

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL - SEDE JAÉN



EVALUACION DEL RIESGO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO PERÚ - JAÉN
ANTE EL PELIGRO DE HUAYCOS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACHILLER: CRISTHIAN JUNIOR GASTULO TAPIA

ASESOR: ING. WILDER MAX NARRO MARTOS

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

SEDE JAÉN



**EVALUACIÓN DEL RIESGO, EN EL ASENTAMIENTO HUMANO PERÚ- JAÉN,
ANTE EL PELIGRO DE HUAYCOS**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

BACHILLER: Cristhian Junior Gastulo Tapia.

Asesor:

ING. Wilder Max Narro Martos

JAÉN – CAJAMARCA-PERÚ

2014

COPYRIGHT © 2014 by
CRISTHIAN JUNIOR GASTULO TAPIA
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTOS

Quisiera dejar constancia de mi agradecimiento a todas aquellas personas que durante estos meses me han ofrecido con generosidad su ayuda, consejo, apoyo o aliento, contribuyendo de alguna manera a la materialización final de esta tesis.

- A Dios por darme la vida y por darme fuerza para enfrentar todos los obstáculos que se presentan.

- A mi madre Elena Tapia Cruz, a la cual le debo la vida, lo que soy y lo que pretendo ser, porque siempre estuvo en mis aciertos y mis fracasos y me enseñó la constancia de la vida con su ejemplo.

- A mi padre Oscar Gastulo Rodríguez, al que le debo su ejemplo y su coraje para enfrentar los problemas, el que me demostró que los fracasos de la vida son solo retos para algo más grande.

- A mis queridos y e inolvidables hermanos Oscar, Wilder, Adela, Merly, Cecilia, y Liz, la cual me brindaron su apoyo en los años de estudio.

- A mi asesor, Ing. Wilder Max Narro Martos que aportó con sus conocimientos y siguió con detalle el progreso de este trabajo desde las más tempranas fases de su desarrollo.

- A mi novia Mavila, por su amor de cada día y apoyo en los años de Universidad.

A:

Mis padres Elena y Oscar, ya que a ellos les debo la vida y mis estudios y lo que puedo ser más adelante

CONTENIDO

Contenido	Págs
Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Contenido.....	v
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	x
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	
Introducción.....	1
 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes teóricas.....	4
2.1.1 Internacional.....	4
2.1.2 Nacionales.....	5
2.1.3 Locales.....	6
2.2 Bases teóricas.....	7
2.2.1 Análisis hidrológico de cuencas.....	7
2.2.2 Análisis de frecuencia.....	8
2.2.3 Intensidad de lluvia.....	10
2.2.4 Parámetros hidrológicos.....	11
2.2.5 Estimación del caudal máximo.....	13
2.2.6 Caudal de sólidos.....	15
2.2.7 Cálculo hidráulico.....	17
2.2.8 Peligro vulnerabilidad y riesgo.....	21
2.3 Definición de términos básicos.....	34

Contenido	Págs
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	
	36
3.1 Ubicación geográfica.....	36
3.2 Procedimientos.....	39
3.3 Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.....	40
CAPÍTULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	42
4.1 Tratamiento y análisis de datos hidrológicos.....	42
4.2 Resultados.....	53
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
Conclusiones.....	68
Recomendaciones.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Tabla</u>	<u>Págs</u>
Tabla 1. Coeficientes de Escorrentía para el Método Racional.....	14
Tabla 2. Coeficientes de Manning.....	18
Tabla 3. Tasa de Movimiento de Masa (Cruden Y Varnes, 1996).....	20
Tabla 4. Importancia destructiva probable de los movimientos en masa.....	20
Tabla 5. Estrato, descripción y valor de las zonas de peligro.....	23
Tabla 6. Vulnerabilidad ambiental y ecológica.....	24
Tabla 7. Vulnerabilidad física.....	25
Tabla 8. Vulnerabilidad económica.....	26
Tabla 9. Vulnerabilidad social.....	26
Tabla 10. Vulnerabilidad educativa.....	27
Tabla 11. Vulnerabilidad cultural e ideológica.....	28
Tabla 12. Vulnerabilidad política institucional.....	29
Tabla 13. Vulnerabilidad científica y tecnológica.....	30
Tabla 14. Estrato, descripción y valor de la vulnerabilidad.....	31
Tabla 15. Matriz de peligro y vulnerabilidad.....	33
Tabla 16. Precipitaciones máximas en 24 horas.....	42
Tabla 17. Análisis estadística de las precipitaciones máximas en 24 horas.....	43
Tabla 18. Análisis con distribución Gumbel.....	44
Tabla 19. Análisis estadística de la distribución Gumbel.....	45
Tabla 20. Bondad de ajuste de las precipitaciones.....	46

Tabla	Págs
Tabla 21. Análisis de distribución Gumbel para diversos tiempos de retorno...	47
Tabla 22. Análisis estadística de la distribución Gumbel para diversos tiempos de retorno.....	47
Tabla 23. Lluvias máximas (mm)	48
Tabla 24. Intensidades máximas (mm/hora).....	49
Tabla 25. Resultado del análisis de regresión.....	49
Tabla 26. Intensidades máximas (mm/h) para diferente tiempo de retorno.....	50
Tabla 27. Parámetros del cauce natural.....	52
Tabla 28. Coeficientes de escorrentía (C).....	52
Tabla 29. Caudal de diseño para diferentes tiempos de retorno.....	52
Tabla 30. Velocidades de flujos para cada tiempo de retorno.....	53
Tabla 31. Nivel del peligro.....	53
Tabla 32. Caudales, tirante y velocidad de flujos para diferentes tiempos de retorno.....	54
Tabla 33. Determinación de la tasa de movimiento.....	54
Tabla 34. Importancia destructiva.....	54
Tabla 35. Estratificación del peligro de Huaycos.....	55
Tabla 36. Nivel de vulnerabilidad Ambiental y ecológica.....	55
Tabla 37. Nivel de vulnerabilidad Física.....	57
Tabla 38. Nivel de vulnerabilidad Económica.....	60

Tabla	Págs
Tabla 39. Nivel de vulnerabilidad Social.....	60
Tabla 40. Nivel de vulnerabilidad Educativa.....	61
Tabla 41. Nivel de vulnerabilidad cultural e ideológica.....	63
Tabla 42. Nivel de vulnerabilidad política institucional.....	63
Tabla 43. Nivel de vulnerabilidad científica y tecnológica.....	64
Tabla 44. Nivel de vulnerabilidad total.....	64
Tabla 45. Nivel de riesgo de huaycos.....	65
Tabla 46. Valores unitarios por partidas por metro cuadrado de área techada.....	65
Tabla 47. Costo unitario por vivienda.....	65
Tabla 48. Estimación de costos.....	65
Tabla 49. Características geológicas y geotécnicas del asentamiento humano Perú-Jaén.....	74
Tabla 50. Datos pluviométricos de estación Jaén.....	82
Tabla 51. Análisis con distribución log – normal.....	83
Tabla 52. Análisis con distribución log - normal de 2 parámetros.....	84
Tabla 53. Análisis con distribución log - normal de 3 parámetros.....	85
Tabla 54. Estadística de la regresión.....	86
Tabla 55. Análisis de varianza.....	86
Tabla 56. Parámetros Gumbel en función de n.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Págs
Figura 1. Localización geográfica departamento de Cajamarca.....	36
Figura 2. Provincia de Jaén y sus distritos.....	37
Figura 3. Imagen satelital del área de estudio.....	37
Figura 4. Distribución de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Jaén.....	43
Figura 5. Distribución de las precipitaciones máximas 24 horas y su respectivo tiempo de retorno.....	45
Figura 6. Distribución Gumbel de las precipitaciones para cada tiempo de retorno.....	48
Figura 7. Curvas de intensidad, duración y frecuencia para cada tiempo de retorno.....	51
Figura 8. Materiales de construcción utilizada en viviendas del asentamiento humano Perú.....	56
Figura 9. Localización de viviendas respecto al peligro.....	56
Figura 10. Cumplimiento de la normatividad técnica en las viviendas del asentamiento humano Perú.	57
Figura 11. Actividad económica de los pobladores del asentamiento humano Perú.....	58
Figura 12. Acceso al mercado laboral de los pobladores del asentamiento humano Perú.....	59
Figura 13. Nivel de ingreso de los pobladores del asentamiento humano Perú...	59

Figura	Págs
Figura 14. Conocimiento de los pobladores sobre la ocurrencia de huaycos.....	61
Figura 15. Percepción de los pobladores sobre la ocurrencia de huaycos.....	62
Figura 16. Actitud de los pobladores ante la ocurrencia de huaycos.....	62
Figura 17. Delimitación del mapa del nivel de riesgo en el asentamiento humano Perú ante el peligro de huaycos.....	66
Figura 18. Medición de las viviendas respecto al peligro de huaycos con cinta métrica.....	71
Figura 19. Levantamiento topográfico con estación total.....	71
Figura 20. Canal el progreso sin protección ante los derrumbes.....	72
Figura 21. Ubicación de viviendas al pie del talud.....	72

RESUMEN

En el asentamiento humano Perú, ubicado en el extremo Nor-Oeste de la ciudad de Jaén, departamento de Cajamarca-Jaén, se encuentra expuesto a peligros de Origen Climático (Huaycos por acción de desbordes del canal el progreso, y fuertes precipitaciones en estas áreas).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el nivel de riesgo en el asentamiento humano Perú ante el peligro de huaycos, con la finalidad de fomentar acciones de mitigación. De esta manera se presenta una metodología que valora el nivel de daño que puede ocasionar el peligro de huaycos. El tipo de Investigación es descriptiva, el diseño de la Investigación es: no experimental- -transversal –descriptiva. La recolección de datos se realizó entre julio y octubre del 2014 y la metodología a emplear es por medio del reconocimiento del nivel de peligro en una forma general a través de encuestas y observaciones, y en una forma específica en función de un estudio hidrológico del área de investigación, el resultado fue que la zona de estudio presenta un peligro de huaycos muy alto. De igual manera la evaluación del grado de vulnerabilidad elaborado en base a las encuestas y observaciones de los factores físicos, sociales, culturales, políticos, etc. se concluyó que la zona de estudio presenta un grado de vulnerabilidad muy alto. El mapa de nivel de riesgo señala que afectara a gran parte de la población del área de estudio. Finalmente el riesgo del peligro de huaycos en el asentamiento humano Perú en base a la matriz de peligro y vulnerabilidad, resulto ser muy alto y el costo estimado en daños materiales asciende a una suma de S/. 1 283 234,4 nuevos soles, y una cantidad de 238 personas afectadas.

Palabras claves: Peligro, vulnerabilidad, riesgo, matriz, estudio hidrológico.

ABSTRACT

The present research work has as objective to determine the level of risk the danger of landslides in the slums of Peru Miraflores sector Jaen district province Jaén , región of Cajamarca 2014, with the finality encourage mitigation actions before the danger of landslides, so that not to endanger the lives of the populations. So a methodology to assess the level of damage the can cause landslides is presented. The type of research is descriptive, Research design is : no experimental – transversal- descriptive. Data collection was conducted between August and October 2014 and the methodology used is through recognition the level of risk in a in a general way through surveys and observations, and a specific way based on a hydrological study of the area of research, the result was that the study area showed a dander very high risk of landslides. Similarly assessing the degree of vulnerability developed based on surveys and observations of the physical, social, cultural, politicians, fields etc. Concluded that the study area has a very high degree of vulnerability, Map of Risk Levels described that affected much of the population of the study area. Finally the risk of the danger of landslides in the slums Peru based on the matrix of risk and vulnerability, turned out to be very high and the damage amounting to a sum of S / . S/. 1 078 660,8 and a total of 244 people affected.

Keywords: danger, vulnerability, risk, hydrological study.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Nuestro país, por encontrarse ubicado en el borde oriental del Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, por la presencia de la Corriente Peruana, la proximidad a la Línea Ecuatorial, la influencia de la Amazonía y la topografía accidentada, así como la Cordillera de los Andes con una geomorfología variada, que cruza longitudinalmente el territorio nacional, está expuesta a diversos peligros, como sismos, deslizamiento, derrumbe y erosión, así como a variaciones climáticas en determinadas regiones, como precipitaciones, vientos intensos, granizadas y heladas, entre otros. Esta variedad de peligros a los cuales estamos expuestos, no se presentan con la misma intensidad y recurrencia en todas las regiones naturales del país, por ejemplo: los sismos (temblor y terremoto), son más frecuentes en la costa central y sur, así como en la selva norte; los deslizamientos, las heladas y sequías en la sierra; y, los vientos fuertes, incendios forestales, las inundaciones y erosiones fluviales, en la región de la selva. La complejidad de la naturaleza y la diversidad de peligros que se dan en nuestro país, deben ser tomadas en cuenta para incorporar los criterios de prevención y atención de los desastres en la formulación de los Planes de Desarrollo y Programas de Inversión, en los distintos niveles (nacional, sectorial, regional o local) y para horizontes determinados (largo, mediano y corto plazo).

Los peligros y la vulnerabilidad se han ido incrementando debido a la invasión de las personas de una forma desordenada que generan procesos de degradación e inestabilidad de taludes en algunos casos incontrolables, que han llegado a constituir riesgos potenciales.

La evolución urbana y el crecimiento demográfico en la Ciudad de Jaén rebasan la capacidad de soporte del ecosistema, causando impactos negativos sobre este; más aún cuando su proceso de crecimiento urbano se desarrolla con un instrumento de orientación

técnica desfasado en la ocupación de áreas no aptas para habilitaciones urbanas. El fin es contribuir en la reducción de los niveles de riesgo en zonas urbanas y centros poblados, se busca los mecanismos para fortalecer las medidas de prevención y mitigación de riesgo de desastres. La identificación de los sectores crítico sobre áreas de mayor peligro y la evaluación y calificación de su condición de vulnerabilidad, permitirá determinar y priorizar las intervenciones para mitigar el impacto de fenómenos naturales o Antrópicos y mejorar así el establecimiento de la población y la expansión del sector sobre espacios geográficos seguros.

En el asentamiento humano Perú del sector de Miraflores parte alta, ubicado en el extremo Nor-Oeste de la ciudad de Jaén, se encuentra expuesto a peligros de Origen Climático (Huaycos por acción de desbordes del canal el progreso, y fuertes precipitaciones en estas áreas).

¿Qué nivel de riesgo enfrentan los pobladores del asentamiento humano Perú, ante la ocurrencia del peligro de huaycos.?

La Hipótesis es.

El asentamiento humano Perú presenta un nivel de Riesgo Alto ante el peligro de huaycos, debido a movimientos de flujos de agua por acción pluvial, que bajan a gran velocidad por pronunciadas pendientes del cerro Miraflores, y que afecta el asentamiento humano Perú.

La investigación que se hizo tiene las siguientes justificaciones:

- Contribuirá en la cuantificación del nivel de daño económico que se ocasionaría al asentamiento humano Perú, ante la ocurrencia del peligro de huaycos.
- Permitirá adoptar medidas preventivas y de mitigación para la reducción de desastres.
- Proporcionará una base para la planificación de las medidas de prevención específica, reduciendo la vulnerabilidad.

En el asentamiento humano Perú del sector de Miraflores parte alta, ubicado en el extremo Nor-Oeste de la ciudad de Jaén, se describirá el peligro de huaycos presente en las distintas zonas que se desarrollan el asentamiento humano Perú del sector Miraflores, y con eso llevar a cabo un análisis de nivel de riesgo, para finalmente desarrollar una propuesta que pueda servir como apoyo o guía para implementar diversas medidas de

prevención que mitiguen dichos peligros y de esta manera pueda elevarse el nivel de seguridad con el que actualmente cuenta.

El objetivo General es determinar el nivel de riesgo en el asentamiento humano Perú-Jaén, ante el peligro de huaycos.

Los objetivos específicos son:

- Determinar el nivel del peligro de huaycos.
- Evaluar la vulnerabilidad existente en la zona.
- Proponer medidas de prevención que mitiguen dichos peligros.

El contenido de la presente tesis de investigación se detalla a continuación:

En el Capítulo I se menciona la importancia y los alcances de la investigación. En el capítulo II se describen las investigaciones que existen sobre el tema, el problema y las conclusiones más importantes a las que han llegado ,se expone los fundamentos teóricos que sirven de base para la investigación y la definición de términos básicos. En el Capítulo III se describe la ubicación geográfica donde se realizó la investigación, Procedimiento donde se indica el tratamiento que se utilizó en los datos de cada variable, y cómo se presentarán los resultados. En el capítulo IV se explica y se discute los resultados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados. En el capítulo V muestra las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales.

- Evaluación final de la vulnerabilidad global en Manizales, andes de Colombia.

Afirma: Que todos los barrios de Manizales son vulnerables ya que ninguno tiene una vulnerabilidad mínima y La "organización comunitaria" es determinante en la reducción de los riesgos naturales, ya que interviene tanto inicio (preparación de las poblaciones) como al inicio del "sistema emergencia (LA Red 1998).

- Diagnóstico de peligros naturales en la comuna de coronel, VIII región del Bío-Bío-Chile.

Afirma: Se reconocieron los peligros de Deslizamientos y Caída de bloques, los que fueron caracterizados a partir del análisis de fotografías aéreas, coberturas topográficas (1:5.000 y 1:10.000) y la revisión de estudios previos que documentan la ocurrencia de este tipo de procesos en la comuna de Coronel y comunas aledañas(Municipalidad Comuna de coronel).

- Análisis y evaluación de riesgos por movimientos en masa, inundación y sismicidad en el Piedmont de la comuna de puente alto.

Afirma: El área de estudio presenta sistemas de vertientes compuestos por secuencias desde monosecuenciales en las vertientes de las subcuencas La Morfilana y Sin Nombre, como multisecuenciales o complejas en las vertientes de las subcuencas El Maqui, El Durazno y Las Vizcachas cuyas convexidades y concavidades e influencias estructurales explican los movimientos en masa en las vertientes y cuyas unidades geológicas son las

rocas intrusiva del batolito La Obra, con un alto grado de meteorización, fracturamiento, y las rocas volcánicas (Max Elmes).

