Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el grado académico de Maestra en Ingeniería Ambiental

Autora

Quincho Jerónimo, Gina Deisy

Asesor

Gómez Lora, Jhon Walter

ORCID - 0000-0003-4926-8967

Jurado

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

Zamora Talaverano, Noe Sabino

Gordon Meza, Ruth Escarlen

Lima - Perú

2025

RECONOCIMIENTO - NO COMERCIAL - SIN OBRA DERIVADA
(CC BY-NC-ND)

DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	23%	11%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	bvpad.indeci.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	idoc.tips Fuente de Internet	1%
7	www.southperupanel.org Fuente de Internet	1%
8	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el grado académico de Maestra en Ingeniería Ambiental

Autora

Quincho Jerónimo, Gina Deisy

Asesor

Gómez Lora, Jhon Walter

ORCID: 0000-0003-4926-8967

Jurado

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

Zamora Talaverano, Noe Sabino

Gordon Meza, Ruth Escarlen

Lima – Perú

2025

Dedicatoria:

A Dios por las pruebas que puso en camino.

A mis amados hijos Ainoha y Carlos Daniel: Cada día que paso a su lado es un regalo que atesoro en mi corazón. Sus risas, curiosidad e infinita capacidad de amar han sido la inspiración detrás de cada esfuerzo en mi vida. Esta tesis es un pequeño testimonio de todo lo que hago, lo hago pensando en ustedes. Gracias por llenar mi mundo de amor y dulzura.

ÍNDICE

RESUMEN xiii

ABSTRAC xiv

I. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Planteamiento del problema 2

1.2. Descripción del problema 2

1.3. Formulación del problema 3

1.3.1. Problema general 3

1.3.2. Problemas específicos 4

1.4. Antecedentes 4

1.4.1. Antecedentes nacionales 4

1.4.2. Antecedentes internacionales 7

1.5. Justificación de la investigación 10

1.6. Limitaciones de la investigación 10

1.7. Objetivos de la investigación 11

1.7.1. Objetivo general 11

1.7.2. Objetivos específicos 11

1.8. Hipótesis (si corresponde) 11

II. MARCO TEÓRICO 12

2.1. Marco conceptual 12

2.1.1. Precipitación 12

2.1.2. Precipitaciones máximas 12

2.1.3. Periodo de retorno 12

2.1.4. Manejo de cuencas 13

2.1.5. Cuenca hidrográfica: 13

2.1.6. Inundación: *14*

2.1.7. Llanuras de Inundación *15*

2.1.8. Parte Baja de la Cuenca *18*

2.1.9. Caudal Máximo *18*

2.1.10. Método caudal máximo vs área *18*

2.1.11. Tiempo de concentración *19*

2.1.12. Coeficiente de escorrentía (C) *20*

2.1.13. Método de isócronas *21*

2.1.14. Análisis de frecuencias *22*

2.1.15. Intensidad máxima *23*

2.1.16. Análisis de datos dudosos *24*

2.1.17. Determinación de la Probabilidad *24*

2.1.18. Prueba de bondad de ajuste Smirnov- Kolmogorov *25*

2.1.19. Distribuciones teóricas *26*

2.1.20. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) *29*

2.1.21. Distribución temporal de tormentas de diseño *30*

2.1.22. Riesgo admisible, vida útil y periodo de retorno *31*

2.1.23. Periodo de retorno *31*

2.1.24. Infiltración y Precipitación Neta *31*

2.1.25. Transformación precipitación neta a escorrentía *34*

2.1.26. Tránsito de avenidas en cauces por el método Muskingum-Cunge *35*

2.1.27. Modelo Hidrológico HEC-HMS *36*

2.1.28. Método racional *37*

2.1.29. Métodos de la pendiente y la capacidad de transporte de masa *38*

2.1.30. Recopilación y Análisis de la Información *39*

2.1.31. Peligro *40*

2.1.32. Vulnerabilidad *45*

2.1.33. Resiliencia *48*

2.1.34. Riesgo *49*

2.1.35. Desastre *51*

2.1.36. Concepto de Sistema de Información Geográfica (SIG): *51*

2.1.37. Recomendaciones ante inundaciones fluviales *52*

III. MÉTODO 55

3.1. Tipo de investigación 55

3.2. Población y muestra 55

3.3. Operacionalización de variables 56

3.4. Instrumentos 57

3.5. Procedimientos 58

3.6. Análisis de datos 60

IV. RESULTADOS 62

4.1. Diagnostico 62

4.2. Análisis hidrológico 108

4.3. Propuestas de protección de precipitaciones máximas 179

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 189

VI. CONCLUSIONES 190

VII. RECOMENDACIONES 192

VIII. REFERENCIAS 194

IX. ANEXOS 202

INDICE DE TABLA

Tabla 1 *Población y viviendas expuestas a fenómenos hidrometeorológicos asociados a lluvias intensas por departamentos* 6
Tabla 2 *Fórmulas de concentración* 22
Tabla 3 *Valores de CN basados en el tipo de suelo y el uso de tierra (Grupo Hidrológico de Suelo).* 33
Tabla 4 *Valores de CN para áreas áridas y semiáridas* 34
Tabla 5 Estratificación de los niveles de peligrosidad 41
Tabla 6 Nivel de inundaciones 42
Tabla 7 Periodo de Retorno en años 42
Tabla 8 Estrato, descripción y valor de las zonas de peligro 43
Tabla 9 Tipos de Vulnerabilidad ante Inundaciones Fluviales 46
Tabla 10 Variable: Localización de Viviendas 47
Tabla 11 Variable: Material de construcción utilizada en viviendas 47
Tabla 12 *Variable: Características ecológicas, calidad y tipo de suelo* 47
Tabla 13 *Variable: Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos* 48
Tabla 14 *Zonificación territorial del riesgo ante inundaciones fluviales* 50
Tabla 15 Variables del objetivo general 56
Tabla 16 Variables del primer objetivo 56
Tabla 17 Variables del segundo objetivo 56
Tabla 18 Variables del tercer objetivo 57
Tabla 19 Localización de Puntos extremos de la Subcuenca Huaycoloro 62
Tabla 20 Límites de la Subcuenca Huaycoloro 62
Tabla 21 Categorización de la cuenca según el índice de 65
Tabla 22 *Caracterización de la cuenca según los valores del factor forma* 65
Tabla 23 Polígono de Frecuencias 70
Tabla 24 Altitud media de la cuenca 71
Tabla 25 *Tipos de pendientes* 72
Tabla 26 *Índice de Pendiente* 73
Tabla 27 Orden de los Ríos según las Leyes de Horton 76
Tabla 28 *Datos de Cálculo para la Pendiente Media de la Subcuenca Huaycoloro* 78
Tabla 29 *Datos de Cálculo para el Perfil Longitudinal del Curso Principal* 79
Tabla 30 Resumen de Parámetros Geomorfológicos de la Subcuenca Huaycoloro 80
Tabla 31 *Descripción de Geomorfología* 83
Tabla 32 *Descripción de Unidades Geológicas* 84
Tabla 33 *Descripción de Pendiente* 88
Tabla 34 *Descripción climática.* 89
Tabla 35 *Descripción de Zonas de vida* 91
Tabla 36 *Descripción de Cobertura vegetal* 92
Tabla 37 *Descripción de Suelos* 94

Tabla 38 *Descripción de Capacidad de uso mayor de tierras* 97
Tabla 39 *Indicadores de ocupación del estudio social, 1993 – 2017* 99
Tabla 40 *Composición por Núcleos Urbanos - Cajamarquilla* 99
Tabla 41 *Composición por Núcleos Urbanos - Jicamarca* 101
Tabla 42 *Composición de Núcleos Urbano - Nievería* 102
Tabla 43 *Composición de núcleos urbano - Huachipa* 102
Tabla 44 *Población según sexo* 103
Tabla 45 *Población según grupo de edades* 104
Tabla 46 *Material predominante de las paredes* 104
Tabla 47 *Material predominante de los techos* 105
Tabla 48 *Tipo de abastecimiento de agua* 105
Tabla 49 *Viviendas con servicios higiénicos* 106
Tabla 50 *Población según educativo* 106
Tabla 51 *Puestos de Salud* 107
Tabla 52 *Población según tipo Asegurada* 107
Tabla 53 *Estaciones pluviométricas dentro y próximas a la cuenca* 109
Tabla 54 *Precipitación máxima 24 horas observada en las estaciones del estudio* 110
Tabla 55 *Prueba de datos dudosos de la estación Antioquia* 112
Tabla 56 *Prueba de datos dudosos de la estación Arahuay* 113
Tabla 57 *Prueba de datos dudosos de la estación Huamantanga* 114
Tabla 58 *Prueba de datos dudosos de la estación Autisha* 115
Tabla 59 *Prueba de datos dudosos de la estación Chosica* 116
Tabla 60 Prueba de datos dudosos de la estación Matucana 117
Tabla 61 *Prueba de datos dudosos de la estación Santa Eulalia* 118
Tabla 62 *Datos de precipitación máxima 24 horas sin datos dudosos de las estaciones del estudio* 119
Tabla 63 *Datos de precipitación máxima 24 horas ajustados de las estaciones de estudio* .120
Tabla 64 *Resultados de la prueba bondad de ajuste para la estación Antioquia* 121
Tabla 65 *Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Arahuay* 122
Tabla 66 *Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Autisha* 123
Tabla 67 *Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Huamantanga* 124
Tabla 68 *Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Chosica* 125
Tabla 69 *Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Matucana* 126
Tabla 70 *Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Santa Eulalia* 127
Tabla 71 *Distribución representativa de máximos según prueba estadística* 128
Tabla 72 *Precipitaciones máximas de diseño* 129
Tabla 73 *Intensidad de diseño de la estación Autisha* 130
Tabla 74 *Intensidad de diseño de la estación Arahuay* 131
Tabla 75 *Intensidad de diseño de la estación Antioquia* 132
Tabla 76 *Intensidad de diseño de la estación Huamantanga* 133
Tabla 77 *Intensidad de diseño de la estación Chosica* 134

Tabla 78 Intensidad de diseño de la estación Matucana 135
Tabla 79 Ecuación de intensidad para cada estación pluviométrica 137
Tabla 80 Distribución de lluvia asignada a cada estación 138
Tabla 81 Valores de CN asignados a cada subcuenca en estudio 144
Tabla 82 Valores d subcuenca en estudio 145
Tabla 83 Parámetros de la Subcuenca 147
Tabla 84 *Caudales en los puntos de estudio (punto final).* 148
Tabla 85 *Caudales en los puntos de estudio (punto Inicial)* 149
Tabla 86 Caudales en los puntos de estudio (punto J5) 149
Tabla 87 Hidrograma de caudales máximos (punto J5). 150
Tabla 88 Principales huaycos e inundaciones en la subcuenca Huaycoloro 155
Tabla 89 Descripción del Modelo de Peligros por Inundaciones 159
Tabla 90 *Evaluación de los resultados* 164
Tabla 91 *Vulnerabilidad de viviendas* 166
Tabla 92 *Vulnerabilidad de infraestructura vial* 167
Tabla 93 *Vulnerabilidad de población* 170
Tabla 94 *Vulnerabilidad* 173
Tabla 95 Matriz de riesgos 174
Tabla 96 Estimación económica de daños a viviendas de riegos 175
Tabla 97 Población 176
Tabla 98 Infraestructura Vial 177
Tabla 99 *Riesgos* 178
Tabla 100 Presupuesto 187
Tabla 101 Cronograma 188

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: *Formula de Kirpich* 19
Ecuación 2: *Formula de Dirección de Carreteras* 20
Ecuación 3: *Fórmula de Giandotti* 20
Ecuación 4*: Coeficiente de escorrentía* 20
Ecuación 5: *Intensidad media probable de un aguacero de horas de duración* 23
Ecuación 6: *periodo de retorno* 31
Ecuación 7: *Flujo de Manning* 39
Ecuación 8*: Fórmula del ancho promedio de la cuenca* 64
Ecuación 9*: Fórmula del Coeficiente de Compacidad* 64
Ecuación 10*: Fórmula del Factor Forma* 65
Ecuación 11*: Formula Rectángulo Equivalente Lado Mayor* 66
Ecuación 12*: Formula Rectángulo Equivalente Lado Menor* 66
Ecuación 13*: Formula de radio de circularidad* 68
Ecuación 14*: Altitud media de la cuenca* 71
Ecuación 15*: Pendiente media de la cuenca* 72
Ecuación 16*: Índice de Pendiente* 73
Ecuación 17*: Coeficiente de masividad* 74
Ecuación 18*: Coeficiente Orográfico* 74
Ecuación 19*: Coeficiente de torrencialidad* 75
Ecuación 20*: Frecuencia de densidad de ríos* 76
Ecuación 21*: Densidad de drenaje* 76
Ecuación 22*: Densidad de drenaje* 77
Ecuación 23*: Pendiente media del río principal* 78
Ecuación 24*: Altura media del río principal* 79
Ecuación 25*: Tiempo de concentración* 80

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 *Pérdida anual*..... 9
Figura 2 *Áreas propensas a Inundación en el Perú*..... 7
Figura 3 *Cuenca Hidrográfica*..... 13
Figura 4 *Lecho menor y lecho mayor de un río*..... 14
Figura 5 *Llanura de inundación*..... 15
Figura 6 *Llanura de inundación afectada por actividades humanas*..... 16
Figura 7 *Partes de una Cuenca Hidrográfica*..... 18
Figura 8 *Tiempo de concentración*..... 19
Figura 9 *División de una cuenca para el trazo de isócronas*..... 21
Figura 10 *Valores de K_n para la prueba de datos dudosos*..... 24
Figura 11 *Distribución de las precipitaciones*..... 30
Figura 12 *Recopilación y Análisis de la Información*..... 40
Figura 13 *Flujograma del procedimiento técnico para determinar los niveles de peligrosidad.*
..... 43
Figura 14 Elementos para el modelo de peligros..... 44
Figura 15 Matriz de riesgos..... 49
Figura 16 *Flujograma de la metodología para la elaboración de los escenarios de riesgo*..... 51
Figura 17 Rectángulo Equivalente..... 67
Figura 18 Curva Hipsométrica de la Sub..... 69
Figura 19 *Polígono de Frecuencias de Altitudes*..... 70
Figura 20 *Perfil Longitudinal del curso principal de la Subcuenca Huaycoloro*..... 79
Figura 21 *Superficies de Geomorfología en %*..... 83
Figura 22 *Superficies de Unidades Geológicas en %*..... 87
Figura 23 *Superficies de Pendiente en %*..... 88
Figura 24 *Superficies climáticas en %*..... 89
Figura 25 *Superficies de Zonas de vida en %*..... 91
Figura 26 *Superficies de Cobertura vegetal en %*..... 92
Figura 27 *Superficies de Suelos en %*..... 95
Figura 28 *Superficies Capacidad de uso mayor de tierras. En %*..... 98
Figura 29 *Estaciones pluviométricas cercanas a la cuenca de estudio*..... 109
Figura 30 *Distribución de probabilidad para la estación Antioquia*..... 122
Figura 31 *Distribuciones de probabilidad para la estación Arahuay*..... 123
Figura 32 Distribuciones de probabilidad para la estación Autisha..... 124
Figura 33 Distribuciones de probabilidad para la estación Huamantanga..... 125
Figura 34 Distribuciones de probabilidad para la estación Chosica..... 126
Figura 35 *Distribuciones de probabilidad para la estación Matucana*..... 127
Figura 36 *Distribuciones de probabilidad para la estación Santa Eulalia*..... 128
Figura 37 *Curvas IDF de la estación Autisha*..... 130

Figura 38 *Curvas IDF de la estación Arahuay* 131
Figura 39 *Curvas IDF de la estación Antioquia* 132
Figura 40 *Curvas IDF de la estación Huamantanga* 133
Figura 41 Curvas IDF de la estación Chosica 134
Figura 42 Curvas IDF de la estación Matucana 135
Figura 43 Intensidad de diseño de la estación Santa Eulalia 136
Figura 44 Curvas IDF de la estación Santa Eulalia 136
Figura 45 *Hietograma de diseño para la estación Antioquia para diferentes periodos de retorno* 138
Figura 46 Hietograma de diseño para la estación Arahuay para diferentes periodos de retorno 139
Figura 47 Hietograma de diseño para la estación Autisha para diferentes periodos de retorno 139
Figura 48 Hietograma de diseño para la estación Chosica para diferentes periodos de retorno 140
Figura 49 *Hietograma de diseño para la estación Huamantanga para diferentes periodos de retorno* 140
Figura 50 *Hietograma de diseño para la estación Matucana para diferentes periodos de retorno* 141
Figura 51 Hietograma de diseño para la estación Santa Eulalia para diferentes periodos de retorno 141
Figura 52 Valores CN de los grupos hidrológicos en Perú 142
Figura 53 Ubicación de la cuenca de estudio en el Mapa Número de Curva – Condiciones normales 143
Figura 54 Esquema HEC-HMS de la cuenca de estudio 147
Figura 55 *Hidrogramas de caudal a diferentes periodos de retorno* 154
Figura 72 Geomorfología 160
Figura 73 Pendiente 161
Figura 74 Precipitación en 24 horas 162
Figura 75 Cobertura Vegetal 162
Figura 76 *Posta Médica en Nievería.* 165
Figura 77 Posta Médica en Huachipa 165
Figura 78 *Puente Petramás* 167
Figura 79 *Puente Petramás* 168
Figura 80 *Puente las Torres* 168
Figura 81 *Puente las Torres* 168
Figura 82 *Puente Ramiro Priale* 169
Figura 83 Puente Huaycoloro (Campoy – Huachipa) 169
Figura 84 *illa Leticia* 171

RESUMEN

El estudio tuvo como **Objetivo:** Conocer las lluvias máximas en la subcuenca baja de la quebrada del río Huaycoloro, para la mejora de la calidad de vida de los centros poblados cercanos; la **Metodología:** el estudio es Empírico con un diseño No experimental. En los **Resultados:** se realizó el diagnóstico ambiental de la Subcuenca Huaycoloro, la cual presenta 492.9 km^2 de área y un río principal de 49.7 km de longitud, A su vez, la región cuenta con una morfología predominante de colinas y montañas, con vertientes empinadas que abarcan el 54% del área. El clima varía entre semiseco y árido, con lluvias escasas. Geológicamente, predominan las rocas ígneas. En cuanto a las características socioeconómicas, se destaca que el 60% de la población, que equivale a 38,436 habitantes, vive en extrema pobreza. Las precipitaciones y los caudales máximos en los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años son 0.00, 0.563, 3.999, 20.684, 46.506, 87.505, 146.849, 258.780 y 373.532 m^3/s respectivamente. **Conclusiones:** Las pendientes pronunciadas y la escasa vegetación aceleran el escurrimiento superficial durante lluvias intensas, aumentando el riesgo de desbordes en el río principal. Esto, sumado al clima semiseco con lluvias estacionales, genera un alto potencial de inundaciones, causando pérdidas económicas significativas en infraestructuras y viviendas. Para mitigar estos daños, es fundamental implementar planes de contingencia que tengan en cuenta las características morfológicas y socioeconómicas de la región.

Palabras clave: inundación, lluvias máximas, medidas de conservación y protección.

ABSTRACT

The objective of the study was: to determine the maximum rainfall in the lower sub-basin of the Huaycoloro River ravine, to improve the quality of life of nearby population centers; Methodology: the study is Empirical with a Non-experimental design. In the Results: the enviro mental diagnosis of the Huaycoloro Subbasin was carried out, which has an area of 492.9 km2 and a main river of 49.7 km in length. In turn, the region has a predominant morphology of hills and mountains, with steep slopes. covering 54% of the area. The climate varies between semi-dry and arid, with little rain. Geologically, igneous rocks predominate. The climate varies between semi-dry and arid, with little rain. Geologically, igneous rocks predominate. Regarding socioeconomic characteristics, it stands out that 60% of the population, which is equivalent to 38,436 inhabitants, lives in extreme poverty. The maximum rainfall and flows in the return periods of 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 and 1000 years are 0.00, 0.563, 3.999, 20.684, 46.506, 87.505, 146.849, 258.780 and 373. 532 m^3/ s respectively. Conclusions: Steep slopes and sparse vegetation accelerate surface runoff during intense rains, increasing the risk of overflows into the main river. This, added to the semi-dry climate with seasonal rains, generates a high potential for flooding, causing significant economic losses in infrastructure and homes. To mitigate this damage, it is essential to implement contingency plans that take into account the morphological and socioeconomic characteristics of the region.

Keywords: flooding, maximum rainfall, conservation and protection measures.

I. INTRODUCCIÓN

La sub cuenca hidrográfica Huaycoloro, pertenece a la cuenca del río Rímac y sobresale por una morfología que presenta desde terrenos colinosos y ondulados hasta laderas accidentadas e inclinadas, con superficies de erosión bien formadas.

