** :

**FEDU** : S/. 0,00

**Propio** : S/. 1650,00

**Otros** : S/. 0,00

## **DEDICATORIA**

A Dios, porque el señor es mi fuerza  
y mi protección. Él fue mi salvación.

A mis padres, Diomedes y Pura, por  
el amor que siempre me han dado,  
por sus consejos, por sus grandes  
esfuerzos que hicieron posible mi  
formación como profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables – Conservación de Suelos y Agua que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al Ing. Ricardo Martín Chávez Asencio, por su valiosa colaboración.
- A los miembros del jurado de tesis, Ing. M.Sc. Lucio Manrique de Lara Suarez, Blgo. M.Sc. José Kalión Guerra Lú, Ing. Juan Pablo Rengifo Trigozo
- A Mis amigos, Ivan Albornoz Albornoz, Huber Percy Rodriguez Avila, Johan Doñe Sanchez, Jose Manuel Tapullima Shuquipiondo, por su colaboración en los trabajos de campo.
- A mis amigos Fernando Reátegui Díaz, Roiter Egoavil Flores y Alex Magariño Veramendi por su apoyo en el procesamiento de la información.
- A Roseni Gstyr Wittyng, por su apoyo incondicional y ayuda con el equipo de cómputo al inicio del presente trabajo de investigación.
- A Rosario Mirella Malpartida Rodriguez, prima y gran amiga, por ayudarme en la obtención de información catastral de la ciudad de Tingo María.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Antecedentes de inundaciones en la ciudad de Tingo María ....	3
2.2. Análisis de inundaciones en un entorno SIG.....	4
2.3. Antecedentes de la ciudad de Tingo María .....	6
2.3.1. Población .....	6
2.3.2. Educación .....	6
2.3.3. Actividades económicas.....	7
2.3.4. Población económicamente activa .....	7
2.3.5. Salud .....	8
2.3.6. Caudales máximos del río Huallaga .....	8
2.3.7. Biodiversidad en las zonas ribereñas del río Huallaga ....	11
2.3.8. Vegetación.....	11
2.3.9. Recurso fauna.....	12
2.3.10. Calidad del agua del río Huallaga.....	13
2.4. Índice de biodiversidad de Margalef.....	14
2.5. Índice de calidad de agua.....	15
2.6. Curvas IDF .....	16
2.7. Determinación del peligro con la metodología CENEPRED.....	17
2.7.1. Bases teóricas.....	17
2.7.2. Procesos de análisis jerárquico (matriz de Saty).....	19
2.7.3. Parámetros de evaluación.....	22
2.8. Determinación de la vulnerabilidad con la metodología CENEPRED	
2.8.1. Vulnerabilidad social .....	25
2.8.2. Vulnerabilidad económica .....	28

2.8.3. Vulnerabilidad ambiental .....	31
2.9. Determinación del riesgo con la metodología CENEPRED.....	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
3.1. Lugar de ejecución de la zona de estudio .....	35
3.1.1. Ubicación política .....	35
3.1.2. Ubicación geográfica .....	35
3.1.3. Coordenadas UTM .....	36
3.1.4. Zona de vida.....	36
3.1.5. Clima .....	36
3.1.6. Suelo .....	37
3.1.7. Fisiografía .....	37
3.1.8. Hidrografía .....	37
3.1.9. Accesibilidad .....	38
3.2. Materiales y equipos .....	38
3.2.1. Materiales de escritorio .....	38
3.2.2. Materiales de campo .....	39
3.2.3. Equipos .....	39
3.2.4. Herramientas.....	39
3.5. Metodología .....	39
3.5.1 Determinar el peligro de inundación de la ciudad de Tingo María en un entorno SIG .....	39
3.5.2 Determinar las vulnerabilidades por inundación en la ciudad de Tingo María en un entorno SIG .....	48
3.5.3 Determinar los niveles de riesgo por inundación en la ciudad de Tingo María en un entorno .....	62

IV.	RESULTADOS .....	63
4.1.	Determinar el peligro de inundación de la ciudad de Tingo	
	María en un entorno SIG .....	63
4.2.	Determinar las vulnerabilidades por inundación en la ciudad de Tingo	
	María en un entorno SIG .....	70
4.3.	Determinar los niveles de riesgo de inundación en la ciudad de Tingo	
	María en un entorno SIG .....	92
V.	DISCUSIÓN.....	94
VI.	CONCLUSIONES .....	98
VII.	RECOMENDACIONES.....	99
VIII.	ABSTRACT .....	100
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
	ANEXO.....	105



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Caudales máximos registrados periodo 1997 – 2006 de la estación SENAHI de Tingo María.....	8
2. Caudales máximos estimados para diferentes distribuciones estadísticas en un periodo de retorno de 100 años.....	9
3. Coordenadas UTM de los ríos principales de la cuenca del río Huallaga.....	9
4. Caudales máximos estimados para diferentes periodos de retorno calculados con el método racional.....	10
5. Especies de vegetales identificadas en el margen derecho del río Huallaga.....	11
6. Especies de animales identificadas en el área de estudio.....	12
7. Parámetros de calidad encontrados a 50 metros aguas abajo del Puente Corpac.....	13
8. Calibración de la biodiversidad para el índice de Margalef.....	15
9. Calificación de la calidad del agua de aguas superficiales.....	16
10. Clasificación de la precipitación según la intensidad.....	23
11. Cercanía a una fuente de agua y sus pesos.....	24
12. Obras de protección y/o regulación con sus pesos.....	24
13. Periodo de diseño recomendado para estructuras menores.....	25
14. Grupos etarios y ponderación.....	25
15. Servicios educativos expuestos y ponderación.....	26
16. Servicios de salud y ponderación.....	26
17. Material de construcción de la edificación y ponderación.....	26
18. Número de pisos por vivienda y ponderación.....	27

19. Actitud frente al riesgo y ponderación.....	27
20. Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres y ponderación.....	28
21. Localización de la edificación y ponderación.....	28
22. Material de construcción y ponderación.....	29
23. Estado de la edificación de las viviendas.....	29
24. Antigüedad de la construcción y ponderación.....	29
25. Configuración de elevaciones y ponderación.....	30
26. Ingreso familiar promedio y ponderación.....	30
27. PEAH desocupada y ponderación.....	30
28. Explotación de recursos y ponderación.....	31
29. Cumplimiento de normatividad ambiental y ponderación.....	32
30. Cultura ancestral de manejo sostenible de recursos y ponderación.....	33
31. Capacitación en temas ambientales y ponderación.....	33
32. Distancia de la ciudad de Tingo María a las diferentes ciudades.....	38
33. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto al peligro para los descriptores de la intensidad de lluvias.....	41
34. Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los pares de la intensidad de lluvias.....	42
35. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto al peligro para los parámetros de los factores condicionantes.....	42
36. Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los pares de los parámetros del factor condicionante.....	43
37. Comparación de doble entrada entre la pendiente y la cercanía.....	44
38. Valores de clasificación de los rangos de pendientes y cercanías propuestas.....	44

39.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los rangos de pendientes y cercanías.....	44
40.	Ponderación para diferentes tiempos de retorno.....	45
41.	Pesos y símbolos de los parámetros de los factores y de los descriptores de los parámetros.....	46
42.	Definición de escenarios de peligro, calificación y rango.....	47
43.	Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los parámetros de la exposición social.....	50
44.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los parámetros de la exposición social.....	50
45.	Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del nivel de inundación.....	51
46.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del nivel de inundación.....	51
47.	Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los parámetros de la fragilidad social.....	52
48.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los parámetros de la fragilidad social.....	52
49.	Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del material de los pisos de las viviendas.....	52
50.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del material de los pisos de las viviendas.....	53
51.	Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del material de las paredes de las viviendas.....	53
52.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del material de las paredes de las viviendas.....	53

53.	Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los parámetros de la resiliencia social.....	54
54.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los parámetros de la resiliencia social.....	54
55.	Descriptores del porcentaje de entidades de rescate que alcanzan las zonas de inundación.....	55
56.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del porcentaje de entidades de rescate que alcanzan las zonas de inundación.....	55
57.	Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del nivel de inundación en la vulnerabilidad económica.....	57
58.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del nivel de inundación para la vulnerabilidad económica.....	57
59.	Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los parámetros de la fragilidad económica.....	58
60.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los parámetros de la fragilidad económica.....	58
61.	Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del índice de biodiversidad de Margalef.....	60
62.	Cálculo de $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del índice de biodiversidad de Margalef.....	61
63.	Calificación y rangos del riesgo.....	62
64.	Coeficientes de la ecuación empírica IDF.....	66
65.	Áreas y porcentajes de los niveles de peligros.....	70
66.	Valor del descriptor grupos etarios.....	71
67.	Material predominante en el piso de la ciudad de Tingo María.....	74

68.	Material predominante en las paredes para la ciudad de Tingo María.....	75
69.	Número de pisos de las viviendas para la ciudad de Tingo María.....	75
70.	Estado de las edificaciones para la ciudad de Tingo María.....	76
71.	Actitud frente al riesgo para la población de Tingo María.....	77
72.	Conocimiento de la población sobre ocurrencias pasadas de inundación de la ciudad de Tingo María.....	79
73.	Tipo de seguro afiliado de la población de Tingo María.....	79
74.	Niveles de vulnerabilidad social.....	82
75.	Antigüedad de las edificaciones para Tingo María.....	86
76.	Ingreso familiar promedio para Tingo María.....	87
77.	Percepción de la población económicamente activa.....	87
78.	Niveles de vulnerabilidad para Tingo María.....	89
79.	Vulnerabilidad ambiental para Tingo María.....	91
80.	Niveles de riesgo de inundación para Tingo María.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1	Proporción de población masculina y femenina en la ciudad de Tingo María.....6
2	Servicios educativos no universitarios registrados en Tingo María.....7
3	Actividades económicas de la población de Tingo María.....7
4.	Diez primeras causas de mortalidad.....8
5.	Sección típica simplificada de un río en la que se observa el canal principal, así como las llanuras de inundación.....17
6.	Escala de valores de la matriz de Saaty.....20
7.	Valores del índice aleatorio para diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices.....22
8.	Parámetros de evaluación de inundaciones.....22
9	Precipitaciones mensuales acumuladas en promedio periodo 1992 – 2001.....37
10.	Parámetros escogidos para los factores condicionantes y desencadenantes en el cálculo del peligro.....41
11.	Identificación de parámetros en la exposición, fragilidad y resiliencia en el cálculo de la vulnerabilidad social.....49
12.	Identificación de parámetros en la exposición, fragilidad y resiliencia en el cálculo de la vulnerabilidad económica.....56
13.	Identificación de parámetros en la exposición, fragilidad y resiliencia en el cálculo de la vulnerabilidad ambiental.....60
14.	Visualización del alcance de inundación simulada en el HEC-RAS

	para un periodo de retorno de 100 años.....	64
15.	Simulación de inundación y altura alcanzada para un periodo de retorno de 100 años.....	65
16.	Precipitaciones máximas registradas en 24 horas para el periodo 1979 – 2017.....	66
17.	Curvas IDF para Tingo María.....	67
18.	Clasificación del parámetro cercanía y pendiente.....	68
19.	Mapa de peligros por inundación.....	69
20.	Servicios educativos expuestos ante una inundación.....	72
21.	Profundidades alcanzadas por el agua en la inundación.....	73
22.	Cobertura de respuesta de entidades de auxilio en los primeros 10 minutos.....	78
23.	Niveles de vulnerabilidad social.....	81
24.	Distancia de las edificaciones al cuerpo de agua.....	83
25.	Niveles de inundación alcanzados.....	84
26.	Vulnerabilidad económica.....	88
27.	Niveles de riesgo por inundación.....	92

## **RESUMEN**

La investigación se realizó en una sección del río Huallaga, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Húanuco, la finalidad fue evaluar la vulnerabilidad y riesgo por inundación del río Huallaga en la ciudad de Tingo María en un entorno SIG. La metodología consistió en la recopilación de datos de gabinete como datos de precipitación, curvas IDF y de campo para estimar los peligros con sus respectivos escenarios, análisis de vulnerabilidad social, económica y ambiental y los riesgos por inundación de la ciudad de Tingo María; se analizó e interpretó los resultados para plasmarlos en los respectivos mapas temáticos mediante un entorno SIG. Los resultados obtenidos fueron: presenta peligro alto con 36.30%, medio con 30.17%, bajo con 23.17% y muy alto con 10.36% del área de estudio; la zona afectada por este peligro va desde la ribera del río, hasta las primeras cuadras de los jirones al lado derecho de la Av. Raymondi, vulnerabilidad social baja con 25.97%, media con 39.72% y alta con 34.32%, vulnerabilidad económica media con 77.80% y alta con 22.20% y vulnerabilidad ambiental alcanza su categoría muy alto en toda su extensión de la zona evaluada y presenta niveles de riesgo medio con 61.54%, alto con 23.08% y muy alto con 15.38% del área de estudio evaluada.



## **I. INTRODUCCIÓN**

Los eventos de inundación son considerados dentro de las amenazas naturales de mayor recurrencia en el mundo. Las inundaciones en el Perú son un problema recurrente cada año, debido a la estacionalidad de las precipitaciones en la región andina, la cual tiene una época seca y una época de lluvia bien diferenciada, esta última de diciembre a marzo. Según ABC (2008), los riesgos de inundación en la ciudad de Tingo María, siguiendo la metodología INDECI, obtienen calificativos de alto a muy alto de acuerdo con la cercanía al río Huallaga.

Las inundaciones son un tema con una gran diversidad de estudios y que se desarrollan en diversos países alrededor del mundo. Algunos estudios relacionados a las inundaciones consideran el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramientas clave para la obtención de la información. Los SIG no solo nos permiten evaluar las inundaciones, sino que también nos ayuda a zonificar y ubicar geográficamente los riesgos ocasionados por este fenómeno. Actualmente la metodología vigente en el Perú para la evaluación de inundaciones es la propuesta por el CENEPRED. Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál será el nivel de riesgo por inundación a causa del desborde del río Huallaga en la ciudad de Tingo María en un entorno SIG con la metodología CENEPRED?

## **Hipótesis**

La ciudad de Tingo María presenta riesgo por inundación muy alto

### **1.1. Objetivos**

#### **1.1.1. Objetivos generales**

Evaluar la vulnerabilidad y el riesgo por inundación del río Huallaga en la ciudad de Tingo María

#### **1.1.2. Objetivos específicos**

- 1)** Determinar el peligro de inundación de la ciudad de Tingo María
- 2)** Realizar el análisis de las vulnerabilidades de inundación de la ciudad de Tingo María
- 3)** Determinar los niveles de riesgo de inundación en la ciudad de Tingo María

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Antecedentes de inundaciones en la ciudad de Tingo María**

En el trabajo realizado por TUESTA (2017) sobre el “Análisis y evaluación del fenómeno de inundación en la margen izquierda del río Huallaga como una herramienta de gestión de riesgo en el distrito de castillo grande” los niveles de riesgos encontrados pertenecen a la categoría de medio y alto siendo todos estos resultados no georreferenciados espacialmente. La población en el área de influencia del estudio es de 13,450 habitantes al año 2015 en el distrito de Castillo Grande, conformado por 2144 familias. Mientras que la población en el área de influencia directa del estudio es de 262 familias conformadas por 228 familias en la zona urbana y 34 en la zona rural, haciendo un total de 1681 habitantes susceptibles al fenómeno de inundación. En este estudio, para determinar el área de influencia y el peligro no se hizo un análisis real de los posibles escenarios de inundación mediante simulación hidráulica para un tiempo de retorno determinado, si no que se limitó los sectores basado en acontecimientos pasados, sin recurrir a su periodicidad ni magnitud.

En el estudio realizado por ABC (2008) siguiendo la metodología INDECI, que los niveles de riesgo por inundación en la ciudad de Tingo María pertenecen a la categoría de alto a muy alto, en este estudio tampoco se realizó una ponderación sistemática como lo exige el CENEPRED, si no que se colocó

una ponderación subjetiva para cada parámetro, por otra parte en este estudio tampoco se realizó una simulación hidráulica del alcance de los niveles de inundación para un tiempo de retorno determinado.

En la provincia de Leoncio Prado los sucesos de avenidas extraordinarias intensas ocurren cada 10 años; se registraron eventos de avenidas extraordinarias intensas en los años 1984 y 1994, mientras que las avenidas extraordinarias muy intensas como lo ocurrido el 26 de diciembre del 2006, registran un caudal de 3796.40 m<sup>3</sup>/seg., de acuerdo al “Estudio de reconocimiento del uso del recurso hídrico por los diferentes sectores productivos del Perú” (INRENA, 1995), cuyo caudal alcanzó un valor de desborde de 4.50 metros en la estación hidrométrica del SENAMHI ubicado en la ciudad de Tingo María. (Municipalidad provincial de Leoncio Prado, 2012).

En los laureles, entre los meses de setiembre a abril, se observa los desbordes laterales de las aguas de río Huallaga debido al incremento del caudal, producto de las fuertes precipitaciones pluviales que ocurren en las partes altas de la cuenca del Huallaga. Está creciente afecta temporalmente a los terrenos ocupados por las viviendas ubicadas a menos de 5 m de la ribera, llegando a sobrepasar el dimensionamiento de su cauce penetrando 200 m de área paralela, extendiéndose por más de 2 Km. hasta la zona conocida como el papayal (ABC, 2008)

Las inundaciones por la margen derecha del río Huallaga, ocurridas durante los últimos periodos de avenidas (2006, 2008, 2010), han afectado a un 90% de la población. Las crecientes aguas logran desbordar la defensa ribereña

de 4.45 Km, a través de diversos puntos vulnerables que cada año son susceptibles a la erosión, socavación de la plataforma y potencial colapso de la infraestructura hidráulica de uso público (Municipalidad provincial de Leoncio Prado, 2012)

El desbordamiento promedio ocupa hasta por encima de 1.50 metros de altura los 6.5 Km. de vías de acceso (80% afirmadas en tierra), 2070 viviendas (familiares, instituciones públicas, educativas y religiosas, 35% de material noble), también se ha visto afectado o interrumpido el servicio de agua que ofrece la EPS Seda Leoncio Prado, el servicio de suministro eléctrico por la compañía Electro Centro, a esto se complementa la contaminación de las aguas de abastecimiento poblacional con la incorporación o mezcla de las aguas servidas del dren colector Cocheros y las aguas crecientes que arrastran desechos sólidos y líquidos a su paso. (Gobierno Regional de Huánuco, 2012)

## **2.2. Antecedentes de la ciudad de Tingo María**

### **2.2.1. Ubicación**

Tingo María es la capital del distrito de Rupa Rupa, que también es la capital de la provincia de Leoncio Prado, el río Huallaga parte la ciudad en 2 partes, sus coordenadas geográficas son 9°17'08" latitud sur y 75°59'52" longitud oeste (QUISPE, 2012)

### **2.2.2. Vías de comunicación y transporte.**

Existe comunicación terrestre a través de vías de transporte público departamental y provincial desde Tingo María hacia las diversas ciudades importantes las que están constituidas por flotas de ómnibus Interdepartamental, así como empresas de automóviles más pequeños constituidos en comités, las

salidas son diarias, en turnos de mañana y noche, los mismos que se incrementan en función de la demanda (QUISPE, 2012)

CIUDAD	DISTANCIA	TIEMPO
Huanuco	120 Km	2 hrs
Lima	545 Km	11 hrs
Huancayo	525 Km	10 hrs
Cerro de Pasco	240 Km	6 hrs
Tocache	180 Km	6 hrs
Aguaytia	122 Km	3 hrs
Monzon	70 Km	3 hrs
Aucayacu	54 Km	1 hra

Figura 1. Ciudades y sus distancias espaciotemporales a la ciudad de Tingo María

FUENTE: (QUISPE, 2012)

### 2.2.3. Población

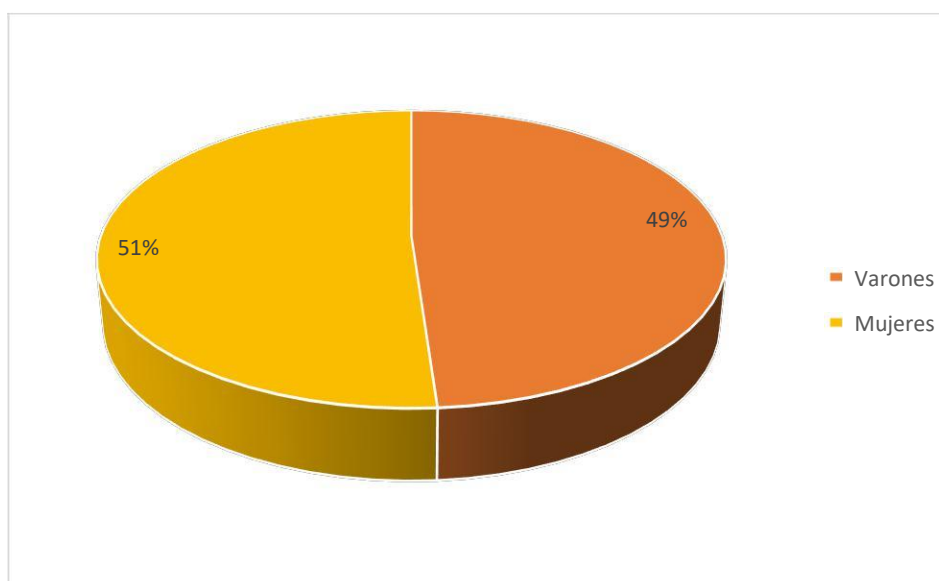


Figura 2. Proporción de población masculina y femenina en la ciudad de Tingo María

FUENTE: (CENEPRED, 2018)

La Población de Tingo María representa el 9% de la población del departamento de Huánuco, de los cuales la población masculina representa el 51.13 % del total de la población, siendo marcadamente superior a la población femenina. El distrito alberga el 33% de la población de la provincia de Leoncio Prado.