- Caracterización de la vulnerabilidad mediante evaluación de la percepción del medio ambiente y del riesgo de habitantes de manzanillo, colima

Afirma: Manzanillo, está expuesto a diferentes amenazas de tipo natural tales como sismos, huracanes, ciclones, oceanográficos como tsunamis y marejadas intensas. Esta condición de vulnerabilidad es consecuencia de la ubicación geográfica del puerto en el litoral occidental de México, en zona sísmica y en la ruta de ciclones (Universidad de Colima, Colima, México)

- Prevención hidrológica contra huaycos de la cuenca Juan Saez las Tunas- Cuba.

Afirma: Luego de haberse realizado un análisis cualitativo y cuantitativo de las series de precipitaciones y los demás parámetros climáticos de la cuenca, se demostró que el poblado de Chaparra, ubicado aguas debajo de la cuenca Juan Saez se encuentra expuesta a peligros de huaycos (INRH 2005).

2.1.2. Nacionales.

- Estimación de riesgo en la comunidad campesina de Chambara distrito de Sayán-Huaura-Lima.

Afirma: La Comunidad Campesina de Chambara del distrito de Sayán, en las condiciones actuales de las viviendas y sin un adecuado control ni planeamiento urbanístico, se encuentra en riesgo alto ante los peligros de deslizamiento (Huayco), Sismo y falta de planeamiento y control urbanístico y en riesgo medio ante la Contaminación Ambiental (INDECI 2006).

- Evaluación y estimación de riesgos ambientales, Moyocorral zona sur, Amancayniyoc, Fonaby.

Afirma: El cauce del río Taccsana Huayco, San Luis la parte más crítica se encuentra en las urbanizaciones San Luis Baja ,Urb Miraflores y Fonavi, debido a que han cerrado los cauces naturales que alimentan al ríos San Luis con construcciones transversales a los

drenes naturales , por lo que en periodos de lluvia estas no fluyen libremente y se infiltra . En el encuentro del ríos san luís y la carretera panamericana se ha construido una alcantarilla y sobre esta una casa. (Municipalidad provincial de Abancay).

- Evaluación de zonas de riesgo por huaycos e inundaciones en Lima y Callao

Afirma: a lo largo del río Rímac, en San Mateo, Matucana, Cocachacra, Santa Eulalia, Ate, Chosica, Chaclacayo, San Juan de Lurigancho son zonas vulnerables que podrían sufrir las consecuencias de fenómenos naturales como huaycos e inundaciones que suelen producirse durante las épocas de lluvia (INDECI 2008).

- Programa de Prevención y Medidas de Mitigación Ante Desastres de la Ciudad de Tacna.

Afirma: En el cauce del río Caplina – Uchusuma, desde Calana hasta la quebrada de Viñani. Por este medio descienden huaycos y flujos de barro durante las estaciones lluviosas, causando destrucción, colmatación del cauce y desbordes con inundaciones (INDECI 2007).

2.1.3. Locales.

- Estudio de evaluación de riesgo de desastres del sector crítico urbano “fila alta, en materia de vivienda, construcción y saneamiento y propuesta de medidas de prevención y mitigación de riesgo.

Afirma: El presente estudio indica que el 95.53% (5,020 habitantes) del Sector Crítico Fila Alta se presentan en Riesgo Muy Alto y Alto debido a la Alta Vulnerabilidad Física que presenta la población y sus edificaciones (MPJ,2012).

- Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres ciudad de Cajamarca

Afirma: La cuenca donde se ubica la ciudad de Cajamarca, presenta una intensa actividad geodinámica. Este tipo de deslizamiento está referido a procesos de movilización de masa de suelo, roca o ambos; en mayores proporciones que se presentan al Noroeste de la ciudad (Zona de Generación); con impacto en el Noroeste y Norte de la ciudad (Zonas de Deposición) (INDECI 2005).

- Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Jaén.

Afirma: El sector de Miraflores presenta fenómenos de origen climático (movimiento de flujos de agua a gran velocidad por acción pluvial que bajan por pronunciadas pendientes y erosionan las vías y viviendas), (INDECI 2005).

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Análisis hidrológico de cuencas.

- Información general sobre la zona de estudio.

Existen una serie de factores que intervienen en la formación de un régimen hidrológico, como el clima, precipitación y sobre todo las características de la cuenca donde se manifiestan estos parámetros, aparte de otros que también son importantes.

Complementariamente se utilizó la siguiente información:

- Carta Nacional proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100,000
- Software Google Earth, recorrido satelital en tiempo real y Map Source Application con GPS Garmin Oregon.
- Mapa físico político del Perú.

- Cálculos hidrológicos

Para la estimación de caudales se ha efectuado un análisis de frecuencias de eventos hidrológicos máximos, aplicables a caudales de avenida y precipitación máxima. No contando con registros de aforo en los cursos hídricos que desfogan a través de la comunidad, se considera el siguiente procedimiento (ICG 2011):

- Uso de registros de precipitación máxima en 24 horas.
- Procesamiento de las distribuciones de frecuencia más usuales y obtención de la distribución de mejor ajuste a los registros históricos.
- Análisis estadístico de precipitaciones máximas para varios períodos de retorno (2, 10, 25, 50, 100 y 200 años).

- Análisis de tormenta para diferentes duraciones y determinación de la gráfica Intensidad – Duración – Frecuencia.
- Determinación de los parámetros geomorfológicos de las sub cuencas que aportan hacia los cursos de agua que cruzan la vía en estudio.
- Calculo de los caudales.

2.2.2. Análisis De Frecuencia

El procedimiento está basado en las diferentes distribuciones de frecuencia usadas en análisis de eventos hidrológicos máximos **(ICG 2011)**.

Las distribuciones de frecuencia más usuales son:

- Distribución Gumbel (EV1)
 - Distribución Log Normal de 2 Parámetros (LN).
 - Distribución Log Normal de 3 Parámetros (LN).
- Distribución Gumbel (Ev1)

La distribución de valores tipo 1 conocida como distribución Gumbel o doble exponencial, ha sido aplicada tanto a precipitaciones máximas como avenidas

(ICG 2011).

Su función de distribución de probabilidades tiene la forma:

$$F(x) = EXP(-EXP(-\frac{X - \beta}{\alpha})) \text{ ó } F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\beta)}{\alpha}}} \dots\dots\dots 1$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma = 0.78\sigma \dots\dots\dots 2$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \dots\dots\dots 3$$

- **Distribución Log Normal De 2 Parámetros (LN)**

Considera que los logaritmos de los caudales tienen una distribución Normal. Ha sido extensamente usada en los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá debido a su consistencia y facilidad de aplicación e interpretación (ICG 2011).

La función de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma_y}} \int_0^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}\right)^2} dx \quad \dots\dots\dots 4$$

La variable estandarizada es:

$$z = \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \quad \dots\dots\dots 5$$

En este caso μ y σ son la media y desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones.

- **Distribución Log Normal De 3 Parámetros (LN)**

Considera que los logaritmos de los caudales tienen una distribución Normal. Ha sido extensamente usada en los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá debido a su consistencia y facilidad de aplicación e interpretación (ICG 2011).

La función de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{2\pi\sigma_y}} \int_0^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{\sigma_y}\right)^2} dx \quad \dots\dots\dots 6$$

La variable estandarizada es:

$$z = \frac{\ln(x - x_0) - \mu_y}{\sigma_y} \quad \dots\dots\dots 7$$

En este caso μ y σ son la media y desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones.

Análisis de Bondad de Ajuste

Para determinar cuál de las distribuciones estudiadas se adapta mejor a la información histórica, se ha realizado un ajuste de Bondad con el cual se determinara que la Distribución es la mejor indicada para el estudio.

2.2.3. Intensidades De Lluvia

Se recurrió al principio conceptual, referente a que los valores extremos de lluvias de alta intensidad y corta duración aparecen, en el mayor de los casos, marginalmente dependientes de la localización geográfica, con base en el hecho de que estos eventos de lluvia están asociados con celdas atmosféricas las cuales tienen propiedades físicas similares en la mayor parte del mundo.

Las estaciones de lluvia ubicadas en la zona, no cuentan con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas. Sin embargo estas pueden ser calculadas a partir de las lluvias máximas sobre la base del modelo de Dick y Peschke (Guevara 1991). Este modelo permite calcular la lluvia máxima en función de la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \dots\dots\dots 8$$

Donde:

P_d = precipitación total (mm)

d = duración en minutos

P_{24h} = precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación P_d entre la duración.

Las curvas de intensidad – duración - frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K T^m}{t^n} \dots\dots\dots 9$$

Dónde:

I = Intensidad máxima (mm/min)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\text{Log (I)} = \text{Log (K)} + m \text{Log (T)} - n \text{Log (t)} \quad \dots\dots\dots 10$$

o bien: $Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 \quad \dots\dots\dots 11$

Dónde:

$$Y = \text{Log (I)}, \quad a_0 = \text{Log K} \quad \dots\dots\dots 12$$

$$X_1 = \text{Log (T)} \quad a_1 = m \quad \dots\dots\dots 13$$

$$X_2 = \text{Log (t)} \quad a_2 = -n \quad \dots\dots\dots 14$$

Los factores de K, m, n, se obtienen a partir de los datos existentes (ICG 2011).

2.2.4. Parámetros hidrológicos

- Área

Es la proyección horizontal de la superficie de drenaje de la cuenca.

- Longitud del cauce

Es la longitud del cauce principal de la cuenca desde el punto más bajo hasta el punto más alejado.

- Elevación media de la cuenca

Es la elevación correspondiente a un porcentaje de área igual al 50% acumulado arriba de dicha elevación.

- Pendiente de la cuenca

Esta característica controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía principal, influyendo en el tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto del cauce y su determinación no es sencilla.

- Tiempo de concentración

Para su determinación se utilizarán las conocidas formulas planteadas por Kirpich, Hathaway y el US Corps. Of Engineers.

- Fórmula de kirpich:

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \dots\dots\dots 15$$

Dónde:

- T_c = tiempo de concentración en hs
- L = longitud del cauce principal en km
- S = pendiente entre altitudes máximas y mínimas del cauce en m/m

- Fórmula de Hathaway:

$$T_c = \frac{0.606(Ln)^{0.467}}{S^{0.234}} \dots\dots\dots 16$$

En la cual:

- T_c = tiempo de concentración en hs
- L = longitud del cauce principal en km
- n = factor de rugosidad
- S = pendiente en m/m

- Fórmula de Bransby - Williams

$$T_c = \frac{0.2433 L}{A^{0.1} S^{0.2}} \dots\dots\dots 17$$

Dónde:

- T_c = tiempo de concentración (horas)
- L = longitud del cauce principal (km)
- A = área de la cuenca en (km²)
- S = pendiente (m/m)

- Formula del us corps of engineers:

$$T_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}} \dots\dots\dots 18$$

Dónde:

- T_c = tiempo de concentración en hs
- L = longitud del cauce en km.
- S = pendiente en m/m.

2.2.5. Estimación del caudal máximo.

Como no se cuenta con datos de caudales, la descarga máxima será estimada en base a las precipitaciones y a las características de la cuenca.

- Método racional

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coeficiente de escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, A < 10 Km². Considerar que la duración de P es igual a t_c.

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0,278 CIA \dots\dots\dots 19$$

Dónde:

Q: Descarga máxima de diseño (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía (Ver Tabla N° 01)

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (Km²).

Tabla 1. Coeficientes de Escorrentía para el Método Racional.

cobertura vegetal	tipo de suelo	pendiente del terreno				
		pronunciada	alta	media	suave	despreciable
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

El valor del coeficiente de escorrentía se establecerá de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de las quebradas cuyos cursos interceptan el alineamiento de la carretera en estudio. En virtud a ello, los coeficientes de escorrentía variarán según dichas características (ICG 2011).

2.2.6. Caudal de solidos

El estado actual del conocimiento no permite establecer una ecuación dinámica general del transporte de sedimentos en un flujo de agua y sólidos, por lo que se han ido proponiendo un gran número de ecuaciones de carácter empírico o semiempírico, válidas de forma aproximada para las condiciones experimentales bajo las que fueron desarrolladas.

Según Graf (1971) las ecuaciones para el cálculo de transporte de solidos pueden clasificarse en: Ecuaciones basadas en el exceso de tensión sobre la tensión crítica del sedimento [p. ej. Meyer-Peter y Müller (1948) o Smart y Jaeggi (1983)] o en el exceso de caudal líquido por unidad de ancho respecto del valor crítico [p. ej. Bathurst et al. (1987) o Rickenmann (1990)], así como en aquellas basadas en consideraciones probabilísticas (p. ej. Einstein, 1950). Adicionalmente otros autores distinguen aquellas ecuaciones basadas en el concepto de potencia del flujo (p. ej. Ackers y White, 1973).

Entre las variables pertinentes para el análisis del transporte de sedimentos se incluyen las relacionadas con las características hidráulicas del flujo y con las características geomorfológicas y granulométricas del cauce. Sin embargo, en cauces de fuerte pendiente, con lecho de material grueso generalmente de tamaño grava o superior, se dan una serie de circunstancias que permiten un cálculo mucho más sencillo, aunque menos preciso del transporte sólido.

Para Meunier (1989) la pendiente longitudinal del cauce juega un papel preeminente; para los caudales de magnitud catastrófica o para las avenidas de proyecto de baja frecuencia que supera ampliamente la condición crítica de inicio del movimiento de las partículas; el ancho del cauce y la distribución granulométrica de las partículas del lecho son menos importantes que el caudal líquido, y por último, el caudal líquido y sólido son proporcionales si existe disponibilidad de sedimento. Bajo las condiciones citadas anteriormente es posible derivar ecuaciones para determinar el orden de magnitud de la

capacidad de transporte de sólidos (Q_s) dado un caudal líquido (Q) a partir de ecuaciones del tipo:

$$Q_s = KS^m Q \quad \dots\dots\dots 20$$

Siendo k y m coeficientes. La ecuación anterior se puede expresar de forma adimensional como:

$$C = KS^m \quad \dots\dots\dots 21$$

Dónde:

$$C = q_s / q \quad \dots\dots\dots 22$$

Es la concentración de sedimentos por unidad de caudal líquido.

- Fórmulas de orden de magnitud de la concentración de sedimentos en cauces de fuerte pendiente.

Fórmulas para el cálculo, de forma aproximada, de la concentración de caudal sólido de fondo respecto al caudal líquido en régimen permanente y uniforme.

Las ecuaciones de transporte sólido, en general, determinan la capacidad de transporte o transporte potencial, consiguientemente, si no hay sedimentos disponibles para el flujo el transporte real será inferior a la capacidad. Como se ha comentado anteriormente, el uso de las ecuaciones que a continuación se presentan tiene la ventaja de no requerir datos de sección transversal ni de granulometría del lecho, con el consiguiente ahorro. En contrapartida su precisión es inferior, por lo que se recomienda restringir su empleo a una primera evaluación del orden de magnitud del caudal sólido de fondo, utilizando posteriormente otras fórmulas que se basen en una información más detallada de la geomorfología del cauce y de los sedimentos del lecho.

- Rickenmann (1990): Basándose en 50 datos propios utilizando como fluido una suspensión de arcilla de densidad variable con pendientes fuertes propone:

$$Q_s = CQ \quad \dots\dots\dots 23$$

$$C = 9.26S^{2.3} \quad \dots\dots\dots 24$$

Dónde:

S= pendiente m/m.

C=concentración de sedimentos.

Q_s= Caudal de sólidos.

Q=Caudal de líquidos.

- Caudal de sólidos:

En zonas de selva alta en donde las características físicas y geomorfológicas (típicas) sean:

- Pendientes entre 5% y 60%, es decir de medianas a fuertes.
- Tipo de suelo: taludes y lecho de material granular, aluviales, coluviales, con matriz fina de arena y limos, gravas y gravillas; es decir vulnerables a erosión pluvial.
- Tipo de vegetación, arbustica, en taludes.

Estas características, indican que el flujo en los cauces, son flujos de barro, con posibles huaycos, debido a que el agua de la lluvia satura el material de los taludes incrementando la masa y reduciendo la cohesión de las partículas, y que son arrastrados con el agua. Así mismo, el caudal sólido es por lo menos 2 veces mayor que el caudal líquido. (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje).

$$Q_s = 2Q \quad \dots\dots\dots 25$$

2.2.7. Cálculo hidráulico

Lo establecido por la fórmula de Robert Manning, es el procedimiento más utilizado y de fácil aplicación, la cual permite obtener la velocidad del flujo y caudal para una condición de régimen uniforme mediante la siguiente relación.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad \dots\dots\dots 26$$

$$R = A / P \quad \dots\dots\dots 27$$

$$Q = VA \quad \dots\dots\dots 28$$

Dónde:

Q : Caudal (m³/s).

V : Velocidad media de flujo (m/s).

A : Área de la sección hidráulica (m²).

P : Perímetro mojado (m).

R : Radio hidráulico (m).

S : Pendiente de fondo (m/m).

n : Coeficiente de Manning.

Tabla 2. Coeficientes de Manning.