Esta sub cuenca, se origina en entre los cerros Concho, Río Pampas, Mecro, Huaycoloro, Majada Larga y Chinchilco, entre otros, que forman parte de las estribaciones andinas en el flanco occidental de la cordillera Occidental, a más de 3500 msnm.

La quebrada Huaycoloro, desde su origen hasta su desembocadura en el río Rímac, abarca un área de drenaje de 481.00 km^2, recorriendo un total de 49.00 km en su cauce principal y con una inclinación promedio de 08.12%. Los parámetros geomorfológicos del área de la cuenca en estudio, relacionados con la respuesta de la precipitación en forma de escorrentía, presentan las siguientes características: El área de la cuenca en estudio es de 481.00 km^2, con un perímetro de 112.00 km y una longitud del cauce principal de 49.00 km. El ancho promedio de la cuenca es de 16.20 km, y la pendiente media es del 08.12%. El tiempo de concentración es de 4.8 hora.

En la subcuenca del río Huaycoloro viene presentando dificultades en casi la totalidad de su recorrido debido al incremento de la población que ha ocupado extensas áreas de la zona del lecho del río Huaycoloro. Así mismo el crecimiento de forma desordenada de la población y sus dificultades económicas y sanitarias, producen que la quebrada Huaycoloro se considere como un colector de desperdicios donde arrojan residuos y aguas servidas por la falta de alcantarillado en algunas zonas, lo cual provoca en épocas avenidas el aumento del caudal y huaycos que el algunos tramos zonas por el aumento de velocidad del agua se erosionen los taludes como de (3.00 m/s a 12.00 m/s) por lo que a consecuencia generan desbordes e inundaciones y desprendimiento de taludes.

1.1. Planteamiento del problema

El Perú, presenta inundaciones de forma recurrente, y debido a su heterogénea topografía, variaciones climáticas, geomorfológicas, ecológicas, geológicas y la explotación descontrolada de los recursos naturales causan problemas en los suelos como erosión, desertificación, degradación, deslizamientos e inundaciones, etc. A su vez, el fenómeno del niño y los altos niveles de precipitación en los andes, propician un aumento de los caudales desde la región andina hasta las costas, lo cual también provoca el desbordamiento de ríos que trae como consecuencia el daño patrimonial y, sobre todo, el deceso de vidas humanas. Alta densidad de sedimentos en los ríos, debido a la acumulación de barro y desechos causan escasez de agua potable, ya que SEDAPAL, que suministra el 80% de ciudadanos de Callao y Lima, no puede recoger agua para su potabilización.

Por ello, se puede indicar que Lima y el Callao, presentan como vulnerabilidad a este peligro climático, siendo esto debido a una planificación urbanística deficiente, falta de medidas preventivas, insuficiente infraestructura de drenaje, construcción descontrolada en las fajas marginales de los ríos, casi nula existencia de sistemas de alerta rápida y coordinación deficiente de rutas de evacuación. (Municipalidad de Lima, 2021).

1.2. Descripción del problema

El incremento global de las inundaciones puede atribuirse a una serie de factores diversos. Estos incluyen variables meteorológicas como las lluvias intensas, tormentas y variaciones de temperatura; aspectos hidrológicos como el contenido de agua en el suelo y los niveles freáticos; y elementos sociales, como la alteración en el uso del suelo y la expansión hacia áreas propensas a inundaciones. La problemática de las inundaciones urbanas se vuelve cada vez más crítica debido a la rápida expansión de ciudades y asentamientos (World Wildlife Found Mesoamérica, 2016). Las inundaciones constituyen alrededor del 50% de los incidentes naturales internacionales y tienen el mayor impacto social. A nivel mundial, han afectado a

casi el 85% de las personas y representan aproximadamente el 3% de las muertes, debido a que este suceso trae cuantiosas bajas de vidas humanas, miles de damnificados, perdidas de infraestructura, económicas y de servicios básicos. Esto provoca una reducción en el nivel de vida de la población y un efecto negativo en su desarrollo.

La subcuenca de estudio, se encuentra en la cuenca del río Rímac y llega hasta los distritos de San Antonio de Chaclla y Lurigancho-Chosica, en las provincias de Huarochirí y Lima, presenta un flujo de agua escaso en la parte alta de su quebrada, esto se debe a los diferentes eventos de movilización de masa que han generado desbordamientos y huaicos en la parte baja de la quebrada, generando significativos daños económicos, especialmente a la población de Campoy, Zarate y Huachipa. A ello se le suma la falta de planificación y manejo desordenado y desequilibrado del municipio de los AA.HH., que se encuentran situados en franjas marginales de la subcuenca y la presencia de ingresos de agua de riego provenientes del río Rímac y de vertimientos clandestinos de industrias estacionadas en el lado izquierdo y derecho de la quebrada Huaycoloro. Además, a ello le agregamos la presencia de desechos sólidos que las personas arrojan a la ribera del río y las empresas que laboran en el lugar descargando sus efluentes industriales por la falta del suministro de abastecimiento de agua y alcantarillado modificando las características hidráulicas que incrementan para los desbordes en dicha zona.

En este sentido la presente investigación pretende realizar un plan te protección de inundación a fin de disminuir los efectos que producen en el nivel de vida de los habitantes.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo incide las Lluvias Máximas en la Presencia de Inundaciones en la Subcuenca Baja del Río Huaycoloro lo cual contribuirá a prevenir sus impactos negativos?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las lluvias máximas que impactan en las inundaciones de la sub cuenca baja de la quebrada del río Huaycoloro?

¿De qué manera las lluvias máximas generan inundaciones en los tramos críticos inundables?

¿Cuáles son las alternativas de planes de protección ante inundaciones en los tramos críticos?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Antecedentes nacionales

Gómez (2000), en su pesquisa de magistratura *"Gestión de Inundación del río Rímac",* en el cual realiza un diagnóstico físico detallado en su geología, geomorfología, topografía, hidrología en toda la cuenca el río Rímac, además realizo correlaciones de caudal vs. Escorrentía, área y precipitación, caudal vs. Volumen e intensidad vs. Precipitación, tiempo de tormenta; de tal manera que se pueda estimar valores de precipitación, caudales e intensidades para cualquier punto de la cuenca. Asimismo, en este trabajo se realizó un análisis detallado de identificación de amenazas potenciales en la zona de estudio como inundaciones, que mayormente ocurre en su parte media y baja, complementando este análisis con un estudio de vulnerabilidad de la infraestructura física y de la población a nivel de microcuencas en la cuenca del río Rímac. Finalmente planteo una política de manejo y gestión del agua en la gestión del riesgo de inundaciones.

Moccetti (2006)**,** en su estudio de titulación "Sistema de alerta temprana de inundaciones –aplicado en el río Chillón", tuvo como meta destacar la relevancia de implementar mecanismos de advertencia preventivas para prevenir que las cuencas costeras se inunden. La metodología consistió en analizar los datos que proporcionaban los equipos de medición hidrometeorológica existentes en la cuenca. Luego, se pasó a un modelo hidrológico

para reproducir las características del río en respuesta a las precipitaciones en la zona alta de la cuenca, con el propósito de prever el aumento del caudal de los ríos y desarrollar un mecanismo de advertencia que minimice el tiempo de respuesta frente a posibles desastres. Para la ejecución, se incluyó en la región baja de la cuenca la implementación de una estación hidrométrica y estaciones pluviométricas automatizadas.

Loyola (2019) en su investigación de maestría de título "Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Rio grande, tramo desde el puente Candopata hasta el puente cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad". Tiene como fin clasificar el grado de peligro de la quebrada mencionada, además de analizar la susceptibilidad de las residentes de la zona marginal del cauce fluvial grande y formular propuestas de intervenciones no estructurales y estructurales para controlar el riesgo de inundación.

Mendoza (2017) en su tesis de titulación **"**Evaluación del riesgo por inundación en la Quebrada Romero, del distrito de Cajamarca, periodo 2011- 2016". Los objetivos del estudio fueron analizar el grado de riesgo de inundación asociado con la quebrada, analizar la vulnerabilidad de las familias aledañas a la quebrada Romero, evaluar la peligrosidad y proponer medidas que mitiguen el riesgo de inundación.

Presidencia de consejo de ministros (2014)

Perú ha enfrentado una serie de fenómenos naturales cuyas consecuencias han estado estrechamente vinculadas a la vulnerabilidad de los medios de vida de la población. La falta de planificación y control en la ocupación del territorio resultó en infraestructura y servicios básicos costosos e inadecuados, agravados por prácticas de autoconstrucción deficientes que emplearon materiales inapropiados, aumentando así el nivel de precariedad. Además, un mapa de vulnerabilidad física elaborado por el Ministerio del Ambiente reveló que en las categorías de alta y muy alta son presentadas por el 46% del territorio nacional, afectando al 36.2% de las

personas, equivalente a aproximadamente 9,779,370 individuos, que reside en estas áreas.

Tabla 1

Población y viviendas expuestas a fenómenos hidrometeorológicos asociados a lluvias intensas por departamentos.

DEPARTAMENTO	POBLACIÓN	VIVIENDA
AMAZONAS	198,054	61,452
ANCASH	560,078	185,733
APURIMAC	323,362	119,332
AREQUIPA	612,570	173,178
AYACUCHO	480,623	166,477
CAJAMARCA	433,373	133,017
CUSCO	815,471	234,600
HUANCAVELICA	299,574	108,346
HUANUCO	603,822	177,513
ICA	1,091	587
JUNIN	761,322	209,466
LA LIBERTAD	182,318	54,834
LANBAYEQUE	7,541	2,154
LIMA	319,191	101,535
LORETO	798,567	166,488
MADRE DE DIOS	89,979	24,934
MOQUEGUA	16,705	6,638
PASCO	208,515	5,736
PIURA	1155,967	275,608
PUNO	399,764	171,061
SAN MARTIN	435,411	114,253
TACNA	4,612	2,175
TUMBES	136,344	36,527
UCAYALI	400,774	94,819
TOTAL	9 245,028	2 678 088

Nota. Adaptado de Presidencia del consejo de Ministros, 2014, p.27

Figura 1

Áreas propensas a Inundación en el Perú



Nota. Tomado de Presidencia del Consejo de Ministros, 2014, p.27

1.4.2. Antecedentes internacionales

Niño (2012) de la Pontifica Universidad Javeriana, Bogotá en su trabajo de maestría "Análisis de la gestión del riesgo de inundaciones en Bogotá: Un enfoque desde la construcción social del riesgo" presentó como fin de su trabajo, la evaluación del riesgo de inundaciones de la ciudad mencionada y su conclusión fue que el nivel de riesgo es alto.

Moreno y Bermúdez (2016) de la Universidad de Manizales, Ecuador, en su tesis para optar el título de Especialista en Información geográfica, de título "Análisis del riesgo por inundación utilizando herramientas SIG para la cuenca del Río Quito". Presentó como fin la determinación del nivel de confiabilidad de los resultados de valoración de riesgo usando SIG

y concluyó que la evaluación precisa del riesgo se logra mediante el uso de SIG.

Rodríguez (2013) de la Universidad Nacional Autónoma de México, para obtener su maestría, presentó “Inundaciones en zonas urbanas medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales”, indicando que la investigación surgió de la falta de integración de un grupo de acciones de control de las inundaciones, para ayudar a la toma de decisiones. Por lo que se presentó como meta desarrollar un informe que combine estrategias estructurales y no estructurales para la gestión eficaz y el control de inundaciones en áreas urbanas. En su investigación, se muestran definiciones de la inundación e hidrología en el medio urbano. A su vez se presenta medidas preventivas y correctivas, que son apoyadas con tecnología para maximizar su uso. De la misma forma, se presentaron recomendaciones para investigaciones futuras en el ámbito de inundaciones urbanas, que incluyen: el desarrollo de una metodología para identificar y cuantificar posibles áreas vulnerables a inundaciones en entornos urbanos, especialmente aquellas relacionadas con fallos en el sistema de drenaje.

Caritas (2018) en “Informe Final de llamamiento de emergencia por inundaciones y huaycos en el Perú generadas por el Fenómeno del Niño Costero”, plasmaron la estimación de los impactos financieros, materiales y humanos ocurridos en este período.

El Niño costero generó un daño devastador, afectando a más de 1 millón y medio de personas, con 169 fallecidos y 18 desaparecidos. A lo largo de 2017, se registraron múltiples declaratorias y alertas debido a inundaciones y huaicos causados por lluvias intensas anormales, superando las precipitaciones típicas de invierno. Esta situación llevó a la emisión de alertas en 23 de los 25 departamentos del país y la declaración de emergencia en 14 regiones. La emergencia afectó a 159 personas fallecidas, más de un cuarto de millón de damnificados y a más de 1 millón y medio de personas en general. Se declararon estados de emergencia, facilitando ayuda humanitaria y rehabilitación temprana para 73,170 personas en treinta y seis distritos de Lambayeque, Piura, Ancash, La Libertad, Ica y Lima, con una cantidad de S/.

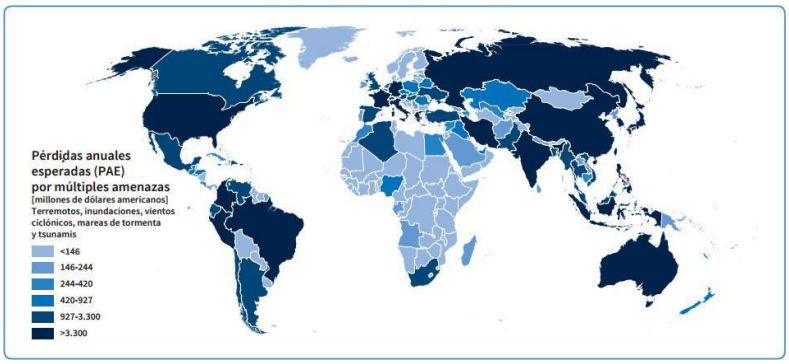
9’057,321.09. La magnitud de la emergencia planteó un desafío significativo para las autoridades y las instituciones civiles, que implementaron protocolos de seguridad alimentaria, agua y saneamiento, habilitación de artículos no alimenticios, campañas de salud y apoyo psicológico.

Naciones Unidas (2015) los daños económicos generados por desastres naturales, han alcanzado en promedio entre 255.000 millones y 310.000 millones de dólares estadounidenses anualmente. Se estimó que las pérdidas futuras, relacionadas con el entorno construido, podrían alcanzar los 315.000 millones de dólares estadounidenses anuales.

Asimismo, se ha demostrado que la evaluación probabilista del riesgo posibilita la simulación de futuros desastres basados en la probabilidad científica de su ocurrencia. Esta metodología supera la limitación de los datos históricos disponibles, ya que, aunque se dispone de un siglo de registros sobre inundaciones y sequías extremas, los modelos basados en estos datos no lograban capturar los eventos extraordinarios que pasaron en los últimos 1000 años.

Figura 2

Pérdida anual



Nota: Tomado de Naciones Unidas 2015:65

A nivel mundial, la pérdida anual proyectada a causa de diversas amenazas se cuantifica en millones de dólares estadounidenses. Entre estas amenazas, las inundaciones emergen como las que impactan a mayor número de personas a nivel global. Se reconocen diferentes tipos de inundaciones, tales como las crecientes repentinas, las inundaciones costeras, las inundaciones

por escorrentía superficial y los anegamientos (Naciones Unidas, 2015)**.**

Por último, las Naciones Unidas (2015) indica que, la pobreza en las ciudades, llevó a los ciudadanos de pocos ingresos a ocupar terrenos de bajo valor, frecuentemente expuestos a deslizamientos de tierra, inundaciones y otras amenazas. Los asentamientos informales presentan una notable vulnerabilidad debido a la calidad deficiente de sus viviendas y la ausencia de infraestructura adecuada para mitigar riesgos, como sistemas de drenaje. Además, el crecimiento urbano especulativo, que ha involucrado la pavimentación de áreas verdes en ciudades en expansión y el hundimiento del suelo por la sobreexplotación de aguas subterráneas, ha intensificado tanto la frecuencia como la severidad de las inundaciones urbanas.

1.5. Justificación de la investigación

Las precipitaciones extremas permitieron identificar las áreas de riesgo vinculadas a fenómenos pluviales, proporcionando a las entidades gubernamentales una base técnica y social sólida. Este conocimiento mejoró la capacidad de las autoridades en todos sus niveles para tomar decisiones informadas, facilitando la implementación de medidas de mitigación y preventivas contra inundaciones, así como la gestión de reasentamientos en espacios de alto riesgo no mitigable.

La evaluación de las lluvias máximas en la subcuenca de Huaycoloro, permitió identificar las vulnerabilidades y los niveles de riesgo de inundación pluvial. Esta información fue clave para implementar medidas para reducir los impactos de las inundaciones en estas áreas propensas a inundaciones. Se incluyeron las propuestas de proyectos de ingeniería destinados a proteger eficazmente a los Centros poblados.

1.6. Limitaciones de la investigación

Personal para la recopilación de datos en campo.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. Objetivo general

Determinar las lluvias máximas y su presencia de inundaciones de la sub cuenca baja de la quebrada del río Huaycoloro con la finalidad de mitigar sus efectos negativos y contribuir en la mejora de la calidad de vida de su población.

1.7.2. Objetivos específicos

Realizar del diagnóstico físico, ambiental, socioeconómico y cultural de la sub cuenca baja de la quebrada del río Huaycoloro.

Determinar las lluvias máximas en diferentes periodos retorno a fin de conocer los caudales máximos en los tramos críticos inundables.

Formular proyectos de conservación y protección en la sub cuenca baja de la quebrada del río Huaycoloro.

1.8. Hipótesis

El Determinar las lluvias máximas y su presencia de inundaciones en la sub cuenca baja de la quebrada del río Huaycoloro contribuirá a prevenir sus efectos negativos que afectan a la infraestructura y a la población para así mejorar la calidad de vida.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Precipitación

Según Gómez y Gallo (2022) se define la precipitación como cualquier forma de agua, ya sea líquida o sólida, que se origina en la atmósfera y cae sobre la superficie terrestre desde las nubes en un periodo de tiempo determinado, lográndose medir en función de la altura que alcanzaría si se distribuyera uniformemente sobre una superficie horizontal. Las nubes están formadas por diminutas gotas de agua que tienen un diámetro extremadamente pequeño (0.01 mm en promedio), las cuales, bajo ciertas condiciones, se reúnen y forman una gota voluminosa (diámetro mayor de 0.5 mm) produciendo en ella una gran velocidad de caída, llegando hasta el suelo. A esto se le conoce como el fenómeno de la lluvia.

2.1.2. Precipitaciones máximas

Según Centro Nacional de Estimación (2014) esta afecta significativamente el uso del suelo, ya que la precipitación intensa puede causar daños considerables, como erosión, inundaciones, degradación del suelo y daños en cultivos. Aunque se estudiará la precipitación máxima en 24 horas debido a la disponibilidad de datos, las precipitaciones máximas en períodos más cortos pueden resultar más relevantes. Por lo que, es necesario recurrir a sistemas de estimación para obtener información más precisa.

Por ello, es fundamental estudiar las precipitaciones máximas por sus diversas aplicaciones, especialmente en hidrología, donde es crucial conocer la máxima precipitación para estimar avenidas. Siendo el "período de retorno" (T) el rango medio durante el cual un valor extremo iguala o supera el valor "x" al menos una vez (Sosa, 2017).

2.1.3. Periodo de retorno

Según Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014) es el intervalo medio en el que se espera que ocurra un evento

extremo, como una precipitación máxima, en una región específica. El período de retorno es crucial para determinar la frecuencia y magnitud de las precipitaciones que podrían impactar la obra. A medida que aumenta la importancia y el impacto social, ecológico y económico de la infraestructura, se requieren períodos de retorno más largos para garantizar la seguridad y efectividad de las estructuras. No obstante, para eventos con períodos de retorno extensos, la falta de datos climatológicos adecuados puede ser un desafío, lo que lleva a utilizar estimaciones estadísticas para proporcionar una evaluación adecuada del riesgo.

2.1.4. Manejo de cuencas:

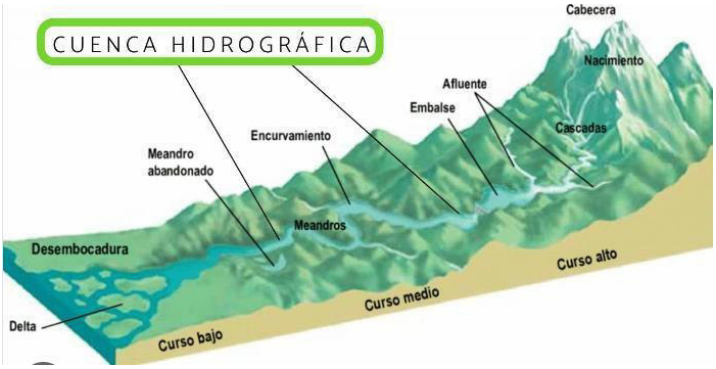
Según Quincho (2014) es un enfoque integrado de la gestión de cuencas hidrográficas y una estrategia base para el desarrollo rural sostenible. Este enfoque implica la gestión comercial y social de la cuenca con el objetivo de utilizar y proteger los recursos existentes para lograr una producción óptima y sostenible.