#### 2.2.4. Educación

Las Instituciones educativas con las que cuenta la UGEL Leoncio Prado suman un total de 451, entre estatales (90.5%) y privados (9.5%). El 59.8% corresponden al nivel primario de menores, el 26.6% al nivel inicial y el 10.8% corresponde al nivel secundario de menores (QUISPE, 2012).

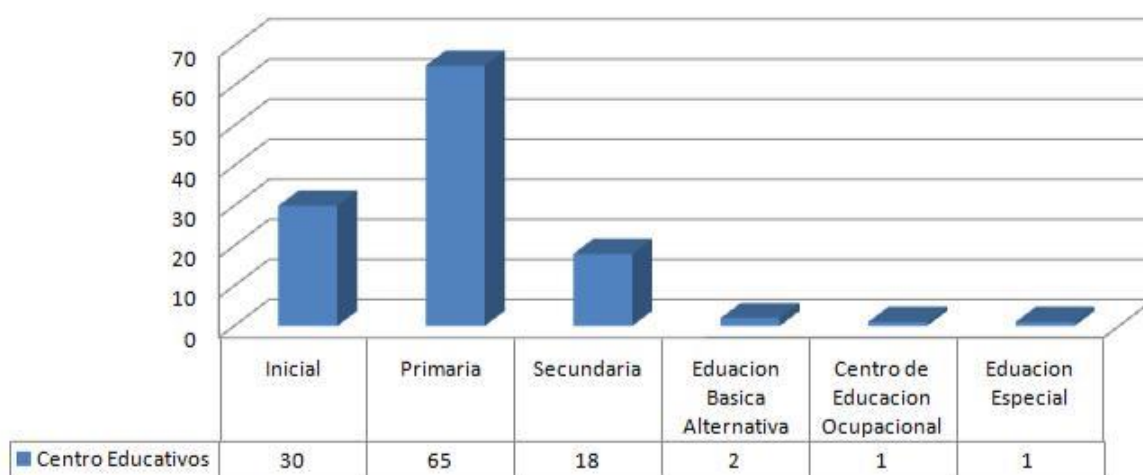


Figura 3. Servicios educativos no universitarios registrados en Tingo María

FUENTE: (QUISPE, 2012)

#### 2.2.5. Población económicamente activa

La población económicamente activa alcanza el 85% (considerando esta población a personas de 16 a 65 años) (QUISPE, 2012)

## 2.2.6. Actividades económicas

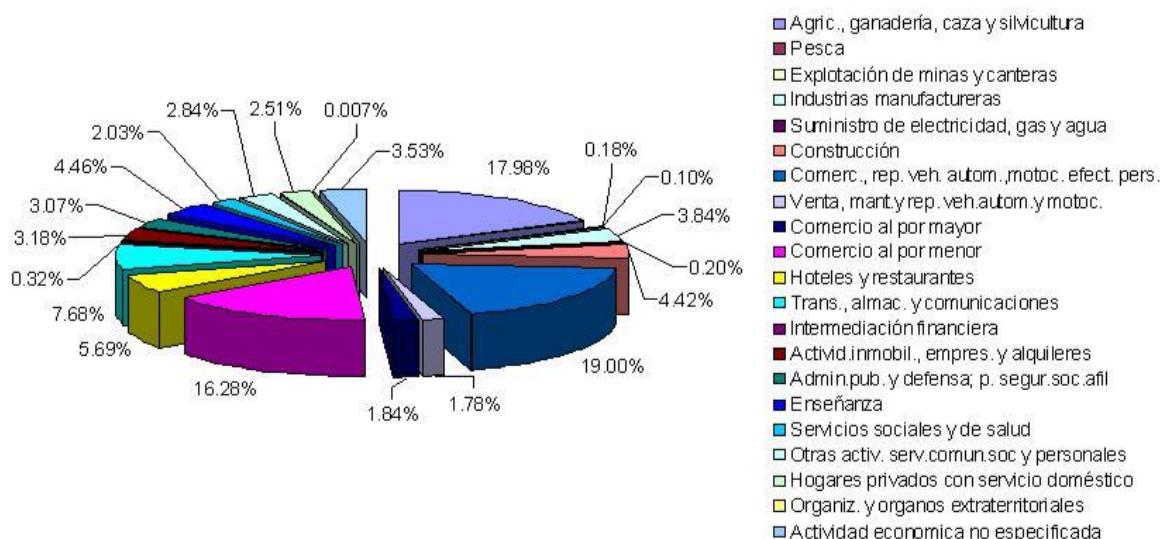


Figura 4. Actividades económicas de la población de Tingo María

## 2.2.7. Salud

En Tingo María la primera causa de defunción lo constituye enfermedad cardiovascular, en la población adulto mayor, seguido por infecciones respiratorias agudas, enfermedades del Sistema Urinario ocupa el cuarto lugar, en tanto que los homicidios ocupa el 5to lugar como causa de muerte (AVELINO, 2012)

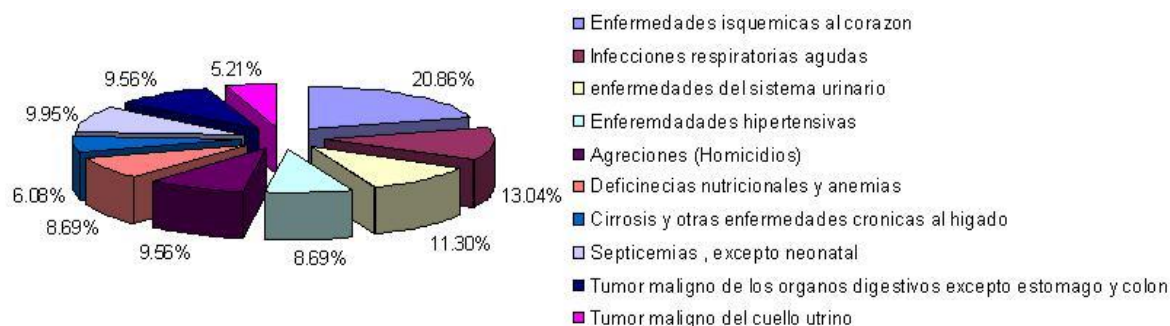


Figura 5. Diez primeras causas de mortalidad



### 2.2.8. Clima

Tingo María presenta un clima tropical, cálido y húmedo, con características diferenciadas por la variación de temperaturas y el volumen de precipitación pluvial (QUISPE, 2012). La zona de vida es un Bosque húmedo premontano tropical (bh-PmT), con precipitaciones entre 2500 y 3600 mm al año

### 2.2.9. Precipitaciones

A continuación, se muestran las precipitaciones mensuales acumuladas en promedio para cada mes en el periodo 1992 – 2001 (Estacion José Abelardo Quiñones, 2008)

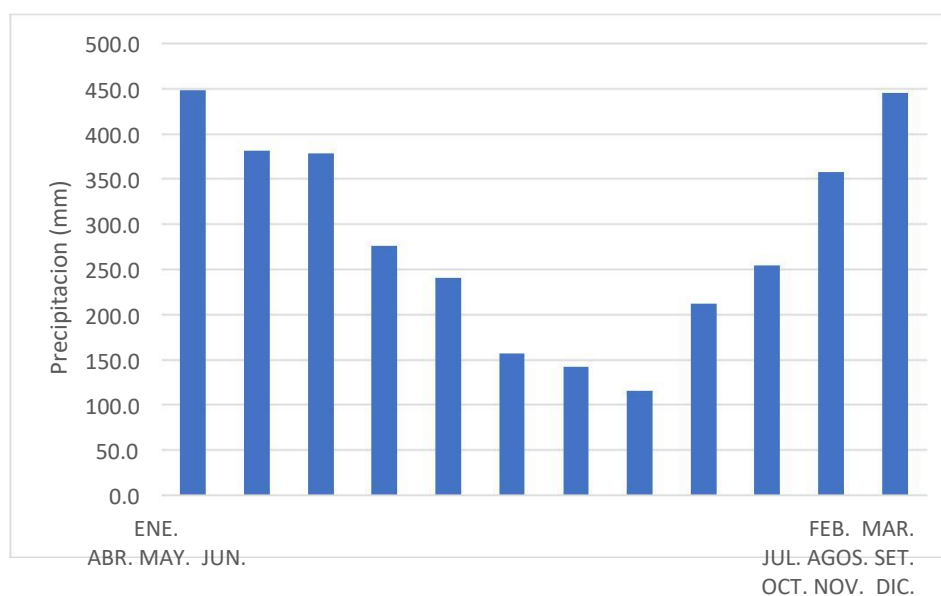


Figura 6. Precipitaciones mensuales acumuladas en promedio para el periodo 1992 – 2001

### 2.2.10. Caudales máximos del rio Huallaga

Los caudales máximos registrados en el periodo 1997 – 2006 en la estación SENAEMI de Tingo María se muestran en el Cuadro 1.

En el estudio hidrológico de Tingo María realizado por el (Gobierno Regional de Huánuco, 2012), se calcularon los caudales máximos para diferentes periodos de retorno a partir de los datos mostrados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Caudales máximos registrados en el periodo 1997 – 2006 en la estación SENAEMI de Tingo María.

Año	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1997	1478.57
1998	1889.8
1999	1787.7
2000	1576.82
2001	2194
2002	1475.1
2003	1924.35
2004	1500.28
2005	1654.75
2006	2208.55

FUENTE: (Gobierno Regional de Huánuco, 2012)

Cuadro 2. Caudales máximos estimados para diferentes distribuciones estadísticas en un periodo de retorno de 100 años

TIPO DE DISTRIBUCION	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	CAUDALES MAXIMOS (m <sup>3</sup> /s)
LOG NORMAL 2 PARAMETROS	100	2564.23
LOG NORMAL 3 PARAMETROS	100	2507.1
PEARSON TIPO III	100	2591.52
LOG PEARSON TIPO III	100	2755.31

FUENTE: (Gobierno Regional de Huánuco, 2012)

También se estimó el caudal máximo por el método racional; para esta labor se estimaron los caudales de los ríos más importantes de toda la cuenca que aportan al caudal del río Huallaga.

Cuadro 3. Datos geográficos de los ríos principales de las subcuencas del río Huallaga

Punto de Control	Ríos Principales De subcuencas y/o Áreas	COORDENADAS (UTM)		Área (Km 2)	Altitud (msnm)	Longitud Río (Kms)
A	Huertas Chaupihuaranga	368046.67	8880466.68	2211.55	2068	52.93
B	Chicrin Huariaca San Rafael	368153.25	8880456.91	1583.22	2067	42.41
C	Higueras Cayran Yarumayo	370441.56	8909762.99	1437.41	1843	35.8
D	Chinchao Mallgo Tingo Garbanzo Santo Domingo	395288	8950560.63	3110.16	808.4	91.12
E	Cayumba Jarahuasi	389598.74	8969772.93	1359.93	691.1	22.92
F	Monzón Otros	389193.53	8969627.91	2671.87	691.2	98.21
G	Puente Tingo María I(A.B.C.D.E.F)	389227.65	8969947.81	--	691	--

FUENTE: (Gobierno Regional de Huánuco, 2012)

Cuadro 4. Caudales máximos estimados para diferentes periodos de retorno calculados con el método racional

Tiempo de retorno	Caudales máximos (m <sup>3</sup> /s) en diferentes puntos de control						
	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"
2	185.31	120.65	142.06	153.96	118.36	295.64	1015.98
5	235.1	155.11	160.35	174.47	171.35	322.18	1218.56
10	289.92	209.15	193.84	227.56	184.64	374.88	1479.99
25	437.06	290.15	267.83	284.95	227.78	604.73	2112.5
50	465.91	330.94	282.83	356.17	240.41	741.22	2417.48
100	503.44	370.84	304.55	391.76	244.96	778.08	2593.63
200	537.67	397.43	307.05	395.07	245.7	779.91	2662.83
500	588	470.51	333.06	429.7	253.17	798.44	2872.88

FUENTE: (Gobierno Regional de Huánuco, 2012)

### 2.2.11. Vegetación

En la Cuenca del Río Huallaga, se ha producido una depredación generalizada de bosques maderables por los mismos propietarios de los predios.

Cuadro 5. Especies vegetales identificadas en el margen derecho del río Huallaga

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
ARBOLES	
Bolaina	<i>Guazuna crinita</i>
Palto Moena	<i>Aniba Sp</i>
ARBUSTOS	
Guaba	<i>Inga edulis</i>
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>
Cítricos	<i>Citrus Sp</i>
Zapote	<i>Matisia cordata</i>
Mango	<i>Mangifera indica</i>
Pomarosa	<i>Sysigium jambos</i>
Palta	<i>Persea americana</i>
HERBACEA	
Ishanga	<i>Bohamana pallida</i>
ORNAMENTALES	
Orquideas	<i>Oncidium Sp</i>

### 2.2.12. Recursos Fauna

En la zona de estudios se ha podido observar que la fauna es escasa, asimismo existe zonas depredadas en forma generalizada por la extracción de madera (alta) y la instalación de cultivo agrícolas con mayor incidencia (de raza baja)

Cuadro 6. Especies animales identificadas en el área de estudio

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
MAMÍFEROS	
Pichico	<i>Saguinus sp.</i>
Muca	<i>Didelphis Marsupialis</i>
AVES	
Mana caraco	<i>Ortalis guttata</i>
Cueche	<i>Pseareocolius de cumanaos</i>
Paucar	<i>Cacicus cela</i>
PECES	
Yulilla	<i>Anodus elongatus</i>
Huasaco	<i>Hoplias malabaricus</i>
Boquichico	<i>Prochilodus nigricans</i>
Carachama	<i>Hypostomus placostomus</i>
Bujurqui	<i>Asquidens thayeri</i>

### 2.2.13. Calidad del agua del rio Huallaga

Cuadro 7. Parámetros de calidad encontrados 50 metros aguas abajo del puente Corpac

Parámetros	Unidad	Encontrado	ECA1
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.4	≥5
pH	Un. de pH	6.6	6.5-9
Temperatura	°Celsius	22	3
Conductividad Eléctrica	μS/cm	79.4	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2	10
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	559	≤400
Cloruros	mg/L	1550	**
Sulfuros	mg/L	< 0,0004	0.002
Sulfatos	mg/L	4609	**
Fósforo total	mg P/L	0,491	0.05
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,055	**
Nitratos	mg N/L	0,404	13
Nitrogeno Total	mg N/L	0,109	**
Aluminio total	mg/L	11.7	**
Antimonio total	mg/L	0,00058	0.64
Arsénico total	mg/L	0,00932	0.15
Bario	mg/L	0,1431	1
Cobre total	mg/L	0,03703	0.1
Cromo total	mg/L	0,0296	**
Cromo Hexavalente	mg/L	-	0.011
Estaño total	mg/L	0,00072	**
Níquel total	mg/L	0,0290	0.052
Plata total	mg/L	< 0,000003	**
Plomo total	mg/L	0.0126	0.0025
Potasio total	mg/L	3,70	**
Selenio	mg/L	0,0021	0.005
Sodio	mg/L	2280	**
Talio total	mg/L	< 0,00002	0.0008
Titanio	mg/L	0,2834	**
Vanadio total	mg/L	0,0250	**
Zinc total	mg/L	0,0485	0.12
Mercurio total	mg/L	< 0,00003	0.0001
Aceites y grasas	mg/L	< 1,0	5
Detergentes (SAAM)	mg/L	< 0,01	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	2,2E+3	2 000
Escherichia Coli	NMP/100ml	4,6E+2	**

Los datos del monitoreo participativo de la Autoridad Nacional del Agua se muestran en el Cuadro 7

### **2.3. Análisis de inundaciones en un Entorno SIG**

Debido a él gran interés en el tema de las inundaciones y al desarrollo de nuevas tecnologías asociadas a los SIG, los estudios referentes a evaluar este tipo de características han cobrado gran importancia ya que de esta manera se busca identificar los modelos y la información con la cual se obtienen las simulaciones que se asemejan más a la realidad de acuerdo a las condiciones específicas de cada lugar o región (HERNÁNDEZ, 2014).

La metodología empleada en el estudio de las inundaciones ha evolucionado rápidamente en los últimos años mediante el empleo de los modelos matemáticos. La mayoría de los autores coinciden en el uso combinado de varias herramientas, como son los modelos hidrológicos e hidráulicos con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la confección de mapas de zonas vulnerables a la inundación y su posterior uso en el ordenamiento territorial para la prevención y mitigación de los efectos que puedan ocasionar las inundaciones (GARRIDO, 2012)

Desarrollar un modelo hidrológico utilizando los Sistemas de Información Geográfico (SIG) se justifica por las características fundamentalmente espaciales de la información empleada y por la gran capacidad de estos sistemas para almacenar, manejar y visualizar los datos y los resultados. Realizar este tipo de modelos en SIG supone contar con un

Modelo Digital de Elevación (MDE) de la zona de la cuenca y conocer las características físicas del terreno (RODRÍGUEZ, 2011)

En un estudio realizado en Trujillo para identificar las fuentes de agua y posteriormente la simulación de las zonas de inundación para el río Utcubamba se utilizó la extensión HEC-GeoRAS del software ArcGIS generando datos de geometría del terreno y las secciones del Río, y estos datos junto con los datos hidrológicos de importancia para el modelo se importaron a HEC-RAS, para obtener: los periodos de retorno para 10, 20, 30 y 50 años, la velocidad del flujo, y finalmente se procede a pasar estos datos al software ArcGIS y se obtuvo la simulación de la zona de inundación para el río Utcubamba (PALMER, 2017).

## **2.4. Determinación del peligro con la metodología CENEPRED**

### **2.4.1. Bases teóricas**



#### **INUNDACIONES**

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes. (CENEPRED, 2015).

Las llanuras de inundación (franjas de inundación) son áreas de superficie adyacente a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes. Debido a su naturaleza cambiante, las llanuras de inundación y otras áreas inundables deben ser examinadas para precisar la manera en que pueden afectar al desarrollo o ser afectadas por él (CENEPRED, 2015)

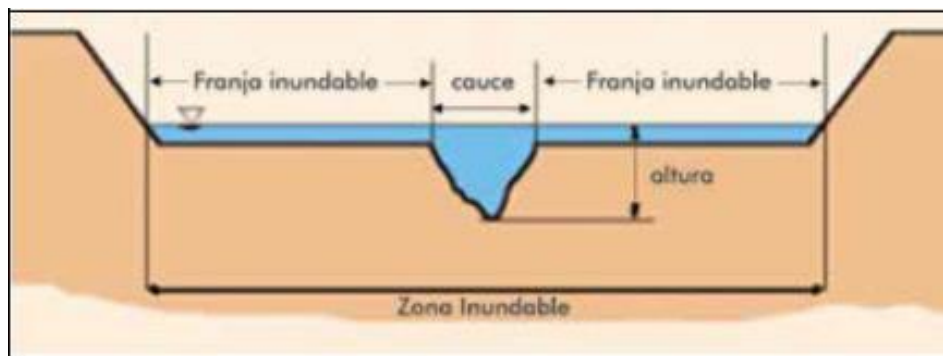


Figura 7. Sección típica simplificada de un río en la que se observa el canal principal, así como las llanuras de inundación

FUENTE: (CENEPRED, 2015).



## TIPOS DE INUNDACIÓN

Las inundaciones pueden clasificarse: Por su duración y origen.

### a) Por su duración Inundaciones

#### **dinámicas o rápidas:**

Se producen en ríos cuyas cuencas presentan fuertes pendientes, por efecto de las lluvias intensas. Las crecidas de los ríos son repentinas y de corta duración. Son las que producen los mayores daños en la población e infraestructura, debido a que el tiempo de reacción es casi nulo. Por ejemplo: los ríos de la cuenca del Océano Pacífico (La Leche, etc.) (CENEPRED, 2015)

#### **Inundaciones estáticas o lentas:**

Generalmente se producen cuando las lluvias son persistentes y generalizadas, producen un aumento paulatino del caudal del río hasta superar



su capacidad máxima de transporte, por lo que el río se desborda, inundando áreas planas cercanas al mismo, a estas áreas se les denomina llanuras de Inundación. (CENEPRED, 2015)

**b) Según su origen**

**Inundaciones pluviales:**

Se produce por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de lluvias intensas persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable. (CENEPRED, 2015)

**Inundaciones fluviales:**

Causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos. Es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse, durante lo que se denomina crecida (consecuencia del exceso de lluvias). (CENEPRED, 2015)

**2.4.2. Proceso de Análisis Jerárquico (La matriz de Saaty)**

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que les permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual. Permite

combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. En este sentido, se puede conseguir un tratamiento objetivo de lo subjetivo. El punto central del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados. (CENEPRED, 2015)

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo mas importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Figura 8. Escala de valores de la matriz de Saaty

FUENTE: (CENEPRED, 2015).