		Tipo de superficie	mínimo	normal	máximo	
a. Conducto cerrado con escurrimiento parcialmente lleno	A.1. Metálicos	a. Bronce Polido	0.009	0.010	0.013	
		b. Acero soldado	0.010	0.012	0.014	
		con remaches	0.013	0.016	0.017	
		c. Metal corrugado sub - dren	0.017	0.019	0.021	
		dren para aguas lluvias	0.021	0.024	0.030	
	A.2 NO metálicos	a. Concreto				
		tubo recto y libre de basuras	0.010	0.011	0.013	
		tubo con curvas, conexiones afinado	0.011	0.013	0.014	
		tubo de alcantarillado con Cámaras, entradas.	0.011	0.012	0.014	
		Tubo con moldaje de acero.	0.013	0.015	0.017	
		Tubo de moldaje madera cepillada	0.012	0.013	0.014	
		Tubo con moldaje madera en bruto b. Madera	0.012	0.014	0.016	
		duelas laminada y tratada	0.015	0.017	0.020	
	c. Albañilería de piedra.	0.010	0.012	0.014		
		0.015	0.017	0.020		
		0.018	0.025	0.030		
b. canales revestidos	B.1 Metal	a. Acero liso sin pintar	0.011	0.012	0.014	
		pintado	0.012	0.013	0.017	
	b. Corrugado	0.021	0.025	0.030		

		a. Madera			
		Sin tratamiento	0.010	0.012	0.014
		Tratada	0.011	0.012	0.015
		Planchas	0.012	0.015	0.018
		b. Concreto		0.013	0.015
		afinado con plana	0.011		
	B.2 NO metálico	afinado con fondo de grava	0.015	0.017	0.020
		sin afinar	0.014	0.017	0.020
		excavado en roca de buena calidad	0.017	0.020	
		excavado en roca descompuesta	0.022	0.027	
		c. Albañilería			
		pedra con mortero	0.017	0.025	0.030
		pedra sola	0.023	0.032	0.035
c. excavado		a. Tierra, recto y uniforme			
		nuevo	0.016	0.018	0.020
		grava	0.022	0.025	0.030
		con algo de vegetación	0.022	0.027	0.033
		b. Tierra, sinuoso			
		sin vegetación	0.023	0.025	0.030
		con malezas y pasto	0.025	0.030	0.033
		maleza tupida, plantas	0.030	0.035	0.040
		fondo pedregoso - malezas.	0.025	0.035	0.040
		c. Roca			
		suave y uniforme	0.025	0.035	0.040
		irregular	0.035	0.040	0.050
		d. Canales sin mantención			
	maleza tupida	0.050	0.080	0.120	
	Fondo limpio, bordes con vegetación	0.040	0.050	0.080	
D. Corrientes naturales		a. Ríos en planicies			
		rectos, sin zonas muertas	0.025	0.030	0.033
		rectos sin zonas muertas con piedras y malezas	0.030	0.036	0.040
		Sinuoso, vegetación y piedras	0.035	0.045	0.050
	D.1. Corrientes menores ancho superf. < 30 m)	Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso.	0.045	0.050	0.060
		Abundante vegetación, sinuoso.	0.075	0.100	0.150
		b. Torrentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos.			
		Árboles y arbustos sumergidos			
		Parcialmente en crecidas con piedras y	0.030	0.040	0.050
		Pocas rocas grandes rocas y piedras en el fondo.	0.040	0.050	0.070

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow, 1983.

Tabla 3. Tasa de Movimiento de Masa (Cruden y Varnes, 1996).

Clases de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/s)	Velocidad típica
7	Extremadamente rápido	$5 \cdot 10^3$	5 m/s
6	Muy rápido	$5 \cdot 10^1$	3 m/min
5	Rápido	$5 \cdot 10^{-1}$	1.8 m/hr
4	Moderado	$5 \cdot 10^{-3}$	13 m/mes
3	Lento	$5 \cdot 10^{-5}$	1.6 m/año
2	Muy Lento	$5 \cdot 10^{-7}$	16 mm/año
1	Extremadamente lento	$5 \cdot 10^{-7}$	16 mm/año

Fuente: Cruden y Varnes, 1996

Tabla 4. Importancia destructiva probable de los movimientos en masa

Clase de velocidad	Importancia destructiva probable
7	Catástrofe de gran violencia; construcciones destruidas por el impacto del material desplazado; muchos muertos
6	Algunas vidas perdidas; velocidad muy grande para permitir que todos escapen.
5	Evacuación de escape posible; estructuras, posesiones y equipos destrozados.
4	Algunas estructuras resistentes pueden mantenerse temporalmente.
3	Pueden realizarse estructuras preventivas durante el movimiento; estructuras resistentes pueden ser mantenidas con trabajo frecuente si el movimiento no es tan grande durante fases de aceleración particulares.
2	Algunas estructuras no son dañadas por el movimiento.
1	El movimiento es imperceptible sin instrumentos; las construcciones son posibles con precaución.

Fuente: Cruden y Varnes, 1996

2.2.8. El peligro, la vulnerabilidad y el riesgo

En una situación de exposición al riesgo en un medio urbano, intervienen dos componentes principales: el fenómeno natural potencialmente dañino (la amenaza) y la sociedad amenazada susceptible de sufrir los daños (la sociedad vulnerable). Consideramos el término sociedad en su acepción más amplia, es decir, incluyendo al conjunto de los individuos pero también a las estructuras dentro de las cuales evolucionan y el funcionamiento de las diferentes redes que establecen. La amenaza y la sociedad.

La noción de riesgo en una zona urbana, se genera entonces por la acción de un evento Probable sobre un sistema más o menos deteriorado, a la interface entre el fenómeno amenazante dañino y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Riesgo = peligro x vulnerabilidad

La pareja conformada por el peligro y la vulnerabilidad que equivalen al estado de un Sistema (la ciudad o sociedad urbana), en una situación particular (expuesta a una Amenaza), da al riesgo un aspecto multidimensional (sistema complejo).

Los factores de vulnerabilidad pertenecen a campos diversos (naturales, materiales, sociales, funcionales, en materia de decisiones, etc.) e influyen no solamente considerándolos Individualmente, sino también en interacción los unos con los otros, conformando así un Sistema. (INDECI 2006).

- Aspectos Teóricos – Conceptuales:

2.2.8.1. Peligro

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente.

Definición del Peligro de huaycos

Haycos:

El Huayco conocido también como “lloclla” o aluvión, es una corriente o flujos muy rápidos de aguas turbias, lodo, cargados de piedras, maleza y/o árboles que se desplazan a lo largo de un cauce definido de quebradas o riachuelos. Su causa directa son las fuertes lluvias o precipitaciones pluviales, que ocurren durante la temporada lluviosa (INDECI, 2006.).

Identificación y caracterización de los huaycos

- Características del suelo.
- Pendiente de terreno.
- Humedad del suelo.
- Descripción del fenómeno.
- Magnitud (tamaño), intensidad, geometría, forma y propiedades físicas relevantes.
- Análisis de las crecidas o avenidas máximas.
- Tiempo de recurrencia de las avenidas.
- Intensidad de precipitaciones en la zona, reportes, etc.

Tabla 5. Estrato, descripción y valor de las zonas de peligro

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCIÓN O CARACTERÍSTICAS	VALOR
	Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante.	1
PB (Peligro Bajo)	Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznable. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc. Distancia mayor a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	< de 25%
PM (Peligro Medio)	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. De 300 a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	2 De 26% a 50%
PA (Peligro Alto)	Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. De 150 a 300 m. desde el lugar del peligro tecnológico	3 De 51% a 75% ^o
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por alud- avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla"). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, heladas, etc. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. Menor de 150 m. desde el lugar del peligro tecnológico	4 De 76% a 100%

Fuente: INDECI 2006.

2.2.8.2. Análisis de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad, es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. Se expresa en términos de probabilidad, en porcentaje de 0 a 100.

2.2.8.3. Tipos de vulnerabilidad

a. Vulnerabilidad ambiental y ecológica

Es el grado de resistencia del medio natural y de los seres vivos que conforman un determinado ecosistema, ante la presencia de la variabilidad climática.

Tabla 6. Vulnerabilidad ambiental y ecológica

Variable	Nivel de vulnerabilidad			
	VB < 25 %	VM 26 a 50 %	VA 51 a 75 %	VMA 76 a 100 %
Condiciones Atmosféricas	Niveles de temperatura al promedio normales	Niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal	Niveles de temperatura superiores al promedio normal	Niveles de temperatura superiores estables al promedio normal
Composición y calidad del aire y el agua	Sin ningún grado de contaminación	Con un nivel moderado de contaminación	Alto grado de contaminación	Nivel de contaminación no apto
Condiciones Ecológicas	Conservación de los recursos naturales, crecimiento poblacional planificado, no se practica la deforestación y contaminación	Nivel moderado de explotación de los recursos naturales; ligero crecimiento de la población y del nivel de contaminación	Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y del nivel de contaminación.	Explotación indiscriminada de recursos naturales; incremento de la población fuera de la planificación, deforestación y contaminación

VB (Vulnerabilidad Baja)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VM (Vulnerabilidad Media)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: INDECI 2006

b. Vulnerabilidad física:

Está relacionada con la calidad o tipo de material utilizado y el tipo de construcción de las viviendas, establecimientos económicos (comerciales e industriales) y de servicios (salud, educación, sede de instituciones públicas), e infraestructura socioeconómica (central hidroeléctrica, carretera, puente y canales de riego), para asimilar los efectos del peligro.

Tabla 7. Vulnerabilidad física

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Material de construcción utilizada en viviendas	Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva(de concreto o acero)	Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva	Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales	Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario
Localización de viviendas (*)	Muy alejada > 5 Km	Medianamente cerca 1 – 5 Km	Cercana 0.2 – 1 Km	Muy cercana 0.2 – 0 Km
Características geológicas, calidad y tipo de suelo	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freática alta con turba, material inorgánico, etc.)
Leyes existentes	Con leyes estrictamente cumplidas	Con leyes medianamente cumplidas	Con leyes sin cumplimiento	Sin ley

(*) Es necesario especificar la distancia, de acuerdo a la ubicación del tipo de vulnerabilidad

VB (Vulnerabilidad Baja)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VM (Vulnerabilidad Media)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: INDECI 2006.

c. Vulnerabilidad Económica

Constituye el acceso que tiene la población de un determinado centro poblado a los activos económicos (tierra, Infraestructura, servicios y empleo asalariado, entre otros), que se refleja en la capacidad para hacer frente a un Desastre.

Está determinada, fundamentalmente, por el nivel de ingreso o la capacidad para satisfacer las necesidades básicas por parte de la población, la misma que puede observarse en un determinado centro poblado, con la información estadística disponible en los Mapas de Pobreza que han elaborado las Instituciones Públicas.

e. Vulnerabilidad educativa

Se refiere a una adecuada implementación de las estructuras curriculares, en los diferentes niveles de la educación formal, con la inclusión de temas relacionados a la prevención y atención de desastres, orientado a preparar (para las emergencias) y educar (crear una cultura de prevención) a los estudiantes con un efecto multiplicador en la sociedad.

Tabla 10. vulnerabilidad educativa

VARIABLES	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Programas educativos formales (Prevención y Atención de Desastres - PAD).	Desarrollo permanente de temas relacionados con prevención de desastres	Desarrollo con regular permanencia sobre temas de prevención de desastres	Insuficiente desarrollo de temas sobre prevención de desastres	No están incluidos los temas de PAD en el desarrollo de programas educativos.
Programas de Capacitación (educación no formal) de la población en PAD.	La totalidad de la población está capacitada y preparada ante un desastre	La mayoría de la población se encuentra capacitada y preparada.	la población esta escasamente capacitada y preparada.	no está capacitada ni preparada la totalidad de la población
Campañas de difusión (TV, radio y prensa) sobre PAD.	Difusión masiva y frecuente	Difusión masiva y poco frecuente	Escasa difusión	No hay difusión
Alcance de los programas educativos sobre grupos estratégicos	Cobertura total	Cobertura mayoritaria	Cobertura insuficiente menos de la mitad de la población objetivo	Cobertura desfocalizada

VB (Vulnerabilidad Baja)

VA (Vulnerabilidad Alta)

Fuente: INDECI 2006

VM (Vulnerabilidad Media)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

f. Vulnerabilidad cultural e ideológica

Está referida a la percepción que tiene el individuo o grupo humano sobre sí mismo, como sociedad o colectividad, el cual determina sus reacciones ante la ocurrencia de un peligro de origen natural o tecnológico y estará influenciado según su nivel de conocimiento, creencia, costumbre, actitud, temor, mitos, etc.

El desarrollo histórico de nuestros pueblos ha determinado la presencia de un conjunto de valores que les son propios y que marcan la pauta de las relaciones mutuas, entre la solidaridad y el individualismo, así mismo el avance tecnológico, a través de la televisión y la informática, viene influyendo en la conducta y comportamiento de las personas.

Tabla 11. Vulnerabilidad cultural e ideológica.

Variable	Nivel de vulnerabilidad			
	VB < 25 %	VM 26 a 50 %	VA 51 a 75 %	VMA 76 a 100 %
Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres	Conocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	Desconocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres
Percepción de la población sobre los desastres	La totalidad de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia de desastres	La mayoría de la población tiene una percepción real de la ocurrencia de los desastres.	La minoría de la población tiene una percepción realista y más místico y religioso.	Percepción totalmente irreal – místico – religioso
Actitud frente a la ocurrencia de desastres	Actitud altamente previsoras	Actitud parcialmente previsoras	Actitud escasamente previsoras	Actitud fatalista, conformista y con desidia.

VB (Vulnerabilidad Baja)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VM (Vulnerabilidad Media)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: INDECI 2006

g. Vulnerabilidad política e institucional.

Define el grado de autonomía y el nivel de decisión política que puede tener las instituciones públicas existentes en un centro poblado o una comunidad, para una mejor gestión de los desastres. La misma que está ligada con el fortalecimiento y la capacidad institucional para cumplir en forma eficiente con sus funciones, entre los cuales está el de prevención y atención de desastres o defensa civil, a través de los Comités de Defensa Civil (CDC), en los niveles Regional, Provincial y Distrital.

Tabla 12. Vulnerabilidad política institucional.

Variable	Nivel de vulnerabilidad			
	VB < 25 %	VM 26 a 50 %	VA 51 a 75 %	VMA 76 a 100 %
Autonomía local	Total autonomía	Autonomía parcial	Escasa autonomía	No existe autonomía
Liderazgo político	Aceptación y respaldo total	Aceptación y respaldo parcial.	Aceptación y respaldo Minoritario.	No hay aceptación ni respaldo
Participación ciudadana	Participación total	Participación mayoritaria	Participación minoritaria	No hay participación
Coordinación de acciones entre autoridades locales y funcionamiento del CDC	Permanente coordinación y activación del CDC	Coordinaciones esporádicas	Escasa coordinación	No hay coordinación inexistencia CDC

VB (Vulnerabilidad Baja)

VA (Vulnerabilidad Alta)

Fuente: INDECI 2006

VM (Vulnerabilidad Media)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

h. Vulnerabilidad científica y tecnológica

Es el nivel de conocimiento científico y tecnológico que la población debe tener sobre los peligros de origen natural y tecnológico, especialmente los existentes en el centro poblado de residencia.

Así mismo, sobre el acceso a la información y el uso de técnicas para ofrecer mayor seguridad a la población frente a los riesgos.

La comunidad debe estar informada, por ejemplo, sobre la necesidad de que en las construcciones deben considerarse las normas sismorresistentes; de ejecutar obras de defensas ribereñas, descolmatación del río o sistemas de alerta, vigilancia, monitoreo y difusión, para evitar el colapso de las viviendas e inundaciones, minimizando o reduciendo el riesgo.

Tabla 13. Vulnerabilidad científica y tecnológica

VARIABLE	Nivel de vulnerabilidad			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Existencia de trabajos de investigación sobre Desastres naturales en la localidad	La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados	La mayoría de los peligros naturales fueron estudiados	Existen pocos estudios de los peligros naturales	No existen estudios de ningún tipo de los peligros.
Existencia de Instrumentos para medición (sensores) de fenómenos completos.	Población totalmente instrumentada	Población parcialmente instrumentada	Población con escasos instrumentos	Población sin instrumentos
Conocimiento sobre la existencia de estudios	Conocimiento total de los estudios existentes	Conocimiento parcial de los estudios	Mínimo conocimiento de los estudios existentes	No tienen conocimiento de los estudios
La Población cumple las conclusiones y recomendaciones	La totalidad de la población cumplen las conclusiones y recomendaciones	La mayoría de la población cumple las conclusiones y recomendaciones	Se cumple en mínima proporción las conclusiones y recomendaciones	No cumplen las conclusiones y recomendaciones

VB (Vulnerabilidad Baja)

VA (Vulnerabilidad Alta)

VM (Vulnerabilidad Media)

VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: INDECI 2006

- Estratificación de la vulnerabilidad:

La vulnerabilidad puede estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 14. Estrato, descripción y valor de la vulnerabilidad

Estrato/nivel	Descripción /características	Valor
VB (Vulnerabilidad Baja)	Viviendas asentadas en terrenos seguros, con material noble o sismo resistente, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con cobertura de los servicios básicos, con buen nivel de organización, participación total y articulación entre las instituciones y organizaciones existentes.	1 < de 25%
VM (Vulnerabilidad Media)	Viviendas asentadas en suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia. Población organizada, con participación de la mayoría, medianamente relacionados e integración parcial entre las instituciones y organizaciones existentes.	2 De 26% a 50%
VA (Vulnerabilidad Alta)	Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y tugurización en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencia; así como con una escasa organización, mínima participación, débil relación y una baja integración entre las instituciones y organizaciones existentes.	3 De 51% a 75%
VMA (Vulnera Muy Alta)	Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones, de materiales precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento y tugurización. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos y accesibilidad limitada para atención de emergencias; así como una nula organización, participación y relación entre las instituciones y organizaciones existentes.	4 De 76% a 100%

Fuente: INDECI 2006

2.2.8.4. Cálculo del riesgo

Una vez identificada y descrita cada una de las vulnerabilidades de la zona, se procederá a determinar su valor total, tomando como referencia la estratificación porcentual y de acuerdo a los pasos siguientes:

- a) En primer lugar se determinará el valor por cada tipo de vulnerabilidad, el mismo que dependerá del número se establecerá una separación entre la vulnerabilidad física (VF) y el resto de las vulnerabilidades (VR), con la finalidad de determinar la vulnerabilidad total la VT será:

$$VT = \frac{VF + VR}{2} \dots\dots\dots 29$$

Donde el resto de vulnerabilidades (VR) será

$$VR = \frac{VAE + VE + VS + Ved + VCI + VCT}{N} \dots\dots\dots 30$$

Donde N es el número de vulnerabilidades; entonces tendremos que:

- b) En segundo lugar tendremos que la vulnerabilidad total (VT) será:

$$VT = \frac{VA + VF + VE + VS + Ved + VCI + VPI + VCT}{N} \dots\dots\dots 31$$

Una vez identificado los peligros (P) a la que está expuesta el centro poblado y realizado el análisis de vulnerabilidad (V), se procede a una evaluación conjunta, para calcular el riesgo (R), es decir estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, recursos económicos) ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural o tecnológico.