2.1.5. Cuenca hidrográfica:

Según Gómez y Gallo (2022) lo define como una zona donde todas las aguas sedimentadas se congregan para formar un único canal principal, o conocida como zona de drenaje, donde el agua principal desemboca en una cuenca, río o lago común.

Figura 3

Cuenca Hidrográfica



Nota: Ecología verde, josefina Bordino, licenciada en recursos Naturales, 2024.

2.1.6. Inundación:

CENEPRED (2019) menciona que las inundaciones resultan de precipitaciones intensas que saturan el terreno, provocando la acumulación de agua excedente que puede persistir durante varias horas o incluso días hasta que se evaporen y el suelo recupere su capacidad de infiltración. Se producen cuando lluvias intensas o prolongadas exceden la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de manejo de ríos, arroyos y zonas costeras, provocando el desbordamiento de los cuerpos de agua y la inundación de las áreas circundantes. Las llanuras de inundación, ubicadas continuas a ríos y cursos de agua, son particularmente propensas a inundaciones recurrentes y representan un riesgo para el desarrollo si su vulnerabilidad supera un nivel aceptable.

Por otra parte, Tucci (2008), explica que los ríos están compuestos por dos lechos distintos: el lecho principal (canal), que es el que transporta el agua bajo condiciones normales, y el lecho de inundación, que se activa cuando el caudal supera la capacidad del lecho principal durante eventos de inundación.

Figura 4

Lecho menor y lecho mayor de un río.

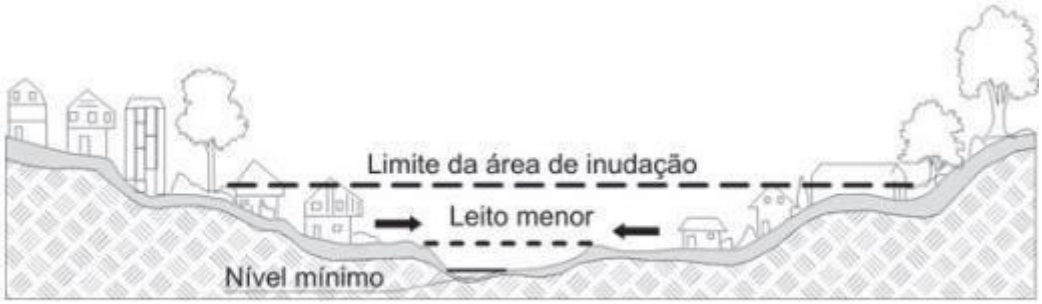


Figura 1 – Características dos leitos do rio.

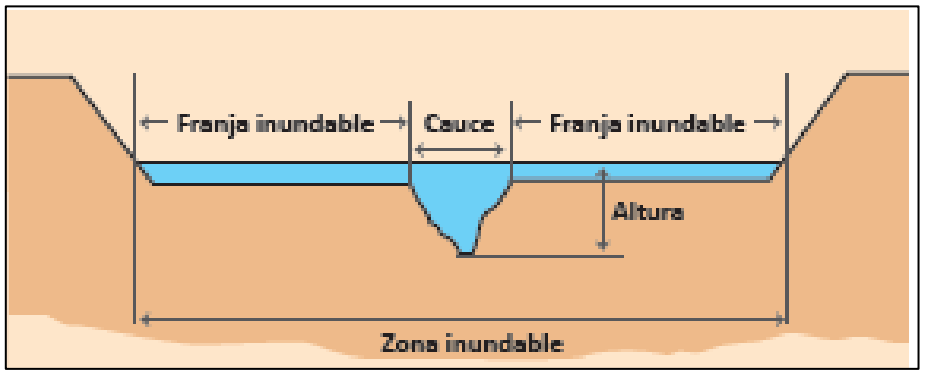
Nota: Tomado de TUCCI, C.E.M; "Aguas urbanas", p. 105.)

2.1.7. Llanuras de Inundación

Estas, se encuentran a lo largo de ríos o arroyos y experimentan inundaciones frecuentes, como se ilustra en la Figura N° 5, son áreas que están en continua transformación. Debido a su naturaleza dinámica, es crucial realizar estudios sobre estas llanuras aluviales y otras zonas susceptibles a inundaciones para comprender cómo el desarrollo influye en su condición y funcionalidad (CENEPRED, 2015).

Figura 5

Llanura de inundación

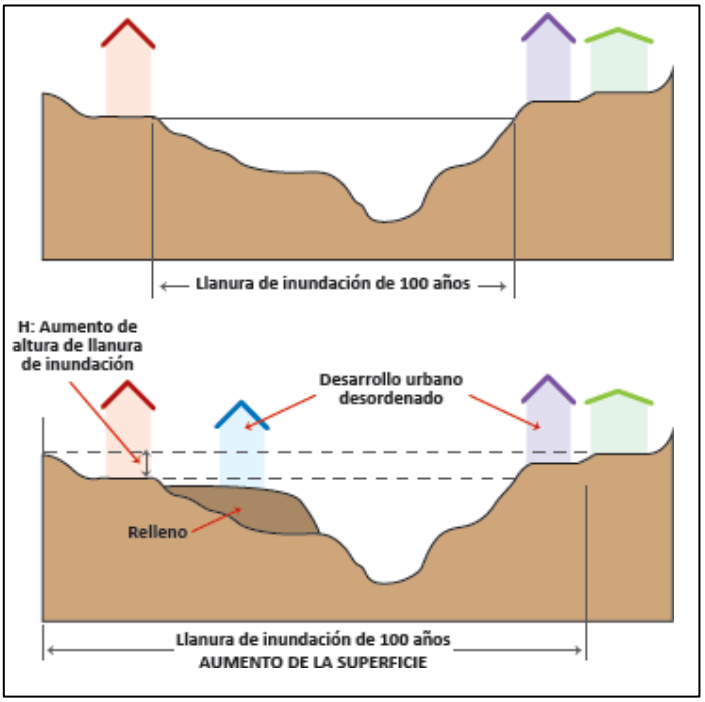


Nota: Centro Nacional de Estimación, prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED, 2015)

Las inundaciones no solo afectan gravemente a las personas, a las propiedades y a la infraestructura, como ilustra la Figura N° 6, sino que también provocan impactos severos en el medio ambiente y en los suelos de las terrazas fluviales. Estos efectos incluyen la sedimentación en las Notas de agua y la erosión de los terrenos afectados.

Figura 6

Llanura de inundación afectada por actividades humanas



Nota: Centro Nacional de Estimación, prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED, 2015).

2.1.7.1. Causas de Inundaciones

Quincho (2014) indica que las causas de inundaciones pueden ser**:**

Causas No Naturales (No Meteorológicas, Antrópicas)

Roturas de Presas: Cuando la presa se rompe, toda el agua almacenada en el embalse se escapa repentinamente, creando una inundación masiva y muy peligrosa.

Causas Naturales:(Meteorológicas)

Las fuertes lluvias generan un exceso de precipitación. Cuando el suelo se ve incapaz de absorber o almacenar toda el agua que recibe, esta se desliza sobre la superficie, contribuyendo al riesgo de inundaciones.

Según Montenegro (2019), considera que las inundaciones ocurren por:

- Calentamiento global

- No colocar muro de contención
- Mala construcción de las viviendas
- Vivienda ubicada en zona de riesgo
- Falta de capacitación y Organización

2.1.7.2. Tipos de Inundaciones.

El Instituto Nacional de Defensa Civil (2011), indica que los tipos de inundaciones, pueden ser:

Por el tiempo de duración

- **Inundaciones estáticas o lentas:** Las inundaciones de este tipo pueden ocurren cuando lluvias continuas causan aumentos graduales en el caudal del río. Por lo que, al tener al máximo su capacidad de transporte, el río se desborda e inunda las áreas planas adyacentes, conocidas como llanuras de inundación.
- **Inundaciones dinámicas o rápidas:** Las inundaciones en ríos con cuencas de fuertes pendientes, provocadas por lluvias intensas, se caracterizan por crecidas repentinas y de corta duración. Estas crecidas causan los mayores daños a la población e infraestructura debido a la falta de tiempo para una reacción efectiva.

Por su origen

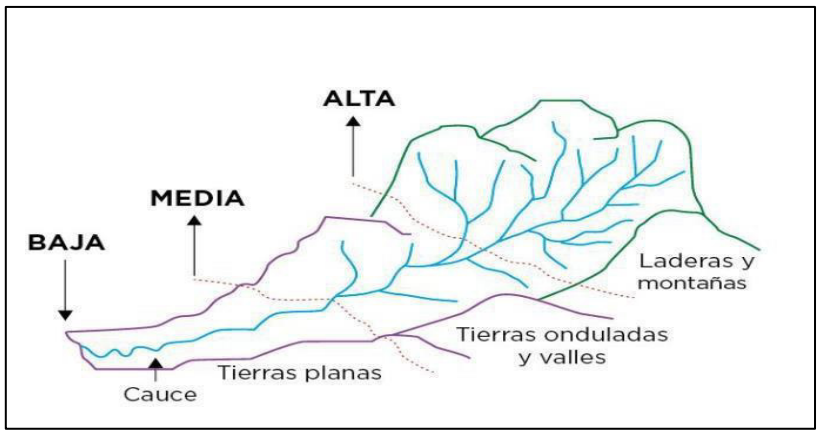
- **Inundaciones pluviales:** Ocurre tras lluvias persistentes, ya sea por un gran volumen de lluvia en un corto período o por una precipitación moderada y prolongada sobre suelos poco permeables.
- **Inundaciones fluviales:** Estas inundaciones son provocadas por el desborde de cuerpos de agua, resultado de un aumento acelerado del volumen de agua que supera la capacidad del lecho o cauce para transportarla sin desbordarse, lo que ocurre durante una crecida, generalmente como consecuencia de lluvias excesivas.

2.1.8. Parte Baja de la Cuenca

Según (Escuela, 2016), es donde la pendiente cambia bruscamente y el río vierte en regiones de baja altitud, el curso del río tiende a ser sinuoso. En estas regiones, el proceso de sedimentación prevalece a causa de la disminución de la velocidad del flujo del agua. Mostrándose las partes de una cuenca en la Figura Nº 7.

Figura 7

Partes de una Cuenca Hidrográfica



Nota: Adaptado de World Vision - Manual de Manejo de Cuencas.

2.1.9. Caudal Máximo

Es el valor más alto del caudal de un río en comparación con su caudal típico. Estos flujos extremos provocan inundaciones y daños a la infraestructura y a los residentes del río (Korchin, 1982).

2.1.10. Método caudal máximo vs área

Según Gómez y Gallo (2022), los caudales máximos son producidos por lluvias intensas que abarcan una gran área, es decir, le corresponde para varias cuencas las mismas tormentas o el mismo elemento de aporte pluviométrico, por tanto, se recomienda:

Analizar si la intensidad de la tormenta ha sido variable o no con poca diferencia de sus intensidades.

Que en las cuencas vecinas el caudal máximo se convierta en rendimiento dividiéndole por el

área de la cuenca (m3/s km^2) para relacionarlo con la altura media o área.

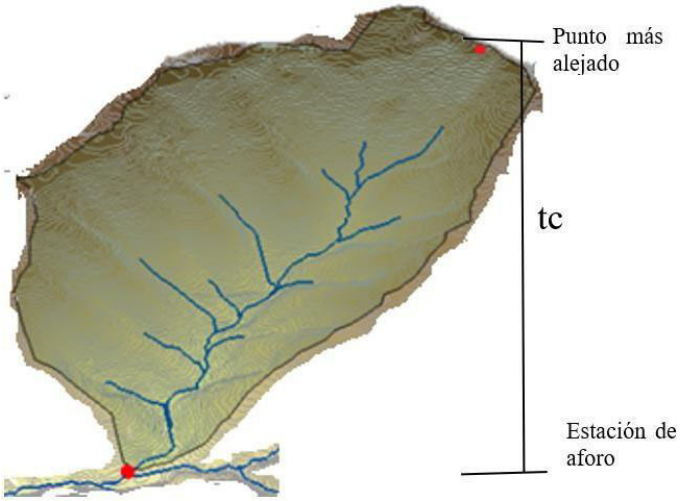
Posteriormente, se definen las ecuaciones de rendimiento con altura media o área y se calcula el caudal multiplicado por el área de la cuenca o altura media, cuyo valor máximo no han sido medidos. El valor resultante es referencial para extrapolar la curva y nos servirán como referencia en la extrapolación de la curva logarítmica.

2.1.11. Tiempo de concentración

Según Villón (2020) es el intervalo necesario para que el agua de precipitación en el punto más distante de la cuenca llegue al punto de salida, como una estación de aforo.

Figura 8

Tiempo de concentración



Nota: Elaboración propia

a. Método Kirpich (1940):

Ecuación 1: *Formula de Kirpich*

$$\boldsymbol{Tc = (\frac{0.870xL^3}{H})^{0.385}}$$

Donde: Tc es el tiempo de concentración en horas; L es longitud del cauce principal en Km; H

es la cota media de la cuenca.

b. Método de la Dirección General de Carreteras:

Ecuación 2: *Formula de Dirección de Carreteras*

$$Tc = 0.3\left(\frac{L}{S^{1/4}}\right)^{0.76}$$

Donde: Tc es el tiempo de concentración en horas; L es longitud del cauce principal en km; S es la pendiente media es m/m.

c. Método de Giandotti:

Ecuación 3: ***Fórmula de Giandotti***

$$Tc = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

Donde: Tc es el tiempo de concentración en horas; L es longitud del cauce principal en km; A es el área de la cuenca en km2.

2.1.12. Coeficiente de escorrentía (C)

Según Ibañez et al. (2011) C es la fracción de la lluvia que contribuye a la escorrentía superficial después de que el suelo ha alcanzado su capacidad de saturación. Su valor está condicionado por las propiedades del terreno, que influyen en la capacidad de absorción del agua.

A su vez, Gómez y Gallo (2022) mencionan C representa la relación entre la lámina de agua escurrida (Q), registrada en la sección de cierre de una cuenca, y la lámina de agua precipitada (P) en dicha cuenca durante el mismo período. Este coeficiente permite evaluar la proporción de agua de lluvia que genera escorrentía superficial en relación con la precipitación total.

Ecuación 4*: Coeficiente de escorrentía*

$$C = Q/P$$

2.1.13. Método de isócronas

Según Gómez y Gallo (2022), lo define como el cálculo real del tiempo de concentración dependerá del cálculo de la velocidad de propagación de la crecida del río, así como de las características físicogeográficas del área de drenaje. La velocidad de propagación puede obtenerse de mediciones directas o mediante ecuaciones empíricas, métodos hidráulicos o por comparación con otras cuencas.

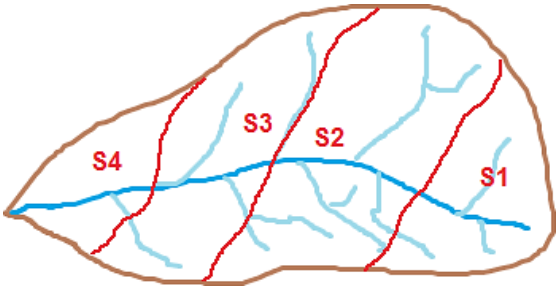
Las curvas isócronas se definen como líneas que unen puntos donde la lluvia tiene el mismo periodo de recorrido.

Consideraciones para su trazo:

- La cuenca debe dividirse en un cierto número de zonas (S1, S2, S3, …Sn).

Figura 9

División de una cuenca para el trazo de isócronas



Nota: Gómez Lora & Gallo Ramos (2022)

- De manera que, una gota de agua que cae en una de estas zonas tarda en llegar tiempos sucesivos de valor t, 2t, 3t,…, donde t es la unidad de tiempo a considerar (horas).
- Deben dibujarse y medirse todos los cauces principales y los secundarios del área de drenaje.
- Las isócronas cruzan de forma ortogonal los cauces, con su curvatura orientada hacia aguas abajo.
- Las isócronas atraviesan las divisorias, creando ángulos agudos hacia arriba.

- Si una isócrona llega a una divisoria, esta puede tomar 2 caminos: (i) seguir por la divisoria hasta encontrar la isócrona de igual valor en la cuenca vecina y (ii) seguir por la divisoria aguas abajo hasta encontrar la isócrona inmediata inferior.
- Como ejemplo práctico, si no se tuviera datos en campo para hallar la velocidad de la crecida, esta puede estimarse mediante la ecuación del movimiento rectilíneo uniforme, considerando el espacio recorrido por el curso principal. Para ello previamente se debe calcular el tiempo de concentración.

Tabla 2

Fórmulas de concentración

Tiempo de concentración	***Formula***
$T1 =$	$\frac{C_1 * IA_1 * K}{3.6}$
$T2 =$	$T1 + \frac{C_2 * IA_2 * K}{3.6}$
$T3 =$	$T2 + \frac{C_2 * IA_2 * K}{3.6}$
$T4 =$	$T3 + \frac{C_2 * IA_2 * K}{3.6}$
$T5 =$	$T4 + \frac{C_2 * IA_2 * K}{3.6}$

Nota: Dr. Gómez L., W., Separatas sobre determinación del tiempo de concentración – Apuntes de clase.

2.1.14. Análisis de frecuencias

Según Gómez y Gallo (2022) este permite hallar las precipitaciones y/o intensidades para frecuencias o periodo de retorno superiores a las observadas. Este proceso se repite para cada duración. Según Chow et al. (1994), este método implica el tratamiento de datos hidrológicos como variables estadísticas. Se analiza la distribución de frecuencia de estos datos mediante un enfoque analítico para determinar la magnitud de la variable en función de un intervalo de retorno específico.

El modelo probabilístico tiene como objetivo capturar de manera precisa el comportamiento de la variable de precipitación, permitiendo así la estimación de la magnitud de la precipitación

máxima para un intervalo de retorno específico. Este método es fundamental para prever eventos extremos y diseñar estrategias de prevención para posibles inundaciones (Montenegro, 2019).

2.1.15. Intensidad máxima

Según Gómez y Gallo (2022), consideran que la intensidad máxima de una tormenta está dada por la relación Im = dP/dt, por lo que, cuanto más largo sea el periodo, menor será la intensidad e inversamente; todo esto para un mismo de dP. Donde P: Precipitación (mm) y t: Duración (h).

La determinación de ella es fundamental, para el diseño de cualquier obra hidráulica que tienen por objeto controlar las aguas y eliminarlas rápidamente conforme van llegando a la superficie para evitar los perjuicios que puedan ocasionar. Además, se sabe que, las lluvias que generan la descarga máxima en una posición específica de un curso de agua, son aquellas cuya duración coincide, al menos, con el tiempo requerido para que el agua fluya desde el punto más distante de la cuenca, aguas arriba, hasta el punto de control. Este fenómeno se relaciona directamente con el tiempo de concentración de la cuenca, ya que determina el momento en que todo el volumen de agua generado por la precipitación alcanza simultáneamente dicho punto, desencadenando la descarga máxima. Este tiempo se llama "tiempo de concentración" y tiene una aplicación directa en el cálculo de las descargas máximas. La duración del tiempo de concentración (Tc) puede oscilar entre minutos y horas, en función a los atributos fisiográficos de la cuenca.

$$IT = I_{24} * \frac{(24)^{0.5}}{Tc}$$

Ecuación 5: *Intensidad media probable de un aguacero de horas de duración*

Donde: I24 intensidad media probable horaria de una tormenta de 24 horas de duración. Tc es el tiempo de concentración de la cuenca.

2.1.16. Análisis de datos dudosos

Los datos dudosos son valores que se desvían notablemente de la tendencia general de los datos. Su inclusión o exclusión puede influir considerablemente en los parámetros estadísticos. El Water Resource Council sugiere verificar estos datos estableciendo un intervalo de valores mediante una expresión matemática de frecuencia específica.

$PH = 10^{X_H}$ ---------- precipitación máxima aceptada Límite superior

$PL = 10^{X_L}$ ---------- precipitación máxima aceptada Límite Inferior

$$X_L = X - K_n S$$

PH = Limite de confianza superior

PL = Límite de confianza inferior

X = Promedio de los logaritmos de la muestra

S = Desviación estándar de los logaritmos de muestra

K_n= Valor para la prueba de datos dudosos que depende del tamaño de la muestra

Figura 10

Valores de K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Nota: Tomado de Chow,1994

2.1.17. Determinación de la Probabilidad

En el diseño y la planificación de infraestructuras hidráulicas, es fundamental tener en cuenta eventos hidrológicos futuros cuya aparición es incierta. Para abordar esta

incertidumbre, se emplean estudios de probabilidad o frecuencia que permiten estimar la eventualidad de ocurrencia de dichos eventos (Linsley et al., 1977).