### Procedimiento para realizar la ponderación Saaty

**Primero) Parámetros.** Se identifican los parámetros que permitan caracterizar el fenómeno en estudio. En función del número de parámetros identificados tendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

- Segundo) Matriz de Comparación de Pares.** Se realiza la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de Saaty
- Tercero) Suma inversa.** Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales.
- Cuarto) Matriz de Normalización.** Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente.
- Quinto) Vector priorización.** Se determina el vector priorización (ponderación), mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.



**Para el cálculo de la Relación de Consistencia (RC)**

- Primero) Vector suma ponderada.** Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).
- Segundo) Calcular  $\lambda$ .** Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios
- Tercero) Calcular  $\lambda_{\max}$ .** Sumar todos los valores de  $\lambda$  encontrados
- Cuarto) Calcular el Índice de Consistencia.**

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Donde “n” es el número de parámetros optados

#### Quinto) Determinar la Relación de Consistencia

$$\frac{IC}{RC = IA}$$

Donde “IA” es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

Figura 9. Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices

FUENTE: (CENEPRED, 2015).

Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10 (CENEPRED, 2015).

#### 2.4.3. Parámetros de evaluación

La Figura 10, muestra parámetros generales que ayudan a caracterizar el fenómeno de origen natural; el número y complejidad de los parámetros utilizados en un ámbito geográfico específico depende del nivel de detalle (escala) del estudio por lo cual esta lista puede variar. (CENEPRED, 2015).

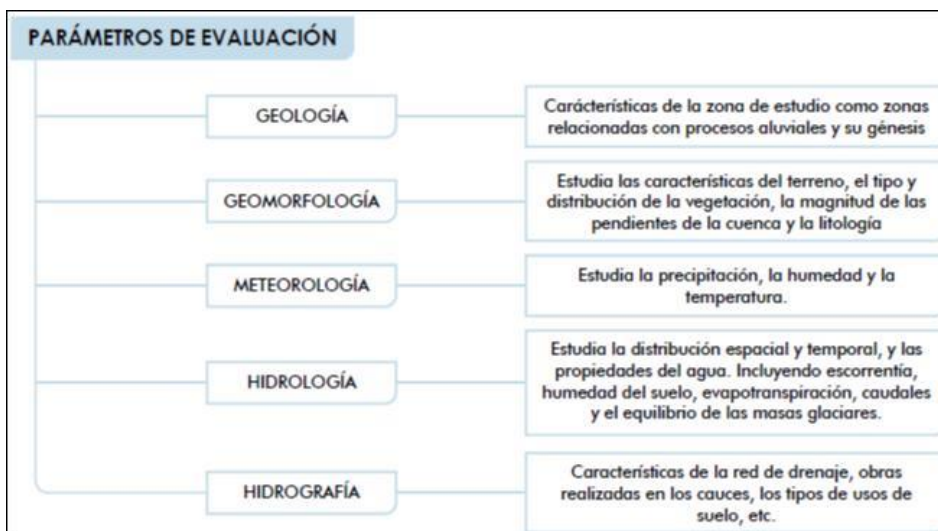


Figura 10. Parámetros de evaluación de inundaciones

FUENTE: (CENEPRED, 2015).

### 1) Factores desencadenantes

Son factores que desencadenan eventos o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico. Por ejemplo, las lluvias generan deslizamiento de material suelto o meteorizado, los sismos de gran magnitud ocurridos cerca a la costa ocasionan tsunamis, etc. (CENEPRED, 2015)

- i) **Intensidad:** definida como el volumen de agua caída por unidad de tiempo y superficie. La intensidad de lluvia depende de su duración. Cuando la intensidad de lluvia excede a la capacidad de filtración del suelo se presenta el escurrimiento superficial que puede dar lugar a inundaciones en las partes más bajas. Oficialmente, la lluvia se adjetiviza respecto a la cantidad de precipitación por hora (CENEPRED, 2015).

Cuadro 8. Clasificación de la precipitación según la intensidad

CLASE	INTENSIDAD (mm/h)
Torrenciales	Mayor a 60
Muy fuertes	Mayor a 30 y Menor o igual a 60
Fuertes	Mayor a 15 y Menor o igual a 30
Moderadas	Mayor a 2 y Menor o igual a 15
Débiles	Menor o igual a 2

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

### Curvas IDF

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de la lluvia (IDF) permiten calcular la intensidad promedio para cierta probabilidad de excedencia y duración. Las curvas IDF como gráficas en las cuales se concentran las características de las tormentas de la zona o región, con respecto a sus 3 variables principales: magnitud, duración y frecuencia. Considerando que la frecuencia es el inverso del período de retorno (T) o intervalo de recurrencia, el cual es el tiempo promedio, en años, en el que el evento puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio (DIAZ et al., 2005).

## 2) Factores condicionantes

Son factores propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural (magnitud, intensidad, entre otros), así como su distribución espacial (CENEPRED, 2015).

- i) **Cercanía a una fuente de agua:** Hace referencia a la cercanía que existe entre el cuerpo de agua en su cauce normal (CENEPRED, 2015).

Cuadro 9. Cercanía a una fuente de agua y sus pesos

Localización de la edificación	Pesos
Muy cercana: 0 - 25 m	0.503
Cercana: 25 - 50 m	0.26
Medianamente cercana: 50 - 100 m	0.134
Alejada: 100 - 250 m	0.068
Muy alejada > 250 m	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

- ii) **Existencia de obras de protección y/o regulación:** En el trabajo realizado por (CENEPRED, 2017) en Piura, en el distrito de Tambogrande, para la zona urbana se considera a las obras de protección existentes como un factor que condiciona la inundación, a continuación, se muestran las calificaciones:

Cuadro 10. Obras de protección y/o regulación con sus pesos

Obras de protección	Pesos
Ninguna obra	0.472
Insuficientes y/o deficientes obras de protección	0.271
Existencia de obras de protección poco eficientes	0.145
Obras de protección y/o regulación en cantidad adecuada pero medianamente eficientes	0.077
Protección natural	0.044

(CENEPRED, 2017)

- iii) **Tiempo de retorno:** Es el intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud “x”, puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. VILLON (2002), establece que la probabilidad de que el evento, ocurra al menos una vez en “n” años sucesivos, es conocida como riesgo o falla R, y se representa por:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Cuadro 11. Período de retorno de diseño recomendado para estructuras menores

Tipo de estructura	Período de Retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 - 100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5 - 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1 - 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 - 10
Drenaje Agrícola	5 - 10
Muros de encauzamiento	2 - 50*

\* Este periodo puede aumentar si es que el muro protege a una población

FUENTE: (Villón Bejar, 2002)

## 2.5. Análisis de la vulnerabilidad con la metodología CENEPRED

### 2.5.1. Vulnerabilidad social

#### 2.5.1.1. Exposición

Cuadro 12. Grupos etarios y ponderación

Grupo etario	PESO
De 0 a 5 años y mayores de 65 años.	0.503
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.26
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.134
De 15 a 30 años.	0.068
De 30 a 50 años.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

Cuadro 13. Servicios educativos expuestos y ponderación

Servicios educativos expuestos	PESO
> 75 % del servicio educativo expuesto.	0.503
< 75% y > 50 % del servicio educativo expuesto.	0.26
< 50% y > 25 % del servicio educativo expuesto.	0.134
< 25% y > 10 % del servicio educativo expuesto.	0.068
< de 10% del servicio educativo expuesto	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)



Cuadro 14. Servicios de salud y ponderación

<b>Servicios de salud expuestos</b>	<b>PESO</b>
> 60 % del servicio de salud expuesto.	0.503
< 60% y > 35 % del servicio de salud expuesto.	0.26
< 35% y > 20 % del servicio de salud expuesto.	0.134
< 20% y > 10 % del servicio de salud expuesto.	0.068
< De 10% del servicio de salud expuesto.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

### 2.5.1.2. Fragilidad

Cuadro 15. Material de construcción de la edificación y ponderación

<b>Material de construcción de la edificación</b>	<b>PESO</b>
Estera/cartón.	0.503
Madera.	0.26
Quincha (caña con barro).	0.134
Adobe o tapia.	0.068
Ladrillo o bloque de cemento	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

Cuadro 16. Número de pisos por vivienda y ponderación

<b>Configuración de elevación de las edificaciones</b>	<b>PESO</b>
5 pisos.	0.503
4 pisos.	0.26
3 pisos.	0.134
2 pisos.	0.068
1 piso.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

### 2.5.1.3. Resiliencia

Cuadro 17. Actitud frente al riesgo y ponderación

<b>Actitud frente al riesgo</b>	<b>PESO</b>
Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población	0.503
Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población.	0.26
Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas para prevenir el riesgo.	0.134
Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo, e implementando escasas medidas para prevenir el riesgo.	0.068
Actitud previsor de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

Cuadro 18. Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres y ponderación

<b>Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres</b>	<b>PESO</b>
Existe desconocimiento de toda la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.503
Existe un escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.26
Existe un regular conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.134
La mayoría de la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.068
Toda la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

## 2.5.2. Vulnerabilidad económica

### 2.5.2.1. Exposición

Cuadro 19. Localización de la edificación y ponderación

Localización de la edificación	PESO
Muy cercana: 0 - 25 m	0.503
Cercana: 25 - 50 m	0.26
Medianamente cercana: 50 - 100 m	0.134
Alejada: 100 - 250 m	0.068
Muy alejada > 250 m	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

### 2.5.2.2. Fragilidad

Cuadro 20. Material de construcción y ponderación

Material de construcción de la edificación	PESO
Estera/cartón.	0.503
Madera.	0.26
Quincha (caña con barro)	0.134
Adobe o tapia.	0.068
Ladrillo o bloque de cemento	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

Cuadro 21. Estado de la edificación de las viviendas

Estado de la edificación	PESO
Muy malo: las edificaciones en que las estructuras presentan tal deterioro, que hace presumir su colapso.	0.503
Malo: las edificaciones no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome y que los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	0.26
Regular: las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuya estructura no tiene deterioro y si lo tiene no lo compromete y es sustentable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al uso normal	0.134
Bueno: las edificaciones que reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	0.068
Muy bueno: las edificaciones que reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

Cuadro 22. Antigüedad de la construcción y ponderación

<b>Antigüedad de construcción de la edificación</b>	<b>PESO</b>
De 40 a 50 años.	0.503
De 30 a 40 años.	0.26
De 20 a 30 años.	0.134
De 10 a 20 años.	0.068
De 5 a 10 años.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

Cuadro 23. Configuración de elevaciones y ponderación

<b>Configuración de elevación de las edificaciones</b>	<b>PESO</b>
5 pisos.	0.503
4 pisos.	0.26
3 pisos.	0.134
2 pisos.	0.068
1 piso.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

### 2.5.2.3. Resiliencia

Cuadro 24. Ingreso familiar promedio y ponderación

<b>Ingreso familiar promedio (soles)</b>	<b>PESO</b>
< 500	0.503
> 500 - <750	0.26
> 750 - < 1000	0.134
> 1000 - < 1500	0.068
>1500	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

Cuadro 25. PEA desocupada, ponderación

<b>Población económicamente activa desocupada</b>	<b>PESO</b>
Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Escasa demanda de mano de obra para las actividades económicas. Escaso nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con ciertas limitaciones socioeconómicas.	0.503
Bajo acceso y poca permanencia en un puesto de trabajo. Poca demanda de mano de obra para las actividades económicas. Bajo nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con limitaciones socioeconómicas.	0.26
Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para las actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con regulares posibilidades socioeconómicas.	0.134
Acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para las actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con posibilidades socioeconómicas.	0.068
Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Alta demanda de mano de obra para las actividades económicas. Alto nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con posibilidades socioeconómicas.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

### **2.5.3. Vulnerabilidad ambiental**

#### **2.5.3.1. Exposición:**

Hace referencia al factor ambiental expuesto a un riesgo ante un riesgo, en este caso, riesgo de inundación

#### **Índice de calidad de agua**

El ministerio de agricultura y riego, a través de la autoridad nacional del agua (ANA), ha propuesto la metodología para determinar la calidad de aguas superficiales. El cálculo del índice viene dado por la siguiente formula

$$ICA = \sqrt{\frac{2F_1 + F_3}{3}}$$

Donde:

**F1- Alcance:** representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA- Agua) vigente, respecto al total de parámetros a evaluar.

**F3- Amplitud:** Es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos.

Cuadro 26. Calificación de la calidad del agua de aguas superficiales

ICA	Calificación	Interpretación
95-100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
80-94	Buena	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65- 79	Favorable	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
45-64	Regular	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.
0-44	Mala	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

FUENTE: (ANA, 2009)

### Índice de biodiversidad de Margalef

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos  $S = \frac{k}{\sqrt{N}}$  donde k es la constante de Mugarran (MORENO, 2001). La fórmula para el cálculo de este índice se muestra a continuación:

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln[N]}$$

Donde S es el número de especies, N es el número total de individuos y k es la constante de Mugarran que para zonas de la selva posee un valor de 2.32

La interpretación de este índice es como sigue:

Cuadro 27. Calificación de la biodiversidad para el índice de Margalef

Valor del índice de Margalef	Calificación
< 2	Baja
2 - 3	Regular
3 - 4	Media
4 - 5	Alta
> 5	Muy Alta

FUENTE: (MORENO, 2001)

### 2.5.3.2. Fragilidad

Cuadro 28. Explotación de recursos y ponderación

<b>Explotación de recursos naturales</b>	<b>PESO</b>
Prácticas negligentes e intensas de degradación en el cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos, recursos forestales), entre otros considerados básicos propios del lugar en estudio.	0.503
Prácticas negligentes periódicas o estacionales de degradación en el cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales).	0.26
Prácticas de degradación del cauce y márgenes del río u otro continente de agua (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos, recursos forestales) sin asesoramiento técnico capacitado. Pero las actividades son de baja intensidad.	0.134
Prácticas de consumo/uso del cauce y márgenes del río u otro continente de agua (suelos y recursos forestales) con asesoramiento técnico capacitado bajo criterios de sostenibilidad.	0.068
Prácticas de consumo/uso del cauce y márgenes del río u otro continente de agua con asesoramiento técnico permanente bajo criterios de sostenibilidad económica y ambiental.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

### 2.5.3.3. Resiliencia

Cuadro 29. Cumplimiento de normativa ambiental y ponderación

<b>Conocimiento y cumplimiento de normatividad ambiental</b>	<b>PESO</b>
Solo las autoridades desconocen la existencia de normatividad en temas de conservación ambiental.	0.503
Solo las autoridades conocen la existencia de normatividad en temas de conservación ambiental. No cumpliéndola.	0.26
Las autoridades y los dirigentes comunales conocen la existencia de normatividad en temas de conservación ambiental. Cumpliéndola parcialmente.	0.134
Las autoridades, organizaciones comunales y población en general conocen la existencia de normatividad en temas de conservación ambiental. Cumpliéndola mayoritariamente.	0.068
Las autoridades, organizaciones comunales y población en general conocen la existencia de normatividad en temas de conservación ambiental. Respetándola y cumpliéndola totalmente.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)



Cuadro 30. Cultura ancestral de manejo sostenible de recursos y ponderación

<b>Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales</b>	<b>PESO</b>
La población en su totalidad ha perdido los conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	0.503
Algunos pobladores poseen y aplican sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	0.26
Parte de la población posee y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	0.134
La población mayoritariamente posee y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	0.068
La población en su totalidad posee y aplica sus conocimientos ancestrales para explotar de manera sostenible sus recursos naturales.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

Cuadro 31. Capacitación en temas ambientales y ponderación

<b>Capacitación en temas de conservación ambiental</b>	<b>PESO</b>
La totalidad de la población no recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental.	0.503
La población está escasamente capacitada en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura escasa.	0.26
La población se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial.	0.134
La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	0.068
La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total.	0.035

FUENTE: (CENEPRED, 2015)

## 2.6. Determinación del riesgo con la metodología CENEPRED

El cálculo del riesgo corresponde a un análisis y combinación de datos teórico-empíricos con respecto a la probabilidad de ocurrencia del peligro identificado, es decir, la interrelación de las condiciones espaciotemporales del área en estudio representado en las distintas dimensiones de vulnerabilidad territorial. Existen diversos criterios o métodos para el cálculo del riesgo, por un

lado, el analítico o matemático; y por otro, el descriptivo (CENEPRED, 2015). El criterio por considerar se basa fundamentalmente en la aplicación probabilística de la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

La investigación se realizó en la ciudad de Tingo María abarcando desde el sector “Playa Tingo” hasta el sector “La muyuna ”, con 6 Km lineales

##### **3.1.1. Ubicación política**

Ciudad	:	Tingo María
Departamento	:	Huanuco.
Provincia	:	Leoncio Prado.
Distrito	:	Rupa Rupa.

##### **3.1.2. Ubicación geográfica**

Geográficamente la zona donde se llevó a cabo la investigación presenta las siguientes coordenadas Geográficas:

Longitud Oeste	:	75° 59' 52".
Latitud sur	:	09° 17' 08".
Altitud	:	660 msnm.

##### **3.1.3. Coordenadas UTM**

La ubicación de la sección del rio Huallaga donde se realizó la investigación se presentan en coordenadas UTM, del Datum WSG84 de la zona 18S, del empalme 18k es:

Este	:	392825
Norte	:	8973106
Altitud	:	660 msnm.

#### **3.1.4. Zona de vida**

HOLDRIDGE (2000) tipifica al lugar como una zona de vida de Bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PmT) con régimen climático cambiante.

### **3.2. Equipos y materiales**

#### **3.2.1. Materiales de escritorio**

- Cuaderno de apuntes
- Planos de la ciudad de Tingo María
- Lapiceros
- Papel bulqui
- Portaminas
- Plumones.

#### **3.2.2. Materiales de campo**

- Unidades de encuestas para la población
- Embarcación de madera (bote).

#### **3.2.3. Equipos**

- GPS
- Teodolito electrónico
- Mira.

- Trípode.

#### **3.2.4. Herramientas**

- Software Arc GIS
- Software HEC – GeoRAS

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Delimitación del área de influencia de inundación para la zona de estudio**

Como primer paso para evaluar el riesgo se consideró la identificación del área de influencia del riesgo de inundación, para esta labor, se consideró los siguientes pasos

##### **Primero) Taquimetría del terreno**

Las secciones transversales del río se obtuvieron por cada 100 metros desde el sector “Playa Tingo” hasta el sector “La Muyuna”, la distancia de izquierda a derecha en las secciones transversales fue de 200 a 400 metros. Las otras cotas del área de estudio se obtuvieron descargando imágenes satelitales de resolución de 12.5m por 12.5m

##### **Segundo) Modelo de elevación digital del terreno**

Una vez obtenidas las cotas se procedió a realizar la triangulación TIN en el Software ArcGIS 10.1, los cuales nos sirvieron posteriormente para exportar las secciones del terreno al software HEC – RAS.

##### **Tercero) Simulación de inundación**

Para la simulación se tomaron las secciones del TIN para posteriormente exportarlas al HEC – RAS. Como condiciones iniciales para la corrida del modelo se consideró un flujo crítico con una pendiente media de que se calculó a partir de la cota mayor y menor del tramo de estudio del cauce; el tiempo de retorno utilizado para la modelación fue de 100 años

### 3.3.2. Determinación de la peligrosidad

Los parámetros a evaluar para el cálculo de la peligrosidad se tomaron del CENEPRED y en algunos casos se adaptaron al terreno de estudio especificando los criterios tomados. Los datos que requieren los parámetros escogidos fueron tomados de campo y de la base de datos del SIGRID (Sistema Integral de Gestión de Riesgos y Desastres)

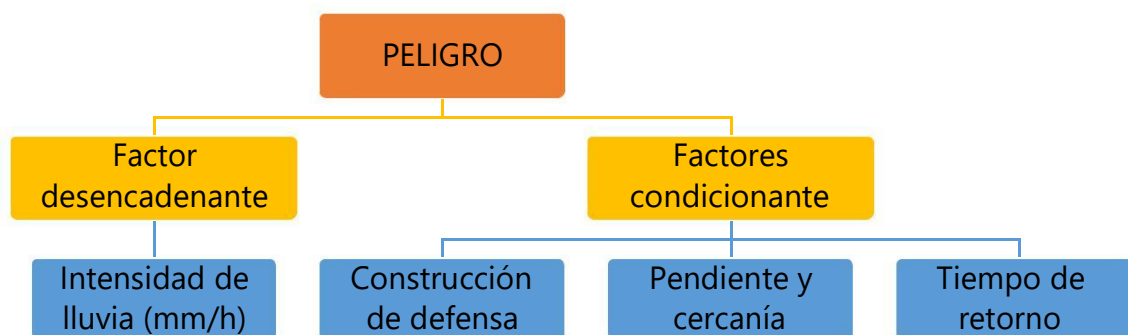


Figura 11. Parámetros escogidos para los factores condicionantes y desencadenantes en el cálculo del peligro

#### 3.3.2.1. Factores desencadenantes

Teniendo como único factor desencadenante a la intensidad de lluvias, le asignamos el valor de 1 a la ponderación de este parámetro.