El cálculo del riesgo corresponde a un análisis y una combinación de datos teóricos y empíricos con respecto a la probabilidad del peligro identificado, es decir la fuerza e intensidad de ocurrencia; así como el análisis de vulnerabilidad o la capacidad de

resistencia de los elementos expuestos al peligro (población, viviendas, infraestructura, etc.), dentro de una determinada área geográfica.

Existen diversos criterios o métodos para el cálculo del riesgo, pero el método más usado y recomendado es el método descriptivo.

El criterio descriptivo, se basa en el uso de una matriz de doble entrada: “Matriz de Peligro y Vulnerabilidad” (Tabla 15). Para tal efecto, se requiere que previamente se hayan determinado los niveles de probabilidad (porcentaje) de ocurrencia del peligro identificado y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente.

Con ambos porcentajes, se interrelaciona, por un lado (vertical), el valor y nivel estimado del peligro; y por otro (horizontal) el nivel de vulnerabilidad promedio determinado.

En la intersección de ambos valores se podrá estimar el nivel de riesgo esperado.

Tabla 15. Matriz de peligro y vulnerabilidad.

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Descripción:

Riesgo Bajo (< de 25%)

Riesgo Medio (26% al 50%)

Riesgo Alto (51% al 75%)

Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

Fuente: INDECI 2006

2.3. Definición de términos básicos

- a. Amenaza.- Peligro Inminente.
- b. Atención de una emergencia.- Acción de asistir a las personas que se encuentran en una situación de peligro inminente o que hayan sobrevivido a los efectos devastadores de un fenómeno natural o tecnológico.
- c. Desastre.- Interrupción grave en el funcionamiento de una comunidad causando grandes pérdidas a nivel humano, material o ambiental, suficientes para que la comunidad afectada no pueda salir adelante por sus propios medios, necesitando apoyo externo. Los desastres se clasifican de acuerdo a su origen (natural o tecnológico).
- d. Defensa civil.- Conjunto de medidas permanentes destinadas a prevenir, reducir, atender y reparar los daños a las personas y bienes, que pudieran causar o causen los desastres y calamidades.
- e. Desarrollo sostenible.- Es el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera que no se sobrepase la capacidad del ambiente para recuperarse y absorber los desechos producidos, manteniendo o incrementando así el crecimiento económico.
- f. Emergencia.- Estado de daños sobre la vida, el patrimonio y el medio ambiente ocasionados por la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico que altera el normal desenvolvimiento de las actividades de la zona afectada.
- g. Estudio de impacto ambiental (EIA).- Estudio que contiene la evaluación y descripción de los aspectos físico – químicos naturales, biológicos, socio – económicos y culturales en el área de influencia del proyecto, con la finalidad de determinar las condiciones existentes y capacidades del medio, analizar la naturaleza y magnitud del proyecto, midiendo y previendo los efectos de su realización; indicando prioritariamente las medidas de prevención de la contaminación, y por otro lado las de control de la contaminación para lograr un desarrollo armónico entre las actividades que desarrolla el hombre y el ambiente.
- h. Fenómeno natural.- Todo lo que ocurre en la naturaleza, puede ser percibido por los sentidos y ser objeto de conocimiento. Además del fenómeno natural, existe el tecnológico o inducido por la actividad del hombre.

- i. Mitigación.- Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad. Las medidas de prevención que se toman a nivel de ingeniería, dictado de normas legales, la planificación y otros, están orientadas a la protección de vidas humanas, de bienes materiales y de producción contra desastres de origen natural, biológicos y tecnológicos.
- j. Monitoreo.- Proceso de observación y seguimiento del desarrollo y variaciones de un fenómeno, ya sea instrumental o visualmente, y que podría generar un desastre.
- k. Peligro.- Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un periodo específico y una localidad o zona conocidas.
- l. Peligro inminente.- Se define como Peligro Inminente a la situación creada por un fenómeno de origen natural u ocasionado por la acción del hombre, que haya generado, en un lugar determinado, un nivel de deterioro acumulativo debido a su desarrollo y evolución, o cuya potencial ocurrencia es altamente probable en el corto plazo.
- m. Prevención.- El conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre.
- n. Riesgo.- Estimación o evaluación matemática de probables pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y la economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia.
- o. Vulnerabilidad.- Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser física, social, cultural, económica, institucional y otros.
- p. Sistema nacional de defensa civil.- Conjunto interrelacionado de organismos del sector público y no público, normas, recursos y doctrinas; orientados a la protección de la población en caso de desastres de cualquier índole u origen; mediante la prevención de daños, prestando ayuda adecuada hasta alcanzar las condiciones básicas de rehabilitación, que permitan el desarrollo continuo de las actividades de la zona.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica:

Ubicación del área de investigación:

Departamento : Cajamarca
Provincia : Jaén
Sector : 2 -Miraflores
Zona : Urbana



Figura 01. Localización Geográfica del departamento De Cajamarca

Parámetros hidrológicos de la cuenca.

- Área

0,672 km²

- Longitud del cauce

1 833,908 m

- Pendiente de la cuenca

27%

- Ubicación geográfica de la zona de estudio

Se ubica en el Nor oeste de la ciudad de JAÉN a 820 msnm.

- Coordenadas UTM

Asentamiento humano Perú: N: 9 369 580, E: 742 077.

- Límites:

Norte: Canal Progreso.

Este: Sector San José del huito

Oeste: Laderas de cerro.

Sur: Sector Miraflores parte baja.

- Accesibilidad:

-Se encuentra a 10 minutos partiendo de la plaza de armas de la ciudad Jaén en unidad motorizado.

Unidades geomorfológicas.

Morfogénesis:

El área geográfica donde se asienta el asentamiento humano Perú, En la actualidad presenta deslizamientos y fuertes procesos de erosión hídrica de los suelos en las laderas empinadas, siendo los más fuertes, los huaycos y desborde del canal progreso en los meses que se incrementa las precipitaciones pluviales(INDECI 2005).

Geología Local:

- tipo de suelo predominante: arenas de tipo: sm (arena limosa)
- capacidad portante : 0,7-1,20 kg/cm²
- consistencia: blando a medio

Fuente: INDECI 2005.

3.2 Procedimiento:

Las variables que se investigó con respecto al peligro en la zona de estudio tenemos:

- Los meses de investigación fueron desde el mes de Julio hasta octubre del año 2014.
- Causas de ocurrencia: se anotó según sea el caso, fuertes precipitaciones, fallas geológicas, erosión, sismos, etc.
- Velocidad de ocurrencia: de las masas de suelos, rocas, rellenos artificiales en un talud natural o artificial, en el caso de producirse el peligro.
- Área por afectar: superficie de impacto del peligro.
- Tipo de Material que Arrastra: rocoso, suelto o mixto.

La metodología que se empleó para el análisis detallado del peligro fueron herramientas como: datos hidrológicos, modelación hidrológica, formulas empíricas y científicas, con respecto a la información pluviométrica se obtuvo a través de una solicitud personal al servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (SENAMHI), estos datos comprendieron precipitaciones máximas 24 horas del año 1984 hasta el año 2013, los datos meteorológicos se procesaron utilizando distribuciones estadísticas Normal, Log normal de 2 parámetros, log normal de 3 parámetros y Distribución Gumbel. La cual se hizo la prueba de bondad de ajuste la cual la distribución estadística que más se ajustó es la distribución Gumbel, luego se halló las intensidades para diferentes tiempo de retorno y sus diferentes duraciones.

Las características del suelo en el área de investigación fueron brindados por la municipalidad Provincial de Jaén, y los estudios hechos en el año 2005 por el instituto Nacional de Defensa Civil, para el cálculo del caudal máximo se usó el método Racional

ya que el área de la cuenca es pequeña, y el valor del coeficiente de escorrentía se estableció de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de la cuenca.

El procesamiento de la información topográfica se realizó con software AutoCAD civil 3d 2012, logrando obtener planos de catastro y las curvas de nivel de la cuenca y la delimitación respectiva. Para la obtención de la intensidad del peligro se obtuvo a partir de la importancia destructiva probable de los movimientos en masa según la Tasa de Movimiento en Masa según (Cruden Y Varnes, 1996).

Para el análisis de la vulnerabilidad, se promovió la identificación y caracterización de los elementos que se encuentran expuestos, a los efectos desfavorables a los huaycos a través de encuestas, observación propia, etc.

La cantidad de viviendas del área de estudio, ascendió a 60 viviendas, las cuales se evaluó el grado de debilidad o exposición frente al presente peligro. Se expresó en términos de probabilidad, en porcentaje de 0 a 100. Luego fueron procesados en base a cada tipo de vulnerabilidad existente, la cual nos resultaron sus respectivos niveles en porcentajes. (INDECI 2006).

Respecto al nivel de riesgo expuesto la zona de investigación se realizó por la matriz de doble entrada brindada por INDECI la cual teniendo nuestro nivel de peligro y nuestra respectiva vulnerabilidad se encontró el nivel de riesgo.

3.3 Tratamiento y análisis de datos, presentación de resultados:

Variable peligro: Permitted identificar, ubicar y delimitar el área geográfica donde se presenta el peligro, su origen y el posible impacto.

Investigación general.

Después de la visita en campo y de haber realizado la aplicación de diversas fichas para identificar el peligro en una forma general, se tuvo en cuenta los posibles efectos que puedan generar daños en la población e infraestructura actual y a futuro.

Investigación específica.

Los aspectos físicos de la zona, tales como: precipitaciones, velocidad y características del área de estudio, se procedió a un tratamiento de estudio hidrológico para caracterizarlos y analizarlos en tablas en una forma descriptiva.

Los resultados tanto en la investigación en forma general como específica se dan en tablas y dan como resultado en unidades de porcentaje indicando en ellos el nivel del peligro.

Variable Vulnerabilidad:

Basado en relación con los tipos de vulnerabilidad descritas en el capítulo II, donde cada encuesta, guía de observación fue contabilizada y procesada, con respecto a la ficha técnica de INDECI; Se determinó el grado de cada una de las vulnerabilidades, mostradas en el capítulo IV, Una vez que se determinó el valor de cada tipo de vulnerabilidad se consolidó en un Cuadro General (tabla 14), anotando el valor obtenido por cada tipo de vulnerabilidad; seguidamente se obtuvo el valor total haciendo el uso de la ecuación 31, con la finalidad de determinar el valor de la vulnerabilidad en unidades de porcentaje indicando su nivel.

Variable Riesgo:

De la integración de ambos conocimientos, tanto el nivel de peligro, como el nivel de la vulnerabilidad, resultará el cálculo o determinación del nivel de riesgo, cuyo resultado se presentara en tablas indicando en forma porcentual, cuyo indicador porcentual permitirá determinar un total aproximado de pérdidas y daños.

Una vez identificada el nivel de riesgo se presentara en un mapa indicando el área afectada.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Tratamiento y análisis de datos hidrológicos.

Se muestra las máximas precipitaciones en 24 horas, de cada año, y su respectivo análisis estadística datos que se evaluara en cada distribución estadística.

Tabla 16. Precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Jaén.

Año	P(mm)
1984	20,4
1985	30,1
1986	53,2
1987	25,6
1988	25,4
1989	45,2
1990	48,2
1991	48,21
1992	53,5
1993	72,94
1994	58,46
1995	56,98
1996	38
1997	33,94
1998	76,25
1999	73,6
2000	75,14
2001	77,94
2002	38,37
2003	54,34
2004	38,1
2005	78,5
2006	38,7
2007	45,9
2008	77,48
2009	59,48
2010	41,5
2011	70,6
2012	32,6
2013	56,9
P. máx.	78,5

Tabla 17. Análisis estadística de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Jaén.

Media	51,52 mm
Mediana	50,71 mm
Desviación estándar	17,72
Mínimo	20,40 mm
Máximo	78,50 mm
Suma	1545,53 mm
Cuenta	30,00

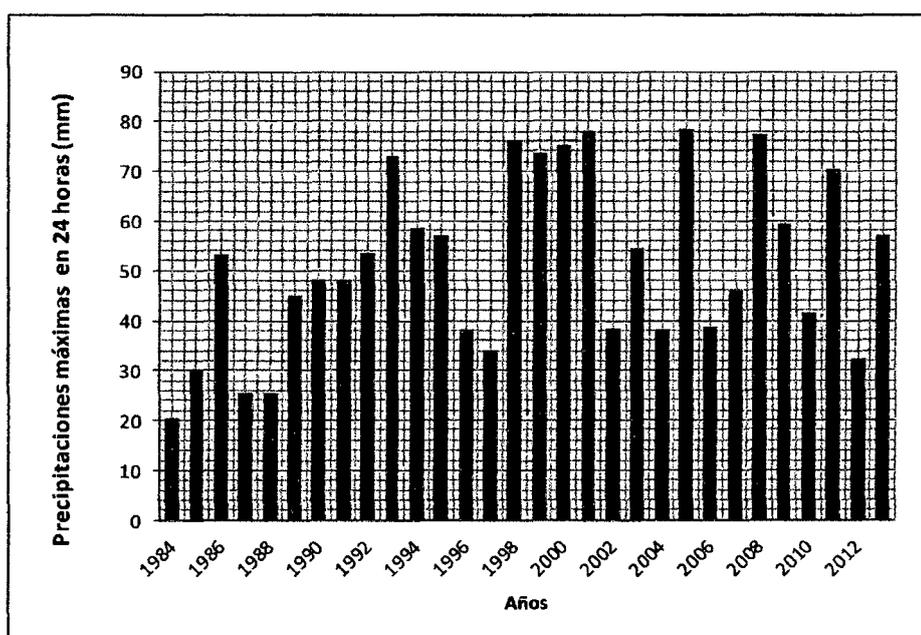


Figura 4. Distribución de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Jaén.

Tabla 18. Análisis con distribución Gumbel.

AÑO	Var. Reducida		
	PREC. ORDENADAS (mm)	$y = (x - u)/a$	Tr (años)
1	78,500	2,23	9,81
2	77,940	2,19	9,49
3	77,480	2,17	9,23
4	76,250	2,09	8,58
5	75,140	2,02	8,04
6	73,600	1,92	7,35
7	72,940	1,88	7,07
8	70,600	1,73	6,18
9	59,480	1,04	3,35
10	58,460	0,97	3,17
11	56,980	0,88	2,94
12	56,900	0,87	2,93
13	54,340	0,71	2,58
14	53,500	0,66	2,48
15	53,200	0,64	2,44
16	48,210	0,33	1,95
17	48,200	0,33	1,95
18	45,900	0,18	1,77
19	45,200	0,14	1,72
20	41,500	-0,09	1,50
21	38,700	-0,27	1,37
22	38,370	-0,29	1,36
23	38,100	-0,31	1,35
24	38,000	-0,31	1,34
25	33,940	-0,57	1,21
26	32,600	-0,65	1,17
27	30,100	-0,81	1,12
28	25,600	-1,09	1,05
29	25,400	-1,10	1,05
30	20,400	-1,42	1,02

Tabla 19. Análisis estadística de la distribución Gumbel.

x medio	51,518 mm
desv. Est x (Sx)	17,721
n = número de datos	30,00
yn medio =	0,536
Sn =	1,112
parámetros, según n	
a = Sx / Sn	15,931
u = x-yn*a	42,976

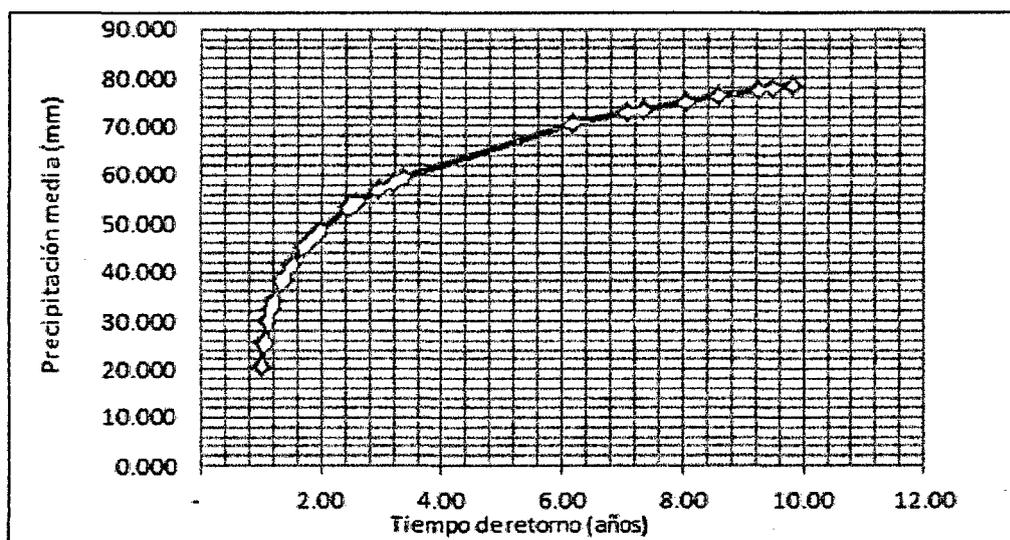


Figura 5. Distribución de las precipitaciones máximas 24 horas y su respectivo tiempo de retorno.