En el ámbito de la hidrología, según Pizarro y Novoa (1986), se manejan dos conceptos esenciales relacionados con la probabilidad: el período de retorno, que representa el intervalo promedio entre eventos de características similares (T), y la probabilidad de excedencia, que mide la probabilidad de que una variable aleatoria supere un valor determinado (x). Esta última se define de la siguiente manera:

$$P(x) = \frac{1}{T}$$

La función F(x), de distribución de probabilidad, se utiliza para calcular la eventualidad de que un valor específico de una variable aleatoria no sea excedido. Esta función se representa de la siguiente manera:

$$F_{(x)} = \int_{0}^{x} f_{(x)} dx = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T}$$

Posteriormente, la eventualidad de que la variable aleatoria supere a X se formula como:

$$P(x > X) = 1 - F_{(x)} = \frac{1}{T}$$

2.1.18. Prueba de bondad de ajuste Smirnov- Kolmogorov

Este método no paramétrico se utiliza para evaluar si dos muestras siguen el mismo modelo probabilístico. Permite verificar la concordancia entre las muestras sin asumir una distribución específica para los datos (Varas & Bois, 1998). Consiste en calcular la frecuencia acumulada teórica y la observada, y posteriormente determinar la mayor diferencia entre ambas (Pizarro et al., 1988). Es aplicable a distribuciones continuas y es adecuado para muestras de cualquier tamaño, ya sean grandes o pequeñas (Pizarro y Novoa, 1986). Para implementar esta prueba, es fundamental iniciar con la determinación de la frecuencia acumulada observada.

$$P_{(x)} = \frac{M}{N+1}$$

Donde: $P_{(x)}$ es la probabilidad empírica o experimental, M es el número de orden del dato y N es el total de datos.

Luego se debe calcular el residuo de la sustracción entre la probabilidad teórica ($F_{(x)}$) y la probabilidad observada ($P_{(x)}$) de la muestra, tomándose el valor máximo del valor absoluto en la i-ésima posición de orden, que se denomina Δ.

$$\Delta = \max |F_{(x)} - P_{(x)}|$$

Si la diferencia máxima entre las frecuencias observada y teórica acumulada es menor que el valor crítico tabulado, ajustado Según la dimensión de la muestra, se puede inferir que el ajuste es adecuado en relación con el nivel de confianza establecido.

2.1.19. Distribuciones teóricas

Para aplicar estos métodos probabilísticos, es necesario determinar sus parámetros y llevar a cabo la prueba de ajuste de bondad.

a) Distribución Normal

En estadística este modelo es el más relevante y utilizado (Varas y Bois, 1998). No obstante, en hidrología su aplicación es limitada, ya que las variables rara vez siguen esta distribución (Aguilera, 2007). Según Linsley et al. (1977), el uso de la función Normal en hidrología debería restringirse a áreas húmedas con valores medios altos, pero no es recomendable para modelar valores extremos.

Siendo su función acumulada la siguiente:

$$F_{(x)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{s}\right)^2} dx$$

Donde:

x : Variable independiente.

$\bar{x}$: Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

s : Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

Para resolver esta función se utilizan métodos numéricos de evaluación. Para simplificar el proceso, se asigna una variable estandarizada, descrita por la siguiente ecuación:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{S}$$

La variable estandarizada sigue una distribución normal con desviación estándar uno y media cero. De este modo, la función principal se expresa como:

$$F_{(z)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

b) Distribución Logarítmico-Normal

En hidrología, las variables físicas de interés, como precipitación y caudal, suelen ser positivas y tienden a presentar distribuciones asimétricas. Para abordar esto, Varas y Bois (1998) propusieron aplicar una transformación logarítmica. Bajo esta transformación, si y = Ln x sigue una distribución normal, entonces x estará distribuida de forma log-norma, y su función acumulada de probabilidad es:

$$F_{(z)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

Como la distribución normal, los siguientes valores se le colocan a "z":

$$z = \frac{\text{Ln } x - u_y}{\sigma_y}$$

Donde: $u_y = \bar{\bar{L}}\bar{\bar{n}}\bar{x}$, parámetro de escala; y $\sigma_y = S_{\text{Ln } x}$, parámetro de forma.

c) Distribución Gumbel

Es una de las distribuciones de valores extremos. Además, se conoce como Valor Extremo Tipo I o distribución doble exponencial. Siendo su función la siguiente:

$$F_{(y)} = e^{-e^{-y}}$$

Para: $y = \frac{x-\mu}{\alpha}$

$-\infty < \chi < \infty$

$0 < \alpha < \infty$, es el parámetro de escala

$-\infty < \mu < \infty$, es el parámetro de posición, llamado también valor central o moda.

Los parámetros de la distribución Gumbel α y μ, tienden hacia los valores siguientes, determinados a partir de la desviación estándar y la media aritmética de la muestra (Villón, 2002):

$$\alpha = 0.78\ S \qquad y \qquad \mu = \bar{x} - 0.45\ S$$

d) Distribución Pearson Tipo III

Esta ofrece una gran diversidad y flexibilidad de formas, que varían según los valores de sus parámetros. Esto la hace adecuada para modelar precipitaciones o caudales máximos anuales (Chow et al., 1994). La función acumulada de probabilidad Pearson III se define como:

$$F_{(x)} = \int_{x_0}^{x} \frac{(x - x_0)^{\gamma - 1}\ e^{-\frac{(x - x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma}\ \Gamma_{(\gamma)}}\, dz$$

Donde:

x : Variable aleatoria gamma de 3 parámetros o Pearson tipo III.

x_0 : Origen de la variable x, parámetros de posición.

β : Parámetro de escala.

γ : Parámetro de forma.

$\Gamma_{(\gamma)}$: Función gamma completa.

Las variables γ, β, x_0 se estiman a partir de n datos medidos. Estos parámetros pueden ser calculados en función de la desviación estándar (S) y el promedio ($\bar{x}$) de la muestra, usando las siguientes fórmulas:

$$\gamma = \frac{4}{C_s^{\,2}} \qquad \beta = C_s\ S/2 \qquad x_0 = \bar{x} - \frac{2S}{C_s}$$

Siendo C_s coeficiente del sesgo, además se debe cumplir:

$x_0 < \chi < \infty$ $\qquad$ $0 < \beta < \infty$

$-\infty < x_0 < \infty$ $\qquad$ $0 < \gamma < \infty$

Según el estudio realizado por Kroll y Vogel (2002), llevado a cabo en 1,505 estaciones de los Estados Unidos, indican que la distribución de Pearson Tipo III es la más adecuada para modelar series de caudales mínimos intermitentes, que incluyen valores cero en las descargas.

En contraste, para las series de caudales mínimos permanentes, la distribución Log-Normal de tres parámetros proporciona un ajuste más preciso

e) Distribución Log Pearson Tipo III

Si los logaritmos "y" de una variable "x" se ajustan a una distribución Pearson Tipo III, entonces la variable "densidad" también.

Siendo su función de densidad:

$$f(x) = \frac{(\ln(x) - x_0)^{y-1} e^{\frac{(lnx - x0)}{\beta}}}{x\beta\Gamma(y)}$$

Donde la media y la desviación estándar de los logaritmos de la data, son los parámetros de la distribución.

Donde:

μ = Media

S= Desviación estándar.

X_0= Parámetro de posición.

γ= Parámetro de forma.

β= Parámetro de escala.

2.1.20. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

De acuerdo con Temez (1978), las curvas IDF son representaciones gráficas que muestran la relación entre la intensidad media de la precipitación y diferentes duraciones, todas correspondientes a una misma frecuencia o período de retorno. Además, El autor mencionado señala que existen diversos modelos para estimar la intensidad máxima de precipitación en un período de 24 horas. Entre estos, el método propuesto por Frederic Bell se destaca por calcular la precipitación máxima basada en un período de retorno de 10 años. Siendo la siguiente expresión su forma:

$$P_T^t = (0,21LnT + 0,52)(0,54t^{0,25} - 0,50)P_{10}^{60}$$

Donde:

T = Periodo de retorno en años

P_T^t = Precipitación de duración t min. y período de retorno T, mm

P_{10}^{60} = Precipitación de duración 60 min. y período de retorno 10 años, mm

2.1.21. Distribución temporal de tormentas de diseño

Se dispone de Hietogramas Sintéticos de lluvia desarrollados por el Natural Resources Conservation Service (NRCS, anteriormente conocido como SCS) en los Estados Unidos. Esta entidad ha elaborado una variedad de perfiles de tormenta adaptados a las diferentes regiones del país. Por ejemplo, las tormentas tipo I y IA se observan en la región del Océano Pacífico, caracterizadas por inviernos húmedos y veranos secos; las tormentas tipo III son comunes en la región del Atlántico, donde los huracanes generan celdas de precipitación con alta humedad; y las tormentas tipo II se presentan en el resto del país. La Figura 10 ilustra la distribución de estas precipitaciones.

Figura 11

Distribución de las precipitaciones

TABLA 14.3.1
Distribuciones de lluvia SCS

		Tormenta de 24 horas			
		P_t/P_{24}			
Hora t	t/24	Tipo I	Tipo IA	Tipo II	Tipo III
0	0	0	0	0	0
2.0	0.083	0.035	0.050	0.022	0.020
4.0	0.167	0.076	0.116	0.048	0.043
6.0	0.250	0.125	0.206	0.080	0.072
7.0	0.292	0.156	0.268	0.098	0.089
8.0	0.333	0.194	0.425	0.120	0.115
8.5	0.354	0.219	0.480	0.133	0.130
9.0	0.375	0.254	0.520	0.147	0.148
9.5	0.396	0.303	0.550	0.163	0.167
9.75	0.406	0.362	0.564	0.172	0.178
10.0	0.417	0.515	0.577	0.181	0.189
10.5	0.438	0.583	0.601	0.204	0.216
11.0	0.459	0.624	0.624	0.235	0.250
11.5	0.479	0.654	0.645	0.283	0.298
11.75	0.489	0.669	0.655	0.357	0.339
12.0	0.500	0.682	0.664	0.663	0.500
12.5	0.521	0.706	0.683	0.735	0.702
13.0	0.542	0.727	0.701	0.772	0.751
13.5	0.563	0.748	0.719	0.799	0.785
14.0	0.583	0.767	0.736	0.820	0.811
16.0	0.667	0.830	0.800	0.880	0.886
20.0	0.833	0.926	0.906	0.952	0.957
24.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: U. S. Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service, 1973, 1986.

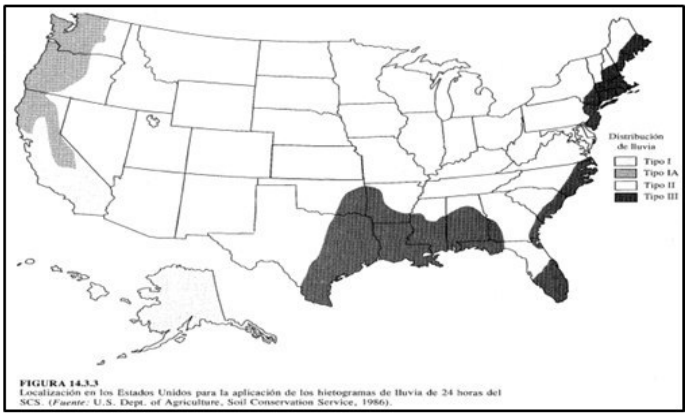


FIGURA 14.3.3
Localización en los Estados Unidos para la aplicación de los hietogramas de lluvia de 24 horas del SCS. (*Fuente*: U.S. Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service, 1986).

Nota: *Hidrología Aplicada, Ven te Chow.*

2.1.22. Riesgo admisible, vida útil y periodo de retorno

El Riesgo de Falla (R) se define como la probabilidad de que un caudal específico ocurra al menos una vez en n años sucesivos. Por otro lado, el período de retorno (Tr) es el número promedio de años que deben transcurrir para que un caudal específico sea igualado o superado. Usando el riesgo admisible y la vida útil de la obra, se puede calcular el período de retorno con la fórmula correspondiente (Ministerio de transporte y Comunicaciones, 2012).

$$R = 1 - \left[1 - \frac{1}{Tr}\right]^n$$

Donde:

R: riesgo admisible (adimensional)

Tr: periodo de retorno (años)

n: la vida útil (años)

2.1.23. Periodo de retorno

Según INAMHI (2019), este se entiende como el promedio de años en los que se espera que un evento de igual o superior intensidad ocurra. También se le conoce como intervalo de recurrencia o simplemente frecuencia. Este parámetro es crucial en el diseño de obras hidráulicas, ya que permite dimensionar estructuras capaces de soportar avenidas o eventos extremos con la frecuencia esperada.

$$TR = \frac{1}{1 - P}$$

Ecuación 6: *periodo de retorno*

Donde: P es la probabilidad de que el valor no sea igualado o no excedido.

2.1.24. Infiltración y Precipitación Neta

En el proceso de cálculo de pérdidas por infiltración, se puede utilizar la metodología del NRCS u otras alternativas. El enfoque conceptual del NRCS sugiere que una cuenca tiene una capacidad específica para almacenar la lluvia acumulada, la cual disminuye con el tiempo en caso de lluvias continuas.

El número de curva (CN) representa la capacidad de infiltración del suelo, basado en el tipo hidrológico del suelo y el tipo de cobertura vegetal. La pérdida inicial (Ia), que es la cantidad

de infiltración acumulada antes de que comience la escorrentía, depende del número de curva. En este contexto, el método NRCS asume por defecto que Ia = 0.2 S, donde S representa la capacidad de almacenamiento de la cuenca (en pulgadas).

Además, el método establece que existe una relación proporcional entre la infiltración que ocurre después de la pérdida inicial (Fa) y la capacidad de almacenamiento S. Esta relación es equivalente a la que se presenta entre la precipitación efectiva (Pe) y la diferencia entre la precipitación total y la pérdida inicial. Las siguientes ecuaciones ilustran estas relaciones:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \qquad P = P_e + I_a + F_a$$

El principio de continuidad establece que la precipitación total (P) es la suma de lo infiltrado antes y después del encharcamiento, y de la escorrentía superficial. Resolviendo para P_e se obtiene:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

En Observaciones de numerosas cuencas experimentales pequeñas se obtuvo que la Abstracción Inicial es el 20 % de la Capacidad de Almacenamiento Total de la Cuenca. Reemplazando se obtiene que:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

El Número de Curva se determina basándose en observaciones del tipo de suelo y la cobertura vegetal de las subcuencas que alimentan los cursos de agua en el área de estudio. Este número considera el tipo de suelo hidrológico (A, B, C o D). El suelo tipo A, el más permeable, suele estar compuesto principalmente de gravas y arenas gruesas o medianas. El suelo tipo B está formado por arenas finas, arenas limosas o limos arenosos. El suelo tipo C está constituido por arcillas, mientras que el tipo D corresponde a arcillas expansivas con muy baja permeabilidad.

Además, en la selección del Número de Curva se toma en cuenta el tipo y estado de la cobertura vegetal (buena, aceptable o pobre).

La determinación del número de curva ha sido determinada mediante imágenes satelitales y fotografías de diversas zonas. Los valores de CN (Coeficiente de Escorrentía) se basan en condiciones normales (AMC II), que suponen que la precipitación en los 5 días anteriores ha sido de entre 35.5 mm y 53.3 mm. Cuando la precipitación es inferior a 35.5 mm, se utiliza un factor de corrección que disminuye el valor del CN, ajustándolo a la Condición Antecedente de Humedad I (AMC I). En contraste, si la precipitación excede los 53.3 mm en el mismo intervalo, el valor del CN aumenta, reflejando la Condición Antecedente de Humedad III (AMC III).

Las ecuaciones para estimar el CN para AMC I y AMC III son las siguientes:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \qquad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Tabla 3

Valores de CN basados en el tipo de suelo y el uso de tierra (Grupo Hidrológico de Suelo).

TABLE 5.5.2
Runoff curve numbers for selected agricultural, suburban, and urban land uses (antecedent moisture condition II, $I_a = 0.2S$)

Land Use Description		Hydrologic Soil Group			
		A	B	C	D
Cultivated land[1]: without conservation treatment		72	81	88	91
with conservation treatment		62	71	78	81
Pasture or range land: poor condition		68	79	86	89
good condition		39	61	74	80
Meadow: good condition		30	58	71	78
Wood or forest land: thin stand, poor cover, no mulch		45	66	77	83
good cover[2]		25	55	70	77
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.					
good condition: grass cover on 75% or more of the area		39	61	74	80
fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area		49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)		89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)		81	88	91	93
Residential[3]:					
Average lot size	Average % impervious[4]				
1/8 acre or less	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc.[5]		98	98	98	98
Streets and roads:					
paved with curbs and storm sewers[5]		98	98	98	98
gravel		76	85	89	91
dirt		72	82	87	89

[1]For a more detailed description of agricultural land use curve numbers, refer to Soil Conservation Service, 1972, Chap. 9
[2]Good cover is protected from grazing and litter and brush cover soil.
[3]Curve numbers are computed assuming the runoff from the house and driveway is directed towards the street with a minimum of roof water directed to lawns where additional infiltration could occur.
[4]The remaining pervious areas (lawn) are considered to be in good pasture condition for these curve numbers.
[5]In some warmer climates of the country a curve number of 95 may be used.

Nota: Maidment 1993

Tabla 4

Valores de CN para áreas áridas y semiáridas.

TABLE 5.5.1 SCS Runoff Curve Numbers *(Continued)*

d. Arid and semiarid range areas

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition*	A†	B	C	D
Desert shrub—major plants include saltbush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite, and cactus	Poor	63	77	85	88
	Fair	55	72	81	86
	Good	49	68	79	84

* *Poor:* <30% ground cover (litter, grass, and brush overstory).
Fair: 30 to 70% ground cover.
Good: >70% ground cover.
† Curve numbers for group A have been developed only for desert shrub.
Source: Ref. 105.

Nota: Maidment 1993.

2.1.25. Transformación precipitación neta a escorrentía

El modelo del Hidrograma Unitario Sintético del NRCS calcula el tiempo de concentración (t_c) utilizando tres parámetros clave.

$$t_c = \frac{34.66(L^{0.8})(\frac{1000}{CN} - 9)^{0.7}}{S^{0.5}}$$

Dónde:
t_C: Tiempo de concentración (minutos)
L: Longitud de la mayor trayectoria de flujo (km)
CN: Número de Curva
S: Pendiente promedio de la cuenca (%)

Cuando se calcula el t_c utilizando este método, el tiempo de retardo (tR), también conocido como "Lag," se establece como 0.6 veces el t_c. Este tiempo de retardo se ingresa en el programa HEC-HMS como la variable clave para la estimación del hidrograma de salida en cada subcuenca.

En el Anexo A se ha incluido extractos del libro de Bedient, Huber y Vieux (2008) “Hydrology and Floodplain Analysis” en el que se explica el cálculo del hidrograma unitario del NRCS, así como extracto del libro National Engineering Handbook publicado por el NRCS.

2.1.26. Tránsito de avenidas en cauces por el método Muskingum-Cunge

La ecuación de continuidad se puede escribir de la siguiente manera, si hay un flujo lateral q_L:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_L$$

Donde Q es el caudal, x es la distancia en la dirección del flujo, A es el área de flujo, t es el tiempo y qL es un flujo lateral.

La ecuación de conservación es la siguiente:

$$S_f = S_o - \frac{\partial y}{\partial x}$$

Donde S_f es la pendiente de la línea de energía, S_o es la pendiente del canal en el tramo estudiado, y es la ordenada y x es la abscisa (que representa posición).

Al combinar las ecuaciones anteriores y usando una aproximación linear, se obtiene la siguiente ecuación convectiva.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c\frac{\partial Q}{\partial x} = \mu\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + cq_L$$

Donde c = celeridad de la onda y μ = difusividad hidráulica.

Debajo se indica cómo se calculan estos términos:

$$c = \frac{\partial Q}{\partial A} \qquad \text{y} \qquad \mu = \frac{Q}{2BS_o}$$

Donde B es el ancho superficial.