### 1) Intensidad de lluvias

Para los descriptores de este parámetro, consideramos la clasificación establecida en el CENEPRED.

Cuadro 32. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto al peligro para los descriptores de la intensidad de lluvias

INTENSIDAD (mm/h) <sup>1</sup>	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Mayor a 60	I1	1
Mayor a 30 y Menor o igual a 60	I2	3
Mayor a 15 y Menor o igual a 30	I3	5
Mayor a 2 y Menor o igual a 15	I4	7
Menor o igual a 2	I5	9

<sup>1</sup> Tomado de CENEPRED (2015)

Cuadro 33. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los pares de la intensidad de lluvias

DESCRIPTORES	VSP	PESO	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
I1	2.744	0.503	5.455	5.243	0.061	0.055
I2	1.415	0.260	5.441			
I3	0.700	0.134	5.226			
I4	0.342	0.068	5.022			
I5	0.177	0.035	5.071			

Como la razón de consistencia (RC) es menor de 0.1 (10%), teniendo en cuenta el criterio establecido por CENEPRED (2015) para matrices de 5 por 5, consideramos que los criterios utilizados para la comparación de pares de la intensidad de lluvias es la más adecuada.

#### 3.3.2.2. Factores condicionantes

Para calcular el factor condicionante consideramos tres parámetros, a continuación, se muestra el cálculo para su ponderación siguiendo la metodología SAATY:

Cuadro 34. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto al peligro para los parámetros de los factores condicionantes

PARÁMETRO	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Cercanía y pendiente	PC1	1
Construcción de defensa	PC2	1.5
Tiempo de retorno	PC3	5

Cuadro 35. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los pares de los parámetros del factor condicionante

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{\max}$	IC	RC
FA1	1.572	0.521	3.017			
FA2	1.159	0.384	3.018	3.010	0.005	0.010
FA3	0.285	0.095	2.995			

Como la razón de consistencia (RC) es menor de 0.04 (4%), teniendo en cuenta el criterio establecido por CENEPRED (2015) para matrices de 3 por 3, consideramos que los criterios utilizados para la comparación de pares de los parámetros del factor condicionante, es el más adecuado. A continuación, aplicaremos la misma metodología para calcular los pesos de los descriptores de cada parámetro:

### 1) Cercanía y pendiente

Este factor condicionante trata de superar las limitaciones de las clasificaciones con pendientes debido a que pueden existir colinas altas o lomadas con pendientes bajas pero que no se encuentran expuestas a la inundación, sin embargo, si solo se considera las pendientes, se les puede asignar erróneamente pesos muy altos. A continuación, se muestra la



comparación de pares de doble entrada y los pesos de las pendientes y cercanías:

Cuadro 36. Comparación de doble entrada entre la pendiente y la cercanía

metros \ (%)			
	De 0 a 2°	De 2° a 10°	Mayor a 10°
De 0 a 50 m	1	2	4
De 50 a 200 m	1	4	7
Mayor a 200 m	4	7	10

Cuadro 37. Valores de clasificación de los rangos de pendientes y cercanías propuestos

PARÁMETRO	CÓDIGO	IMPORTANCIA
De 0 a 50 metros con una pendiente de 2°	D1P1	1
De 50 a 200 metros con una pendiente de 2°	D2P1	1
De 0 a 50 metros con una pendiente de 2° a 5°	D1P2	2
De 50 a 200 metros con una pendiente de 2° a 5°	D2P2	4
Mayor a 200 metros con una pendiente de 2°	D3P1	4
De 0 a 50 metros con una pendiente mayor a 10°	D1P3	4
De 50 a 200 metros con una pendiente mayor a 10°	D2P3	7
Mayor a 200 metros con una pendiente de 2° a 5°	D3P2	7
Mayor a 200 metros con una pendiente mayor a 10°	D3P3	10

Como la razón de consistencia (RC) es menor de 0.1 (10%), teniendo en cuenta el criterio establecido por CENEPRED (2015) para matrices de 9 por 9, consideramos que los criterios utilizados para la comparación de pares de los descriptores de las cercanías y pendiente, es el más adecuado.

Cuadro 38. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los rangos de pendientes y cercanías

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{\max}$	IC	RC
D1P1	2.470	0.254	9.724			
D2P1	2.470	0.254	9.724			
D1P2	1.724	0.175	9.851			
D2P2	0.846	0.088	9.617			
D3P1	0.846	0.088	9.617	9.457	0.057	0.046
D1P3	0.577	0.062	9.312			
D2P3	0.290	0.032	9.075			
D3P2	0.290	0.032	9.075			
D3P3	0.137	0.015	9.115			

## 2) Existencia de obras de protección y/o regulación

En las zonas urbanas se suele encontrar obras de protección contra las inundaciones; estas obras pueden ser desde las más artesanales hasta grandes proyectos de ingeniería. Para este parámetro se considerarán los valores establecidos en el Cuadro 10.

## 3) Periodo de retorno

Consideremos las ponderaciones establecidas en el estudio de QUALYTEC (2018), estos se muestran en el Cuadro 39.

Cuadro 39. Ponderación para diferentes tiempos de retorno

Tiempo de Retorno	CÓDIGO	PESO
Cada 100 años	TR1	0.467
Cada 50 años	TR2	0.256
Cada 25 años	TR3	0.148
Cada 20 años	TR4	0.084
Cada 10 años	TR5	0.044

FUENTE: (Qualytec, 2018)

### 3.3.2.3. Calculo del peligro

Se consideraron los mismos pesos tanto para el factor desencadenante como para el factor condicionante. A continuación, la fórmula para calcular el peligro:

Cuadro 40. Pesos y símbolos de los parámetros de los factores y de los descriptores de los parámetros

Factor de peligro	Pesos de los parámetros		Pesos de los descriptores	
Factor desencadenante	Intensidad de lluvia (mm/h)	1	I1	0.503
			I2	0.26
			I3	0.134
			I4	0.068
			I5	0.035
Factor condicionante	Cercanía y pendiente	0.521	D1P1	0.254
			D2P1	0.254
			D1P2	0.175
			D2P2	0.088
			D3P1	0.088
			D1P3	0.062
			D2P3	0.032
			D3P2	0.032
			D3P3	0.015
	Construcción de defensa	0.384	OP1	0.472
			OP2	0.271
			OP3	0.145
			OP4	0.077
			OP5	0.044
	Tiempo de retorno	0.095	TR1	0.467
			TR2	0.256
			TR3	0.148
			TR4	0.084
			TR5	0.044

$$\text{Peligro (P)} = \sqrt{\text{Factor desencadenante (FD)} \times \text{Factor condicionante (FC)}}$$

$$FD = WI \times WDI_i$$

$$FC = WF \times WDF_i + WG \times WDG_i + WTR \times WDTR_i$$

### 3.3.2.4. Definición de escenarios de peligro

Para fines de la Evaluación de Riesgos, las zonas de peligro pueden estratificarse en cinco niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto (CENEPRED, 2015), cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación:

Cuadro 41. Definición de escenarios de peligro, calificación y rango

DESCRIPCIÓN DEL PELIGRO	CALIFICACIÓN	RANGO
Lluvias mayores a 60 mm/h; a una distancia del río de 0 a 200 m y pendiente de 0 a 2°. Sin ninguna obra de protección. Con un periodo de retorno de 100 años	PELIGRO MUY ALTO	$> 0.238$ y $\leq 0.423$
Lluvias mayores a 30 y menores o iguales a 60 mm/h; a una distancia del río de 0 a 50 m y de 2° a 10° de pendiente. Insuficientes y/o deficientes obras de protección. Para un periodo de retorno de 50 años	PELIGRO ALTO	$> 0.123$ y $\leq 0.238$
Lluvias mayores a 15 y menores o iguales a 30mm/h; a una distancia del río de 50 a 200 m y de 2° a 10° de pendiente. Existencia de obras de protección poco eficientes. Para un periodo de retorno de 25 años	PELIGRO MEDIO	$> 0.06$ y $\leq 0.123$
Lluvias mayores a 2 y menores o iguales a 15 mm/h; a una distancia del río de 50 a 200 m y pendiente mayor de 10°. Obras de protección y/o regulación en cantidad adecuada pero medianamente eficientes. Para un periodo de retorno de 20 años	PELIGRO BAJO	$> 0.032$ y $\leq 0.060$
Lluvias menores o iguales a 2mm/h; a una distancia mayor de 200 m y mayor de 10°. Protección natural. Para un periodo de retorno de 10 años	PELIGRO MUY BAJO	$> 0$ y $\leq 0.032$

### 3.3.3. Determinación de la vulnerabilidad

### 3.3.3.1. Vulnerabilidad Social

Para determinar la vulnerabilidad social se tomaron en cuenta los criterios establecidos por el CENEPRED (2015) a excepción de las profundidades de inundación y el número de entidades de rescate en los primeros 10 minutos.

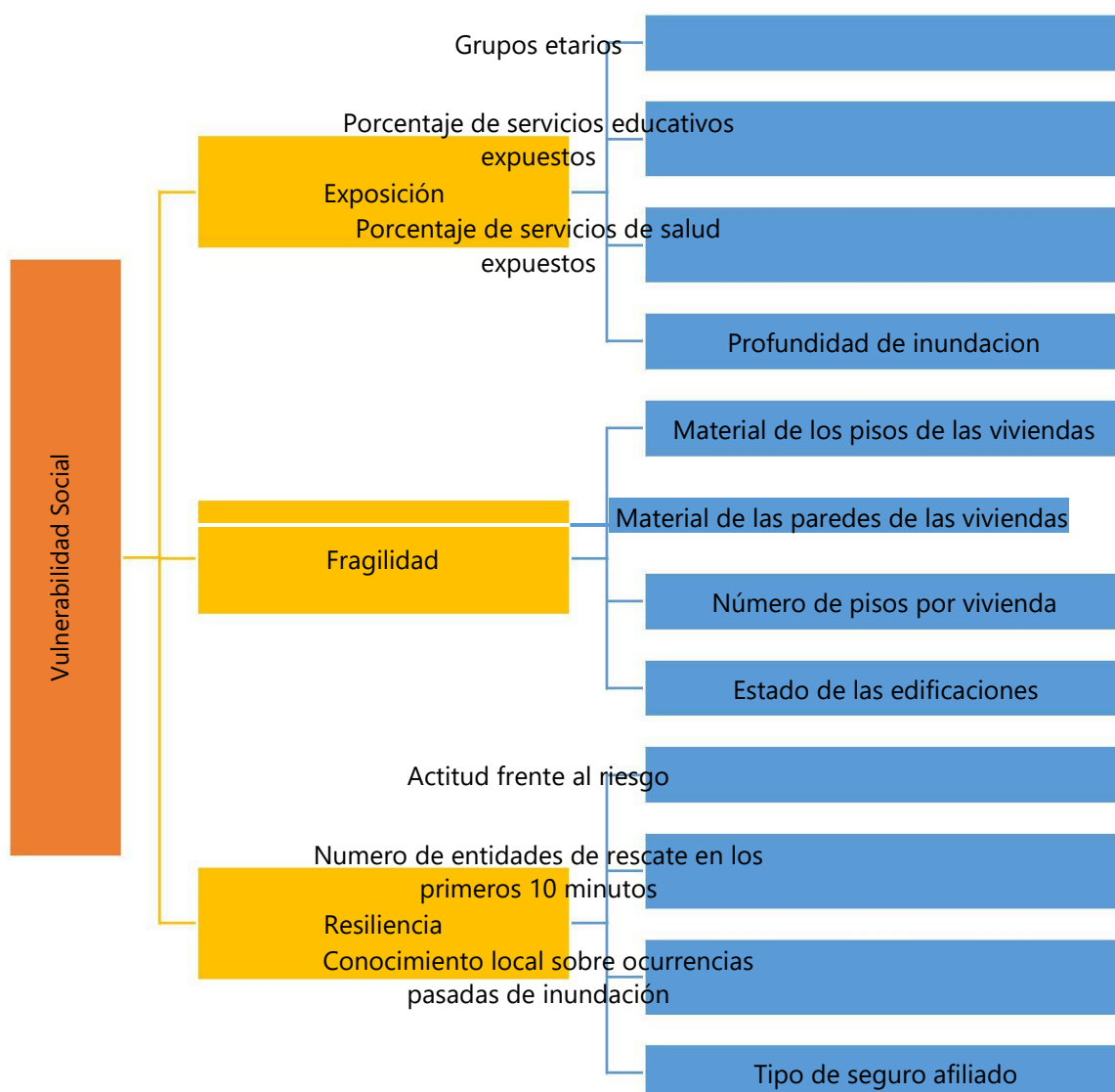


Figura 12. Identificación de parámetros en la exposición, fragilidad y resiliencia en el cálculo de la vulnerabilidad social

## 1) Exposición social

Cuadro 42. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los parámetros de la exposición social

PARÁMETRO	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Nivel de profundidad de inundación	ES1	1
Porcentaje del servicio de salud expuesto	ES2	3
Porcentaje del servicio educativo expuesto	ES3	5
Grupos etarios	ES4	6

Cuadro 43. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los parámetros de la exposición social

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
ES1	2.321	0.558	4.159	4.079	0.026	0.030
ES2	1.065	0.259	4.112			
ES3	0.452	0.112	4.035			
ES4	0.285	0.071	4.011			

Como la razón de consistencia (RC) es menor de 0.08 (8%), teniendo en cuenta el criterio establecido por CENEPRED (2015) para matrices de 4 por 4, consideramos que los criterios utilizados para la comparación de pares de los parámetros de la exposición social, es el más adecuado.

- **Grupos etarios:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 12 y los datos fueron obtenidos del SIGRID
- **Porcentaje del servicio educativo expuesto:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 13 y los datos fueron obtenidos del SIGRID

- **Porcentaje del servicio de salud expuesto:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 14 y los datos fueron obtenidos del SIGRID
- **Nivel de profundidad:** Los datos fueron obtenidos de la simulación HEC – RAS y se consideró los siguientes descriptores propuestos:

Cuadro 44. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del nivel de inundación

Nivel de inundación	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Mayor a 1.5 m	ES1P1	1
Mayor a 1 m y Menor o igual a 1.5 m	ES1P2	3
Mayor a 0.75 m y Menor o igual a 1 m	ES1P3	5
Mayor a 0.025 m y Menor o igual a 0.50 m	ES1P4	7
Menor o igual a 0.025 m	ES1P5	9

Cuadro 45. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del nivel de inundación

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
ES1P1	2.744	0.503	5.455	5.243	0.061	0.055
ES1P2	1.415	0.260	5.441			
ES1P3	0.700	0.134	5.226			
ES1P4	0.342	0.068	5.022			
ES1P5	0.177	0.035	5.071			

Como la razón de consistencia (RC) es menor de 0.1 (10%), teniendo en cuenta el criterio establecido por CENEPRED (2015) para matrices de 5 por 5, consideramos que los criterios utilizados para la comparación de pares de los descriptores del nivel de inundación, es el más adecuado.

## 2) Fragilidad social

Cuadro 46. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los parámetros de la fragilidad social

PARÁMETRO	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Material de los pisos de las viviendas	FS1	1
Material de las paredes de las viviendas	FS2	3
Estado de la edificación	FS3	5
Número de pisos de la construcción	FS4	7

Cuadro 47. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los parámetros de la fragilidad social

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
FS1	2.356	0.558	4.222	4.119	0.040	0.045
FS2	1.100	0.263	4.183			
FS3	0.492	0.122	4.035			
FS4	0.230	0.057	4.035			



**Material de los pisos de las viviendas:** Los datos fueron obtenidos del SIGRID; a continuación, se muestran los descriptores de este parámetro y sus respectivos pesos:

Cuadro 48. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del material de los pisos de las viviendas

PARÁMETRO	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Piso de tierra	Pi1	1
Piso de madera	Pi2	3
Piso de cemento	Pi3	5
Piso de láminas asfálticas	Pi4	7
Piso de losetas	Pi5	9



Cuadro 49. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del material de los pisos de las viviendas

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
Pi1	2.744	0.503	5.455	5.243	0.061	0.055
Pi2	1.415	0.260	5.441			
Pi3	0.700	0.134	5.226			
Pi4	0.342	0.068	5.022			
Pi5	0.177	0.035	5.071			



**Material de las paredes de las viviendas:** Los datos fueron obtenidos del SIGRID; a continuación, se muestran los descriptores de este parámetro y sus respectivos pesos:

Cuadro 50. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del material de las paredes de las viviendas

PARÁMETRO	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Pared de piedra con barro	Pa1	1
Pared de calamina	Pa2	3
Pared de madera	Pa3	5
Pared de piedra, sillar con cal o cemento	Pa4	7
Pared de ladrillo o bloque de cemento	Pa5	9

Cuadro 51. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del material de las paredes de las viviendas

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
Pa1	2.744	0.503	5.455	5.243	0.061	0.055
Pa2	1.415	0.260	5.441			
Pa3	0.700	0.134	5.226			
Pa4	0.342	0.068	5.022			
Pa5	0.177	0.035	5.071			



**Estado de la edificación:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 21 y los datos fueron obtenidos del SIGRID

- **Número de pisos de la construcción:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 16 y los datos fueron obtenidos del SIGRID

### 3) Resiliencia social

Cuadro 52. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los parámetros de la resiliencia social

PARÁMETRO	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Entidades de rescate en los primeros 10 minutos	RS1	1
Tipo de seguro afiliado	RS2	3
Actitud frente al riesgo	RS3	5
Conocimiento local sobre ocurrencias pasadas	RS4	7

Cuadro 53. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los parámetros de la resiliencia social

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
RS1	2.356	0.558	4.222	4.119	0.040	0.045
RS2	1.100	0.263	4.183			
RS3	0.492	0.122	4.035			
RS4	0.230	0.057	4.035			

- **Actitud frente al riesgo:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 17. Los datos fueron obtenidos del estudio realizado por (PANDURO, 2008)
- **Entidades de rescate en los primeros 10 minutos:** Este parámetro hace referencia a las entidades de rescate presentes en la ciudad de Tingo María (serenazgo, bomberos, policía, entre otros) que podrían alcanzar una determinada área de emergencia a los 10 minutos de ocurrido el peligro. Cabe mencionar que se consideró un tiempo de 3 minutos de reacción de

La población hasta dar a conocer a las entidades de rescate sobre la inundación, otros 3 minutos de respuesta por parte de las entidades de rescate para la preparación de salida y una velocidad promedio de 30 km/h, considerando que en días de lluvias intensas la velocidad de los vehículos tiende a ser menor. Los datos fueron obtenidos del SIGRID y las áreas cubiertas por las entidades de rescate se calcularon en el Network Analysis del software ArcGIS; a continuación, se muestran los descriptores de este parámetro y sus respectivos pesos:

Cuadro 54. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del porcentaje de entidades de rescate que alcanzan las zonas de inundación.

PARÁMETRO	IMPORTANCIA
Ninguna entidad de rescate alcanza la zona	1
Hasta el 25% de las entidades de rescate alcanza la zona	3
Hasta el 50% de las entidades de rescate alcanza la zona	5
Hasta el 75% de las entidades de rescate alcanza la zona	7
El 100% de las entidades de rescate alcanza la zona	9

Cuadro 55. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del porcentaje de entidades de rescate que alcanzan las zonas de inundación.

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
Re1	2.744	0.503	5.455			
Re2	1.415	0.260	5.441			
Re3	0.700	0.134	5.226	5.243	0.061	0.055
Re4	0.342	0.068	5.022			
Re5	0.177	0.035	5.071			

- **Conocimiento local sobre ocurrencias pasadas:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 18Cuadro 12 y los datos fueron obtenidos del estudio de PANDURO (2008)
- **Tipo de seguro afiliado:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) y los datos fueron obtenidos del SIGRID

### 3.3.3.2. Vulnerabilidad Económica

Para determinar la vulnerabilidad económica se tomaron en cuenta los criterios establecidos por el CENEPRED (2015) a excepción de las profundidades de inundación.