Tabla 20. Bondad de ajuste de las precipitaciones

DATOS	Probabilidad de excedencia F(x)					Diferencia Delta D			
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Normal	LN2	LN3	Gumbel
1	0,032	0,06393	0,09761	0,08354	0,102	0,032	0,065	0,051	0,0697
2	0,065	0,06798	0,10095	0,08711	0,105	0,003	0,036	0,023	0,0409
3	0,097	0,07145	0,10378	0,09015	0,108	0,025	0,007	0,007	0,0115
4	0,129	0,08141	0,11170	0,09872	0,116	0,048	0,017	0,030	0,0125
5	0,161	0,09127	0,11933	0,10706	0,124	0,070	0,042	0,054	0,0369
6	0,194	0,10636	0,13072	0,11961	0,136	0,087	0,063	0,074	0,0575
7	0,226	0,11336	0,13590	0,12536	0,141	0,112	0,090	0,100	0,0844
8	0,258	0,14078	0,15583	0,14764	0,162	0,117	0,102	0,110	0,0962
9	0,290	0,32660	0,28992	0,29950	0,299	0,036	0,000	0,009	0,0084
10	0,323	0,34762	0,30595	0,31748	0,315	0,025	0,017	0,005	0,0076
11	0,355	0,37895	0,33039	0,34475	0,340	0,024	0,024	0,010	0,0151
12	0,387	0,38067	0,33176	0,34626	0,341	0,006	0,055	0,041	0,0460
13	0,419	0,43673	0,37752	0,39666	0,387	0,017	0,042	0,023	0,0320
14	0,452	0,45547	0,39344	0,41398	0,403	0,004	0,058	0,038	0,0482
15	0,484	0,46218	0,39923	0,42026	0,409	0,022	0,085	0,064	0,0746
16	0,516	0,57403	0,50317	0,53004	0,513	0,058	0,013	0,014	0,0029
17	0,548	0,57425	0,50339	0,53027	0,513	0,026	0,045	0,018	0,0349
18	0,581	0,62438	0,55535	0,58306	0,565	0,044	0,025	0,002	0,0157
19	0,613	0,63927	0,57153	0,59920	0,581	0,026	0,041	0,014	0,0320
20	0,645	0,71406	0,65857	0,68361	0,666	0,069	0,013	0,038	0,0210
21	0,677	0,76525	0,72418	0,74459	0,730	0,088	0,047	0,067	0,0522
22	0,710	0,77093	0,73177	0,75151	0,737	0,061	0,022	0,042	0,0272
23	0,742	0,77552	0,73796	0,75712	0,743	0,034	0,004	0,015	0,0009
24	0,774	0,77721	0,74024	0,75919	0,745	0,003	0,034	0,015	0,0292
25	0,806	0,83938	0,82796	0,83683	0,829	0,033	0,022	0,030	0,0221
26	0,839	0,85713	0,85401	0,85932	0,853	0,018	0,015	0,021	0,0144
27	0,871	0,88659	0,89744	0,89650	0,894	0,016	0,026	0,026	0,0230
28	0,903	0,92820	0,95543	0,94690	0,949	0,025	0,052	0,044	0,0458
29	0,935	0,92973	0,95737	0,94865	0,951	0,006	0,022	0,013	0,0154
30	0,968	0,96045	0,98947	0,98049	0,984	0,007	0,022	0,013	0,0161
Valores máximos						0,11728	0,10224	0,11042	0,09621
Aceptación						Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada
Prueba de ajuste								0,248	

La evaluación de los datos hidrológicos se realizó para periodos de retorno de 2, 3, 5, 10, 25, 50, 100, 200 años, la cual el análisis de resultados se hizo para los mismos tiempos de retorno.

Tabla 21. Análisis con distribución Gumbel para diversos tiempos de retorno.

Tiempo de Retorno (años)	Var. Reducida	
	$Y = -\ln(-\ln(1/TR))$	$X = u + Y * a$ (mm)
2	0,367	48,81
3	0,903	57,36
5	1,500	66,87
10	2,250	78,83
25	3,199	93,93
50	3,902	105,14
100	4,600	116,26
200	5,296	127,34

Tabla 22. Análisis estadística de la distribución Gumbel para diversos tiempos de retorno.

x medio	51,518 mm
desv. Est x (Sx)	17,721
n = número de datos	30,000
yn medio =	0,536
Sn =	1,112
parámetros, según n	
a = Sx / Sn	15,931
u = x-yn*a	42,976

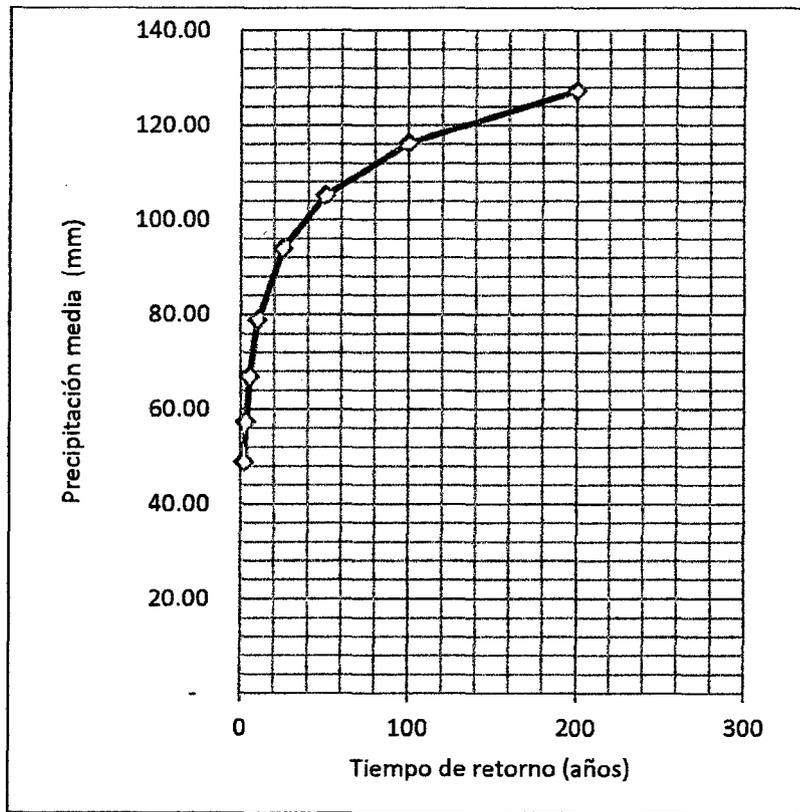


Figura 6. Distribución Gumbel de las precipitaciones para cada tiempo de retorno.

Tabla 23. Lluvias máximas (mm).

T años	P.Max(mm) 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	127,34	10,6	15,9	19,4	22,1	26,3	34,6
100	116,26	9,7	14,4	17,7	20,1	24,0	31,5
50	105,14	8,7	13,0	15,9	18,2	21,6	28,4
25	93,93	7,8	11,6	14,2	16,2	19,3	25,3
10	78,83	6,5	9,7	11,9	13,6	16,2	21,1
5	66,87	5,6	8,3	10,2	11,6	13,8	18,2
3	57,36	4,9	7,3	8,9	10,2	12,1	15,9
2	48,81	4,3	6,5	7,9	9,0	10,7	14,1

Aplicando el Modelo de Bell

Tabla 24. Intensidades máximas (mm/hora).

T años	P.max (mm)	Duración en minutos					
	24 horas	5	10	15	20	30	60
200	127,3	127,2	95,2	77,6	66,4	52,6	34,6
100	116,3	115,8	86,7	70,6	60,4	47,9	31,5
50	105,1	104,5	78,2	63,7	54,5	43,3	28,4
25	93,9	93,1	69,7	56,8	48,6	38,6	25,3
10	78,8	78,2	58,5	47,7	40,8	32,4	21,1
5	66,9	66,8	50,0	40,8	34,9	27,7	18,2
3	57,4	58,5	43,8	35,7	30,5	24,2	15,9
2	48,8	51,8	38,8	31,6	27,1	21,5	14,1

Tabla 25. Resultado del Análisis de Regresión.

Constante	2,0715592	Log K= 2,0716	K= 117,91
Err. estándar de est. Y	0,0224434		m= 0,193
R cuadrada	0,9902443		n= 0,527
Núm. de observaciones	48		
Grado de libertad	45		
Coficiente(s) X	0,1932518	-0,526849	
Error estándar de coef.	0,0047298	0,0094575	

Aplicando en la ecuación 9

$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

Donde.

$$K= 117,91$$

$$m= 0,193$$

$$n= 0,527$$

Tabla 26. Intensidades máximas (mm/h) para diferente tiempo de retorno.

Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años								
	1	3	5	10	20	50	100	200	500
5	50,50	62,45	68,92	78,80	90,10	107,55	122,97	140,60	167,83
10	35,05	43,34	47,84	54,70	62,54	74,65	85,35	97,58	116,49
20	24,33	30,08	33,20	37,96	43,40	51,81	59,24	67,73	80,85
30	19,65	24,30	26,82	30,66	35,06	41,85	47,84	54,70	65,30
40	16,89	20,88	23,05	26,35	30,13	35,96	41,12	47,01	56,12
50	15,01	18,56	20,49	23,43	26,78	31,97	36,56	41,80	49,89
60	13,64	16,86	18,61	21,28	24,33	29,04	33,21	37,97	45,32
70	12,57	15,55	17,16	19,62	22,43	26,78	30,62	35,01	41,79
80	11,72	14,49	16,00	18,29	20,91	24,96	28,54	32,63	38,95
90	11,01	13,62	15,03	17,19	19,65	23,46	26,82	30,66	36,60
100	10,42	12,88	14,22	16,26	18,59	22,19	25,37	29,01	34,63
110	9,91	12,25	13,52	15,46	17,68	21,10	24,13	27,59	32,93
120	9,47	11,70	12,92	14,77	16,89	20,16	23,05	26,35	31,46
180	7,64	9,45	10,43	11,93	13,64	16,28	18,62	21,28	25,41
240	6,57	8,12	8,97	10,25	11,72	13,99	16,00	18,29	21,83
300	5,84	7,22	7,97	9,11	10,42	12,44	14,22	16,26	19,41

Los valores de la tabla representan las intensidades de diseño las cuales se usaron para determinar las curvas IDF.

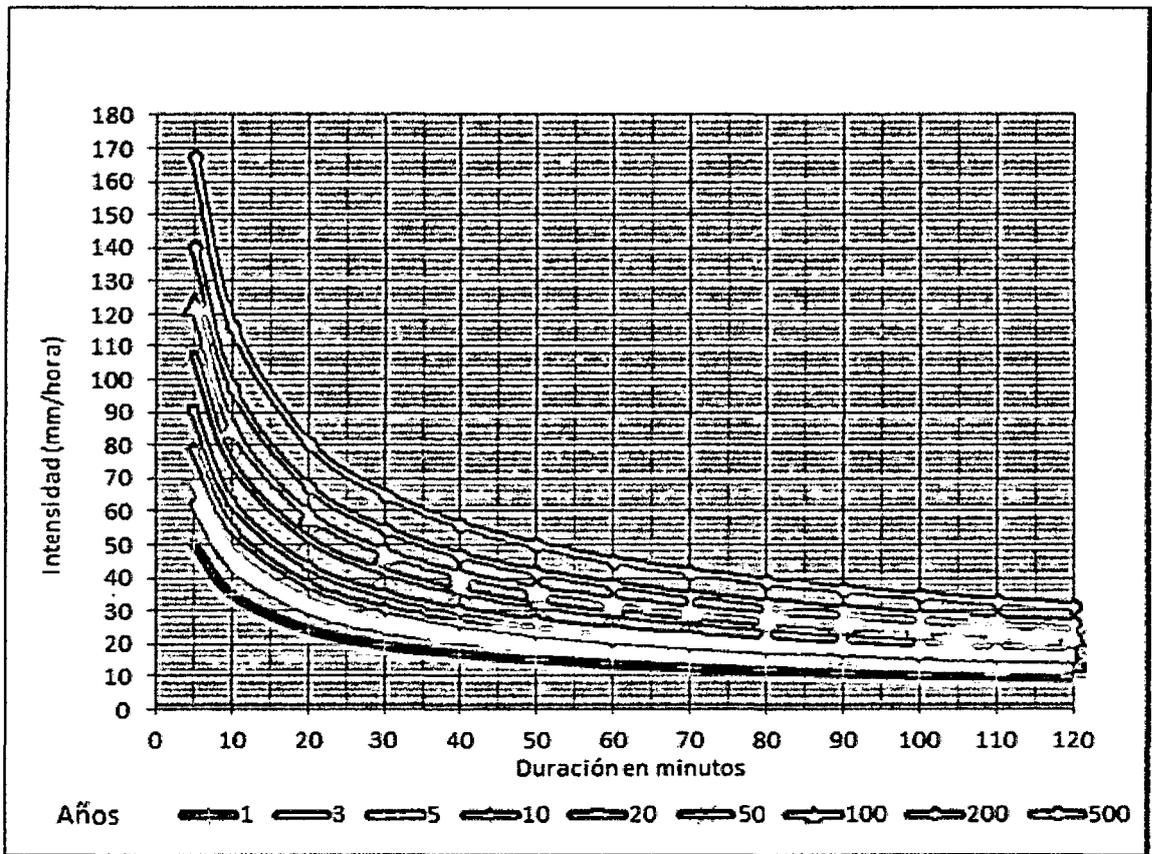


Figura 7. Curvas de intensidad, duración y frecuencia para cada tiempo de retorno.

Tabla 27. Parámetros del cauce natural.

Área (Km ²)	longitud del cauce (m)	Cota(msnm)		Desnivel (m)	pendiente (m/m)	Tiempo de Concentración (min)			
		Máxima	mínima			kirpich	Temez	Bransby Williams	Tc. kirpich
0,672	1833,908	1300	805	495	0,27	10,514	36,600	36,196	10,51

Tabla 28. Coeficientes de escorrentía (C).

1. Pendiente del terreno Alta mayor a 20%
2. Semipermeable
3. Pastos y vegetación ligera
C = 0,5

Tabla 29. Caudal de diseño para diferentes tiempos de retorno.

TR (años)	Área (Km ²)	C	TC (min)	Intensidad (mm/h)	Q m ³ /s	Q Canal (m ³ /s)	Q solidos (m ³ /s)	Q Total (m ³ /s)
TR=1	0,67	0,5	10,5	34,14	3,19	0,5	7,38	11,1
TR=3	0,67	0,5	10,5	42,21	3,94	0,5	8,88	13,3
TR=5	0,67	0,5	10,5	46,59	4,35	0,5	9,70	14,6
TR=10	0,67	0,5	10,5	53,27	4,98	0,5	10,96	16,4
TR=20	0,67	0,5	10,5	60,91	5,69	0,5	12,38	18,6
TR=50	0,67	0,5	10,5	72,71	6,79	0,5	14,58	21,9
TR=100	0,67	0,5	10,5	83,13	7,77	0,5	16,54	24,8
TR=200	0,67	0,5	10,5	95,04	8,88	0,5	18,76	28,1
TR=500	0,67	0,5	10,5	113,45	10,6	0,5	22,20	33,3

Calculo de velocidad

Siendo:

n: Sinuoso, vegetación y piedras	0,045
B: Ancho del cauce	6,9
S: Pendiente	12,00%

Tabla 30. Velocidades de flujos para cada tiempo de retorno.

TR (años)	Q (m3/s)	y(m)	V (m/s)
TR=1	11,07	0,41	3,91
TR=3	13,32	0,46	4,21
TR=5	14,55	0,48	4,35
TR=10	16,44	0,52	4,55
TR=20	18,57	0,57	4,76
TR=50	21,87	0,63	5,05
TR=100	24,81	0,68	5,28
TR=200	28,14	0,74	5,53
TR=500	33,30	0,82	5,86

4.2 Resultados:

4.2.1 Determinación del nivel de peligro de huaycos.

Estudio General del peligro:

De acuerdo a la observación y recopilación de información del entorno, con la ayuda de formatos y fichas adecuadas, permitió describir y caracterizar el peligro y nos dio como resultado:

Tabla 31. Nivel del peligro:

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por alud- avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("huaycos"). Zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo.	100%

Teniendo como resultado en una forma general el peligro de huaycos la cual nos da un nivel muy alto

Se procede al estudio específico del peligro.

Estudio específico de los huaycos:

Se realizó un estudio hidrológico la cual se determinó la velocidad y el caudal del flujo para diferente tiempo de retorno y comparando con la tasa de velocidad y la Importancia destructiva probable de los movimientos en masa se obtuvo:

Tabla 32. Caudales, tirante y velocidad de flujos para diferentes tiempos de retorno:

TR (años)	Q (m3/s)	y(m)	V (m/s)
TR=1	11,07	0,41	3,91
TR=3	13,32	0,46	4,21
TR=5	14,55	0,48	4,35
TR=10	16,44	0,52	4,55
TR=20	18,57	0,57	4,76
TR=50	21,87	0,63	5,05
TR=100	24,81	0,68	5,28
TR=200	28,14	0,74	5,53
TR=500	33,30	0,82	5,86

Según la tasa de los Movimientos en Masa se obtuvo.

Tabla 33. Determinación de la tasa de movimiento

TR (años)	V (m/s)	Clase de velocidad
TR=1	3,91	6
TR=3	4,21	6
TR=5	4,35	6
TR=10	4,55	6
TR=20	4,76	6
TR=50	5,05	7
TR=100	5,28	7
TR=200	5,53	7
TR=500	5,86	7

De acuerdo a la clase de movimiento, la situación destructiva probable de los movimientos en masa es:

Tabla 34. Importancia destructiva.

CLASE DE VELOCIDAD	IMPORTANCIA DESTRUCTIVA PROBABLE
7	Catástrofe de gran violencia; construcciones destruidas por el impacto del material desplazado; muchos muertos
6	Algunas vidas perdidas; velocidad muy grande para permitir que todos escapen.

Teniendo en cuenta a la recopilación de información en campo y el estudio específico de la zona de investigación, se indica que el asentamiento humano Perú, está ante un peligro de huaycos de nivel muy alto teniendo un valor de 100%.

Tabla 35. Estratificación del peligro de Huaycos.