Por último:

$$O_t = C_1 I_{t-1} + C_2 I_t + C_3 O_{t-1} + C_4(q_L.\Delta x)$$

Las ecuaciones para calcular los valores de C_1, C_2, C_3 y C_4, se presentan debajo:

$$C_1 = \frac{\frac{\Delta T}{K} + 2X}{\frac{\Delta t}{K} + 2(1-X)} \qquad C_2 = \frac{\frac{\Delta T}{K} - 2X}{\frac{\Delta t}{K} + 2(1-X)}$$

$$C_3 = \frac{2(1-X) - \frac{\Delta T}{K}}{\frac{\Delta t}{K} + 2(1-X)} \qquad C_4 = \frac{2\frac{\Delta T}{K}}{\frac{\Delta t}{K} + 2(1-X)}$$

Los parámetros K y X son:

$$K = \frac{\Delta x}{c} \qquad X = \frac{1}{2}\left[1 - \frac{Q}{B.S_o.c.\Delta x}\right]$$

Los valores de c, Q y B cambian con el tiempo. Por este motivo, los valores de C_1, C_2, C_3 y C_4 también cambian.

2.1.27. Modelo Hidrológico HEC-HMS

Es un software de simulación hidrológica que opera de manera tipo evento, lineal y semidistribuida, con el propósito de calcular los escurrimientos en una cuenca o en múltiples subcuencas. El programa convierte lluvias históricas o hipotéticas en escorrentía mediante el uso de hietogramas de diseño, y realiza cálculos de pérdidas por infiltración, flujo base y escorrentía directa. Integra diversos métodos hidrológicos, tanto concentrados como distribuidos, para el análisis del tránsito de caudales (Rapacioli, 2007).

El modelo se estructura en tres módulos fundamentales para la simulación de la cuenca (Sánchez, 2009):

- Módulo de precipitación: Establece los valores de precipitación, ya sean hipotéticos o históricos, para su uso en el modelo.
- Módulo de la cuenca: Facilita la representación gráfica de los componentes hidrológicos (como subcuencas, tramos de tránsito, y uniones), permitiendo la asignación de atributos y parámetros específicos, tales como pérdidas iniciales, conversión de lluvia en escurrimiento, y el método del flujo base.
- Módulo de control de especificaciones: Registra las fechas y horas de inicio y finalización de la simulación, además de definir los intervalos de tiempo necesarios para el cálculo del hidrograma de escurrimiento

El programa HEC-HMS requiere información específica que está directamente relacionada con los métodos de cálculo que utiliza. Para realizar las simulaciones, es necesario proporcionar cinco grupos básicos de información: Primero, se recopilan datos históricos o de diseño sobre precipitación; segundo, se analizan las características del suelo; tercero, se obtiene información morfométrica de las subcuencas; cuarto, se revisan los datos hidrológicos que describen el

proceso de conversión de lluvia en escorrentía; y quinto, se examina la información hidráulica relacionada con los tramos de canal y la capacidad de los embalses, necesaria para el método de tránsito. Esta información es crucial para realizar un modelado preciso y una simulación eficaz de los escurrimientos en una cuenca.

2.1.28. Método racional

De acuerdo a Villón (2011), este método fue empleado globalmente durante más de un siglo, se aplica principalmente a pequeñas cuencas de drenaje agrícola con un área máxima de 1300 hectáreas (13 km²) o un tiempo de concentración de aproximadamente una hora. Este método asume que la escorrentía máxima ocurre cuando la duración de la lluvia coincide con el tiempo de concentración (tc) de la cuenca. Si la lluvia dura más que tc, toda la cuenca contribuye al caudal, aunque con una intensidad de lluvia menor y, por lo tanto, un caudal reducido. En contraste, si la lluvia es más corta que tc, la intensidad es mayor, pero solo una fracción de la cuenca aporta al caudal, dado que el agua en las áreas más alejadas aún no ha alcanzado el punto de salida, resultando en un caudal menor. La fórmula racional se utiliza para calcular el caudal máximo en estas condiciones.

$$Qmáx = \frac{C.I.A.}{360}$$

Dónde:

Q máx.: Caudal en m^3/s.

C: Coeficiente de Escorrentía, que depende de la cobertura vegetal, la pendiente y el tipo de suelo, sin dimensiones.

I: Intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, y para un periodo de retorno dado, en mm/hora.

A: Área de la cuenca en has.

El coeficiente 1/360 corresponde a la transformación de unidades.

Para el caso en que el área de la cuenca está expresada en Km^2 la fórmula es:

$$Qmáx = \frac{C.I.A.}{3.6}$$

Cabe resaltar que las otras variables conservan las mismas unidades

Se indican los distintos factores de la formula como: determinación de la intensidad de la lluvia (I), Determinación del coeficiente de escorrentía (C) y Tiempo de concentración (Tc).

2.1.29. Métodos de la pendiente y la capacidad de transporte de masa

Este método se fundamenta en la ecuación del flujo de Manning. Esta ecuación deducida para canales puede aplicarse con mayor seguridad para la determinación de caudales que estén a dos veces o más del caudal medio. Siendo los trabajos de campos los siguientes:

- Selección del Tramo: Escoger una sección o tramo del río que sea representativo y profundo, asegurándose de que incluya el nivel de las aguas máximas.
- Levantamiento de Secciones Transversales: Medir las secciones transversales en cada extremo del tramo seleccionado e identificar los siguientes parámetros:
    - A1, A2: Áreas hidráulicas en los extremos del tramo.
    - P1, P2: Perímetros mojados en cada extremo.
    - R1, R2: Radios hidráulicos, que se calculan como el cociente entre el área hidráulica y el perímetro mojado.
- Determinación de la Pendiente: Determinar la inclinación de la superficie de agua libre empleando las marcas de la crecida máxima registrada durante el estudio.
- Selección del Coeficiente de Rugosidad: Elegir el coeficiente de rugosidad nnn de Manning basado en las condiciones físicas del cauce.
- Aplicación de la Fórmula de Manning: Utilizar la fórmula de Manning para determinar la velocidad y el caudal en el tramo, considerando los parámetros medidos y el coeficiente de rugosidad seleccionado.

Ecuación 7: *Flujo de Manning*

$$Q = \frac{A.R^{2/3}\ S^{1/2}}{N}$$

Donde:

Q= caudal Máximo (m3/s)

n= coeficiente de rugosidad

A= área hidráulica promedio, m2

R= Radio hidráulico promedio, m

S= pendiente

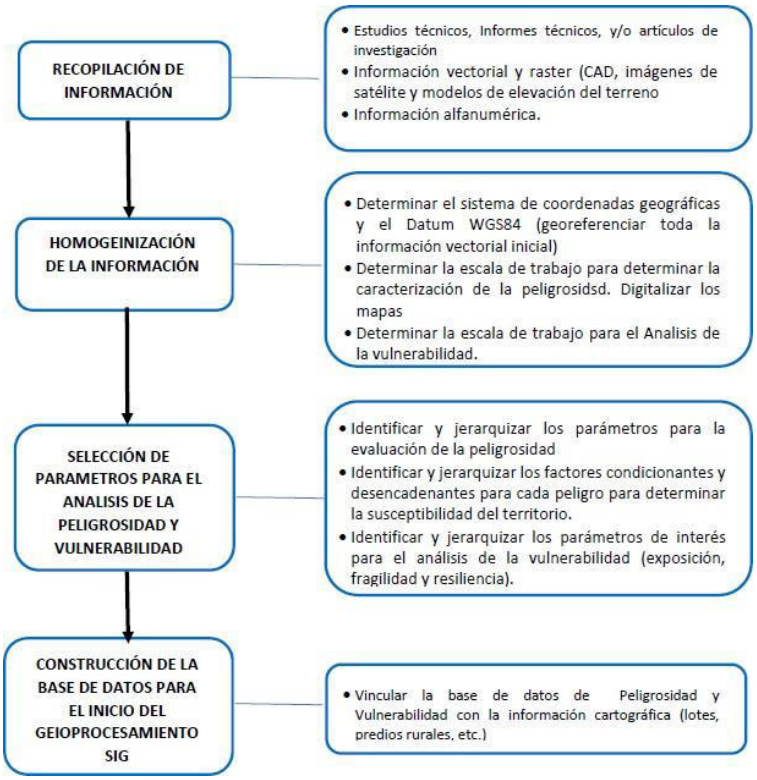
$AxR^{2/3}$, es el llamado factor geométrico y se plotea en las abscisas con los niveles en la ordenada, y con el término $(\frac{S^{1/2}}{n})$ factor hidráulico se procede de igual manera. Luego, conociendo la lectura del nivel se analiza el gráfico y se obtiene los dos elementos de la ecuación de Manning, el geométrico e hidráulico.

2.1.30. Recopilación y Análisis de la Información

Para el estudio de inundaciones, se recopila información crucial que abarca datos de estudios previos, antecedentes históricos, investigaciones sobre peligros, así como datos de cartografía, topografía, hidrografía, climatología, geología y geomorfología. Esta información proviene de entidades especializadas como, INDECI, SENAMHI, la Municipalidad Distrital, ARA, el Gobierno Regional e INEI, entre otros, y se enfoca en las áreas afectadas por inundaciones. A continuación, se realizará un análisis detallado, seguido de la homogenización y sistematización de la información obtenida de estas entidades técnicas y científicas. También se revisarán los estudios publicados sobre la zona preseleccionada y la zona seleccionada para evaluar su impacto en las inundaciones. La metodología empleada se ilustra en la imagen a continuación.

Figura 12

Recopilación y Análisis de la Información



Nota: CENEPRED

2.1.31. Peligro

De acuerdo con el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2006), el peligro se define como la probabilidad de que un fenómeno, ya sea natural o causado por actividades humanas, ocurra con una magnitud específica en una región establecida, con el potencial de dañar zonas habitadas, infraestructura y/o al medio ambiente. Por otro lado, CENEPRED (2015) lo describe como la probabilidad de que un fenómeno natural potencialmente destructivo ocurra en un lugar específico con una intensidad y frecuencia determinadas durante un período de tiempo específico. En algunos países, el término "amenaza" se utiliza en lugar de "peligro" para describir este concepto. Esta clasificación ha permitido organizar los fenómenos naturales en tres categorías principales.:

- Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna: Incluyen eventos como terremotos y erupciones volcánicas.
- Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa: Comprenden deslizamientos de tierra y otros fenómenos relacionados con la dinámica superficial del suelo.
- Peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos: Abarcan inundaciones, tormentas, tsunamis, entre otros fenómenos relacionados con el agua y el clima.

Tabla 5

Estratificación de los niveles de peligrosidad

Grado de susceptibilidad	Criterio
Muy alta	Laderas con áreas de falla, grandes masas de terreno altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables en las que se han producido deslizamientos o hay una alta probabilidad de que se produzcan.
Alta	Laderas con áreas de falla, con temperaturas altas a moderadas y discontinuidades desfavorables, donde se han producido deslizamientos o existe la probabilidad de que sucedan.
Moderado	Laderas con ciertas áreas defectuosas, erosión severa o materiales parcialmente saturados donde no se han producido deslizamientos, aunque no hay total certeza de que no sucedan.
Bajo	Laderas con algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados sin saturación de discontinuidades positivas, donde no hay señales que permitan anticipar deslizamientos. Laderas que no han sido meteorizadas y que no muestran ningún signo de que puedan producirse deslizamientos.

Nota: INDECI 2011

Criterios recomendados para determinar grado de peligrosidad.

Según INDECI (2011), el peligro se determina en base a su intensidad y la probabilidad de que suceda el fenómeno. La intensidad del fenómeno, en el contexto de inundaciones, se puede definir por factores como la velocidad del agua y la profundidad, así como el tiempo que duran.

Peligro por inundación = f (Intensidad x Probabilidad de ocurrencia)

Dónde:

Intensidad = f (profundidad del agua, duración. Velocidad).

Probabilidad = *f* (precipitación, eventos desencadenantes (tormentas), cambios climáticos).

a. **Criterios recomendados para determinar el nivel de la intensidad o magnitud de la inundación.** Según INDECI (2011).

Tabla 6

Nivel de inundaciones.

Niveles de Intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) inundaciones estáticas	Profundidad x velocidad. Del flujo (m2/s) inundaciones dinámicas
Muy alta	H > 1.5 m	H*V > 1.5 m
Alta	0.5 m < H < 1.5 m	0.5 m < H*V < 1.5 m
Media	0.25 m < H < 0.5 m	0.25 m < H*V< 0.5 m
Baja	< 0.25 m	H*V < 0.25 m

Niveles de Intensidad		Rangos
Muy alta		*0,75 < NI < 1*
Alta		*0,50 < NI ≤ 0,75*
Media		*0,25<NI ≤ 0,50*
Baja		*0 <NI ≤ 0,25*

NI: nivel de intensidades

b. **Criterios recomendados para la evaluación de la frecuencia, recurrencia o periodo de retorno de la inundación.** Según INDECI (2011).

Tabla 7

Periodo de Retorno en años

Niveles de Intensidad	Período de Retorno en años (Tr)
Muy alta	*1<T< 5 años*
Alta	*5< T <15 años*
Media	*15 <T<50 años*
Baja	*50 <T<200 años o más*

Frecuencia (F)		Rangos
Muy alta		*0,75 < F < 1*
Alta		*0,50 < F≤ 0,75*
Media		*0,25<F≤ 0,50*
Baja		*0 <F≤ 0,25*

c. Estratificación de peligros

Tabla 8

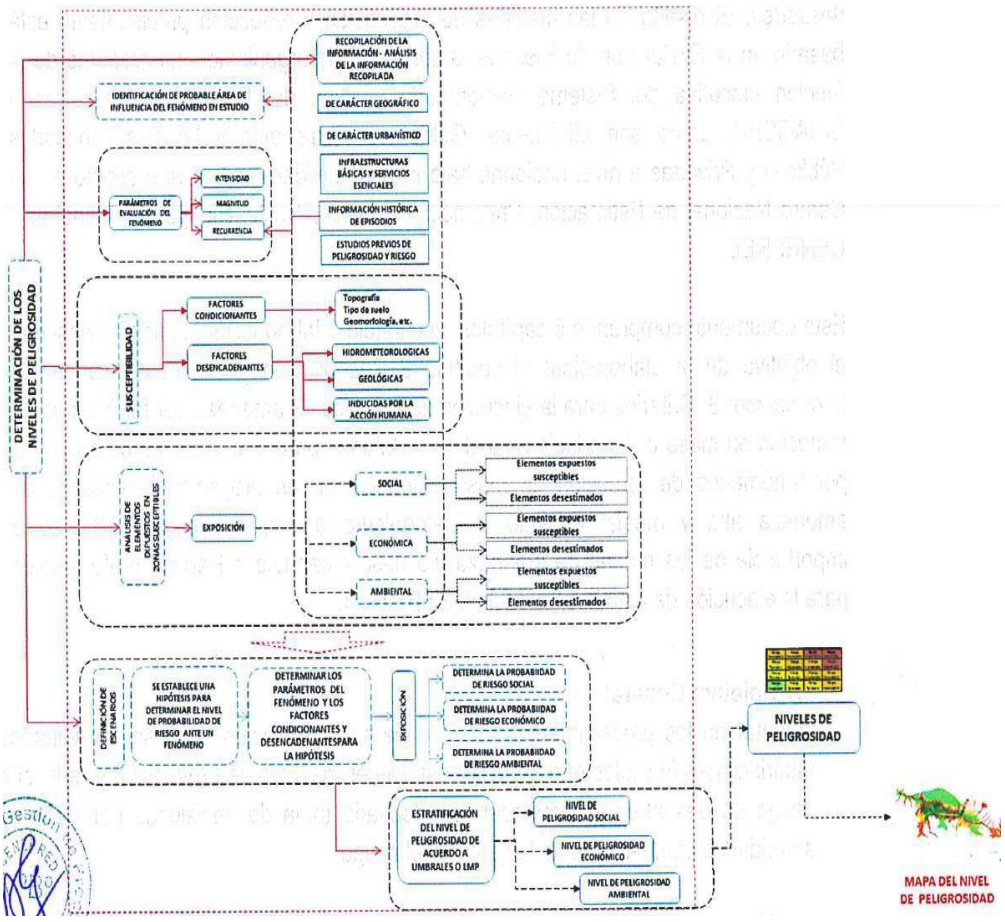
Estrato, descripción y valor de las zonas de peligro

VALOR	DESCRIPCIÓN O CARÁCTERISTICAS	VALOR
PB (Peligro Bajo)	Zonas planas o con escasa inclinación, roca y terreno compacto y seco, con gran capacidad de soporte. Zonas elevadas no inundables, distantes de barrancos o cerros peligrosos.	< de 25%
P M (Peligro Medio)	Inundaciones muy frecuentes, de escaso tirante y rapidez.	De 26% a 50%
PA (Peligro Alto)	Las áreas que son inundadas de manera gradual y quedan bajo agua durante varios días.	De 51% a 75%
P MA (Peligro Muy Alto)	Sectores sujetos a amenazas por aludes y corrientes bruscas de piedra y lodo ("llocllа"). Sectores en peligro debido a deslizamientos o inundaciones a gran rapidez, con alta intensidad hidrodinámica y capacidad de erosión.	De 76% a 100%

Nota: INDECI, 2006

Figura 13

Flujograma del procedimiento técnico para determinar los niveles de peligrosidad.



Nota: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED

Definición del Modelo de Peligro

Sm = capa de pendientes + capa de suelos + capa de geología + capa de isoyetas.

En donde Sm es la susceptibilidad a movimientos en masivos. Se consiguen las capas de cada variable mediante la clasificación de los valores iniciales. El modelo obtenido mediante este algoritmo es reasignado en grados de relevancia, otorgándole a cada rango una calificación que oscila entre cero o muy bajo hasta muy alto, con el objetivo de lograr el modelo final.

Pendientes: En este, los rangos varían entre 0 y 50 y se clasifican en cuatro niveles (1 - 4).

Geología: Se consideró la litología, edad, estructura y grado de meteorización como parámetros fundamentales.

Clases de Suelos (Textura): Las distintas clases de textura del terreno, que están cartografiadas y digitalizadas a escala 1:50.000, se clasificaron nuevamente en tres categorías consistentes en su susceptibilidad a deslizamientos.

Precipitaciones: El mapa de Isoyetas muestra las áreas de precipitación media anual. Este es un elemento detonante de los movimientos de masa, razón por la cual se lo considera una variable dinámica. Una región con un nivel de precipitación más elevado es más susceptible a los movimientos de masa que otra que carece de gran precipitación.

Figura 14

Elementos para el modelo de peligros

Nivel	Pendiente
Muy Bajo	< 5°
Bajo	< 12° - 5°
Medio	12° - 25°
Alto	>25° - 50°

Isoyetas (Precipitación)	
Grado	Rango (mm)
Bajo	750-1000
Medio	1000-1500
Alto	1500-1750

Grado	Descripción Geológica
Bajo	Formaciones volcánicas recientes y cuaternarias
Medio	Rocas volcánicas antiguas, intrusivas y sedimentarias
Alto	Rocas metamórficas e intrusivas muy meteorizadas
Muy Alto	Rocas calcáreas, rocas arcillosas

código	Descripción de suelos	Reclasificación
11	Arenoso (fina, media, gruesa)	Gruesa
12	Arenoso franco	
21	Franco arenoso (fino a grueso)	
22	Franco limoso	Media
31	Franco	
32	Limoso	
33	Franco arcillosa (35% de arcilla)	
34	Franco arcillo arenoso	
35	Franco arenoso limoso	Fina
41	Franco arcilloso (35%)	
42	Arcilloso	
43	Arcillo arenoso	
44	Arcillo limoso	
51	Arcillo (60%)	

Nota: INDECI 2011.

Zonas con susceptibilidad Muy Alta: Incluyen áreas extremadamente inestables que, después de acciones mínimas y limitadas de los elementos naturales en el material, pueden ser movilizadas por su propia dinámica. También se observan en zonas con inclinaciones que superan el 50% de material muy meteorizado y desgastado. Ocurren en terrenos poco unidos y en rocas altamente meteorizadas, fracturadas o de otras formas de discontinuidad, aceleradas por las precipitaciones de la región.

Zonas con susceptibilidad Alta: Se refieren a áreas inestables que, después de acciones mínimas y escasas de los elementos naturales en el material, pueden ser movilizadas por su propia dinámica con material meteorizado y fallado, correspondiendo a áreas con inclinaciones del 25% al 50%.

Zonas con susceptibilidad Media: Son zonas escasamente propensas a los deslizamientos. Se muestran en materiales con poca o ninguna fractura, con inclinaciones del 12 al 25%. El material se desestabiliza después de eventos naturales muy fuertes y/o amplios, además de la influencia de la precipitación en la región.

Zonas con susceptibilidad Baja: Son áreas donde las particularidades de los suelos, pendientes y geología no propician movimientos de gran magnitud; se mantienen estables incluso ante fenómenos intensos y amplios como la precipitación en la región, donde puede ocurrir la solifluxión de material.

Zonas Sin susceptibilidad: Son sitios donde es muy poco probable que suceda un fenómeno de movimiento a gran escala debido a las propiedades estables del espacio geográfico estudiado.