Figura 13. Identificación de parámetros en la exposición, fragilidad y resiliencia en el cálculo de la vulnerabilidad económica

## 1) Exposición económica

Por ser solo dos parámetros, se consideró igual importancia a la localización de la edificación con la profundidad de la inundación

- **Localización de la edificación:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 19
- **Profundidad de la inundación:** Se consideró los siguientes descriptores propuestos:

Cuadro 56. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del nivel de inundación en la vulnerabilidad económica

PARÁMETRO	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Mayor a 1.5 m	ES1P1	1
Mayor a 1 m y Menor o igual a 1.5 m	ES1P2	3
Mayor a 0.5 m y Menor o igual a 1 m	ES1P3	5
Mayor a 0.25 m y Menor o igual a 0.5 m	ES1P4	7
Menor o igual a 0.25	ES1P5	9

Cuadro 57. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del nivel de inundación para la vulnerabilidad económica

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
ES1P1	2.744	0.503	5.455			
ES1P2	1.415	0.260	5.441			
ES1P3	0.700	0.134	5.226	5.243	0.061	0.055
ES1P4	0.342	0.068	5.022			
ES1P5	0.177	0.035	5.071			

Como la razón de consistencia (RC) es menor de 0.1 (10%), teniendo en cuenta el criterio establecido por CENEPRED (2015) para matrices de 5 por 5, consideramos que los criterios utilizados para la comparación de

pares de los descriptores del nivel de inundación para la vulnerabilidad económica, es el más adecuado.

## 2) Fragilidad económica

Cuadro 58. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los parámetros de la fragilidad económica

PARÁMETROS	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Material de los pisos de las viviendas	FE1	1
Material de las paredes de las viviendas	FE2	3
Estado de la edificación	FE3	5
Antigüedad de la construcción	FE4	7
Número de pisos	FE5	9

Cuadro 59. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los parámetros de la fragilidad económica

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
FE1	2.744	0.503	5.455			
FE2	1.415	0.260	5.441			
FE3	0.700	0.134	5.226	5.243	0.061	0.055
FE4	0.342	0.068	5.022			
FE5	0.177	0.035	5.071			

- **Material de los pisos de las viviendas:** Se consideró lo establecido en el Cuadro 48 y los datos fueron obtenidos del SIGRID
- **Material de las paredes de las viviendas:** Se consideró lo establecido en el Cuadro 50 y los datos fueron obtenidos del SIGRID
- **Estado de la edificación:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 21 y los datos fueron obtenidos de campo
- **Antigüedad de la edificación:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 22 y los datos fueron obtenidos de campo

- **Número de pisos:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 23 y los datos fueron obtenidos de campo.

### 3) Resiliencia económica

En la resiliencia económica, como solo existen 2 parámetros de evaluación, colocaremos las ponderaciones directamente, asignándole un valor de 0.75 al parámetro Ingreso familiar promedio y un valor de 0.25 al parámetro población económicamente activa desocupada.

- **Ingreso familiar promedio:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 24 y los datos fueron obtenidos de campo.
- **PEA desocupada:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 25 y los datos fueron obtenidos de campo.

#### 3.3.3.3. Vulnerabilidad Ambiental

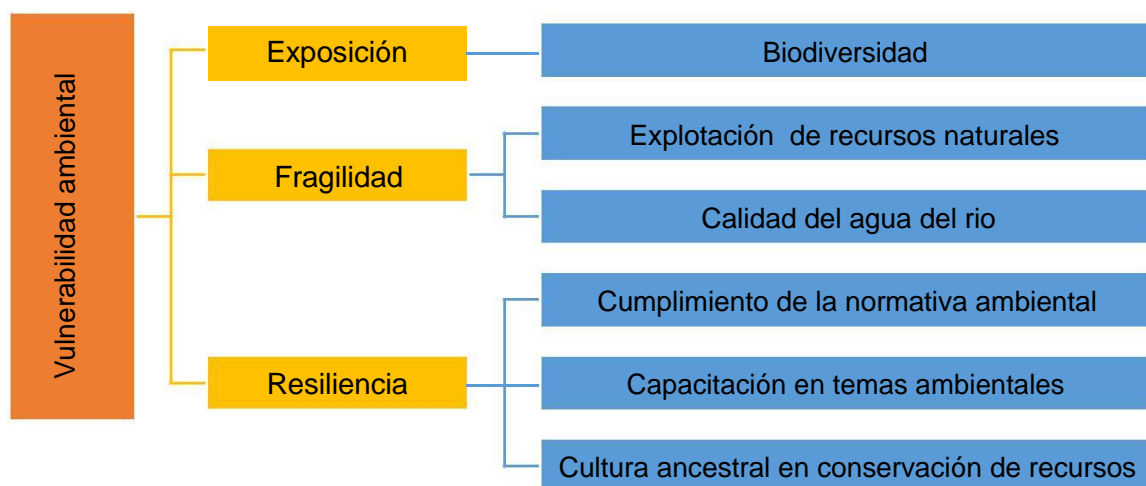


Figura 14. Identificación de parámetros en la exposición, fragilidad y resiliencia en el cálculo de la vulnerabilidad ambiental

## 1) Exposición

- **Biodiversidad:** refleja la riqueza de las especies expuestas al riesgo de inundación. Su ponderación se muestra a continuación:

Cuadro 60. Codificación y asignación de la importancia relativa en cuanto a los descriptores del índice de biodiversidad de Margalef

Calificación del índice de Margalef	CÓDIGO	IMPORTANCIA
Muy Alta	IMg1	1
Alta	IMg2	3
Media	IMg3	5
Regular	IMg4	7
Baja	IMg5	9

Cuadro 61. Cálculo de  $\lambda$ , índice de consistencia (IC) y razón de consistencia (RC) para los descriptores del índice de biodiversidad de Margalef

PARÁMETRO	VSP	VP	$\lambda$	$\lambda_{max}$	IC	RC
IMg1	2.744	0.503	5.455			
IMg2	1.415	0.260	5.441			
IMg3	0.700	0.134	5.226	5.243	0.061	0.055
IMg4	0.342	0.068	5.022			
IMg5	0.177	0.035	5.071			

## 2) Fragilidad

- **Explotación de recursos naturales:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 28 y los datos se obtuvieron de la línea base del estudio de impacto ambiental del proyecto de defensa ribereña realizado por (Municipalidad provincial de Leoncio Prado, 2014).
- **Calidad de agua:** Se consideró el rango de los ICA del Cuadro 9 y se tomaron los datos del monitoreo participativo



### 3) Resiliencia

- **Cumplimiento de la normativa ambiental:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 29 y los datos se obtuvieron del análisis de la zona de estudio
- **Capacitación en temas ambientales:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 31 y los datos se obtuvieron de las encuestas de campo
- **Cultura ancestral en conservación de recursos:** Se consideró lo establecido por el CENEPRED (2015) en el Cuadro 30 y los datos se obtuvieron de las encuestas de campo

#### 3.3.3.4. Cálculos de vulnerabilidad y riesgos

$$\text{Vulnerabilidad} = V_{\text{ambiental}} + V_{\text{económica}} + V_{\text{social}}$$

$$\text{Riesgo Social} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad Social}$$

$$\text{Riesgo Económico} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad Económica}$$

$$\text{Riesgo Ambiental} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad Ambiental}$$

$$\text{Riesgo Total} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad Total}$$

Cuadro 62. Calificación y rangos del riesgo

CALIFICACIÓN	RANGO
RIESGO MUY ALTO	$0.26 \leq R < 0.503$
RIESGO ALTO	$0.134 \leq R < 0.26$
RIESGO MEDIO	$0.068 \leq R < 0.134$
RIESGO BAJO	$0.035 \leq R < 0.068$
RIESGO MUY BAJO	$0 \leq R < 0.035$

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Peligro de inundación en la ciudad de Tingo María**

#### **4.1.1. Determinación del área de influencia**

Los sectores afectados son los siguientes, la primera cuadra de Julio Burga, Jr. Aguaytía, Jr. Aucayacu, Jr. San Alejandro, Jr. Chiclayo, Jr. Pucallpa, Jr. José Prato, Jr. Monzón, Jr. Cayumba, Jr. Callao, Jr. Tarapacá, el Jr. Jorge Chávez, parte de Sveen Erickson, Jr. Garcilaso de la Vega, Jr. Arenales, todo el malecón Lima, Jr. Puno, Jr. Cuzco, Av. Raymondi AA.HH. Aguas Verdes, Lotización los Zapotes, Lotización Frank Potokar, Lotización Santa Fidélica, Lotización Villa Piña. Con respecto al margen izquierdo del río encontramos los siguientes sectores, Av. José Abelardo Quiñonez, pasaje Abelardo Quiñonez, Av. San Martín, Jr. Bella durmiente, Jr. Tacna, Jr. Cesar Vallejo, Pasaje Olivera Silva, Malecón Almirante Miguel Grau, Pasaje Alberto Fujimori, Jr. Cesar Vallejo, Pasaje Jesús Mendoza y Jr. Saposoa.

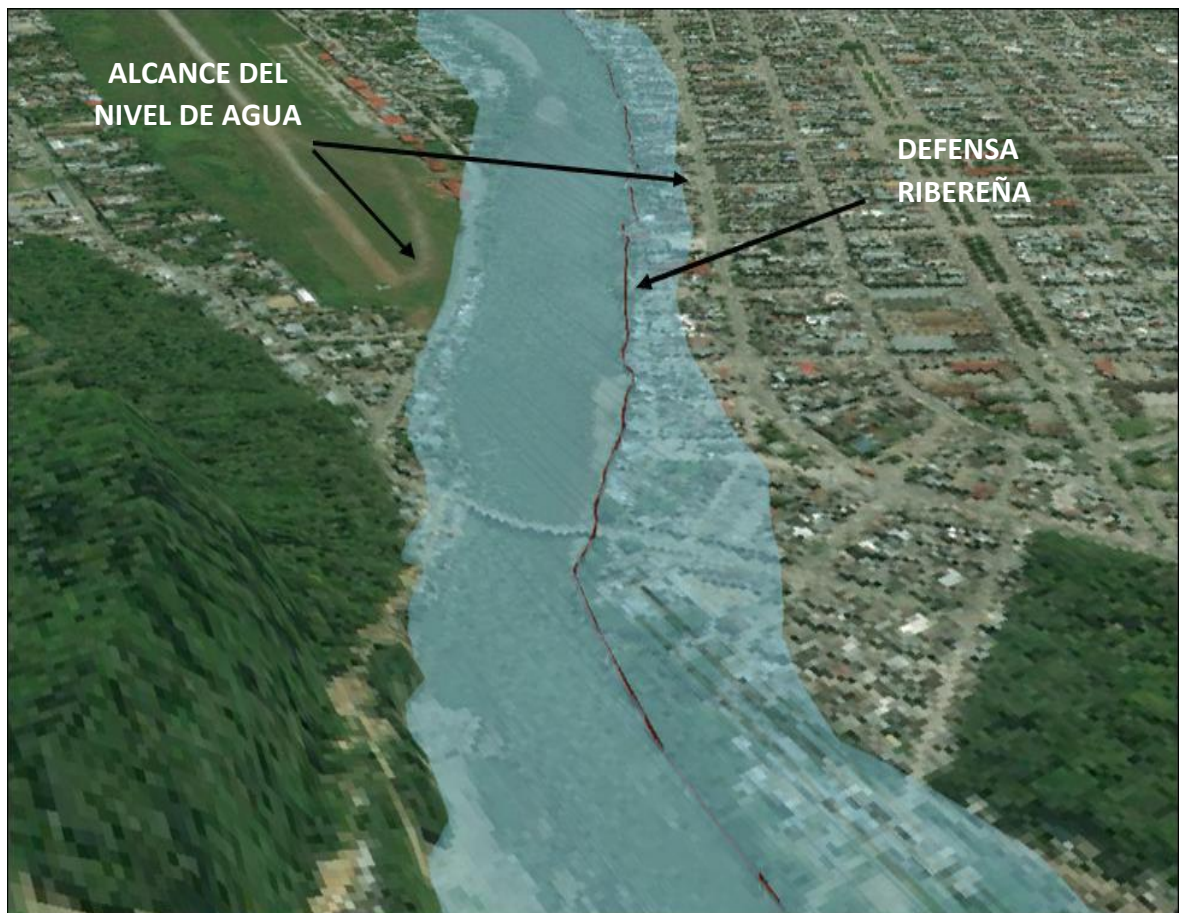


Figura 15. Visualización del alcance de inundación simulada en el HEC RAS para un periodo de retorno de 100 años

En la Figura 15 se visualiza la simulación de inundación y la altura alcanzada para un periodo de retorno de 100 años, donde el nivel de profundidad alcanza desde 0.06 cm hasta 8.33 m de altura.

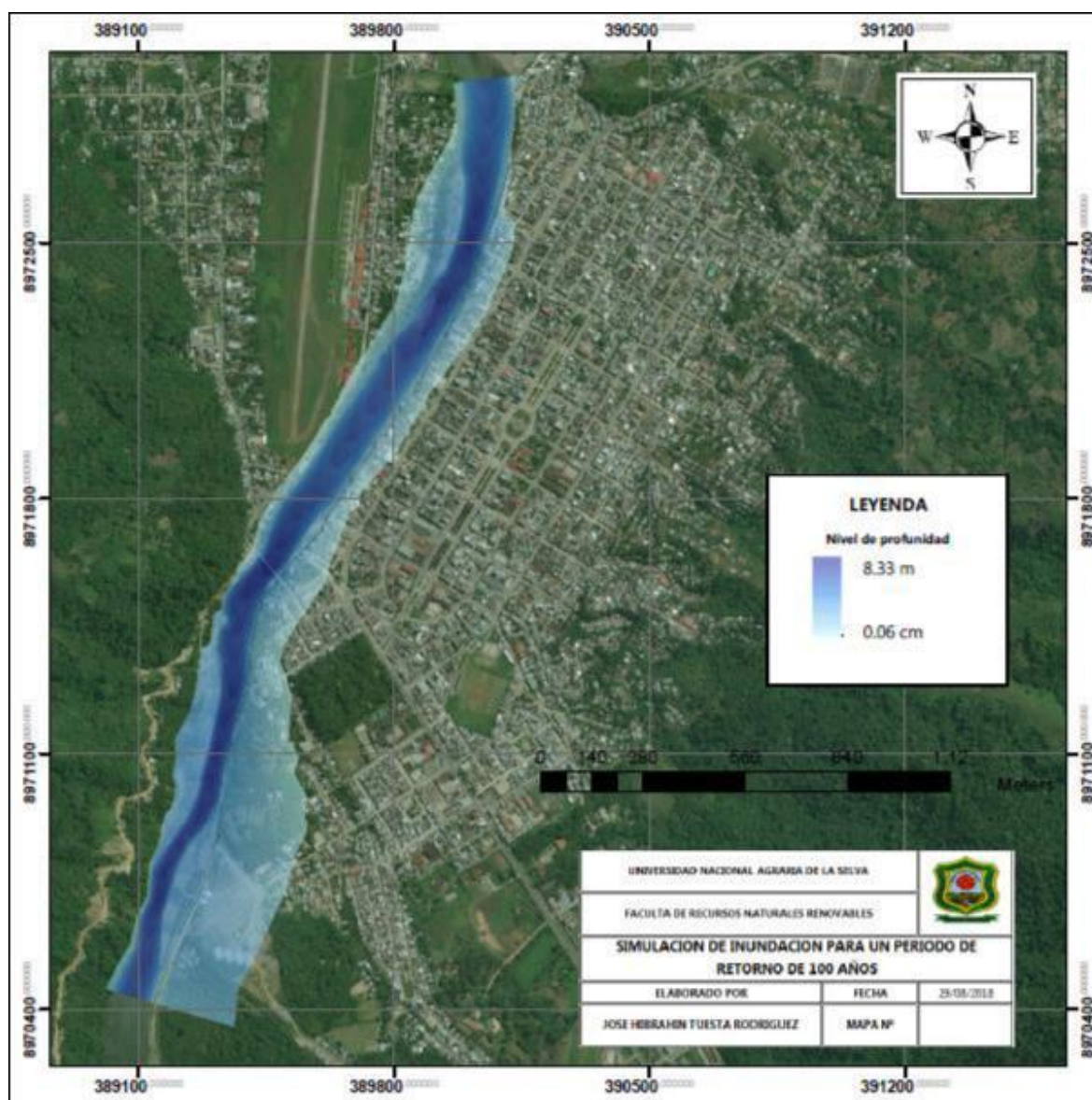


Figura 16. Simulación de inundación y altura alcanzada para un periodo de retorno de 100 años

## 4.2. Determinación del peligro

### 4.2.1. Factor desencadenante

#### 1) Intensidad para un periodo de retorno de 100 años

Del SENAHMI Tingo María se obtuvieron los siguientes datos:

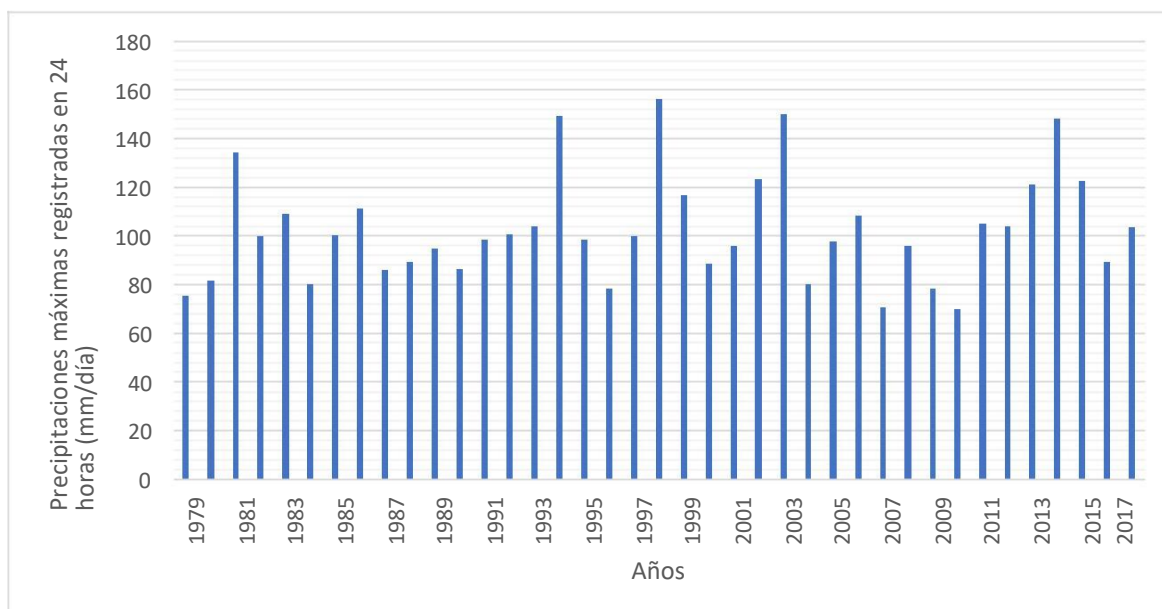


Figura 17. Precipitaciones máximas registradas en 24 horas para el periodo 1979 - 2017

Con la fórmula de Bell y las transformaciones de Yance Tueros y Dyck y Peschke se obtuvo la siguiente ecuación empírica IDF

$$I = K T^m t^n$$

Los parámetros de la ecuación son los siguientes, K

Cuadro 63. Coeficientes de la ecuación empírica IDF

Coeficientes		P - valor
K	2.3256364	p < 0.0001
m	0.1824022	p < 0.0001
n	-0.52712	p < 0.0001



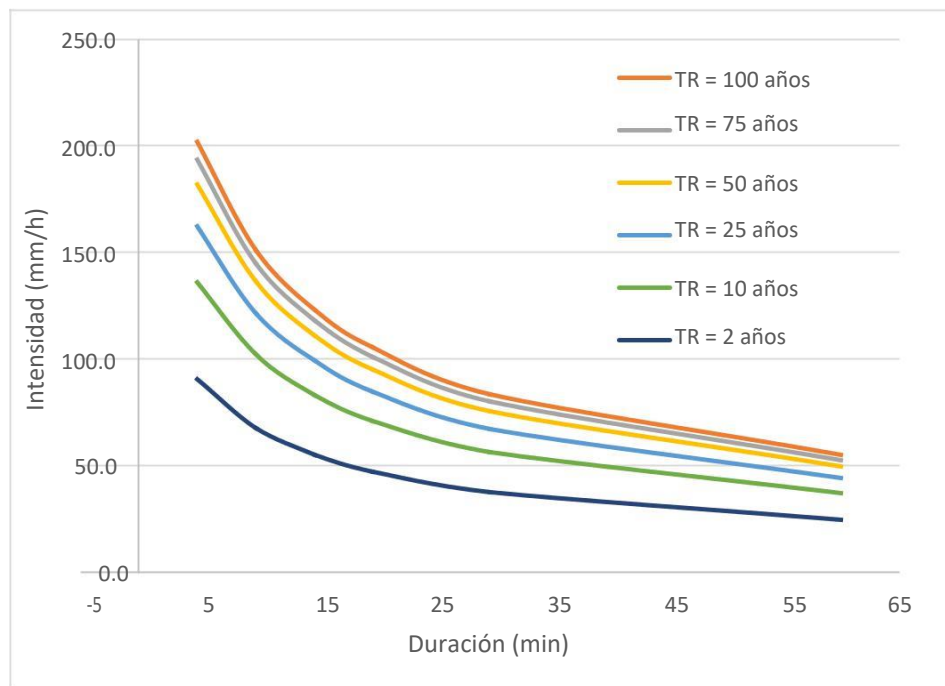


Figura 18. Curvas IDF para Tingo María

De la Curva IDF para el tiempo de retorno de 100 años se tomó el valor de 54.8 mm/h y según el Cuadro 32 le corresponde un valor de 0.260 al factor desencadenante

#### 4.2.2. Factores condicionantes

##### 1) Construcción de defensa

Existe una construcción de defensa ribereña en la ciudad de Tingo María, sin embargo, actualmente esta obra se encuentra deteriorada y no recibe mantenimiento, es el caso de los puntos críticos ubicados por playa Tingo, en este sentido se consideró para este descriptor, según el Cuadro 10, el valor de 0.271.