ESTRATO/NIVEL	Rango (%)	VALOR (%)
PMA (Peligro Muy Alto)	(75-100)	100

4.2.2 Determinación del grado de vulnerabilidad.

a. Vulnerabilidad Ambiental y ecológica:

Gracias a la dinámica poblacional en los últimos años, se ha generado crecimiento de la población y con ello ha ido en aumento las necesidades básicas, agudizando el problema de la contaminación ambiental, que atentan los ecosistemas existentes en la zona principal del asentamiento humano, la cual se ha constatado:

Tabla 36. Nivel de vulnerabilidad Ambiental y ecológica.

Variable	Nivel de vulnerabilidad (%)	Descripción
Condiciones atmosféricas	50	Niveles de temperatura superiores al promedio normal
Composición y calidad del aire y el agua	75	Alto grado de contaminación
Condiciones Ecológicas	85	Explotación indiscriminada de recursos naturales.

De acuerdo al promedio de los diferentes factores estudiados nos da como resultado una Vulnerabilidad Ambiental y ecológica de 70%.

b. Vulnerabilidad Física:

- Material de construcción utilizada en viviendas

Los materiales de construcción más usadas en las vivienda, son de adobe, caña y otros materiales de menor resistencia teniendo un porcentaje de 85 %, considerada en una vulnerabilidad muy alta asignando un porcentaje de 85%.

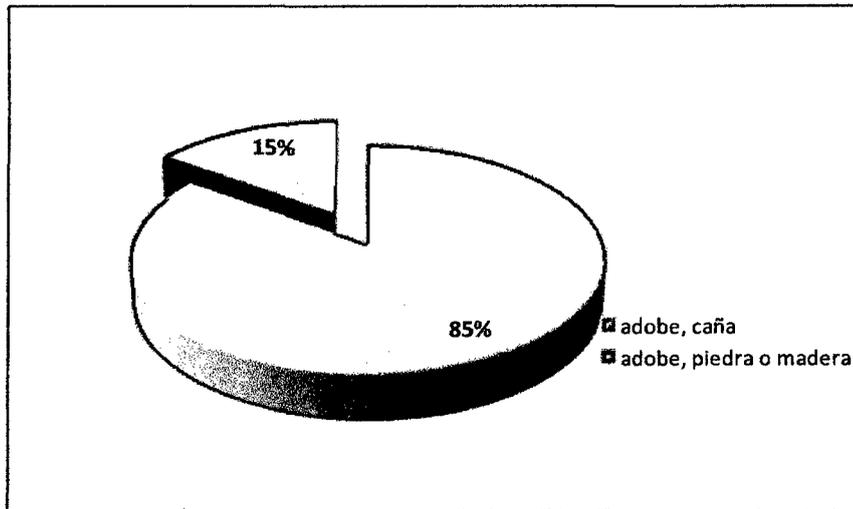


Figura 8. Materiales de construcción utilizada en viviendas del asentamiento humano Perú.

- Localización de viviendas

Se puede precisar que todas las viviendas se encuentran en un radio menor de 200 m del peligro, considerada en una vulnerabilidad muy alta, asignando un porcentaje de 100%. De acuerdo la tabla 7 y anexo B.

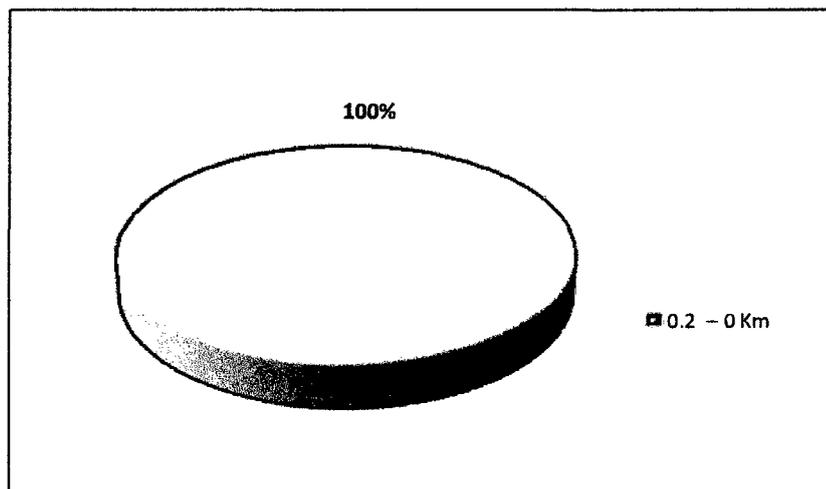


Figura 9. Localización de viviendas respecto al peligro.

- Características geológicas, calidad y tipo de suelo

Las características del suelo en la zona de estudio son suelos medianamente fracturados y baja capacidad portante ($0,7 \text{ kg/cm}^2$ - $1,2 \text{ kg/cm}^2$) la cual está considerada en una vulnerabilidad alta, que está en un rango de 51%-75%, asignando un porcentaje de 75 %, de acuerdo la tabla 7 y el anexo B.

- Leyes existentes

De los procedimientos constructivos el 90% de edificaciones del área de estudio no cumplieron los estándares dados por la reglamentación vigente; de acuerdo la tabla 7, la vulnerabilidad es muy alta, asignando un porcentaje de 90%.

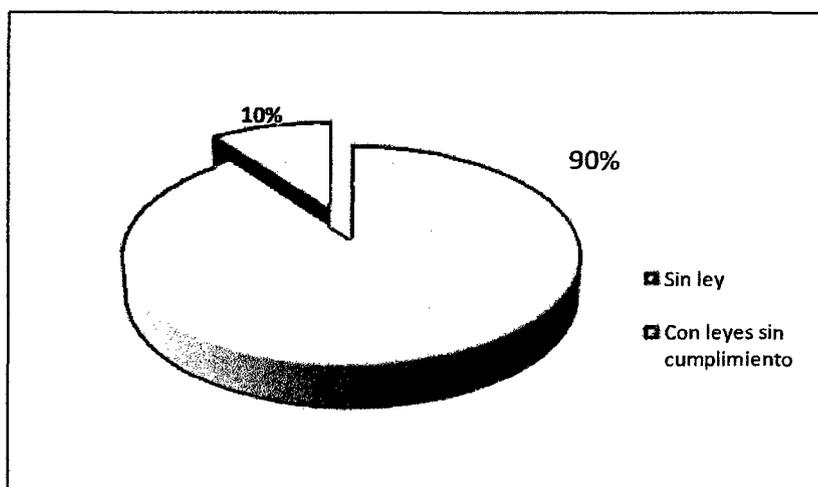


Figura 10. Cumplimiento de la normatividad técnica en las viviendas del asentamiento humano Perú.

Teniendo en cuenta estas descripciones de variables elaboramos lo siguiente

Tabla 37. Nivel de vulnerabilidad Física.

Variable	Nivel de vulnerabilidad (%)
Material de construcción utilizada en viviendas	85
Localización de viviendas	100
Características geológicas, calidad y tipo de suelo	75
Leyes existentes	90

De acuerdo al promedio de los diferentes factores nos resultó una vulnerabilidad Física de 87.5%.

c. Vulnerabilidad económica

En la zona de estudio se pudo observar y comprobar la existencia de limitados servicios básicos, zonas de producción agrícola de pequeña extensión, personas que obtienen ingresos de diversas fuentes, las cuales cubren algunas necesidades básicas.

- Actividad Económica

De acuerdo la observación en la zona de estudio se verifico que la población es escasamente productiva y distribución deficiente de los recursos. La cual se encuentra en una vulnerabilidad alta y en un rango de 51%-75% de acuerdo la tabla 8, asignando un porcentaje de 75%.

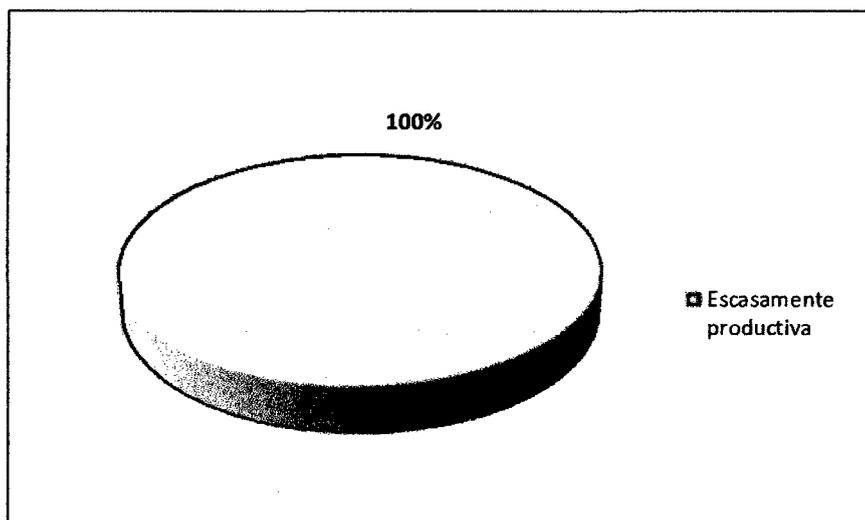


Figura 11. Actividad económica de los pobladores del asentamiento humano Perú.

- Acceso al mercado laboral

La comunidad presenta Oferta laboral < Demanda, teniendo en cuenta la tabla 8, se encuentra en un rango de 51%-75%, la cual asignamos un porcentaje de 75%.

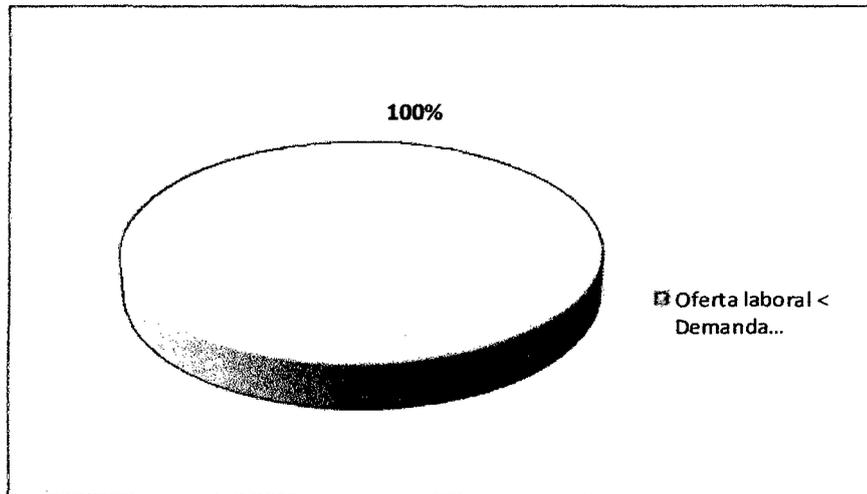


Figura 12. Acceso al mercado laboral de los pobladores del asentamiento humano Perú.

- Nivel de ingresos

Los niveles de ingresos son inferiores para cubrir necesidades básicas la cual es considerada en una vulnerabilidad muy alta asignando un porcentaje de 80% de acuerdo a la tabla 8.

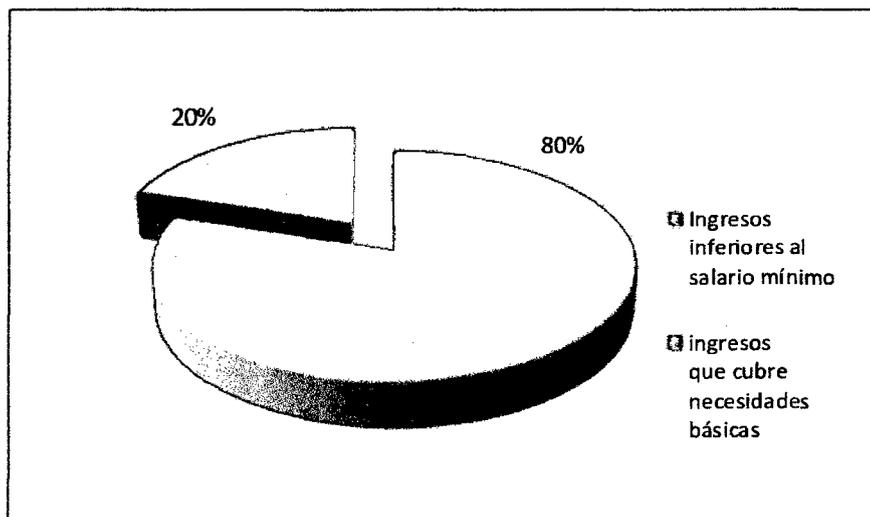


Figura 13. Nivel de ingreso de los pobladores del asentamiento humano Perú.

- Situación de pobreza o Desarrollo Humano

De acuerdo la figura mostrada anteriormente la población presenta un nivel muy alto de pobreza la cual se asigna un porcentaje de 100%.

Tabla 38. Nivel de vulnerabilidad Económica.

Variable	Nivel de vulnerabilidad (%)
Actividad Económica	75
Acceso al mercado laboral	75
Nivel de ingresos	80
Situación de pobreza o Desarrollo Humano	100

Teniendo como promedio de los factores estudiado tenemos una vulnerabilidad Económica de 82,5%.

d. Vulnerabilidad social.

El nivel de organización de la población es muy escasa y la participación que tiene para prevenir y responder ante situaciones de emergencia son de la minoría, con respecto a la relación que tiene las autoridades y la población es muy débil.

Tabla 39. Nivel de vulnerabilidad Social.

Variable	Nivel de vulnerabilidad (%)	Descripción
Nivel de Organización	70	Población escasamente organizada
Participación de la población en los trabajos comunales	75	Mínima participación
Grado de relación entre las instituciones y organizaciones locales.	65	Débil relación
Tipo de integración entre las organizaciones e Institucionales locales.	60	Baja integración

Teniendo como resultado del promedio, una vulnerabilidad Social de 67,5%.

e. Vulnerabilidad educativa.

Los niveles de la educación son escasos respecto a los temas relacionados a la prevención y atención de desastres, la cual la población nunca ha sido capacitada y mucho menos han realizado campañas de difusión respecto a programas PAD.

Tabla 40. Nivel de vulnerabilidad Educativa

VARIABLES	Nivel de vulnerabilidad (%)	Descripción
Programas educativos formales (Prevención y Atención de Desastres - PAD).	90	No están incluidos los temas de PAD en el desarrollo de programas educativos.
Programas de Capacitación (educación no formal) de la población en PAD.	90	La población no está capacitada ni preparada
Campanas de difusión (TV, radio y prensa) sobre PAD.	100	No hay difusión
Alcance de los programas educativos sobre grupos estratégicos	100	Cobertura desfocalizada

Dando un promedio de los factores estudiados una vulnerabilidad Educativa de 95%.

f. Vulnerabilidad cultural e ideológica

- Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres

La población presento un escaso conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres, de acuerdo la tabla 11, el nivel de vulnerabilidad es alta, asignando un porcentaje de 75%.

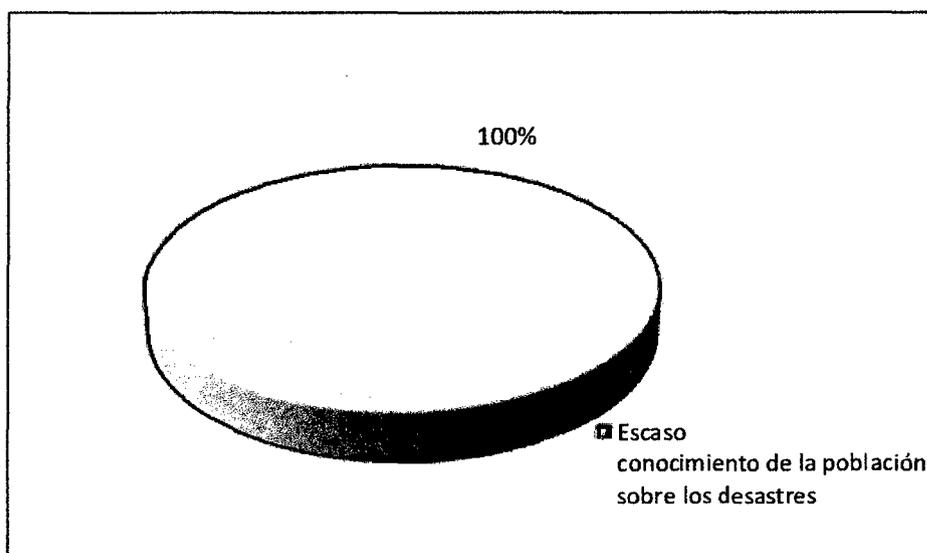


Figura 14. Conocimiento de los pobladores sobre la ocurrencia de huaycos.

- Percepción de la población sobre los desastres

La minoría de la población tiene una percepción realista, más místico y religioso. De acuerdo a la tabla 11 se encuentra en una vulnerabilidad alta, asignando un porcentaje de 70%.

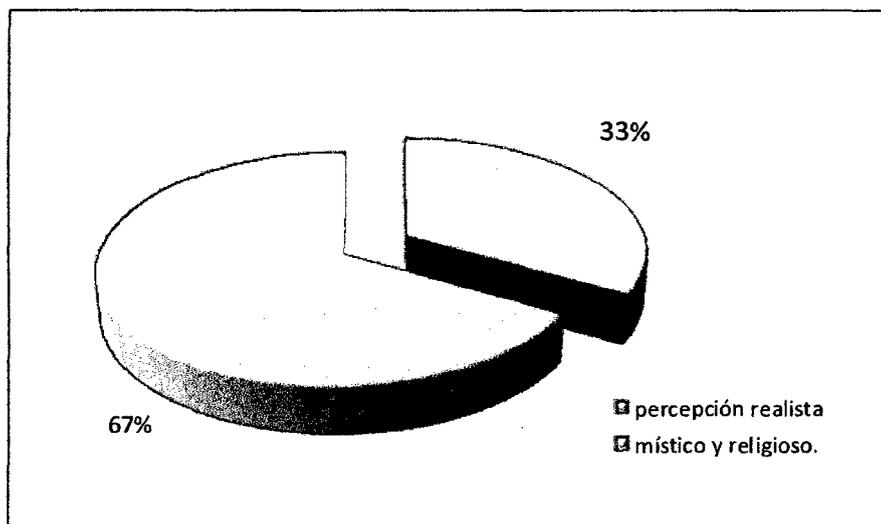


Figura 15. Percepción de los pobladores sobre la ocurrencia de huaycos.