2.1.32. Vulnerabilidad

De acuerdo con la Ley Nº 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. Nº 048-2011-PCM), la vulnerabilidad se entiende como la susceptibilidad de la población, la infraestructura o las actividades socioeconómicas a

experimentar daños a causa de un peligro o amenaza. Según INDECI (2020), esta definición sigue vigente y define la vulnerabilidad como la predisposición a ser impactado por un riesgo o amenaza.

Tipos de vulnerabilidad

Se procedió a distinguir los distintos tipos de vulnerabilidad que, tanto de manera directa como indirecta, están relacionados con los elementos previamente identificados y que podrían ser susceptibles a los efectos de una inundación.

Tabla 9

Tipos de Vulnerabilidad ante Inundaciones Fluviales

TIPOS DE VULNERABILIDADES	VARIABLES
VULNERABILIDAD FÍSICA	Ubicación de las casas. Materiales de construcción utilizados en interiores. Características geológicas, calidad y tipo de suelo. Cumplir con la normativa técnica vigente. procedimientos constructivos.
VULNERABILIDAD AMBIENTAL ECOLÓGICA	Explotación de recursos naturales. Notas que liberan sustancias o materiales peligrosos.
VULNERABILIDAD ECONÓMICA	Actividades económicas. Grado de privación (ingresos, servicios y conexiones).
VULNERABILIDAD SOCIAL	Nivel y forma de conexión e integración entre agencias y organizaciones Organizaciones locales.
VULNERABILIDAD EDUCATIVA	Disponibilidad de capacitación en las escuelas sobre temas relacionados con: Defensa civil. Brindar capacitación a la población civil en temas relacionados con la defensa civil. Campañas de propaganda (televisión, radio y prensa).
VULNERABILIDAD POLÍTICA INSTITUCIONAL	Política y derecho. Capacidades organizativas e institucionales.
VULNERABILIDAD CULTURAL E IDEOLÓGICA	Conocimiento general de eventos peligrosos pasados. Concienciación local sobre los riesgos. Actitud ante el riesgo.
VULNERABILIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA	Información y soporte técnico. Conocimiento y cumplimiento de recomendaciones.

Nota: INDECI 2011

a. Vulnerabilidad física

Tabla 10

Variable: Localización de Viviendas

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Muy cercana 0.2 – 0 Km.	0,75 < V ≤ 1	Muy Alta
Cercana 0.2 – 1 Km.	0,50 < V ≤ 0,75	Alta
Medianamente cerca 1 – 5 Km.	0,25 < V ≤ 0,50	Media
Muy alejada > 5 Km.	0 < V ≤ 0,25	Baja

Nota: INDECI 2011

Tabla 11

Variable: Material de construcción utilizada en viviendas

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Estructuras compuestas por adobe, caña y otros materiales de baja resistencia, en un estado de deterioro.	0,75 < V ≤ 1	Muy Alta
Construcciones a base de adobe, piedra o madera, sin reforzamientos estructurales.	0,50 < V ≤ 0,75	Alta
Estructura de hormigón, acero o madera, carente de la técnica de construcción apropiada.	0,25 < V ≤ 0,50	Media
Construcción sismorresistente utilizando la técnica constructiva correcta (de hormigón o acero)	0 < V ≤ 0,25	Baja

Nota: INDECI 2011

Tabla 12

Variable: Características ecológicas, calidad y tipo de suelo

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Zona severamente fracturada, debilitada, terrenos que pueden colapsar (relleno, alto mapa freático con turba, material inorgánico, etc.)	0,75 < V ≤ 1	Muy Alta
Aspecto moderadamente fracturado, terrenos con escasa capacidad de soporte.	0,50 < V ≤ 0,75	Alta
Zona levemente fracturada, terrenos de capacidad de soporte medio.	0,25 < V ≤ 0,50	Media
áreas sin fisuras, terrenos con adecuadas propiedades geotécnicas	0 < V ≤ 0,25	Baja

Nota: INDECI 2011

Tabla 13

Variable: Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos

Indicadores	Rango	Grado de Vulnerabilidad
Conocimiento e incumplimiento de la legislación en vigor	$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
Con la legislación en vigor sin su cumplimiento	$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
Con la legislación en vigor se cumple mediante la observancia de la normativa vigente.	$0,25 < V \leq 0,50$	Media
Con la legislación actual estrictamente respetadas	$0 < V \leq 0,25$	Baja

Nota: INDECI 2011

2..1.31.1. Factores de la vulnerabilidad

- **Exposición**

Son las decisiones y prácticas que exponen a las personas y sus medios de vida en zonas de riesgo ante un peligro. Esta exposición resulta de una relación inadecuada con el entorno, que puede ser causada por el crecimiento demográfico desordenado, la migración descontrolada, una urbanización mal planificada, o políticas de desarrollo económico insostenibles. A mayor exposición, mayor es la vulnerabilidad.

- **Fragilidad**

Son las condiciones de debilidad o desventaja de las personas y sus medios de vida frente a un peligro específico. Normalmente, este concepto se enfoca en las características físicas y estructurales de una comunidad, y suele originarse por factores internos como prácticas de construcción inadecuadas y el incumplimiento de normativas sobre materiales y estructuras. Cuanto mayor es la fragilidad, mayor es la vulnerabilidad.

2.1.33. Resiliencia

Se define como la capacidad de recuperación y adaptación de las personas y sus medios de vida frente a situaciones de riesgo. Esta capacidad está vinculada a las condiciones sociales y la organización de la comunidad. Un nivel elevado de resiliencia conlleva una

reducción en la vulnerabilidad frente a amenazas.

2.1.34. Riesgo

Implica la evaluación anticipada de los daños potenciales a la vida, bienes materiales, propiedades y economía en un período determinado o en una región específica, considerando el nivel de peligro y vulnerabilidad. Esta evaluación, expresada en términos de probabilidad, tiene como objetivo prever las posibles pérdidas y daños que podrían resultar de la ocurrencia de fenómenos naturales o tecnológicos, tal como lo define INDECI (2011).

$$R = f(P \times V)$$

Donde: Riesgo (R), F (función), Peligro (P), vulnerabilidad (V) y, se expresan en términos de probabilidad.

Figura 15

Matriz de riesgos

Peligro Muy Alto 1	Riesgo Medio 0,25	Riesgo Alto 0,5	Riesgo Muy Alto 0,75	Riesgo Muy Alto 1
Peligro Alto 0,75	Riesgo Bajo 0,19	Riesgo Medio 0,38	Riesgo Alto 0,56	Riesgo Muy Alto 0,75
Peligro Medio 0,5	Riesgo Bajo 0,13	Riesgo Medio 0,25	Riesgo Medio 0,38	Riesgo Alto 0,5
Peligro Bajo 0,25	Riesgo Bajo 0,06	Riesgo Bajo 0,13	Riesgo Bajo 0,19	Riesgo Medio 0,25
	Vulnerabilidad Baja 0,25	Vulnerabilidad Media 0,5	Vulnerabilidad Alta 0,75	Vulnerabilidad Muy Alta 1

Nivel de Riesgo		Rango
Riesgo Muy Alto		0,75< R≤ 1
Riesgo Alto		0,50< R≤0,75
Riesgo Medio		0,25< R≤0,50
Riesgo Bajo		0< R≤0,25

Nota: INDECI 2011

Tabla 14

Zonificación territorial del riesgo ante inundaciones fluviales

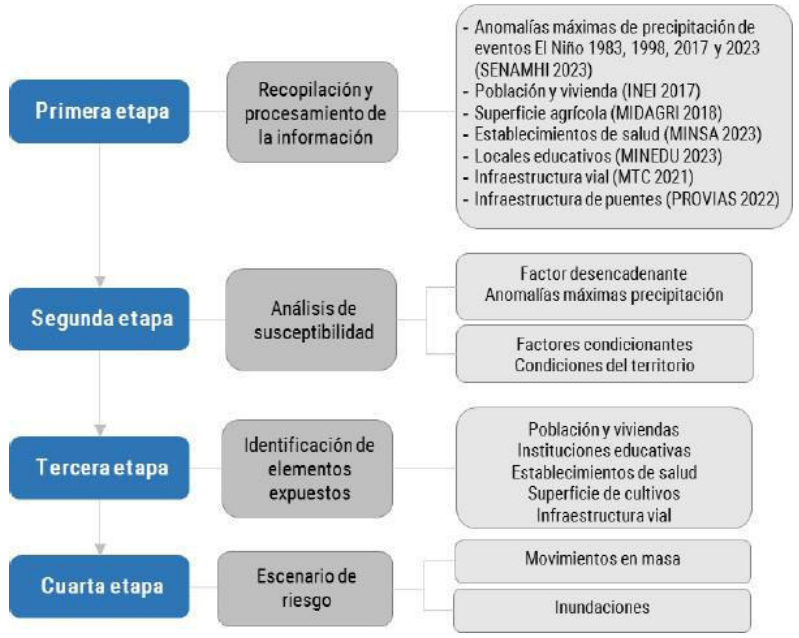
Leyenda	Pérdidas y Daños para Asentamientos Humanos	Implicancias para el Ordenamiento Territorial
Riesgo muy Alto	Los individuos se encuentran en riesgo tanto dentro como fuera de sus hogares. Hay grandes posibilidades de devastación abrupta de edificaciones y/o viviendas. Los sucesos aparecen con una intensidad bastante baja, pero con una frecuencia alta o con una intensidad intensa. En esta situación, los individuos se encuentran en riesgo fuera de los edificios.	Zona de restricción, inadecuada para la construcción, ampliación o aglomeración de asentamientos humanos. Es necesario reubicar áreas ya edificadas, o resguardarlas con significativas obras de protección, sistemas de alerta precoz y evacuación temporal.
Riesgo Alto	Las personas corren riesgo fuera de los edificios, pero no o prácticamente no dentro. Es necesario tener daños en los edificios, pero no una aniquilación inmediata de estos, siempre que su estilo de edificación haya sido ajustado a las condiciones del sitio.	Zona de regulación, donde se puede autorizar, de forma limitada, la expansión y densificación de asentamientos humanos, siempre que se cumplan y se acaten las normas de ocupación del suelo y las normas de edificación pertinentes. Las construcciones actuales que no respeten las normas y reglas deben ser fortalecidas, resguardadas o desalojadas y reubicadas.
Riesgo Medio	El riesgo para los individuos es habitual. Los edificios pueden experimentar daños moderados o leves, sin embargo, pueden presentarse daños severos en su interior.	Zona de concienciación, adecuada para asentamientos humanos, donde se debe concienciar a la población frente a la aparición de este tipo de riesgo, a nivel moderado y poco probable, para el entendimiento y uso de normas de comportamiento adecuadas frente al peligro.
Riesgo Bajo	El riesgo para los individuos y sus intereses financieros es de escasa envergadura, con probabilidades de su ocurrencia reducidas.	Zona de concienciación, adecuada para asentamientos humanos, donde es necesario concienciar a los usuarios del terreno acerca de la presencia de peligros muy infrecuentes, para que identifiquen y apliquen normas de comportamiento adecuadas ante su aparición.
Riesgo nulo	Los hitos de riesgo no existen.	Áreas de asentamiento humano e inversiones en áreas sociales y económicas, entre otras.
Áreas donde los estudios efectuados son altamente indicativos, lo que impide hacer proyecciones de frecuencias o niveles de agua, ya que estos son extremadamente imprecisos. Usualmente, las áreas se asocian a las que han sido impactadas por sucesos extremos.		

Nota: INDECI 2011

El CENEPRED propone una metodología para la elaboración de escenarios de riesgo asociados a inundaciones y movimientos en masa relacionados con el Fenómeno El Niño. Su estructura tiene cuatro fases, tal como muestra la Figura N° 16.

Figura 16

Flujograma de la metodología para la elaboración de los escenarios de riesgo



Nota: CENEPRED

2.1.35. Desastre:

Este evento, puede ser definido como un suceso inesperado y repentino que genera perturbaciones significativas en los elementos afectados. Estas perturbaciones se traducen en la pérdida de vidas y en impactos negativos sobre la salud de la población, así como en la destrucción o deterioro de bienes comunitarios y en daños severos al entorno natural.

2.1.36. Concepto de Sistema de Información Geográfica (SIG):

Tomlin (1990), describe que un SIG es un instrumento integral que permite el análisis, la visualización y la interpretación de información relacionada con el terreno, utilizando un

conjunto de hardware y software especializado para la adquisición, mantenimiento y gestión de datos cartográficos. Star y Estes (1990) lo describen como un sistema destinado a trabajar con datos que están referenciados por coordenadas espaciales o geográficas.

Según Víctor Olaya (2014) un SIG se compone tradicionalmente de cinco elementos básicos:

- Datos: La materia prima necesaria, que contiene la información geográfica esencial.
- Métodos: Grupo de metodologías y formulaciones aplicadas a la data.
- Software: Aplicaciones informáticas que procesan los datos y aplican los métodos.
- Hardware: Equipos necesarios para ejecutar el software.
- Personas: Usuarios y diseñadores del software, que son el motor del sistema SIG.

2.1.37. Recomendaciones ante inundaciones fluviales

2.1.37.1. Medidas estructurales

Estas comprenden diversas obras de infraestructura hidráulica, que se pueden clasificar de la siguiente manera:

Obras de Regulación

Estas incluyen principalmente presas diseñadas para almacenar temporalmente el exceso de agua durante las crecientes y liberarla de manera controlada. En tiempos recientes, se ha enfatizado en la mejora de cuencas a través de prácticas como reforestación, terraceo y eliminación de sedimentos, que ayudan a reducir y regular el escurrimiento superficial y mitigar, al menos en parte, los efectos adversos de la urbanización.

Obras de Rectificación

Su propósito es asegurar un flujo rápido y eficiente del agua a través de su cauce, mediante el dragado de ríos para mantener su altura original y reducir el riesgo de desbordamiento. Estas obras incluyen la rectificación de cauces y el aumento de la pendiente mediante la eliminación de meandros.

Obras de Protección

Bordes Longitudinales: Se construyen a lo largo de una o ambas márgenes del río para mantener el agua dentro de su cauce y prevenir desbordamientos.

Bordes Perimetrales: Están diseñados para proteger áreas residenciales o de gran importancia económica de los efectos de las inundaciones, evitando que las aguas lleguen a estas zonas.

2.1.37.2. Medidas no estructurales

Estas medidas de control están diseñadas para prevenir o mitigar los daños asociados con las inundaciones. Pueden ser implementadas de manera permanente, ocasional o específicamente durante la ocurrencia del fenómeno hidrometeorológico.

Medidas permanentes

Estas medidas están diseñadas para ser sostenibles a lo largo del tiempo. Incluyen la regulación del uso del suelo, respaldada por la zonificación de áreas propensas a inundaciones, como se refleja en los Mapas de Zonificación de Riesgo ante Inundaciones Fluviales. El objetivo principal es evitar que bienes de gran valor económico y social se ubiquen en zonas vulnerables a inundaciones. Además, las actividades como la capacitación continua, el desarrollo de estudios alternativos y la mejora de la gestión local del riesgo de inundaciones, aunque se realicen en intervalos, producen efectos duraderos en la reducción del riesgo.

Medidas de operación

Las medidas operativas se implementan en respuesta a la posibilidad de una inundación y deben basarse en modelos predictivos en diversas fases. Estos modelos incluyen el pronóstico de la lluvia, la transformación de la precipitación en escurrimiento superficial, y el impacto en los cauces y en las infraestructuras.

2.2. Marco Legal

- Ley General del Ambiente – N° 28611 Artículo 113.
- Ley N° 29664 Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Fecha: 19 de febrero de 2011).
- Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Decreto supremo N° 048-2011-PCM (Fecha: 27 de mayo de 2011).
- Ley Orgánica de Gobiernos Regionales. Ley N° 27867 (Fecha: 18 de noviembre de 2002).
- Ley Orgánica de Municipalidades. Ley N° 27972 (Fecha: 27 de mayo de 2003).
- Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo No Mitigable, Ley N° 29869.
- Decreto Supremo N°111-2012-PCM, que incorpora la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres como Política Nacional de obligatorio cumplimiento para las entidades del Gobierno Nacional. 01 de noviembre de 2012.
- Resolución Ministerial 334-2012-PCM. Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial Nº 220-2012-PCM, Lineamientos Técnicos del Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial Nº 222-2012-PCM, Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres.
- Resolución Directoral N 005-2012-EF/63.01 Pautas metodológicas para la incorporación del análisis de riesgos en los proyectos de inversión pública. Ministerio de Economía y Finanzas.
- Decreto Supremo Nº 115-2013-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para las Zonas de Muy Alto Riego No Mitigable.

III. MÉTODO

Esta investigación describe los métodos implementados para calcular las lluvias máximas en la subcuenca del Huaycoloro. El objetivo es reducir los impactos adversos de estos eventos y mejorar la calidad de vida de la población afectada, abarcando diversos tipos y niveles de análisis en el proceso de investigación:

3.1. Tipo de investigación

Este trabajo se caracteriza por ser transeccional, ya que la evaluación se llevó a cabo en un momento específico. El enfoque metodológico es empírico, y el diseño fue no experimental. Asu vez, se clasifico la investigación en cuatro niveles:

En el nivel explicativo, se indagó en las causas y razones que originan el problema en estudio. A nivel correlacional, se examinó la relación entre los distintos factores que contribuyen al problema y su impacto.

En el nivel descriptivo, se analizó el fenómeno o situación en cuestión dentro de un contexto tempore-espacial.

Finalmente, el nivel predictivo tuvo el objetivo de anticipar y prever posibles situaciones futuras relacionadas con el problema.

3.2. Población y muestra

Se tiene como población la parte baja de la subcuenca Huaycoloro entre ellos los centros poblados de Santa María de Huachipa, Cajamarquilla y Jicamarca.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 15

Variables del objetivo general.

categoría	Dependientes	Independientes	Indicadores
Lluvias máximas	Calidad de vida	población	%
		vivienda	%
		Defensas ribereñas del río huaycoloro	adimensional

Nota: Elaboración propia.

Tabla 16

Variables del primer objetivo

Categoría	Dependientes	Independientes	Indicadores
Diagnóstico	Físico	Geomorfología	adimensional
		Geología	Clasificación
		Pendiente	%
		Clima	adimensional
		Zonas de vida	% de Zonas de vida
		Cobertura vegetal	% de Vegetación
		Suelos	Ha
	Socio económico	Población	%
		Vivienda	Unidades
		salud	%

Nota: Elaboración propia.

Tabla 17

Variables del segundo objetivo.

Categoría	Dependientes	Independientes	Indicadores
Aspectos Hidrológicos	lluvias máximas Capacidad de conducción sobre la subcuenca	Pendiente	%
		Precipitación máx.	milímetros (mm)
		velocidad	m/s
		topografía	%
		caudal	m 3/s
		Tiempo de retorno	años
		Área de sección	m^2

Nota: Elaboración propia.

Tabla 18

Variables del tercer objetivo.

Categoría	Dependientes	Independientes	Indicadores
Proyectos de conservación y protección	Gaviones Reforestación	Plan de prevención de inundación	documento

Nota: Elaboración propia.

3.4. Instrumentos

Equipos

- GPS, Teodolito
- Laptop HP: Equipado con un sistema operativo de 64 bits y 4.00 GB de memoria RAM, utilizando la edición Windows 10 Ultimate para realizar tareas relacionadas con el procesamiento y análisis de datos.
- Impresora Canon G4100: Utilizada para imprimir textos, gráficos, documentos y mapas, facilitando la representación física de la información generada.
- GPS: Dispositivo de posicionamiento global empleado para determinar las coordenadas geográficas de los puntos en el área de estudio, esencial para la precisión en la ubicación y análisis espacial.
- Cámara fotográfica
- Wincha: para medir los cause más críticos de la quebrada Huaycoloro.

Software

- Word: Utilizado para la redacción y edición de documentos textuales.
- Excel: Empleado para la creación y manejo de tablas y gráficos, ya sean estáticos o dinámicos.
- ArcGIS 10.3: Herramienta especializada en el manejo de datos con referencia espacial o geográfica. Facilita la integración de diversas bases de datos y la generación de mapas

y otras representaciones gráficas, que son esenciales para la toma de decisiones informadas en estudios geoespaciales.