## 2) Cercanía y pendiente

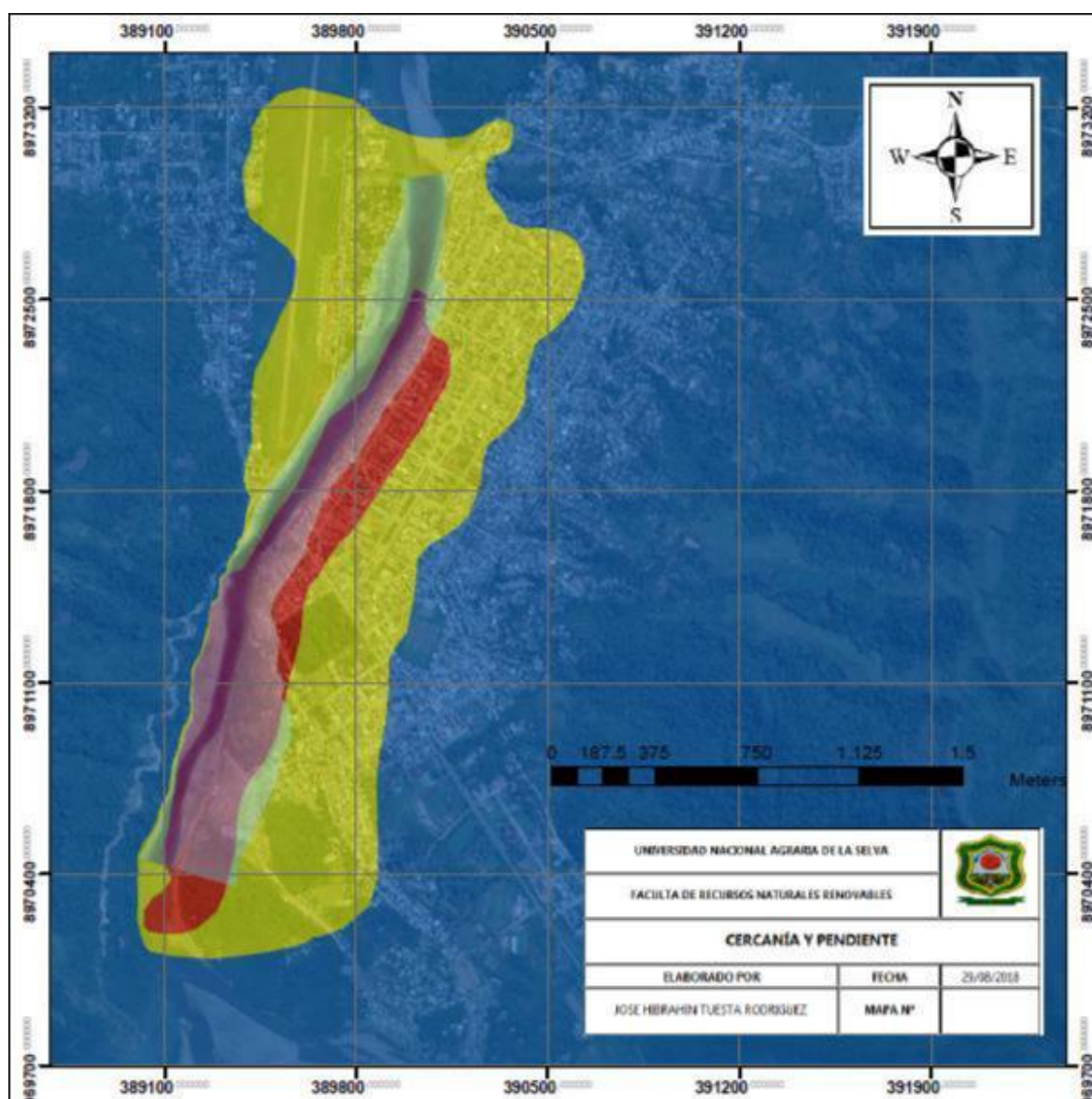


Figura 19. Clasificación del parámetro cercanía y pendiente

## 3) Tiempo de retorno

Siguiendo los criterios establecidos por el Cuadro 11 y los pesos establecidos en el Cuadro 39 consideramos un periodo de retorno de 100 años, se consideró el valor de 0.467

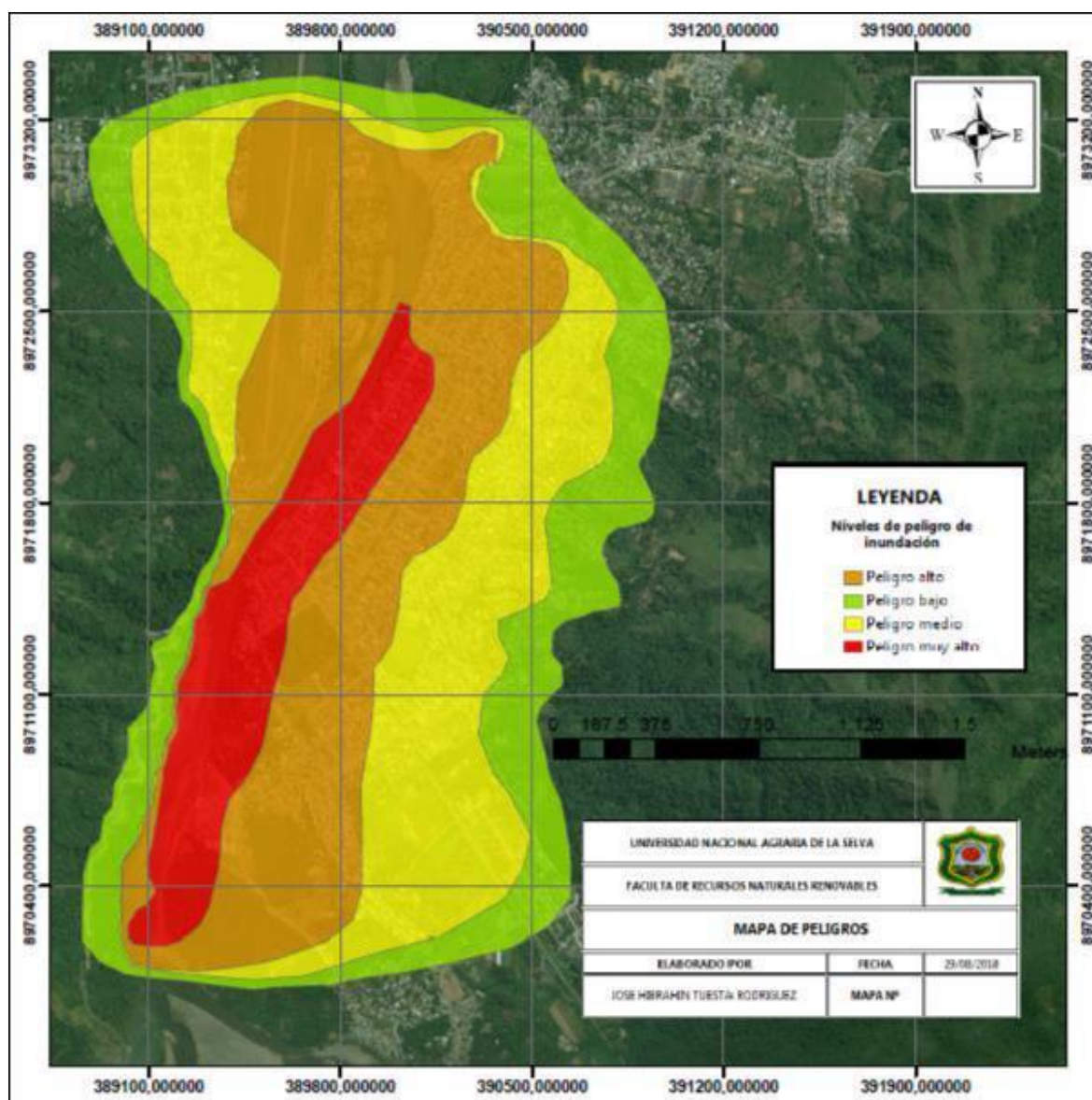


Figura 20. Mapa de peligros por inundación

Cuadro 64. Áreas y porcentajes de los niveles de peligros

Niveles de Peligro	Áreas (Ha)	Porcentaje
Peligro bajo	116.833	23.17%
Peligro medio	152.102	30.17%
Peligro muy alto	52.239	10.36%
Peligro alto	183.041	36.30%



### 4.3. Análisis de las vulnerabilidades

#### 4.3.1. Vulnerabilidad social

##### 4.3.1.1. Exposición

#### 1) Grupos etarios

A partir de los datos del SIGRID y de los pesos establecidos en el Cuadro 12 se obtuvo lo siguiente

Cuadro 65. Valor del descriptor Grupos etarios

Grupo etario	Porcentaje	PESO	Ponderado
De 0 a 5 años y mayores de 65 años.	8.83%	0.503	0.0444
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	23.06%	0.26	0.0600
De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	16.48%	0.134	0.0221
De 15 a 30 años.	26.23%	0.068	0.0178
De 30 a 50 años.	25.39%	0.035	0.0089
SUMA			0.1532

#### 2) Porcentaje de servicios educativos expuestos

De las 36 instituciones educativas registradas en la zona de estudio, solo 3 de ellas resultan afectadas en una inundación. Las instituciones educativas afectadas son: el colegio mariscal “Ramón Castilla” ubicado en Jr Tarapacá 133, la institución educativa “Adrián Lofsted” ubicada en la Av. Raymondi cuadra 9 y la otra institución educativa afectada es “Los laureles” ubicado en el pasaje Cesar Vallejo S/N Mz H Lote 3.

El porcentaje total que representa estas 3 instituciones educativas son el 8.33%, que según el Cuadro 13, le corresponde un valor de 0.035.

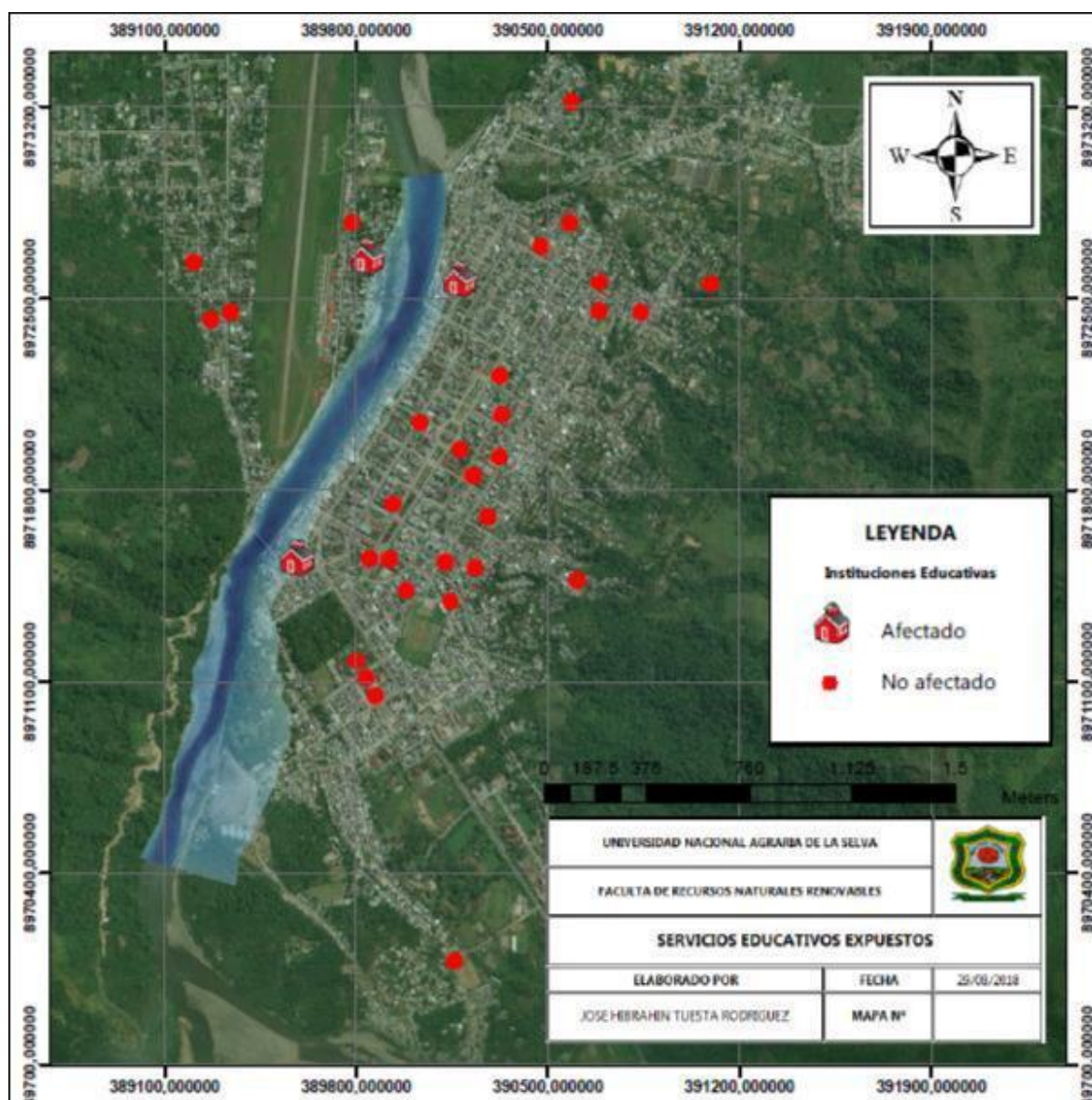


Figura 21. Servicios educativos expuestos ante una inundación

### 3) Porcentaje de servicios de salud expuestos

No se encontró ningún servicio de salud expuesto ante una inundación, en tal sentido, de acuerdo con el Cuadro 14, se le asigna a este parámetro el valor de 0.035

#### 4) Profundidad de inundación

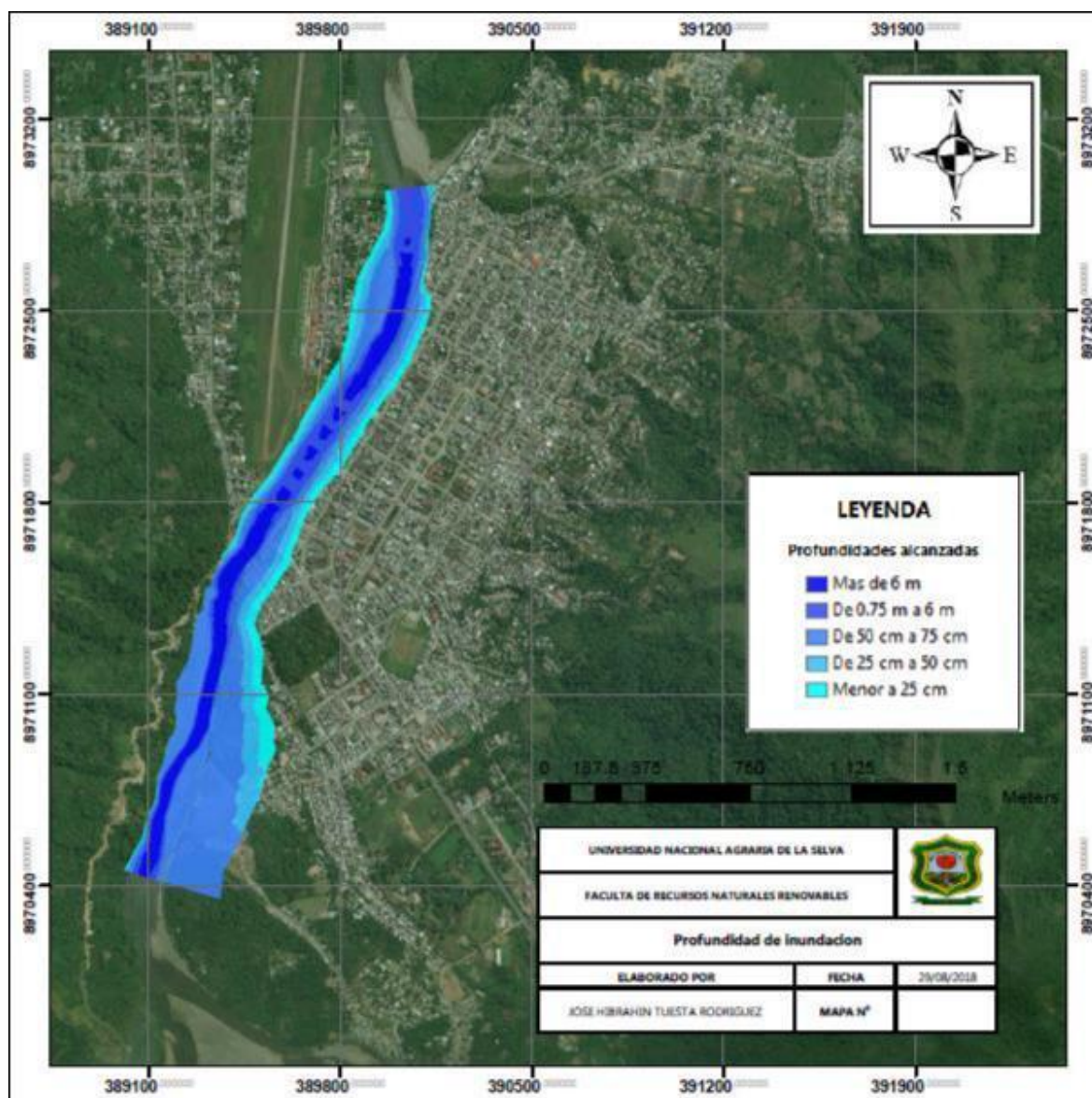


Figura 22. Profundidades alcanzadas por el agua en la inundación

#### 4.3.1.2. Fragilidad

##### 1) Material de los pisos de las viviendas

A partir de la base de datos del SIGRID y las ponderaciones establecidas en el Cuadro 50.

Cuadro 66. Material predominante en el piso para la ciudad de Tingo María

Material del piso	Porcentaje	Pesos	Ponderado
Piso de tierra	21.11%	0.503	0.1062
Piso de madera	3.30%	0.26	0.0086
Piso de cemento	68.68%	0.134	0.0920
Piso de láminas asfálticas	0.42%	0.068	0.0003
Piso de losetas	6.49%	0.035	0.0023
SUMA			0.2093

## 2) Material de las paredes de las viviendas

A partir de la base de datos del SIGRID y las ponderaciones establecidas en el Cuadro 51

Cuadro 67. Material predominante en las paredes para la ciudad de Tingo María

Material de las paredes	Porcentaje	Pesos	Ponderado
Pared de piedra con barro	0.03%	0.503	0.0002
Pared de calamina	0.58%	0.26	0.0015
Pared de madera	28.49%	0.134	0.0382
Pared de piedra, sillar con cal o cemento	0.23%	0.068	0.0002
Pared de ladrillo o bloque de cemento	70.67%	0.035	0.0247
SUMA			0.0647

## 3) Número de pisos por vivienda

Cuadro 68. Número de pisos de las viviendas para la ciudad de Tingo María

Número de Pisos	Porcentaje	Pesos	Ponderado
5 pisos.	3.10%	0.503	0.0156
4 pisos.	4.65%	0.26	0.0121
3 pisos.	16.67%	0.134	0.0223
2 pisos.	30.62%	0.068	0.0208
1 piso.	44.96%	0.035	0.0157
SUMA			0.0866

#### 4) Estado de las edificaciones

Cuadro 69. Estado de las edificaciones para la ciudad de Tingo María

Estado de las edificaciones	Porcentaje	Pesos	Ponderado
Muy malo	2.67%	0.503	0.0134
Malo	5.78%	0.26	0.0150
Regular	42.22%	0.134	0.0566
Bueno	39.56%	0.068	0.0269
Muy Bueno	9.78%	0.035	0.0034
SUMA			0.1153

#### 4.3.1.3. Resiliencia

##### 1) Actitud frente al riesgo

Cuadro 70. Actitud frente al riesgo para la población de Tingo María

Actitud frente al riesgo	Porcentaje	Pesos	Ponderado
Actitud fatalista, conformista y con desidia	48.48%	0.503	0.2439
Actitud escasamente previsor	26.77%	0.26	0.0696
Actitud parcialmente previsor, sin implementación de medidas para prevenir el riesgo.	14.14%	0.134	0.0189
Actitud parcialmente previsor, implementando escasas medidas para prevenir el riesgo.	6.06%	0.068	0.0041
Actitud previsor, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo.	4.55%	0.035	0.0016
SUMA			0.3381

##### 2) Número de entidades de rescate en los primeros 10 minutos

Las entidades de rescate identificadas para la ciudad de Tingo María son los bomberos, serenazgo y la policía.