- Actitud frente a la ocurrencia de desastres

Se observó que la actitud que tuvo la población es escasamente previsoras frente a la ocurrencia del peligro de huaycos, según la tabla 11 el nivel de vulnerabilidad es alto, la cual se asignó un porcentaje de 65 %.

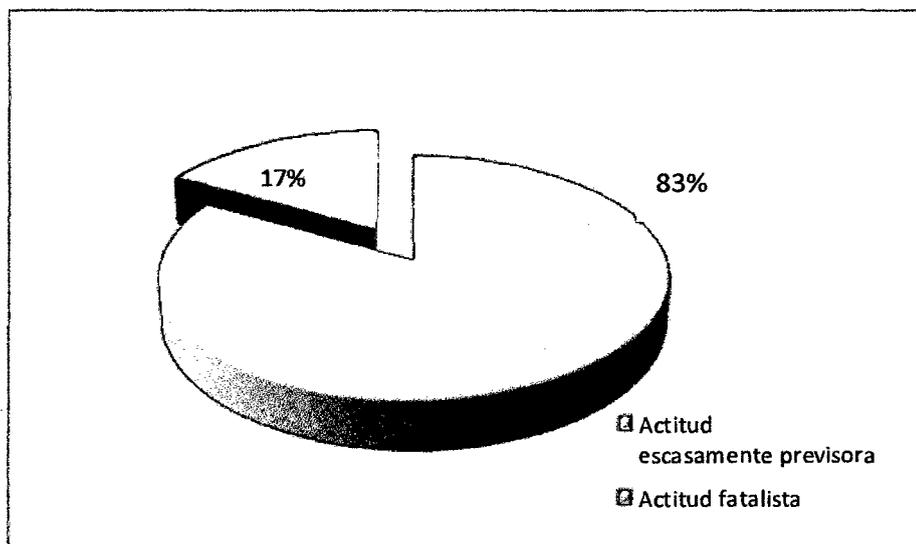


Figura 16. Actitud de los pobladores ante la ocurrencia de huaycos.

Tabla 41. Nivel de vulnerabilidad cultural e ideológica

Variable	Nivel de vulnerabilidad (%)
Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres	75
Percepción de la población sobre los desastres	70
Actitud frente a la ocurrencia de desastres	65

Resultando del promedio una vulnerabilidad cultural e ideológica de 70%.

g. Vulnerabilidad política institucional

La población presenta un grado de autonomía muy escasa, y un nivel muy bajo respecto a la decisión política que puede tener las instituciones públicas existentes en el centro poblado, La misma que presenta un respaldo minoritario respecto a las instituciones.

Tabla 42. Nivel de vulnerabilidad política institucional

Variable	Nivel de vulnerabilidad (%)	Descripción
Autonomía local	70	Escasa autonomía
Liderazgo político	65	Aceptación y respaldo Minoritario
Participación ciudadana	60	Participación minoritaria
Coordinación de acciones entre autoridades locales y funcionamiento del CDC	75	Escasa coordinación

Dando un promedio de los diversos factores estudiados, una vulnerabilidad política institucional de 67,5%.

h. Vulnerabilidad científica y tecnológica

No existe conocimiento científico y tecnológico de la población sobre el peligro de huaycos, así mismo, no hay ningún acceso a la información ni al uso de técnicas que ofrecen mayor seguridad a la población frente a este peligro.

Tabla 43. Nivel de vulnerabilidad científica y tecnológica

Variable	Nivel de vulnerabilidad (%)	Descripción
Existencia de trabajos de investigación sobre Desastres naturales en la localidad	75	Existen pocos Estudios de los peligros naturales
Existencia de Instrumentos para medición (sensores) de fenómenos completos.	100	Población sin instrumentos
Conocimiento sobre la existencia de estudios	100	No tienen conocimiento de los estudios
La Población cumple las conclusiones y recomendaciones	100	No cumplen las conclusiones y recomendaciones

Dando un promedio de los factores estudiados, una vulnerabilidad científica y tecnológica: 93.75%.

i. Estimación total de la vulnerabilidad

De acuerdo al estudio de las vulnerabilidades se procede al cálculo de la vulnerabilidad total:

Tabla 44. Nivel de vulnerabilidad total:

TIPO	Nivel de vulnerabilidad				TOTAL (%)
	VB	VM	VA	VMA	
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %	
ambiental y ecológica			70		70,0
Física				87,5	87,5
económica				82,5	82,5
social			67,5		67,5
educativa				95,0	95,0
cultural e ideológica			70,0		70,0
política e institucional			67,5		67,5
científica y técnica				93,75	93,75

El nivel de vulnerabilidad que presenta la población frente al peligro de huaycos es: 79,2% la cual representa el promedio de las diversas vulnerabilidades estudiadas, y que lo clasifica en una vulnerabilidad muy alta ya que se encuentra en el rango de 76% a 100% de acuerdo a la tabla 14.

4.2.3 Determinación del nivel de riesgo:

Se usó el criterio descriptivo, la cual se basó en el uso de una matriz de doble entrada: "Matriz de Peligro y Vulnerabilidad". Para tal efecto, con el nivel determinado del peligro identificado y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente. Con ambos porcentajes, se halló el nivel de riesgo de la comunidad frente al peligro de huaycos.

Tabla 45. Nivel de riesgo de huaycos:

Descripción de evento	Rango (%)	Rango calculado (%)	Nivel
Nivel del peligro de huaycos	75 – 100	100	Muy alto
Grado de vulnerabilidad	75 - 100	79,2	Muy alto
Nivel de riesgo de huaycos		79,2	Muy alto

Dando como resultado que el asentamiento humano Perú, presenta un riesgo muy alto ante el peligro de huaycos con 79,2%.

j. Estimación de los daños

Teniendo como dato el nivel del riesgo y conociendo los diversos bienes que presentan la zona de estudio y su población respectiva, se halla un costo unitario promedio de las viviendas caracterizándose con material de adobe, techo de calamina, pisos de cemento pulido, puertas y ventanas de madera corriente, revestimientos de yeso, e instalaciones básicas.

Costo de edificaciones:

Tabla 46. Valores unitarios por partidas por metro cuadrado de área techada.

Tipología	Estructurales		Acabados			Instalaciones		Costo m ²
	Muros y columnas	Techos calamina	Pisos	Puertas y ventanas	Revestimientos	Baños	Eléctricas y sanitarias	En soles
Adobe	128.54	18,13	20.0	23.19	42,68	7.12	14.95	254,61

Fuente: R.M N° 278-2014-Vivienda

Tabla 47. Costo unitario promedio por vivienda.

Área promedio de viviendas (m ²)	Costo unitario S//m ²	Sub total
105	254,61	S/ 26 734,05

Tabla 48. Estimación de costos:

Descripción	calculo del riesgo	cantidad total	estimación de daños e impactos	Costo unitario	Costo total
Viviendas	79,2%	60	48	26 734,05	S/. 1 283 234,4
Total					S/. 1 283 234,4

Dado que se tiene una población de 300 personas en el asentamiento humano Perú, de acuerdo al porcentaje de riesgo calculado (79,2%), nos da una cantidad de 238 personas afectadas por los huaycos.

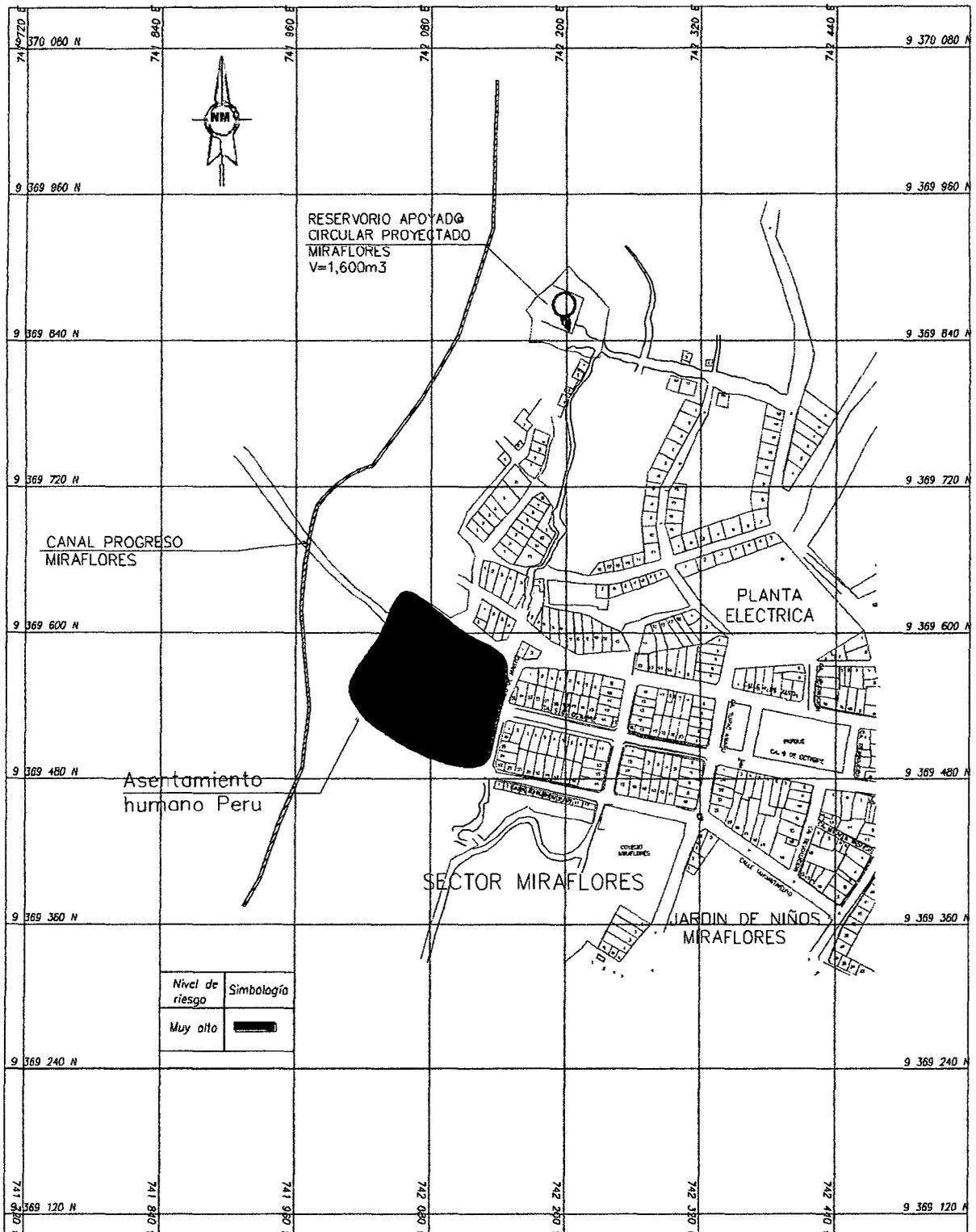


Figura 17. Delimitación del mapa del nivel de riesgo en el asentamiento humano Perú ante el peligro de huaycos.

DISCUSIÓN:

Nos da como resultado sector amenazados por huaycos asignando un porcentaje de 100%, según en el marco teórico por encontrarse en el rango de 76%-100% se estratifica en un nivel de peligro muy alto.

El nivel de vulnerabilidad promedio es de 79,2%, de acuerdo a la tabla 14 del marco teórico, se encuentra en un rango de 76%-100%, que es considerada en un nivel muy alto debido a que presento viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de huaycos, de materiales precarios en mal estado de construcción ,y con Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos y accesibilidad limitada para atención de emergencias; así como una débil organización, participación y relación entre las instituciones y organizaciones existentes.

El nivel de riesgo del asentamiento humano Perú resultó de la intersección de los niveles del peligro y la vulnerabilidad en la matriz de doble entrada estimándose un valor de 79,2%. De acuerdo al marco teórico en la tabla 15 por encontrarse en el rango de 76%-100% es considerado un riesgo muy alto.

Al contrastar la hipótesis con la hipótesis de la investigación donde se formula un nivel de riesgo alto, existe que el nivel de riesgo ante el peligro de huaycos en el asentamiento humano Perú es muy alto.

Este se debe a que son amenazados por flujos repentinos de piedra y lodo, las condiciones precarias de las viviendas, el inadecuado planeamiento urbanístico, y la débil organización entre las instituciones existentes.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El asentamiento humano Perú - Jaén, presentó un nivel riesgo muy alto ante el peligro de Huaycos con un porcentaje de 79,2 %, debido a una vulnerabilidad muy alta de la población y la gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo que están afectados.

Se determinó que el asentamiento humano Perú-Jaén presento un nivel del peligro de huaycos muy alto con un porcentaje 100% debido a la importancia destructiva probable que presento los flujos de agua, ya que se encuentran en una velocidad de clase 6 y 7 consideradas Catástrofe de gran violencia; construcciones destruidas por el impacto del material desplazado; varios muertos.

En el asentamiento humano Perú-Jaén presento un nivel de vulnerabilidad muy alto con un porcentaje de 79,2 %, debido a las condiciones actuales de las viviendas, el inadecuado planeamiento urbanístico así como una débil organización, participación y relación entre las organizaciones e instituciones existentes.

Se deberá realizar trabajos de desarrollo urbano mediante un planeamiento de calidad, para lograr un crecimiento equilibrado, sustentable y equitativo del asentamiento humano Perú-Jaén, teniendo en cuenta de incluir la variable riesgo en los diseños de infraestructura que se ejecutaran dentro de la zona afectada por los huaycos.

El porcentaje de riesgo calculado ante el peligro de huaycos es 79,2 % y con una población de 300 personas y 60 viviendas en el asentamiento humano Perú-Jaén, estas estimaciones representan a 238 personas afectadas y 48 viviendas destruidas cuyo costo asciende a S/. 1 283 234,4 nuevos soles.

Recomendaciones

Se recomienda realizar construcciones que ayudarían a mitigar el peligro de huaycos en el asentamiento humano Perú-Jaén como son:

- a. construir diques con la finalidad de disminuir el poder erosivo y la fuerza hidrodinámica que afecta la población del asentamiento humano Perú- Jaén.
- b. Se recomienda construir muros de contención con la finalidad de proteger el asentamiento humano Perú- Jaén frente al desborde del canal el progreso.
- c. Construcción de un canal para evacuar las aguas hacia un lugar más apropiado.

Se recomienda a la universidad nacional de Cajamarca, a través del área de investigación realizar estudios de peligros naturales y antrópicos asociados a los huaycos en el asentamiento humano Perú - Jaén.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aparicio, F. 1992. Fundamento de hidrológica de superficie. Editorial Limusa S.A., México.

Fernández M. I. 2006. Los riesgos naturales en España y en la unión europea: incidencia y estrategias de actuación. Tesis Doc. Santander, ES. Universidad de Cantabria. p750.

INDECI (instituto nacional de defensa civil, PE). 2009. Gestión del Riesgo de Desastres Para la planificación del desarrollo local. Ed. C Chaman. Lima, Pe. P 44.

INDECI (instituto nacional de defensa civil, PE). 2006. Manual básico para la estimación del riesgo. Lima, Pe. P 146.

INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil, PE). 2004. Manual de Conocimientos Básicos para Comité de Defensa Civil y Oficinas de Defensa Civil. Versión 5. Lima, Pe. P 146.

INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, PE). 1997. Álbum de mapas de zonificación de riesgos fisiográficos y climatológicos del Perú. Ed. INGEMMET. Lima, Pe. P159.

MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2009. Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales .Ed. V Mendoza. Lima, Pe. P117.

Villon, M. 2002. Hidrologia. Editorial Villon. Lima, Perú.

Varnes D.J. 1978. Slope movement types and processes: 2° Edición. Editorial Varnes Washington. P11-33.

ANEXOS

Anexo A. Fotografías del estudio topográfico, ubicación de las viviendas y estructuras existentes en el asentamiento humano Perú.



Figura 18. Medición de la ubicación de viviendas respecto al peligro de huaycos con cinta métrica.

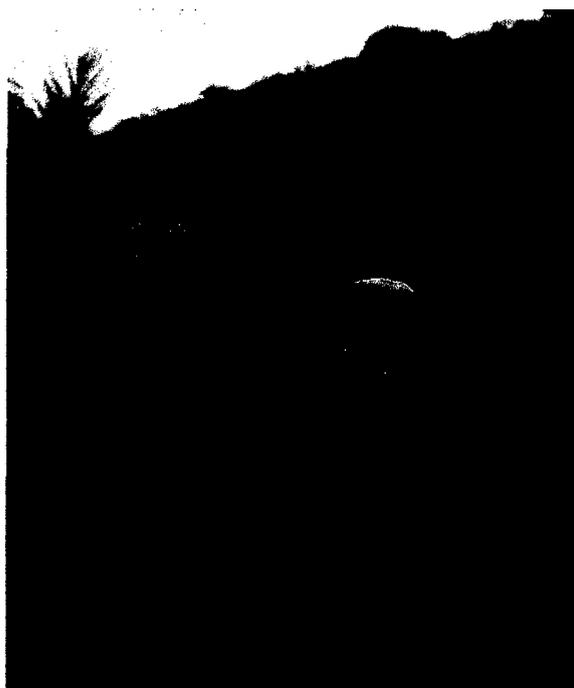


Figura 19. Levantamiento topográfico con Estación total.



Figura 20. Canal el progreso sin protección ante los derrumbes.



Figura 21. Ubicación de viviendas al pie del talud.

Características geológicas, calidad y tipo de suelo

El área geográfica donde se asienta el asentamiento humano Perú se encuentra en el sector II de la ciudad de Jaén, En la actualidad presenta deslizamientos y fuertes procesos de erosión hídrica de los suelos en las laderas empinadas, siendo los más fuertes, los huaycos y desborde del canal progreso en los meses que se incrementa las precipitaciones pluviales (INDECI 2005).