Información Geográfica

- Cartas Nacionales: Hojas Chosica 24j y 25j, con una escala de 1:100,000, proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Imágenes Aster Global Digital Elevation Model (Aster-GDEM): Resolución de 30 metros, suministradas por el Ministerio del Ambiente (MINAM), utilizadas para la generación del mapa de pendientes.
- Mapa Geológico Nacional: Creado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a escala 1:100,000.
- Mapa Geomorfológico: Desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2008) a escala 1:100,000.
- Mapa de Capacidad de Uso de Suelos: También elaborado por el MINAM (2008) a escala 1:100,000.
- Mapa de Zonas de Vida: Basado en el trabajo del Dr. L. Holdrige y proporcionado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) a escala 1:100,000.
- Información Vectorial del Mapa de Cobertura Vegetal: Del Ministerio del Ambiente (MINAM) a escala 1:100,000, utilizada para el mapa de cobertura vegetal.
- Información Vectorial del Mapa de Clasificación Climática del Perú: Elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) a escala 1:5,000,000, empleado para el mapa climático.
- Mapa de Precipitaciones Máximas en 24 Horas: Basado en datos de estaciones hidrometeorológicas del SENAMHI.

3.5. Procedimientos

- *Etapa inicial de Gabinete*

En esta etapa se realizará la clasificación y análisis sistemático y ordenado de la información existente sobre el área de estudio.

- *Etapa de Campo*

  Este proceso implica la evaluación directa del área de estudio para verificar, ajustar o ampliar la información obtenida mediante análisis preliminares. Incluye:

- Inspección en el terreno: Se llevará a cabo un recorrido por el distrito de Lurigancho-Chosica para identificar tanto los daños directos como los indirectos causados por posibles inundaciones.
- Observaciones basadas en datos históricos: Se recopilarán datos sobre la extensión de la última inundación en la zona para contextualizar los daños observados.
- Aplicación del método SIG (Sistema de Información Geográfica): Se empleará un enfoque SIG para organizar y codificar la información recopilada. Esta información se ingresará en una base de datos y se integrará en un sistema SIG con estructura "vectorial" para su análisis y visualización.
- *Etapa Final de Gabinete*

Se llevarán a cabo los ajustes pertinentes basados en los datos recolectados tanto en campo como en laboratorio, relacionados con los mapas temáticos y mapas base. También se consultará a expertos, se revisarán Notas bibliográficas y registros adicionales. Durante esta fase se realizarán evaluaciones y análisis, siguiendo estos pasos:

a. Creación de un Mapa de Pendientes.
b. Se procederá a la elaboración de mapas temáticos que incluyan geomorfología, precipitaciones máximas y cobertura vegetal.
c. Una vez completados estos mapas temáticos, se desarrollará un Mapa de Plan de Protección contra Inundaciones utilizando el software ArcGIS 10.3. Este proceso incluye:
d. Organización temática focalizada en áreas vulnerables.

e. Superposición y análisis de los mapas para evaluar las variables del modelo:

- La primera variable es la pendiente: se asigna un mayor peso a las pendientes más pronunciadas, ya que aumentan la probabilidad de eventos de inundación.
- La segunda variable es la geomorfología: se identifican las áreas propensas a huaycos e inundaciones.
- La tercera variable es la cobertura vegetal: la aridez y la falta de vegetación incrementan el riesgo de inundaciones.
- La cuarta variable es la precipitación máxima en 24 horas: precipitaciones más intensas elevan la probabilidad de inundaciones.

f. Digitalización y conversión de formatos de datos. Determinación de las áreas susceptibles a inundación.

g. Recopilación de datos históricos de precipitaciones máximas de las estaciones Ñaña, Arahuay, Autisha, Chosica, Santa Eulalia y Puente Piedra. Se utilizará la distribución de Gumbel para calcular la precipitación máxima en diferentes periodos de retorno (5, 10, 20, 25, 50 y 100 años). Posteriormente, se calcularán las intensidades máximas, el coeficiente de escorrentía y los caudales de diseño utilizando el método racional.

h. Determinación del caudal máximo para los diferentes periodos de retorno (5, 10, 20, 25, 50 y 100 años) en la subcuenca del Río Huaycoloro.

i. Propuesta de medidas estructurales y no estructurales para mitigar el riesgo de inundaciones en las áreas afectadas, como la evaluación del riesgo, la limpieza del cauce para eliminar residuos sólidos y la protección del margen izquierdo del río mediante el uso de gaviones.

3.6. Análisis de datos

Se llevó un análisis hidrometeorológico, que incluyó la verificación de los datos recopilados por las estaciones empleadas en la investigación. Además, se realizó un análisis de

riesgo en la zona de estudio, enfocado en cuantificar las pérdidas derivadas de un evento de inundación en el área.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnostico

Ubicación Geográfica:

La subcuenca Huaycoloro se localiza dentro de la cuenca del río Rímac, en la región de Lima, y tiene una extensión de 492.9 km². Sus nacientes se sitúan en las proximidades de las quebradas Batan, Tranca, Michura, Colca y Asma, a una altitud superior a los 3500 metros sobre el nivel del mar.

Tabla 19

Localización de Puntos extremos de la Subcuenca Huaycoloro.

Puntos	Norte	Este
Punto 1	8700000	280000
Punto 2	8700000	330000
Punto 3	8670000	330000
Punto 4	8670000	280000

Nota: Elaboración propia

Limites:

Tal como se muestra en el Mapa de ubicación de los distritos limitantes (Mapa 1) de la sub cuenca Huaycoloro son los siguientes:

Tabla 20

Límites de la Subcuenca Huaycoloro

Puntos	Zonas que limitan
Norte	Distrito Santa Rosa de Quives
Sur	Distrito Ate, Chaclacayo
Este	Distrito Santa Eulalia
Oeste	Distrito San Juan de Lurigancho

Nota: Elaboración propia

Ubicación Política

De igual manera, la zona inferior de la subcuenca está localizada en las áreas urbanas de Cajamarquilla, Jicamarca y Santa María de Huachipa, abarcando los distritos de Lurigancho

Chosica y San Antonio, que forman parte de la cuenca baja del río Rímac.

4.1.1. Parámetros Geomorfológicos

Es fundamental destacar que los parámetros geomorfológicos influyen directamente en los procesos de precipitación y escurrimiento, siendo esenciales para analizar y comprender el comportamiento y la magnitud de los escurrimientos en quebradas de flujo temporal o estacional que contribuyen a la subcuenca Huaycoloro. Estos parámetros permiten identificar las características físicas generales de la cuenca y evaluar su capacidad de respuesta hidrológica.

a. Área de la subcuenca (A)

La superficie de la subcuenca está delimitada por la línea cerrada conocida como divisoria de aguas, que abarca toda el área de drenaje de la red hídrica. En el caso de la subcuenca Huaycoloro, se determinó su extensión utilizando el software ARC GIS 10.1, basándose en la información del Inventario de Agua Superficial y aplicando la metodología de delimitación propuesta por Otto Pfafstetter (1989).

- Se diferencia entre río principal y tributario según el criterio de área drenada.
- La divisoria de aguas intersecta ortogonalmente las curvas de nivel.
- Esta divisoria no atraviesa ríos o lagos, excepto en el punto de salida de la cuenca, que en este caso se encuentra en el Río Rímac. El área de la subcuenca es:

$$\mathbf{A = 492.9\ Km^2}$$

b. Perímetro de la subcuenca (P)

El perímetro se refiere a la longitud total del contorno externo de la subcuenca, y está determinado por su área y forma. Este parámetro influye directamente en el tiempo de concentración, es decir, el lapso que tarda el agua en desplazarse desde el punto más distante hasta el punto de medición. Cuanto más circular sea la cuenca, menor será dicho tiempo. El perímetro de la subcuenca es: $\mathbf{P=112.7\ Km^2}$

c. Longitud del río principal (L)

Este parámetro corresponde a la distancia más extensa que recorre el río, desde el origen de la subcuenca, siguiendo todas las curvaturas o meandros hasta un punto determinado de relevancia, como puede ser una estación de medición o el punto de salida, expresado en unidades de longitud. Siendo la longitud principal en el caso de la subcuenca Huaycoloro.

L = 49.7 Km

d. Ancho promedio de la cuenca (Ap)

Proporción entre la superficie de la cuenca y la extensión del curso principal, cuya fórmula se detalla a continuación.:

Ecuación 8*: Fórmula del ancho promedio de la cuenca*

$$\mathrm{Ap} = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{L}}$$

El ancho promedio de la subcuenca Huaycoloro es:

AP = 9.9 Km

e. Coeficiente de compacidad o Índice de Gravelius (Kc)

La fórmula indica que el coeficiente de compacidad (Kc) es siempre mayor o igual a 1 y aumenta conforme la forma de la subcuenca se vuelve más irregular, lo que sirve como un indicador del riesgo de avenidas. Cuando el valor de Kc se acerca a 1 o es menor, la subcuenca tiene una mayor propensión a presentar crecidas.

Ecuación 9*: Fórmula del Coeficiente de Compacidad*

$$Kc = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

P= Perímetro (Km), A=Área de la cuenca (Km2).

El coeficiente compacidad de la subcuenca Huaycoloro es de **1.4.**

Utilizando la Tabla 21 para evaluar la morfología de una cuenca.

Tabla 21

Categorización de la cuenca según el índice de Gravelius

Valores de Kc	Forma de la Cuenca	Características
1.-1.25	Compacta o redonda a oval redonda	Presenta peligros torrenciales altos
1.25-1.50	Oval redonda a oval oblonda	Presenta peligros torrenciales moderados
1.50-1.75	Oval oblonda a rectangular oblonda	Presenta peligros torrenciales bajos
> 1.75	Casi rectangular (alargada)	Presenta peligros torrenciales muy bajos

Nota: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO

Por lo que, la subcuenca analizada exhibe un coeficiente de compacidad de 1.4, lo que sugiere que tiene una forma que varía entre ovalada y redondeada. Esto implica que presenta características asociadas con un riesgo moderado de eventos torrenciales.

f. Factor de forma (Ff)

Este parámetro proporciona información sobre el potencial de crecidas al establecer la relación entre el área de la subcuenca y la longitud del cauce principal.

Ecuación 10*: Fórmula del Factor Forma*

$$\boldsymbol{Ff = \frac{A}{L^2}}$$

Dónde:

A = Área de la cuenca (Km2).

L = Longitud de cauce principal de la cuenca (Km).

Tabla 22

Caracterización de la cuenca según los valores del factor forma

Factor de forma	Tipo de cuenca	Crecida
< 0.30	Rectangular alargada	Lentas
0.30 – 0.40	Oval	Sostenidas
0.40 – 0.50	Cuadrado con salida lateral	Rápidas
0.50 – 0.79	Circular o redonda	Muy intensas

Nota: Estudio de máximas avenidas en las cuencas de la zona centro de la vertiente del Pacífico (ANA, 2010)

Siendo **0.20** el Ff de la subcuenca estudiada.

g. Rectángulo Equivalente (Re)

Se utiliza para representar de manera gráfica la forma y el área de una cuenca, reflejando su comportamiento geométrico de manera regular. Este gráfico muestra cómo se distribuyen las áreas en función de la altitud, lo cual facilita un análisis hidrológico comparativo de las áreas. Es importante que los rectángulos equivalentes de las cuencas analizadas estén a la misma escala para garantizar la precisión del análisis.

Ecuación 11*: Formula Rectángulo Equivalente Lado Mayor*

$$\boldsymbol{L = \frac{P}{4} + \sqrt{[\frac{P}{4}]^2 - A}}$$

Ecuación 12*: Formula Rectángulo Equivalente Lado Menor*

$$\boldsymbol{l = \frac{P}{2} - L}$$

Dónde:

L: Longitud del lado mayor del rectángulo

l: Longitud del lado menor del rectángulo

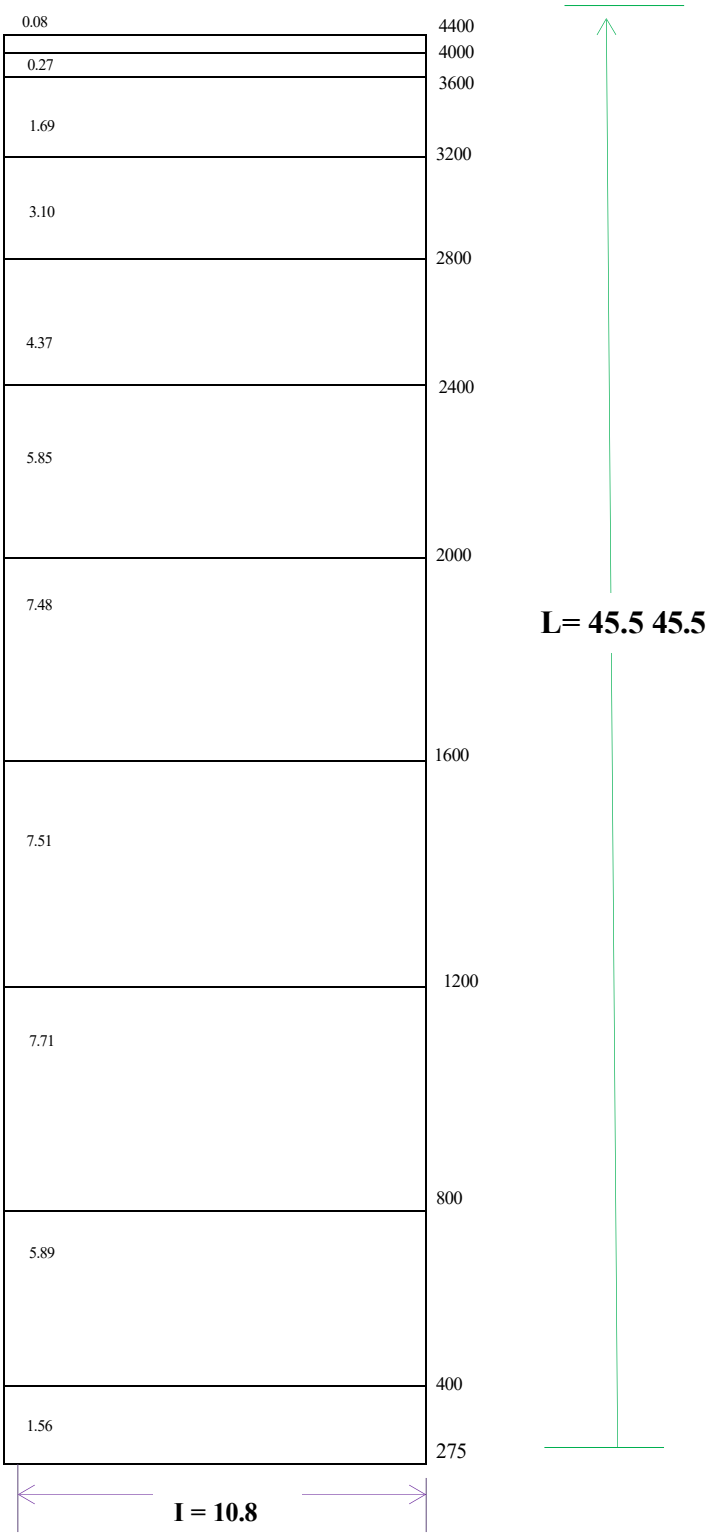
P: Perímetro de la cuenca (km)

A: Área de la cuenca (km2)

Según este parámetro para la subcuenca Huaycoloro la longitud mayor es **45.5** Km y una longitud menor de **10.8** Km.

Figura 17

Rectángulo Equivalente.



Nota: Elaboración Propia.

h. Radio de circularidad (Rc)

Este parámetro compara el área de la cuenca con la del círculo que tiene un perímetro igual al de la cuenca. Un valor de 1 indica que la cuenca tiene una forma perfectamente circular, mientras que un valor de 0.785 corresponde a una cuenca con forma cuadrada.

Ecuación 13*: Formula de radio de circularidad*

$$\boldsymbol{Rc = \frac{4\pi A}{P^2}}$$

Dónde:

P = Perímetro (Km).

A = Área de la cuenca (Km^2).

El radio de circularidad de la subcuenca Huaycoloro es de **0.49**.

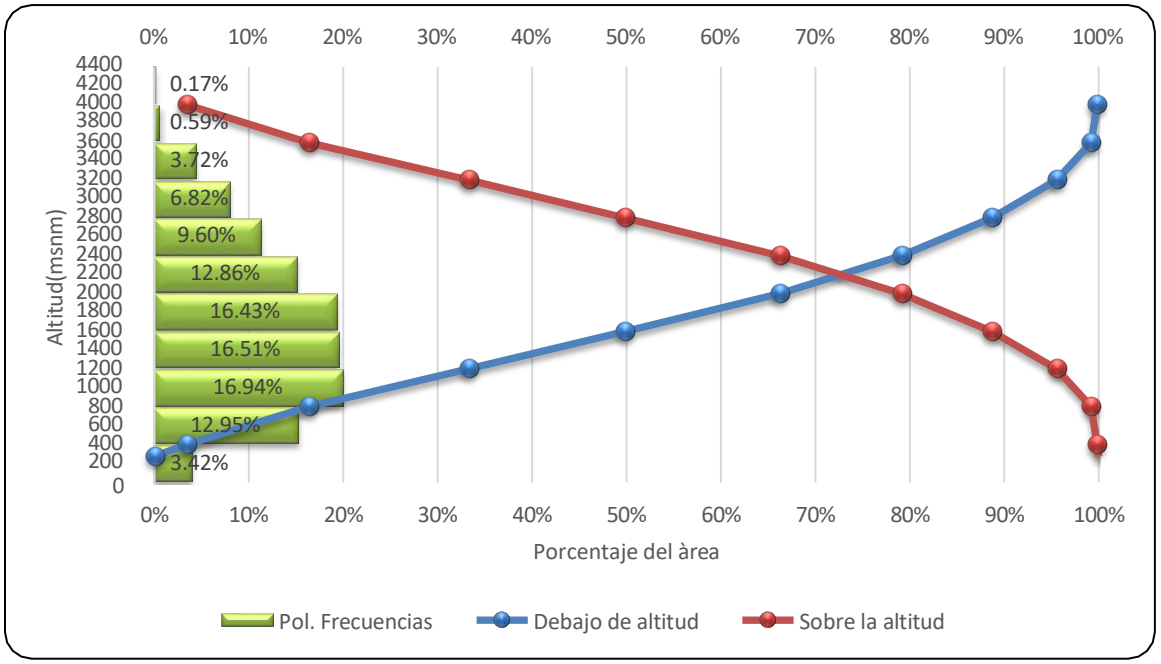
4.1.2. Parámetros de relieve de la subcuenca

a. Curva hipsométrica

Esta representación gráfica muestra el relieve promedio de una cuenca mediante una curva hipsométrica. En el eje horizontal, se trazan las longitudes proporcionales a las áreas proyectadas en la cuenca, ya sea en kilómetros cuadrados o en porcentaje, que se encuentran entre las curvas de nivel consecutivas, abarcando toda la superficie de la cuenca. El eje vertical representa las elevaciones correspondientes a estas curvas de nivel. En esta investigación, la curva hipsométrica se construyó a partir de las curvas de nivel a escala 1:100,000 proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional.

Figura 18

Curva Hipsométrica de la Sub cuenca Huaycoloro



Nota: Elaboración Propia.

b. Polígono de frecuencias

Este parámetro se representa gráficamente para mostrar la relación entre la altitud y el porcentaje de área correspondiente a esa altitud en comparación con el área total. Entre los valores clave se encuentra la altitud más predominante, que se identifica como el polígono con el mayor porcentaje o frecuencia en el gráfico.

Tabla 23

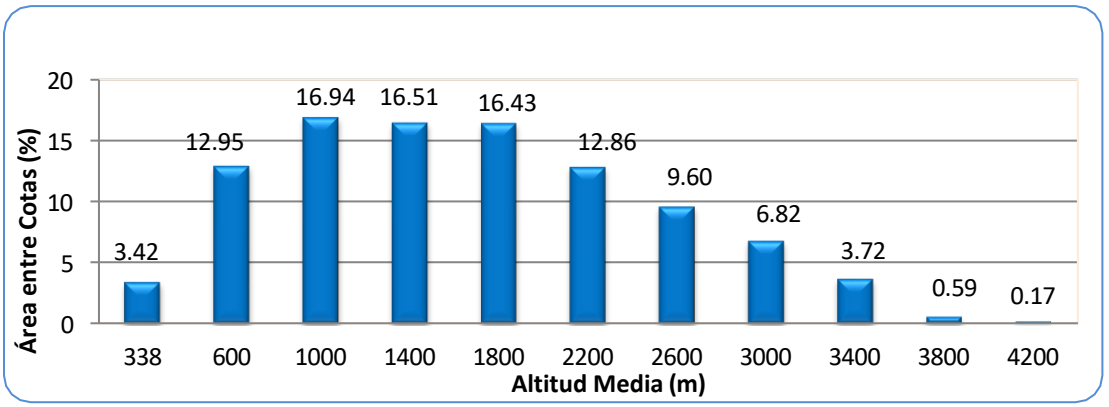
Polígono de Frecuencias

cota m	cota M	Cota media	Área	Área Entre cotas	% Área entre cotas
275	400	338	16.88	0.0342	3.42
400	800	600	63.81	0.1295	12.95
800	1200	1000	83.48	0.1694	16.94
1200	1600	1400	81.35	0.1651	16.51
1600	2000	1800	81.00	0.1643	16.43
2000	2400	2200	63.36	0.1286	12.86
2400	2800	2600	47.30	0.0960	9.60
2800	3200	3000	33.60	0.0682	6.82
3200	3600	3400	18.32	0.0372	3.72
3600	4000	3800	2.90	0.0059	0.59
4000	4400	4200	0.85	0.0017	0.17
	TOTAL		492.85		100.00

Nota: Elaboración Propia.