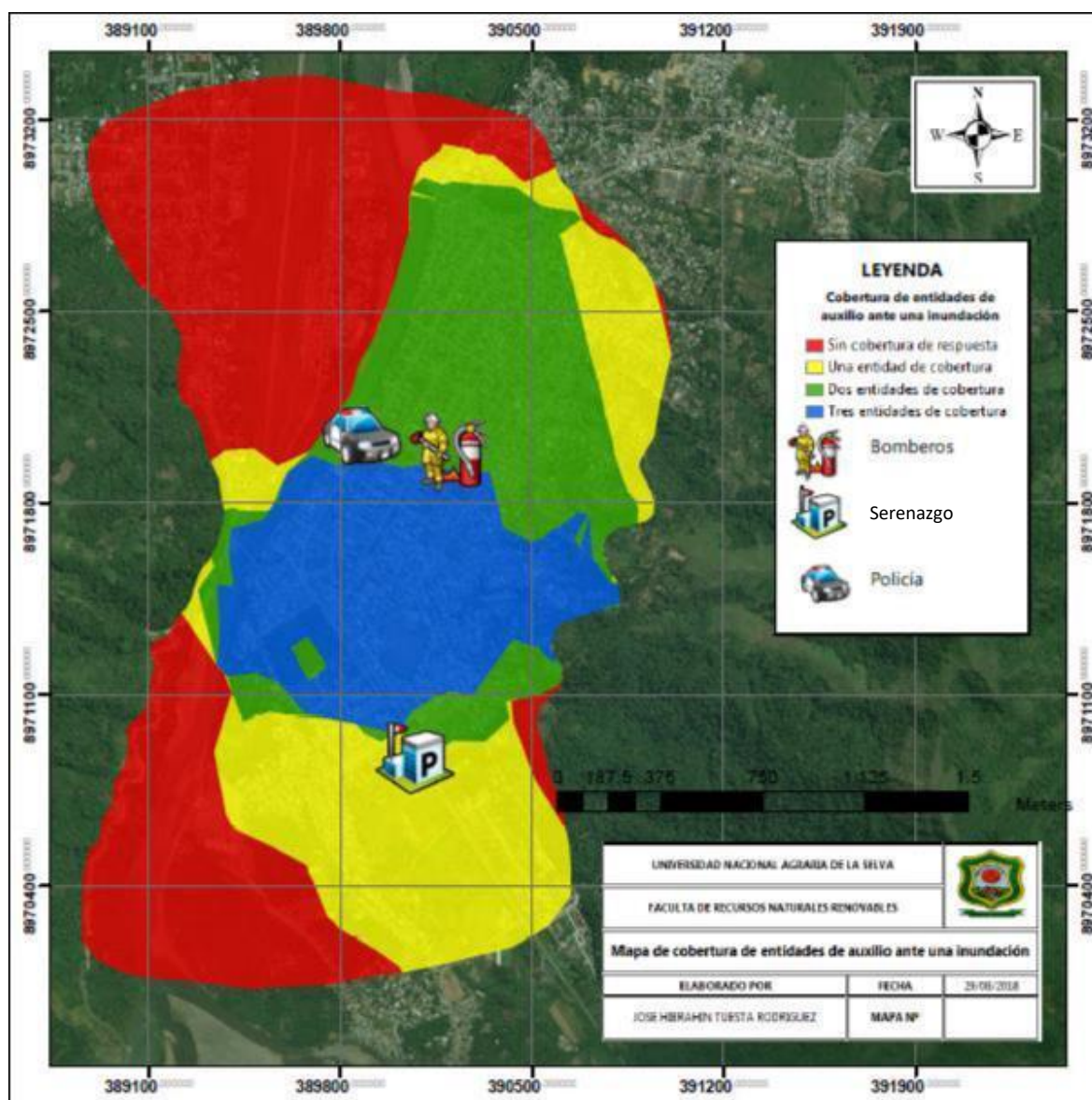


Figura 23. Cobertura de respuesta de entidades de auxilio en los primeros 10 minutos

### 3) Conocimiento local sobre ocurrencias pasadas de inundación

Cuadro 71. Conocimiento local sobre ocurrencias pasadas de inundación de la población de Tingo María

Actitud frente al riesgo	Porcentaje	Pesos	Ponderado
Existe desconocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	52.14%	0.503	0.2622
Existe un escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	14.96%	0.26	0.0389
Existe un regular conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	12.82%	0.134	0.0172
Tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	9.40%	0.068	0.0064
Tiene conocimiento alto sobre las causas y consecuencias de los desastres.	10.68%	0.035	0.0037
<b>SUMA</b>			<b>0.3284</b>

### 4) Tipo de seguro afiliado

Cuadro 72. Tipo de seguro afiliado de la población de Tingo María

Seguro afiliado	Porcentaje	Pesos	Ponderado
Ninguna	46.51%	0.503	0.2340
SIS	33.79%	0.26	0.0878
ESSALUD	17.60%	0.134	0.0236
FFAA - PNP	1.27%	0.068	0.0009
Privado	0.83%	0.035	0.0003
<b>SUMA</b>			<b>0.3465</b>

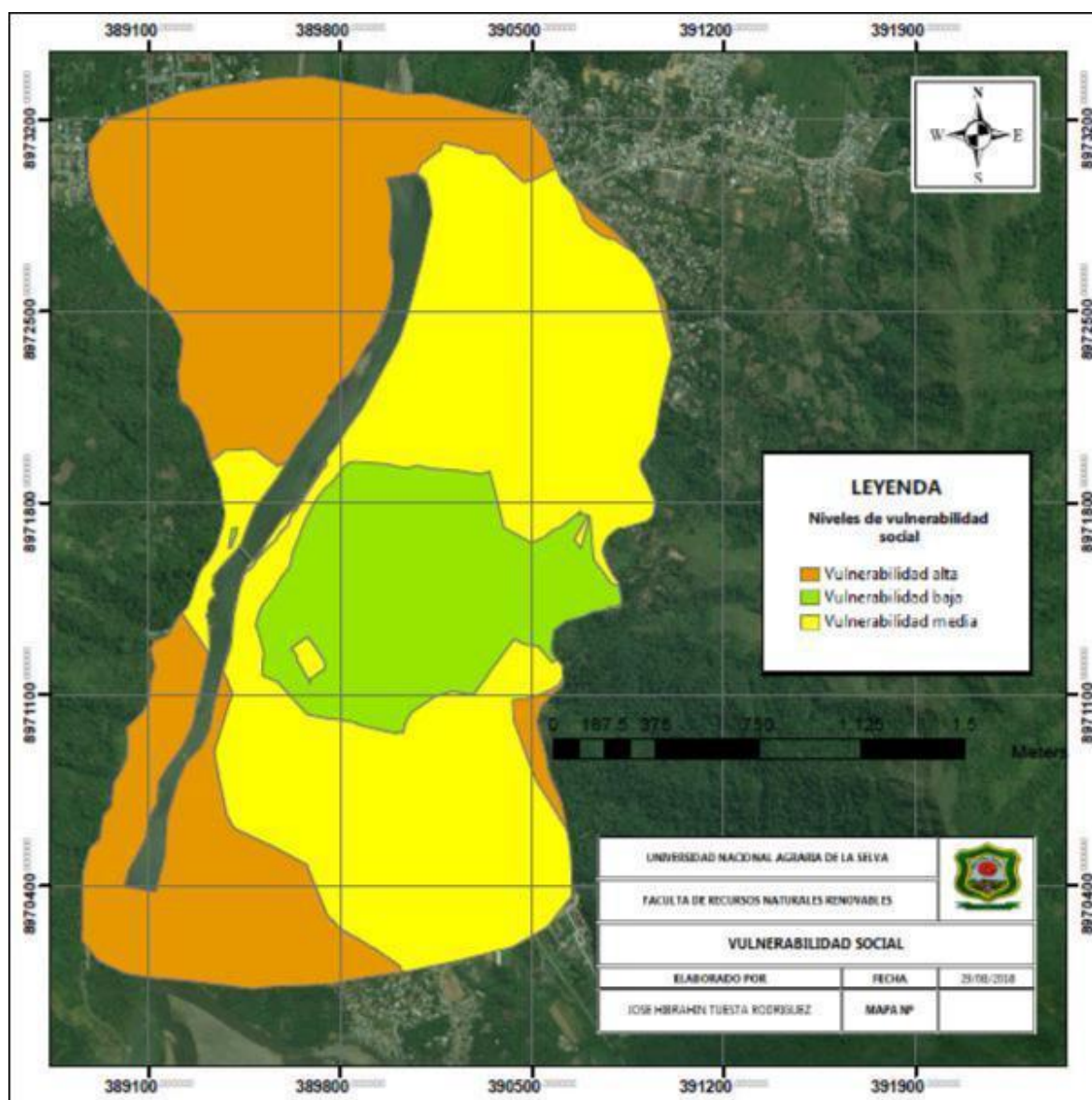


Figura 24. Niveles de vulnerabilidad social

Cuadro 73. Niveles de vulnerabilidad social

Niveles de vulnerabilidad social	Áreas (Ha)	Porcentaje
Vulnerabilidad alta	195.623	34.32%
Vulnerabilidad media	226.396	39.72%
Vulnerabilidad baja	148.009	25.97%



## 4.3.2. Vulnerabilidad económica

### 4.3.2.1. Exposición

#### 1) Localización de la edificación

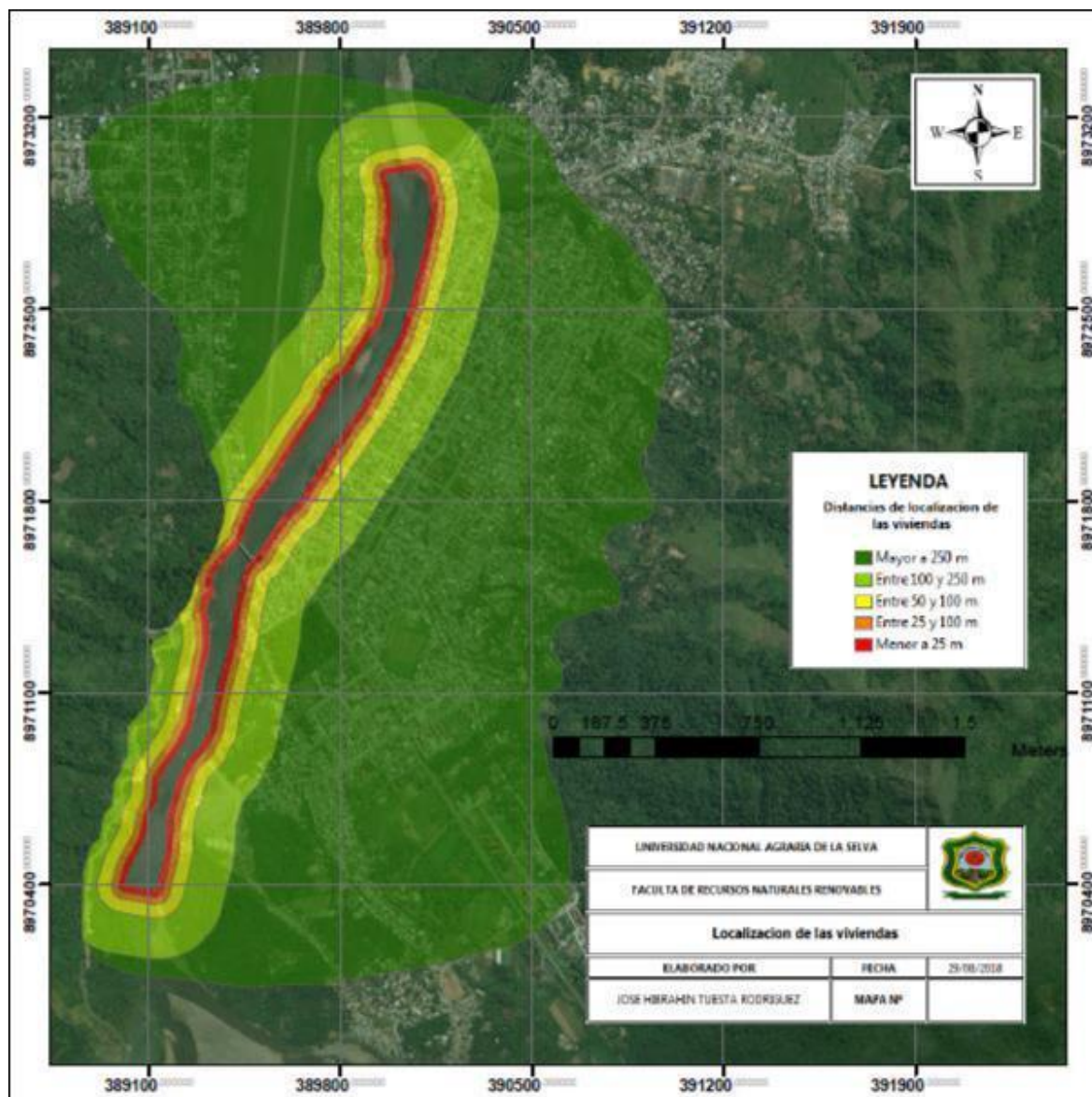


Figura 25. Distancias de las edificaciones al cuerpo de agua

## 2) Profundidad de la inundación

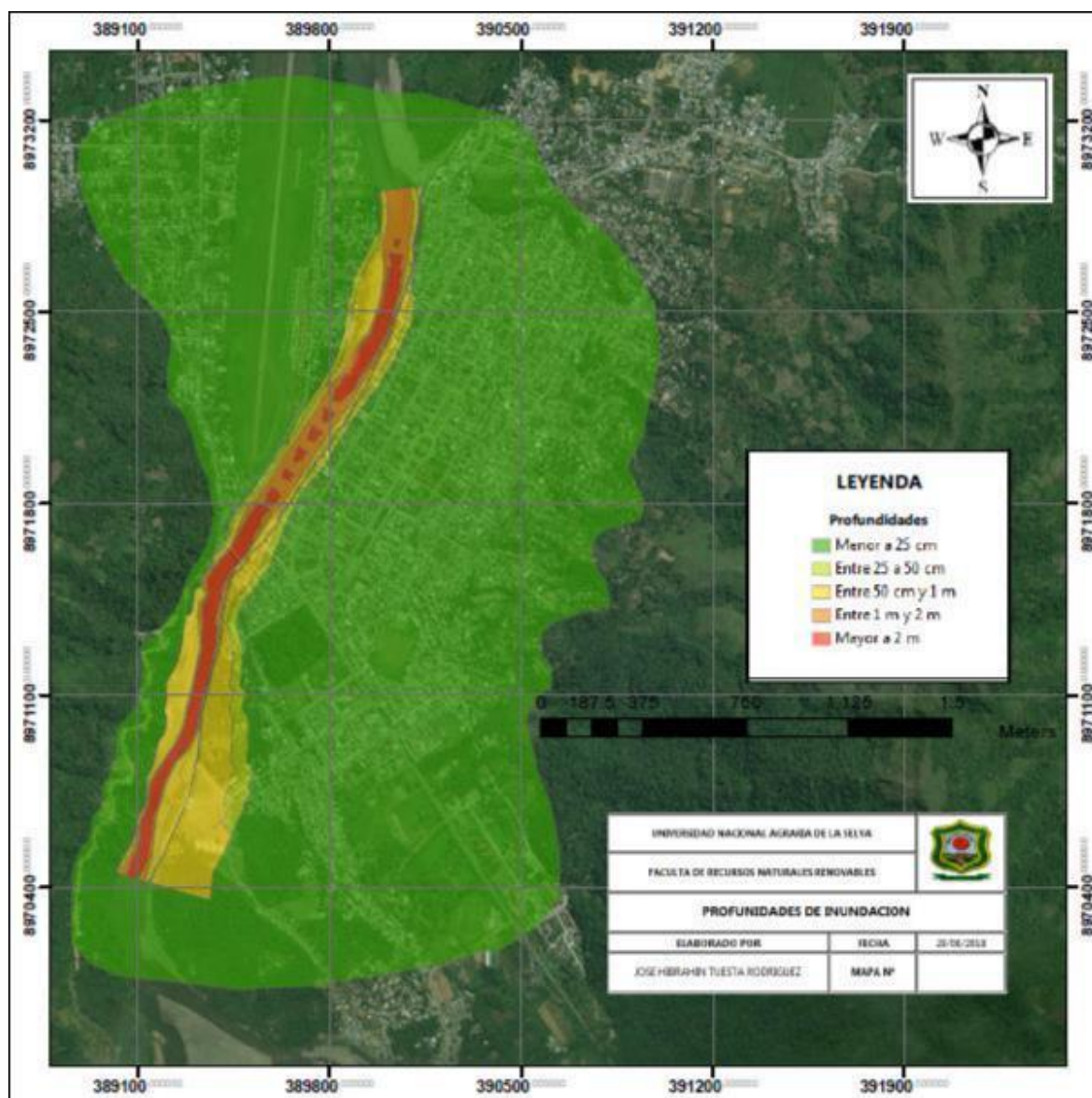


Figura 26. Niveles de inundación alcanzados

### 4.3.2.2. Fragilidad

#### 1) Material de los pisos de las viviendas

Calculado en el Cuadro 66

#### 2) Material de las paredes de las viviendas

Calculado en el Cuadro 67

**3) Estado de la edificación**

Calculado en el Cuadro 69

**4) Antigüedad de la construcción**

Cuadro 74. Antigüedad de las edificaciones para Tingo María

Antigüedad de la edificación	Porcentaje	Pesos	Ponderado
De 40 a 50 años.	18.44%	0.503	0.0928
De 30 a 40 años.	21.28%	0.26	0.0553
De 20 a 30 años.	24.11%	0.134	0.0323
De 10 a 20 años.	31.91%	0.068	0.0217
De 5 a 10 años.	4.26%	0.035	0.0015
SUMA			0.2036

**5) Número de pisos**

Calculado en el Cuadro 68

**4.3.2.3. Resiliencia**

**1) Ingreso familiar promedio**

Cuadro 75. Ingreso familiar promedio para Tingo María

Ingreso familiar promedio (soles)	Porcentaje	Pesos	Ponderado
< 500	2.17%	0.503	0.0109
> 500 - <750	5.43%	0.26	0.0141
> 750 - < 1000	36.96%	0.134	0.0495
> 1000 - < 1500	48.91%	0.068	0.0333
>1500	6.52%	0.035	0.0023
SUMA			0.1101

**2) PEA desocupada**



Cuadro 76. Percepción de la población económicamente activa

Población económicamente activa desocupada	PESO	Pesos	Ponderado
Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo.	21.92%	0.503	0.1102
Bajo acceso y poca permanencia en un puesto de trabajo.	28.77%	0.26	0.0748
Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo.	20.55%	0.134	0.0275
Acceso y permanencia a un puesto de trabajo.	16.44%	0.068	0.0112
Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo.	12.33%	0.035	0.0043
SUMA			0.1101

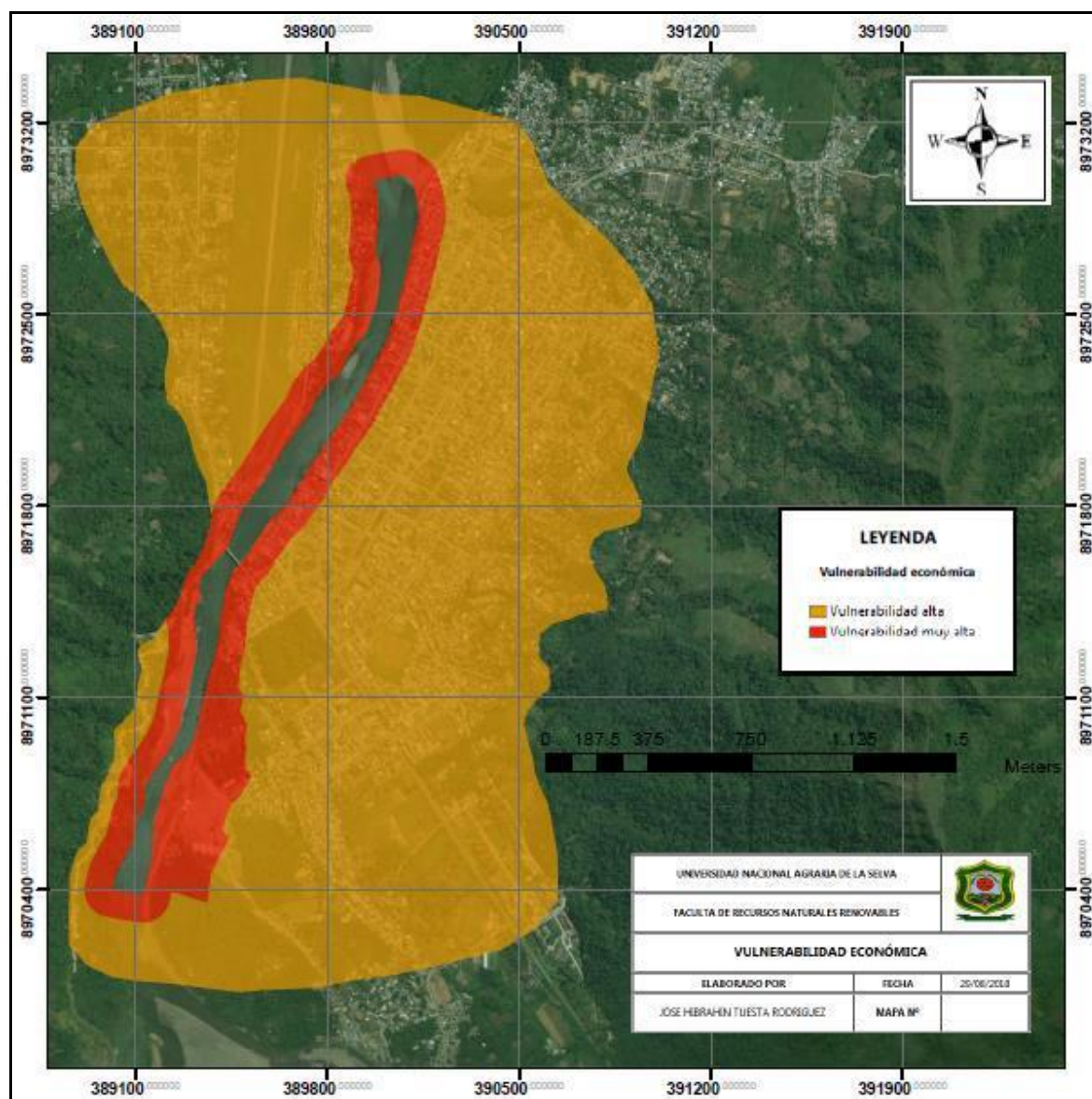


Figura 27. Vulnerabilidad económica

Cuadro 77. Niveles de vulnerabilidad económica para Tingo María

Niveles de vulnerabilidad económica	Áreas (Ha)	Porcentaje
Vulnerabilidad alta	93.686	22.20%
Vulnerabilidad media	328.333	77.80%

#### 4.3.3. Vulnerabilidad ambiental

##### 4.3.3.1. Exposición

###### 1) Biodiversidad

Aplicando la fórmula de Margalef y utilizando el inventario de biodiversidad mostrado en los Cuadro 5 y Cuadro 6. Las especies registradas en ambos cuadros suman 36, con lo que el índice de Margalef resulta:

$$D_{Mg} = \frac{36 - 1}{2.32 \ln[36]} = 4.2099$$

Según el Cuadro 8, este valor refleja una alta biodiversidad en la zona de estudio, por lo que según el Cuadro 61 le asignamos a este parámetro el valor de 0.260.