Tabla 49. Características del suelo en el asentamiento humano Perú-Jaén.

Serie	Holoceno
Unidades Lito estratigráficas	Depósitos aluviales
Sector	II
Clasificación SUCS	SM
Descripción de los suelos	Predominan Suelos arenas limosas, semipermeables
Consistencia	De blando a medio
Capacidad portante	0.7-1.2 kg/cm ²

Fuente: INDECI 2005

Geología. La ciudad de Jaén esta flaqueada por afloramientos rocosos de areniscas y conglomerados de color pardo rojizos, perteneciendo probablemente a la formación bellavista, aflorante en la margen derecha del valle Jaén, desde la fila alta hasta la confluencia de la ciudad de bellavista y el río Marañón, asignando a estas formaciones rocosas al tercio superior de la era Cenozoica (INDECI 2005).

Vulnerabilidad física

Material de construcción

	Número de viviendas
1.0 ¿Qué tipo de materiales se usa, y que nivel constructivo presenta, las construcciones?	
A).Adecuada técnica constructiva(de concreto y acero).	0
B).Sin adecuada técnica constructiva(concreto, acero o madera)	0
C).Sin refuerzos estructurales (adobe, piedra o madera)	9
D).En estado precario (adobe o cañas)	51

Localización de vivienda

2.0 ¿Qué distancia se encuentra la población frente al peligro?	
A) > 5 Km	0
B) 1 – 5 Km	0
C) 0.2 – 1 Km	0
D) 0.2 – 0 Km	60

Cumplimiento de la normativa técnica vigente en los procedimientos constructivos

3.0) ¿Con Qué técnica normativa de construcción se ejecuta las edificaciones?	
A) Con normativa vigente estrictamente cumplidas	0
B) Con normativa vigente medianamente cumplidas	0
C) Con normativa vigente sin cumplimiento	6
D) Desconocimiento e incumplimiento con normativa vigente	54

Características geológicas, calidad y tipo de suelo

4.0) ¿Qué características geotécnicas tiene el terreno del área de estudio?	
A) Buenas características geotécnicas	()
B) Suelos de mediana capacidad portante	()
C) suelos de baja capacidad portante	(X)
D) suelos colapsables	()

Vulnerabilidad económica

Actividad Económica

1.0 ¿Qué nivel de producción tienen los pobladores?

Número de encuestado

- | | |
|---------------------------|--------|
| A).Altamente productiva | () |
| B).Mediamente productiva | () |
| C).Escasamente productiva | (60) |
| D).Sin producción | () |

Acceso al mercado laboral

2.0 ¿Qué cantidad de ofertas laborales presenta la población?

- | | |
|---------------------------------|--------|
| A) Con oferta laboras > demanda | () |
| B) Oferta laboral =demanda | () |
| C) Oferta laboral <demanda | (60) |
| D) Sin oferta laboral | () |

Nivel de ingresos

3.0) ¿Qué cantidad de ingreso mensual reciben?

- | | |
|---|--------|
| A) Suficiente nivel de ingreso | () |
| B) Ingreso que cubre las necesidades básicas | (12) |
| C) Nivel de ingreso menores que el salario básico | (48) |

Situación de pobreza

4.0 ¿Qué nivel de pobreza tienen los pobladores?

- | | |
|----------------------------------|--------|
| A) Población sin pobreza | () |
| B) Población con poca pobreza | () |
| C) Población con mediana pobreza | () |
| D) Población con pobreza total | (60) |

Vulnerabilidad social

Nivel de organización

1.0 ¿Qué nivel de organización tiene los pobladores?

- A). Población totalmente organizada. ()
- B). Población organizada ()
- C). Población escasamente organizada (X)
- D). Población no organizada. ()

Participación de la población en los trabajos comunales

2.0 ¿Qué porcentaje de la población participa?

- A) Participación total ()
- B) Participación de la mayoría ()
- C) Mínima participación (X)
- D) sin participación ()

Grado de relación entre las instituciones y organizaciones locales.

3.0) ¿Qué grado de relación existe entre la comunidad y las instituciones?

- A) Fuerte relación ()
- B) Medianamente relacionados ()
- C) Débil relación (X)
- D) No existe ()

Tipo de integración entre las organizaciones e Institucionales locales.

4.0 ¿Qué nivel de integración existe entre las organizaciones e instituciones locales?

- A) Integración total. ()
- B) Integración parcial ()
- C) Baja integración (X)
- D) No existe integración ()

Vulnerabilidad educativa

Programas educativos formales

1.0 ¿Con qué frecuencia recibe la población programas de capacitación?

- A).Desarrollo permanente de temas ()
- B).Desarrollo con regular permanencia ()
- C).Insuficiente desarrollo de temas ()
- D).No están incluidos los temas de PAD (X)

Programas de Capacitación

2.0 ¿Qué porcentaje de la población está realmente capacitada?

- A).la totalidad está preparada ante desastres ()
- B).La mayoría de la poblaciones está preparada ()
- C).La población esta escasamente preparada ()
- D).La población no está capacitada (X)

Programas educativos sobre grupos estratégicos

3.0 ¿Qué cantidad del área total recibe programas de capacitación?

- A) Cobertura total ()
- B) Cobertura mayoritaria ()
- C) Cobertura insuficiente ()
- D) Cobertura des focalizada (X)

Vulnerabilidad cultural e ideológica

Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres	Número de encuestado
1.0) ¿Qué cantidad de la población tiene conocimiento sobre la ocurrencia de desastres?	
A) Conocimiento total de la población	()
B) Conocimiento de la mayoría	()
C) Escasos conocimientos	(60)
D) Desconocimiento total	()
Percepción de la población sobre los desastres	
2.0 ¿Qué percepción tienen los pobladores sobre los desastres?	
A) La totalidad	()
B) La mayoría	()
C) La minoría	(20)
D) Percepción totalmente irreal –místico – religioso	(40)
Actitud frente a la ocurrencia de desastres	
3.0) ¿Qué actitud presentara la población frente a los desastres?	
A) Actitud parcialmente previsoras	()
B) Actitud escasamente previsoras	(50)
C) Actitud fatalista, conformista y con desidia.	(10)

Vulnerabilidad política institucional

Autonomía local

1.0 ¿Qué nivel de autonomía presenta las instituciones locales?

- A). Total autonomía ()
- B). Autonomía parcial ()
- C). Escasa autonomía (X)
- D). No existe autonomía ()

Liderazgo político

2.0 ¿Qué cantidad de respaldo presenta la población frente a las instituciones?

- A) Aceptación y respaldo total ()
- B) Aceptación y respaldo parcial ()
- C) Aceptación y respaldo Minoritario. (X)
- D) No hay aceptación ni respaldo ()

Participación ciudadana

3.0) ¿Qué nivel de participación tiene la población frente a un desastre?

- A) Participación total ()
- B) Participación mayoritaria ()
- C) Participación minoritaria (X)
- D) No hay participación ()

Vulnerabilidad científica y tecnológica

Existencia de trabajos de investigación

1.0 ¿Qué cantidad de peligros fueron estudiados en el sector?

- A).La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados ()
- B).La mayoría de peligros fueron estudiadas ()
- C).Existen pocos estudios ()
- D).No existen estudios (X)

Participación de la población en los trabajos comunales

2.0 ¿Qué cantidad de instrumentos de medición existe?

- A) totalmente instrumentada ()
- B) Parcialmente instrumentada ()
- C) Escasos instrumentos ()
- D) Sin instrumentos (X)

Anexo C. Procesamiento de datos hidrológicos.

Tabla 50. Datos pluviométricos de estación Jaén.

OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMATIVA

ESTACION : JAEN / CP - 252/DRE - 02											Lat.	5°40'36"
PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)											Long.	78°46'27"
UBICACIÓN: CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN											Altitud	654 msnm
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1984	15,2	20,4	18,0	16,0	12,5	17,3	4,5	6,2	12,9	19,5	20,3	16,3
1985	30,1	5,3	17,2	15,2	3,2	4,9	2,5	18,3	15,6	9,3	12,5	25,6
1986	5,1	18,5	45,2	53,2	12,6	41,2	3,6	5,8	23,1	15,4	11,0	15,2
1987	14,0	17,5	11,6	25,3	5,6	4,7	6,5	20,4	25,6	18,2	16,0	9,8
1988	18,1	16,3	15,6	14,8	20,1	19,5	17,6	25,4	8,6	13,6	15,9	12,2
1989	6,1	14,2	13,8	17,1	36,5	45,2	32,1	11,3	9,2	18,1	15,6	9,0
1990	41,3	25,3	18,6	27,9	41,3	48,2	35,8	30,9	26,5	24,8	9,8	15,1
1991	13,0	17,9	11,2	27,0	15,8	7,7	5,8	7,9	26,1	7,3	48,2	40,4
1992	3,8	20,5	15,0	35,9	18,5	4,4	3,6	6,1	28,7	36,6	53,5	19,6
1993	7,9	62,6	45,2	11,8	18,8	7,7	4,7	36,1	72,9	24,8	38,9	30,4
1994	14,7	58,5	35,4	57,9	13,9	12,2	6,6	4,8	48,2	7,5	17,4	14,1
1995	4,9	25,5	23,8	22,7	10,2	4,6	10,3	57,0	7,8	9,5	41,2	36,0
1996	7,9	25,7	18,0	11,2	16,5	14,7	0,5	6,7	13,7	19,8	18,4	38,0
1997	11,0	16,7	14,4	30,0	9,7	4,2	7,4	12,0	13,3	23,7	31,6	33,9
1998	26,6	76,3	41,2	37,3	31,4	18,5	3,1	21,8	23,3	29,7	35,7	15,4
1999	25,0	73,6	17,3	17,0	20,4	17,9	5,9	6,2	27,6	24,9	23,1	44,2
2000	7,1	70,5	49,2	39,8	68,0	18,1	8,2	75,1	40,8	3,6	10,9	18,0
2001	33,9	32,7	26,3	22,6	14,8	3,3	7,1	77,9	61,5	11,0	75,3	18,0
2002	7,3	31,6	38,4	18,2	27,0	4,1	12,7	1,3	8,1	25,3	34,0	29,7
2003	6,9	54,3	15,2	15,5	17,1	28,0	8,9	2,3	11,1	15,7	37,0	17,9
2004	7,5	6,8	17,7	30,6	38,1	18,0	2,4	7,2	17,0	19,4	18,2	12,0
2005	6,5	42,0	36,2	31,0	10,2	18,3	1,9	14,5	18,7	27,9	78,5	31,5
2006	18,5	38,7	23,0	9,4	13,5	26,5	1,3	8,5	5,6	11,7	15,5	16,0
2007	7,6	27,0	32,5	29,0	29,3	13,0	27,2	7,5	7,2	45,9	38,9	22,6
2008	17,0	37,2	63,7	10,2	15,8	26,9	17,4	3,4	9,9	24,6	77,5	10,0
2009	21,5	54,1	29,5	13,7	22,2	8,3	8,3	14,6	14,5	20,2	59,5	23,6
2010	16,6	32,8	5,5	41,5	12,5	13,3	4,0	22,9	10,7	24,0	12,1	30,0
2011	25,5	39,5	48,9	39,8	70,6	4,5	21,8	5,8	2,5	30,8	23,5	38,7
2012	23,8	32,6	22,5	27,5	7,8	17,0	6,4	68	5,2	26,0	23,2	12,2
2013	9,4	47,0	10,3	18,8	12,9	9,0	6,4	7,4	14,0	56,9	0,7	18,6
SUMA	453,7	1041,5	780,3	767,9	646,8	481,1	284,3	532,0	610,0	645,8	913,8	674,0
PROM.	15,1	34,7	26,0	25,6	21,6	16,0	9,5	17,7	20,3	21,5	30,5	22,5

Fuente: Proyecto Especial Jaén-San Ignacio-Bagua-SENAMHI.

Tabla 51. Análisis con distribución log - normal

AÑO	PREC. ORDENADAS		
	(mm)	F(x)	f(x)
1	78,50	0,9360711	0,0070632
2	77,94	0,9320197	0,0074076
3	77,48	0,9285458	0,0076974
4	76,25	0,9185881	0,0085008
5	75,14	0,9087341	0,0092591
6	73,60	0,8936359	0,0103571
7	72,94	0,8866407	0,0108416
8	70,60	0,8592173	0,0126076
9	59,48	0,6733966	0,0203507
10	58,46	0,6523798	0,0208493
11	56,98	0,6210492	0,0214677
12	56,90	0,6193306	0,0214974
13	54,34	0,5632693	0,0222285
14	53,50	0,5445337	0,0223718
15	53,20	0,5378162	0,0224110
16	48,21	0,4259673	0,0221234
17	48,20	0,4257461	0,0221211
18	45,90	0,3756207	0,0214090
19	45,20	0,3607317	0,0211261
20	41,50	0,2859371	0,0191879
21	38,70	0,2347488	0,0173307
22	38,37	0,2290684	0,0170958
23	38,10	0,2244787	0,0169017
24	38,00	0,2227921	0,0168294
25	33,94	0,1606227	0,0137649
26	32,60	0,1428691	0,0127338
27	30,10	0,1134099	0,0108451
28	25,60	0,0717987	0,0077258
29	25,40	0,0702662	0,0075988
30	20,40	0,0395477	0,0048180
MEDIA	51,518 mm		
DESV.EST.	17,721		

Tabla 52. Análisis con distribución log - normal de 2 parámetros.

AÑO	PREC. ORDENADAS(mm)	$y = \ln(x)$	F(x)	f(x)
1	78,5	4,363	0,902	0,461
2	77,9	4,356	0,899	0,472
3	77,5	4,350	0,896	0,482
4	76,3	4,334	0,888	0,508
5	75,1	4,319	0,881	0,533
6	73,6	4,299	0,869	0,568
7	72,9	4,290	0,864	0,583
8	70,6	4,257	0,844	0,639
9	59,5	4,086	0,710	0,915
10	58,5	4,068	0,694	0,938
11	57,0	4,043	0,670	0,969
12	56,9	4,041	0,668	0,970
13	54,3	3,995	0,622	1,016
14	53,5	3,980	0,607	1,028
15	53,2	3,974	0,601	1,032
16	48,2	3,876	0,497	1,066
17	48,2	3,875	0,497	1,066
18	45,9	3,826	0,445	1,056
19	45,2	3,811	0,428	1,049
20	41,5	3,726	0,341	0,981
21	38,7	3,656	0,276	0,893
22	38,4	3,647	0,268	0,881
23	38,1	3,640	0,262	0,871
24	38,0	3,638	0,260	0,867
25	33,9	3,525	0,172	0,682
26	32,6	3,484	0,146	0,612
27	30,1	3,405	0,103	0,478
28	25,6	3,243	0,045	0,251
29	25,4	3,235	0,043	0,243
30	20,4	3,016	0,011	0,075
MEDIA	3,879			
DESV.EST.	0,374			
C.ASIMETRIA	(0,494)			

Tabla 53. Análisis con distribución log - normal de 3 parámetros

AÑO	PREC. ORDENADAS (mm)	$y = \ln(x-a)$	F(x)	f(x)
1	78,500	4,6578575	0,9164631	0,6606070
2	77,940	4,6525308	0,9128882	0,6816737
3	77,480	4,6481339	0,9098524	0,6992914
4	76,250	4,6362812	0,9012780	0,7477520
5	75,140	4,6254629	0,8929442	0,7931077
6	73,600	4,6102572	0,8803901	0,8583988
7	72,940	4,6036691	0,8746403	0,8871522
8	70,600	4,5799549	0,8523601	0,9922411
9	59,480	4,4588719	0,7004978	1,4942979
10	58,460	4,4469948	0,6825171	1,5329794
11	56,980	4,4295064	0,6552494	1,5842223
12	56,900	4,4285523	0,6537367	1,5868083
13	54,340	4,3975308	0,6033413	1,6579520
14	53,500	4,3871385	0,5860159	1,6758074
15	53,200	4,3834007	0,5797413	1,6814548
16	48,210	4,3190868	0,4699556	1,7109783
17	48,200	4,3189537	0,4697278	1,7109042
18	45,900	4,2878533	0,4169445	1,6785260
19	45,200	4,2781927	0,4008040	1,6625276
20	41,500	4,2255190	0,3163907	1,5307421
21	38,700	4,1837281	0,2554112	1,3822539
22	38,370	4,1786857	0,2484913	1,3623614
23	38,100	4,1745411	0,2428792	1,3457514
24	38,000	4,1730017	0,2408123	1,3395253
25	33,940	4,1084118	0,1631750	1,0599724
26	32,600	4,0861444	0,1406811	0,9604601
27	30,100	4,0432267	0,1035009	0,7739640
28	25,600	3,9610036	0,0531019	0,4653325
29	25,400	3,9571876	0,0513496	0,4530954
30	20,400	3,8567217	0,0195084	0,2038930
MEDIA	4,337			
DESV.EST.	0,233			
a	(26,910)			
C.ASIMETRIA	(0,246)			

Tabla 54. Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,995318761
Coefficiente de determinación R ²	0,990659436
R ² ajustado	0,9902443
Error típico	0,0224434
Observaciones	48

Tabla 55. Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	2,404043	1,202022	2386,348	2,15474E-46
Residuos	45	0,022667	0,000504		
Total	47	2,426710			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	2,07156	0,013483	153,6427	7,227E-63	2,044403	2,09872	2,04440	2,098715
Variable X 1	0,193252	0,004730	40,8584	3,222E-37	0,1837255	0,202778	0,18373	0,202778
Variable X 2	-0,526849	0,0094575	-55,70716	3,686E-43	-0,5458977	-0,50780	-0,54590	-0,507801

Tabla 56. Parámetros Gumbel en función de n.

Media reducida Y_n

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5230	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600									

Desviación típica reducida S_n

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,2260	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,3880
40	1,1413	1,1430	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Anexo D. Planos

Lamina 01.Plano topográfico general del área de estudio.

Lamina 02.Plano de ubicación de obras de arte.