##### 4.3.3.2. Fragilidad

###### 1) Explotación de recursos naturales

Por la deforestación en las zonas ribereñas, la extracción de material del cauce del río de una manera no planificada consideramos este parámetro como 0.503

###### 2) Calidad del agua del río

Aplicando la fórmula propuesta por el (ANA, 2009) para determinar el índice de calidad de agua del río Huallaga y con los datos obtenidos del monitoreo participativo del 2017 de la misma entidad, tenemos:

$$F1 = 12.361$$

$$F3 = 64.2973$$

$$ICA = 79.929406$$

Para este valor, según el Cuadro 9, la calidad de agua es buena, a este valor le corresponde el valor de 0.065.

#### **4.3.3.3. Resiliencia**

##### **1) Cumplimiento de la normativa ambiental**

El botadero municipal, los puntos críticos de residuos sólidos en las riberas del río, el vertimiento de efluentes contaminados sin tratamiento al río Huallaga; esta y entre otras actividades están normadas para evitar los impactos en el ambiente y son responsabilidad de los gobiernos locales, regionales y nacionales cumplirlos y hacer cumplir; en vista de toda esta problemática asignamos un valor de 0.503 para este parámetro

##### **2) Capacitación en temas ambientales**

En la actualidad, las capacitaciones, charlas y concientizaciones por el tema ambiental, alcanzan alta cobertura, entonces se considera para este parámetro el valor de 0.065

##### **3) Cultura ancestral en conservación de recursos**

La cultura es mayormente de aprovechamiento de los recursos para la promoción económica, es decir, el tema de conservación es algo de segundo plano, por esta razón se considera para este parámetro el valor de 0.260.

Cuadro 78. Vulnerabilidad ambiental para Tingo María

Factor	Parámetro	Peso	Valor	Ponderado
Exposición	Biodiversidad	1	0.26	0.2600
Fragilidad	Explotación de recursos	0.75	0.503	0.3773
	Calidad de agua	0.25	0.065	0.0163
	Cumplimiento de la normativa ambiental	0.633	0.503	0.3184
Resiliencia	Capacitación en temas ambientales	0.26	0.065	0.0169
	Cultura ancestral de manejo de recursos	0.106	0.26	0.0276
Vulnerabilidad ambiental				0.3388

#### 4.4. Determinación del riesgo

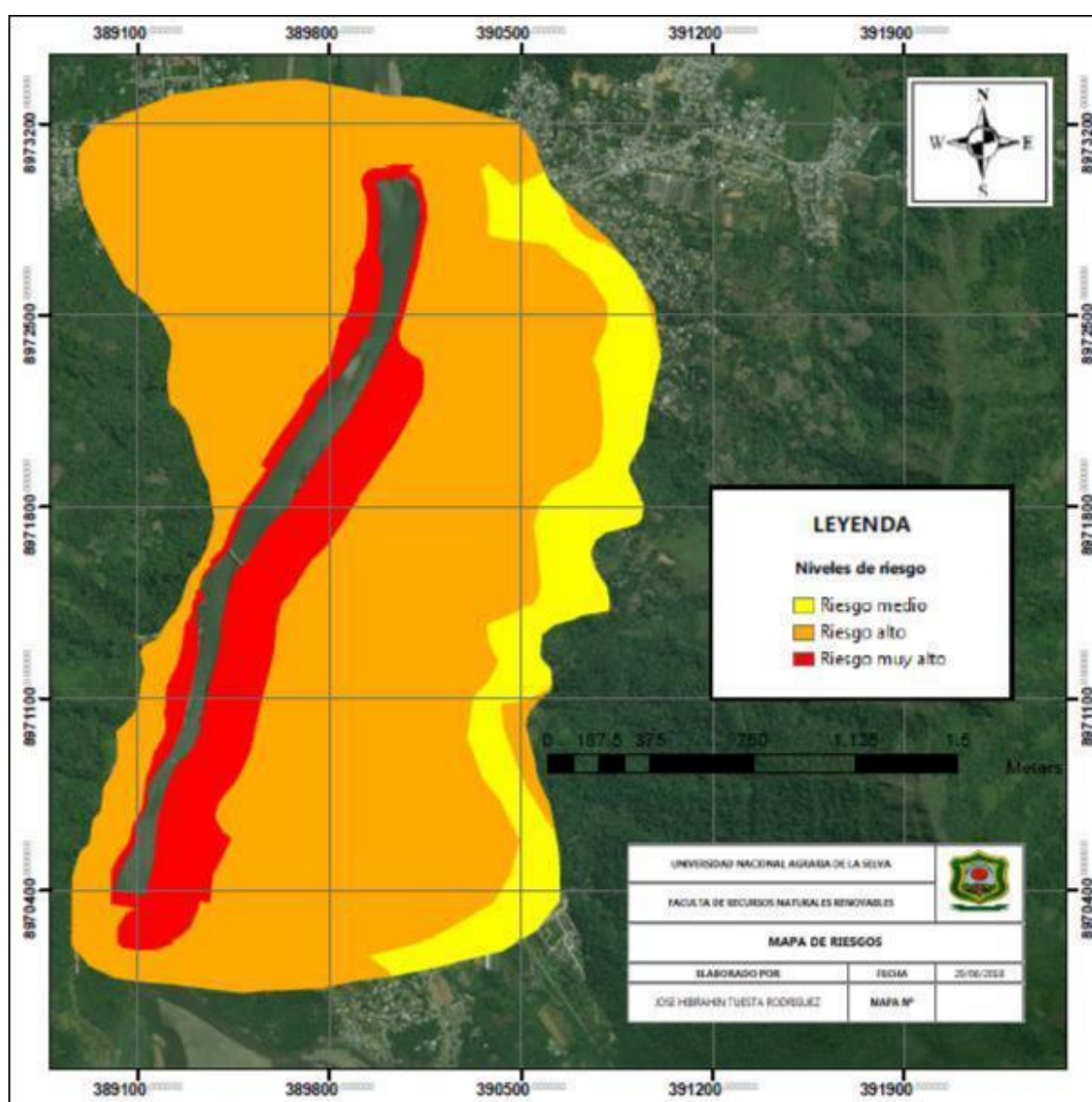


Figura 28. Niveles de riesgo por inundación

Cuadro 79. Niveles de riesgo de inundación para Tingo María

Niveles de riesgo	Áreas (Ha)	Porcentaje
Riesgo muy alto	87.69661538	15.38%
Riesgo alto	131.5449231	23.08%
Riesgo medio	350.7864615	61.54%



## **V. DISCUSIÓN**

En el trabajo realizado por TUESTA (2017) y ABC (2008) los niveles de peligro de inundación para el área de estudio alcanzaron la categoría de altos a medios, sin embargo, en nuestro estudio se alcanzó niveles de peligro con categorías de altas a muy altas. En el trabajo de TUESTA (2017) se delimitó el área de influencia de una forma deliberada sin tener en cuenta el alcance del río en las crecidas, sin embargo, en nuestro estudio se realizó una simulación HEC – RAS que nos permitió identificar de una manera mas objetiva los posibles sectores afectados. El trabajo de TUESTA (2017) no considera factores condicionantes ni desencadenantes en su estimación de peligro, a diferencia de nuestro estudio en el que se considera el factor desencadenante a la intensidad de precipitación y a los factores condicionantes a la cercanía y pendiente del terreno, el tiempo de retorno de las lluvias y el estado de la actual defensa ribereña, haciendo de nuestra estimación un valor mas confiable; por otra parte nuestro estudio se valió de una plataforma SIG para la zonificación del peligro a diferencia de los estudios de TUESTA (2017) y ABC (2008).

El análisis de vulnerabilidades realizado por ABC (2008) en la zona de estudio se rigió por la metodología INDECI, metodología que actualmente está desfasada, en esta metodología se tomaron en cuenta la vulnerabilidad física, ambiental, económica, social, educativa, cultural, política y científica

tecnológica; sin embargo, estas vulnerabilidades se calcularon con pesos asignados arbitrariamente sin un análisis jerárquico o por lo menos de consulta de expertos, a diferencia de nuestro estudio las vulnerabilidades obtuvieron 3 dimensiones, social, económica y ambiental (dimensiones del desarrollo sostenible) y cada uno de los parámetros dentro de estas dimensiones tuvieron una asignación de pesos de acuerdo a la importancia al nivel de vulnerabilidad por medio del análisis jerárquico Saaty. Por otra parte, en el estudio de TUESTA (2017) se trabajó con la metodología CENEPRED y para los niveles de exposición se utilizaron los parámetros exposición de viviendas, exposición de áreas de cultivos y tipo de construcción de viviendas, estos 3 parámetros obtuvieron un nivel de exposición muy alta, sin embargo, tampoco se realizó un análisis jerárquico con datos objetivos de campo para determinar verdaderamente si los niveles de exposición merecen esa calificación, en nuestro estudio, para el análisis de los elementos expuestos, con respecto a la exposición de grupos etarios se alcanzó un nivel de exposición alto, ya que según la estadística solo cerca del 33% de la población es de 0 a 12 años y mayor de 60 años, con respecto los servicios educativos solo 2 son afectados parcialmente y con respecto a los servicios de salud, no hay ninguno perjudicado dentro del área de estudio, finalmente las profundidades de inundación alcanzados ante un eventual desborde para un periodo de retorno de 100 años, alcanzaron niveles más altos para las zonas de Potokar y Brisas del Huallaga (con profundidades mayores a 1.5 m).

En el trabajo de TUESTA (2017) no se agruparon las vulnerabilidades por dimensiones, sino que en un solo grupo se mezclaron todos

los parámetros usando un total de solo 11 parámetros, a diferencia de nuestro estudio en el que se utilizaron 12 parámetros para la vulnerabilidad social, 9 parámetros para la vulnerabilidad económica y 6 parámetros para la vulnerabilidad ambiental, haciendo un total de 27 parámetros y cada uno de los parámetros de estudio tuvo su ponderación de acuerdo a su nivel de importancia, por esta razón la presente investigación es más completa en cuanto a análisis de vulnerabilidad de inundación.

En el trabajo de ABC (2008) los niveles de riesgo alcanzados son de categoría alta a muy alta, sin embargo este valor no está zonificado y solo presenta un valor general para toda el área de estudio, al igual que el trabajo realizado por TUESTA (2017). En nuestro estudio se zonificaron las áreas están calculadas de acuerdo al nivel de riesgo obtenido por medio del cálculo del peligro y vulnerabilidad.

## **VI. CONCLUSIÓN**

### **6.1. Con respecto a los peligros**

- El peligro muy alto alcanza una extensión de 52.239 Ha, representando 10.36% del área de estudio. La zona afectada por este peligro va desde la ribera del río, hasta las primeras cuadras de los jirones al lado derecho de la Av. Raymondi.
- El peligro alto alcanza una extensión de 183.41 Ha, representando 36.30% del área de estudio.
- El peligro medio alcanza una extensión de 152.102 Ha, representando 30.17% del área de estudio.
- El peligro bajo alcanza una extensión de 116.833 Ha, representando 23.17% del área de estudio.

### **6.2. Con respecto a las vulnerabilidades**

#### **6.2.1. Vulnerabilidad social**

- La Vulnerabilidad alta alcanza una extensión de 195.623 Ha, representando el 34.32% del territorio de estudio.
- La Vulnerabilidad media alcanza una extensión de 226.396 Ha, representando el 39.72% del territorio de estudio.
- La Vulnerabilidad baja alcanza una extensión de 148.009 Ha, representando el 25.97% del territorio de estudio.

### **6.2.2. Vulnerabilidad económica**

- La vulnerabilidad muy alta alcanza una extensión de 93.686 Ha, representando el 22.20% del territorio de estudio.
- La vulnerabilidad alta alcanza una extensión de 328.333 Ha, representando el 77.80% del área de estudio.

### **6.2.3. Vulnerabilidad ambiental**

- La vulnerabilidad ambiental en el área de estudio, según el Cuadro 59, alcanza la categoría de muy alto en toda su extensión.

## **6.3. Con respecto al riesgo**

- El riesgo muy alto alcanza una extensión de 87.696 Ha, representando el 15.38% del área de estudio.
- El riesgo alto alcanza una extensión de 350.786 Ha, representando el 61.54% del área de estudio
- El riesgo medio alcanza una extensión de 131.545 Ha, representando el 23.08% del área de estudio.

## **VII. RECOMENDACIÓN**

### **7.1. Con respecto al estudio**

#### **7.1.1. En la identificación de los peligros**

- Obtener un modelo de elevación digital (DEM) muy detallado, no solo del cauce sino también de las zonas aledañas de influencia, ya que esto determina los niveles de peligro en la simulación.
- Identificar las intensidades de lluvias históricas de inundación para la posterior ponderación, ya que esto haría la calificación de la intensidad más congruente con el área de estudio

#### **7.1.2. En el análisis de vulnerabilidades**

- Se recomienda una base de datos espacial de toda la información para zonificar específicamente las vulnerabilidades.
- Adecuar los indicadores en el contexto socioeconómico ambiental de la zona de estudio

### **7.2. Con respecto al área de estudio**

- El municipio del centro poblado menor de Castillo Grande en coordinación con las autoridades del AAVV Los laureles deberá sanear sus predios de posesión frente a la demanda de invasión interpuesta por CORPAC.

- La municipalidad provincial de Leoncio Prado deberá realizar la limpieza y descolmatación del río Huallaga por lo menos una vez al año en época de estiaje.
- Se deberá hacer cumplir la reglamentación vigente sobre la no ocupación de terrenos de áreas marginales, evitando nuevas construcciones y asentamientos humanos.
- Se deberán realizar trabajos de desarrollo urbano mediante un planeamiento de calidad, para lograr un crecimiento equilibrado, sustentable y equitativo del poblado, teniendo en cuenta de no ubicar ningún tipo de infraestructura dentro de la zona considerada como de alto riesgo.
- Se debe implementar un plan de reforestación de la cuenca alta del río Huallaga y sus tributarios.

## **VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABC, A. (2008). "IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO EN LA REGIÓN HUÁNUCO" - Leoncio Prado. Huánuco - Perú.

ANA. (2009). METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN EL PERU (ICA – PE). Lima, Perú.

AVELINO, T. (2012). Analisis situacional de Salud en Tingo María. Tingo María: Red de salud - Leoncio Prado.

CENEPRED. (2014). MANUAL PARA LA EVALUACION DE RIESGOS ORIGINADOS POR INUNDACIONES FLUVIALES. Lima .

CENEPRED. (2015). Manual para la evualuación de riesgos de origen natural (2). Lima: NEVA STUDIO S.A.C.

CENEPRED. (2017). INFORME DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN PLUVIAL Y FLUVIAL ORIGINADO POR LLUVIAS INTENSAS EN EL AREA URBANA DEL DISTRITO DE TAMBOGRANDE PIURA. Piura: Municipalidad distrital de Tambogrande.

CENEPRED. (1 de Setiembre de 2018). [www.sigrid.gob.pe](http://www.sigrid.gob.pe). Obtenido de [www.sigrid.gob.pe/estadisticas-distritales](http://www.sigrid.gob.pe/estadisticas-distritales)



Estacion José Abelardo Quiñones. (2008). Precipitaciones para el periodo 1992 - 2001. Tingo María.

GARRIDO, M. (2012). INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA LA ALERTA TEMPRANA ANTE EL PELIGRO DE INUNDACIONES. La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

Gobierno Regional de Huánuco. (2012). ESTUDIO HIDROLOGICO DEL RIO HUALLAGA (MARGEN DERECHA) DEFENSA RIBEREÑA DESDE AFILADOR, BRISAS Y TINGO MARÍA. Huánuco - Perú.

HERNÁNDEZ, C. (2014). Modelación de áreas de afectación por desbordamiento de ríos en zona de transición fluvial. caso del rio la antigua, Veracruz. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTANO, MÉXICO.

IIAP. (2005). Potencialidades y limitaciones - Zonificación Ecológica Económica de la región San Martín como base para el ordenamiento territorial. San Martín.

INDECI. (2011). MANUAL DE ESTIMACION DEL RIESGO ANTE INUNDACIONES FLUVIALES. Lima - Perú.

KIELY, G. (1999). INGENIERIA AMBIENTAL - Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid - España: IMPRESA.

MATTOS, S., PARODI, G., & DAMIANO, F. (2013). ANÁLISIS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN ÁREA URBANA EMPLEANDO MODELOS

HIDRODINÁMICOS Y HERRAMIENTAS SIG (PERGAMINO, ARGENTINA). Argentina: P.O. Box 6, 7500 AA Enschede.

MORENO, C. (2001). Metodos para medir la Biodiversidad. Madrid: CYTED.

Municipalidad provincial de Leoncio Prado. (2012). ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RIO HUALLAGA. Tingo María - Perú.

Municipalidad provincial de Leoncio Prado. (2014). “Rehabilitación, mejoramiento y construcción de la defensa ribereña del rio Huallaga (margen derecho), entre las localidades de afilador, brisas del Huallaga y Tingo María” . Tingo María.

PALMER, G. (2017). Determinacion de areas inundables en los sectores San Pedro y niño pobre, segun caudales maximos estimados en el rio Utcubamba, aplicando el modelo HEC RAS y el Software ArcGIS. Trujillo - Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.

PANDURO, W. (2008). EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE INUNDACIONES PARA UNA PROPUESTA EDUCATIVA AMBIENTAL EN LOS DISTRITOS DE MARIANO DÁMASO BERAÚN, RUPA RUPA Y PADRE FELIPE LUYANDO DE LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO. Tingo María: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA.

Qualytec. (2018). INFORME DE EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN FLUVIAL EN AMBAS MARGENES DEL RIO HUARMAMAYO ENTRE LAS LOCALIDADES DE NINABAMBA Y

ACCOBAMBA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, PROVINCIA LA MAR –  
AYACUCHO. Ayacucho.

QUISPE, C. (2012). Estudio diagnóstico Provincia Leoncio Prado Huánuco Perú.  
Tingo María.

RODRÍGUEZ, Y. (2011). MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE AVENIDAS. CASO  
DE ESTUDIO: CUENCA DEL RÍO ZAZA. La Habana: Instituto Superior  
Politécnico José Antonio Echeverría.

TUESTA, R. (2013). MANUAL DE ARCGIS 10 - NIVEL INTERMEDIO. Tingo  
María: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA.

Villón Bejar, M. (2002). HIDROLOGÍA. Lima: Villón.

ZAFRA, J. (2015). NIVEL DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA ZONA DE  
CALISPUQUIO - SECTOR V – CAJAMARCA. Cajamarca - Perú:  
Universidad Privada del Norte - FACULTAD DE INGENIERÍA.