Figura 19

Polígono de Frecuencias de Altitudes



Nota: Elaboración Propia.

c. Altitud media de la cuenca (Hm)

En regiones montañosas, este parámetro es crucial debido a que está relacionado con la altura promedio, la cual impacta el escurrimiento y otros factores que influyen en el régimen hidrológico, tales como el tipo de precipitación y la temperatura (Inoue, 2018). Por lo que esta se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 14*: Altitud media de la cuenca*

$$\boldsymbol{Hm = \frac{\sum(Ap * Cm)}{A}}$$

Dónde:

Ap: Área parcial.

Cm: Cota media.

A: Área total de la Subcuenca.

La Tabla 24 enseña el cálculo del área generada de la subcuenca Huaycoloro, está indicado el área entre curvas, tal y como también se muestra en el Mapa Altitudinal (Mapa N°2).

Tabla 24

Altitud media de la cuenca

cota m	cota M	Cota media	Área	Área Entre cotas	% Área entre cotas
275	400	338	16.88	0.0342	3.42
400	800	600	63.81	0.1295	12.95
800	1200	1000	83.48	0.1694	16.94
1200	1600	1400	81.35	0.1651	16.51
1600	2000	1800	81.00	0.1643	16.43
2000	2400	2200	63.36	0.1286	12.86
2400	2800	2600	47.30	0.0960	9.60
2800	3200	3000	33.60	0.0682	6.82
3200	3600	3400	18.32	0.0372	3.72
3600	4000	3800	2.90	0.0059	0.59
4000	4400	4200	0.85	0.0017	0.17
TOTAL			492.85		100.00

Nota: Elaboración Propia.

La elevación media de la subcuenca es de 1.678,4 m sobre el nivel del mar.

d. Pendiente media de la cuenca

La velocidad de la escorrentía superficial se ve influida por este parámetro, lo que a su vez afecta el tiempo requerido para que el agua de lluvia se concentre en el lecho del río dentro de la red de drenaje de la cuenca (Monsalve, 2004). La siguiente fórmula se utiliza para calcular este parámetro:

Ecuación 15*: Pendiente media de la cuenca*

$$\boldsymbol{Sm\%} = \mathbf{100} * \frac{\boldsymbol{CM - cm}}{\boldsymbol{LM}}$$

Dónde:

Sm: Pendiente media de la cuenca.

CM= Cota Mayor

Cm= Cota menor

LM: Lado mayor del rectángulo equivalente.

Según Villodas (2008) presenta una clasificación de pendientes medias, para terrenos de una cuenca.

Tabla 25

Tipos de pendientes

Pendiente media	**Terrenos**
0 % a 3 %	Llano
3 % a 7 %	Suave
7 % a 12 %	Medianamente accidentado
12 % a 20 %	Accidentado
20 % a 35 %	Fuertemente accidentado
35 % a 50 %	Muy fuertemente accidentado
50 % a 75 %	Escarpado
Mayor a 75 %	Muy escarpado

Nota: Vidollas (2008).

$$Sm\% = 100 * \frac{4400 - 275}{45.5}$$

Por tanto, en la subcuenca Huaycoloro tiene una de **9.1**. correspondiente a un terreno medianamente accidentado.

e. Índice de pendiente (Ip).

Este parámetro mide la relación entre la inclinación del terreno y la distancia recorrida por el río. A partir de este valor, se puede determinar el tipo de granulometría presente en el cauce del río.

Ecuación 16*: Índice de Pendiente.*

$$Ip = \sum_{i=2}^{n} \sqrt{B_i(a_i - a_{i-1})} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}} \frac{H}{Lm}$$

Dónde:

Ip = índice de pendiente.

Bi = fracción de la superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas ai-ai-1.

$$\text{Bi} = \frac{\text{Ai}}{\text{At}}$$

L = longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (Km).

La Tabla 26 enseña el cálculo del Índice de Pendiente de la subcuenca Huaycoloro.

Tabla 26

Índice de Pendiente

Cota menor	Cota mayor	Dif. Alturas (Km)	Área Parcial	Área parcial/Área total (Bi)	AxCota	Raíz
275	400	0.1	16.9	0.034	0.0043	0.07
400	800	0.4	63.8	0.129	0.0518	0.23
800	1200	0.4	83.5	0.169	0.0678	0.26
1200	1600	0.4	81.4	0.165	0.0660	0.26
1600	2000	0.4	81.0	0.164	0.0657	0.26
2000	2400	0.4	63.4	0.129	0.0514	0.23
2400	2800	0.4	47.3	0.096	0.0384	0.20
2800	3200	0.4	33.6	0.068	0.0273	0.17
3200	3600	0.4	18.3	0.037	0.0149	0.12
3600	4000	0.4	2.9	0.006	0.0024	0.05
4000	4400	0.4	0.9	0.002	0.0007	0.03
	TOTAL		492.9			1.85

Nota: Elaboración Propia.

$$Ip = \frac{1.85}{\sqrt{45.5}} = 0.274$$

En la subcuenca Huaycoloro tiene un Índice de pendiente de **27.42%.**

f. Coeficiente de masividad (Cm)

Este parámetro se obtiene al comparar la altitud media de la cuenca, determinada mediante la curva hipsométrica, con su superficie total (Martonne, 1940). Un valor elevado

indica que la cuenca posee cumbres elevadas, mientras que un valor bajo sugiere la presencia predominante de terrenos planos con áreas similares. La relación se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 17*: Coeficiente de masividad*

$$\boldsymbol{Cm = \frac{Hmed}{A}}$$

Dónde:

Cm = Coeficiente de masividad.

Hmed = Altitud media de la cuenca msnm.

A = Área de la cuenca (Km2).

Siendo 3.41 Km el coeficiente de masividad de la subcuenca Huaycoloro.

g. Coeficiente orográfico (Co)

Evalúa la capacidad de degradación de la cuenca, considerando la elevación sobre el nivel del mar, que impacta directamente en la velocidad del flujo del agua. Además, se examina la inclinación del área, ya que influye en el comportamiento de la escorrentía superficial y contribuye al proceso de erosión y degradación. La siguiente ecuación se emplea para calcular este parámetro:

Ecuación 18*: Coeficiente Orográfico*

$$\boldsymbol{Co = \frac{H^2}{A}}$$

Dónde:

Co = Coeficiente orográfico

H^2 = altura media de la cuenca en km elevada al cuadrado

A = Área de la cuenca (Km^2)

Siendo el de la subcuenca Huaycoloro de **0.0057.**

Según Mármol (2008), Un valor superior a 6 indica un relieve accidentado, mientras que un valor inferior a 6 sugiere un relieve menos accidentado. Este parámetro fue introducido en sus investigaciones sobre erosión hídrica y degradación de cuencas.

h. Coeficiente de Torrencialidad (Ct)

Refleja la proporción entre el número de ríos de primer orden y el área total de la cuenca, actuando como un indicador de la erodabilidad del área de drenaje. Está vinculado estrechamente con los procesos de erosión lineal y la capacidad de drenaje de la cuenca. Los ríos de primer orden, que se originan en surcos y cárcavas debido a la erosión, indican que altos valores de este parámetro están asociados con una mayor susceptibilidad a la erosión y una mayor torrencialidad. En resumen, un mayor número de ríos de primer orden en relación con una superficie menor sugiere una mayor torrencialidad en la cuenca.

Ecuación 19*: Coeficiente de torrencialidad*

$$Co = \frac{N° R_1}{A}$$

Dónde:

N° R1 = Nuero de ríos de primer orden.

A = Área de la cuenca (Km2).

La subcuenca Huaycoloro tiene un coeficiente de torrencialidad de **0.42.**

4.1.3. Parámetros de la Red Hidrográfica

La red hidrográfica se define como el sistema de drenaje, ya sea permanente o estacional, a través del cual se transportan las aguas superficiales, hipodérmicas y subterráneas de una cuenca. Para la subcuenca Huaycoloro, los parámetros que permiten describir esta red hidrográfica son:

a. Tipo de corriente.

La Subcuenca Huaycoloro su tipo de corriente es **Ríos intermitentes** debido a que la subcuenca generalmente Está abastecido de agua únicamente en épocas de lluvia y se seca durante la estación seca.

b. Numero de orden de ríos.

El orden de un curso fluvial refleja el nivel de ramificación del sistema de drenaje. Los ríos de primer orden no tienen afluentes, mientras que dos ríos de primer orden se combinan

para formar un río de segundo orden. De manera similar, dos ríos de segundo orden se fusionan para formar un río de tercer orden, y este proceso continúa hasta el río principal. Este sistema de clasificación facilita la evaluación de la complejidad del sistema de drenaje en una cuenca. En la Subcuenca Huaycoloro, se identificaron 206 corrientes de primer orden con un tramo total de 310 km, de acuerdo con las leyes de Horton, cuyos detalles se presentan en la 27.

Tabla 27

Orden de los Ríos según las Leyes de Horton

Orden	N.º de Ríos	Longitud km
1º	206	310
2º	107	118
3º	30	36
4º	61	54
5º	2	13
TOTAL	406	531

Nota: Elaboración Propia.

c. Frecuencia de densidad de ríos (Fr).

Este parámetro indica la densidad de ríos en una cuenca, calculándose al dividir el número total de cursos de agua (N° ríos) entre el área total de la subcuenca (A).

Ecuación 20*: Frecuencia de densidad de ríos*

$$\boldsymbol{Fr = \frac{Nríos}{A}}$$

Siendo 0.82 en la Subcuenca Huaycoloro**.**

d. Densidad de drenaje (Dd).

Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua en una unidad hidrográfica y su superficie. Este índice se expresa en términos de la longitud de los cursos de agua por unidad de área, y se mide en km/km².

Ecuación 21*: Densidad de drenaje*

$$\boldsymbol{Dd = \frac{L_T}{A}}$$

De acuerdo con Monsalve (1999), la densidad de drenaje varía entre 0.5 km/km² en cuencas con un drenaje deficiente y hasta 3.5 km/km² en cuencas con un drenaje altamente eficiente.

Siendo **1.08 Km/Km²** la densidad de drenaje en la subcuenca Huaycoloro, lo cual indica que tendría un drenaje regular y propenso a crecidas.

e. Extensión media del escurrimiento superficial (E).

Es la extensión promedio que el agua de lluvia recorrería sobre la superficie de una cuenca, suponiendo que el escurrimiento se produjera en línea recta desde el punto de precipitación hasta el punto más cercano al cauce de una corriente dentro de la cuenca (Monsalve, 1999). La fórmula empleada para calcular esta distancia es la siguiente:

Ecuación 22*: Densidad de drenaje*

$$\boldsymbol{E = \frac{A}{4 * L_T}}$$

Donde:

L es la longitud total de las corrientes de agua en la cuenca (km).

A es el área de la cuenca (km2).

Para la subcuenca Huaycoloro, La longitud promedio del escurrimiento superficial es de 0.232 km**.**

f. Pendiente media del río principal (Sm).

Evalúa la inclinación del flujo de agua entre dos ubicaciones. Este valor es crucial para entender fenómenos como el escurrimiento superficial, la infiltración, la influencia del agua subterránea en los cauces y la humedad del suelo (Narciso, 2018, p. 49).

Tabla 28

Datos de Cálculo para la Pendiente Media de la Subcuenca Huaycoloro

cota m	cota M	Long Parcial (m)	Long Acumulada (m)
275	400	7286.3	7286.3
400	800	13317.0	20603.3
800	1200	7959.9	28563.2
1200	1600	6102.2	34665.4
1600	2000	4179.1	38844.5
2000	2400	3428.0	42272.5
2400	2800	3549.8	45822.3
2800	3200	2571.4	48393.7
3200	4400	1282.6	49676.3

Nota: Elaboración Propia.

Se calcula la pendiente media para cada tramo del río principal.

Ecuación 23*: Pendiente media del río principal*

$$\boldsymbol{Sm = \frac{CM - Cm}{L}}$$

Siendo la pendiente media del río principal de la subcuenca Huaycoloro es 0.083 por tanto el **8.3%.**

g. Perfil Longitudinal del Curso Principal

Es fundamental para el diseño de canales, la planificación de proyectos hidroeléctricos y la evaluación de riesgos. Esta herramienta permite calcular la pendiente media a lo largo de cada segmento del río, proporcionando datos cruciales para la ingeniería y la gestión del agua.

Tabla 29

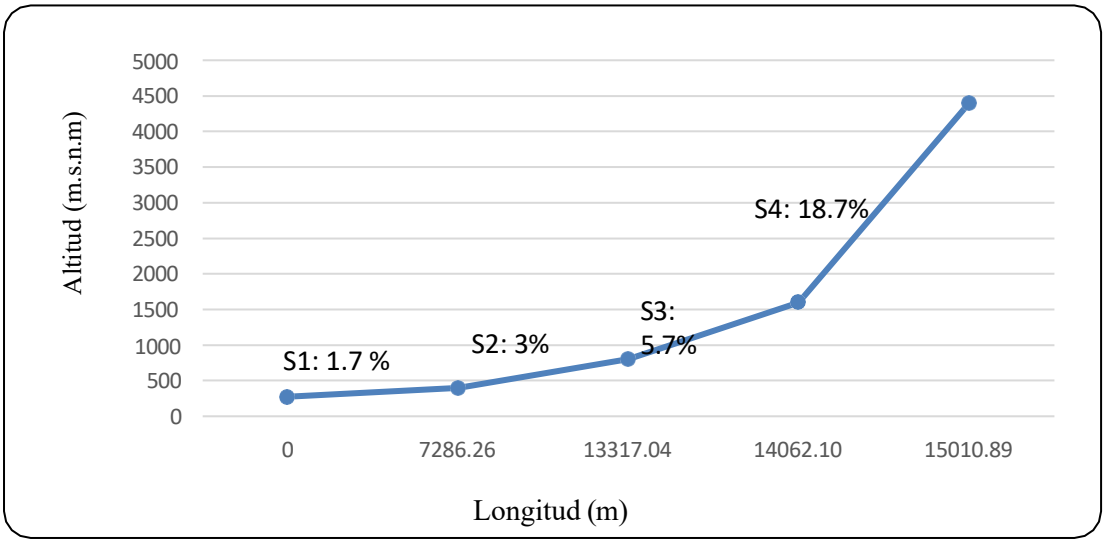
Datos de Cálculo para el Perfil Longitudinal del Curso Principal

Pendiente	Cota m	Cota M	Diferencia	Long (m)	Pendiente (S%)	S x L (m)
S1	275	400	125	7286.26	1.7	12500
S2	400	800	400	13317.04	3.0	40000
S3	800	1600	800	14062.10	5.7	80000
S4	1600	4400	2800	15010.89	18.7	280000
			TOTAL			412500

Nota: Elaboración Propia.

Figura 20

Perfil Longitudinal del curso principal de la Subcuenca Huaycoloro



Nota: Elaboración Propia.

h. Altura media del río principal (Hm).

Representa el valor intermedio entre las altitudes de los extremos del río principal.

Ecuación 24: *Altura media del río principal*

$$H = \frac{CM + Cm}{2}$$

Dónde:

CM: Altitud mayor máxima.

Cm: Altitud menor mínima.

Siendo 2337.5 msnm la altura media del cauce principal de la subcuenca Huaycoloro.

i. Tiempo de concentración (Tc).

Se refiere al tiempo que toma al agua desplazarse desde el punto más alto de la cuenca hasta el lugar donde se realiza la medición del flujo.

Existen diversas fórmulas empíricas para calcular el tiempo de concentración; en este caso, se ha empleado la fórmula de Kirpich. Siendo su formula la siguiente:

Ecuación 25*: Tiempo de concentración*

$$Tc = 0.0195 \left[\frac{L^3}{H}\right]^{0.385}$$

Dónde:

Tc = Tiempo de concentración (min).

H=Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal, (m).

L = Longitud acumulada del rio principal (m).

Siendo 4.8 horas el tiempo de concentración de la subcuenca Huaycoloro, (Mapa 03).

Tabla 30

Resumen de Parámetros Geomorfológicos de la Subcuenca Huaycoloro

N.º	Parámetros	Resultados	Unidades
1	Área	**492.9**	km^2
2	Perímetro	**112.7**	km
3	Longitud del río principal (L)	**49.7**	km
4	Ancho promedio de la cuenca (Ap)	**9.9**	km
5	Coeficiente de Compacidad (Kc)	***1,4***	-
6	Factor de Forma (Ff)	***0,20***	-
7	Grado de Ramificación	***80,5***	km
8	Lado mayor	***45.5***	km
	Rectángulo Equivalente Lado menor	***10.8***	km
9	Radio de circularidad (Rc)	***0.49***	-
10	Altitud Media (Hm)	***1678.43***	msnm
11	Pendiente media de la Subcuenca	***9.1***	m/m
12	Índice de pendiente (Ip)	***27.42***	%
13	Coeficiente de Masividad (Cm)	***3.041***	-
14	Coeficiente orográfico (Co)	***0.0057***	-
15	Coeficiente de Torrencialidad (Ct)	***0.42***	-
16	Tipo de corriente	***intermitente***	-
17	Numero de orden de ríos	***5***	-
18	Frecuencia de densidad de Ríos (Fr)	***0.82***	Ríos/km^2

N.º	Parámetros	Resultados	Unidades
19	Densidad de Drenaje (Dd)	***1.08***	km/km^2
20	Extensión media de Escurrimiento Superficial (E)	***0.232***	Km^2/km
21	Pendiente media del río principal (Sm)	***8.3***	%
22	Altura media del río principal (Hmed)	***2337.5***	msnm
23	Tiempo de concentración (Tc)	***4.8***	horas

Nota: Elaboración Propia.

4.1.4. Geomorfología

La zona de estudio presenta un relieve caracterizado por una topografía moderadamente empinada, con altitudes que varían entre 275 y 4000 msnm. De acuerdo con el Estudio Hidrológico de la cuenca del río Rímac (2010), el relieve ha sido modelado por procesos geofórmicos que han generado unidades geomorfológicas a partir de tectónica y dinámicas geológicas. Estos procesos han dado lugar a formaciones como el anticlinal de Lima y bloques fallados resultantes de dislocaciones regionales. Además, la erosión, la incisión del río Rímac y la acumulación de arena eólica han configurado el paisaje hasta alcanzar los 4000 msnm, creando rasgos geomorfológicos que se describen en detalle a continuación (Mapa 04):

a. Planicies costeras y conos deyectivos:

Esta área se sitúa entre el bloque litoral y las estribaciones de la cordillera occidental, y está cubierta por gravas y arenas transportadas y sedimentadas por el río Rímac, así como por torrentes que fluyen a través de cauces intermitentes, efímeros y perennes de sus afluentes, incluyendo la subcuenca Huaycoloro. Además, se encuentra arena arrastrada por vientos del suroeste (SW). Estas planicies forman los conos aluviales que se distribuyen a lo largo de la subcuenca baja y media de Huaycoloro.

b. Valles quebrados

La región abarca el valle del río Rímac y sus quebradas afluentes, que permanecen secas durante gran parte del año, con flujo de agua solo en ciertas épocas. Estas unidades se distinguen por un escaso transporte de sedimentos, originados en las estribaciones de la

cordillera occidental, y están parcialmente cubiertas por arena eólica.

c. Estribaciones andinas occidentales

Las unidades geomorfológicas abarcan las laderas y crestas marginales de la cordillera andina, caracterizadas por una topografía abrupta y formadas por plutones. Estas formaciones presentan flancos con inclinaciones pronunciadas, con las crestas más elevadas situadas entre los 900 y 3600 msnm. La intensa erosión durante el Pleistoceno reciente es evidente en estas áreas. Hacia el oeste, las estribaciones de la cordillera occidental culminan en una región de lomas con pendientes menos pronunciadas, que no superan los 30°.

d. Zona andina.

El área se extiende hacia el este e incluye altiplanicies con un relieve caracterizado por superficies relativamente suaves y ondulaciones con contornos irregulares. Las elevaciones en esta región alcanzan hasta 2800 msnm, destacando picos que se elevan hasta 3500 msnm. Estas planicies, formadas principalmente por tobas e ignimbritas terciarias, presentan una inclinación leve hacia el oeste, lo que indica una superficie de erosión residual de la antigua puna. Además, se observan remanentes de superficies de erosión glaciar en esta región.

Tabla 31

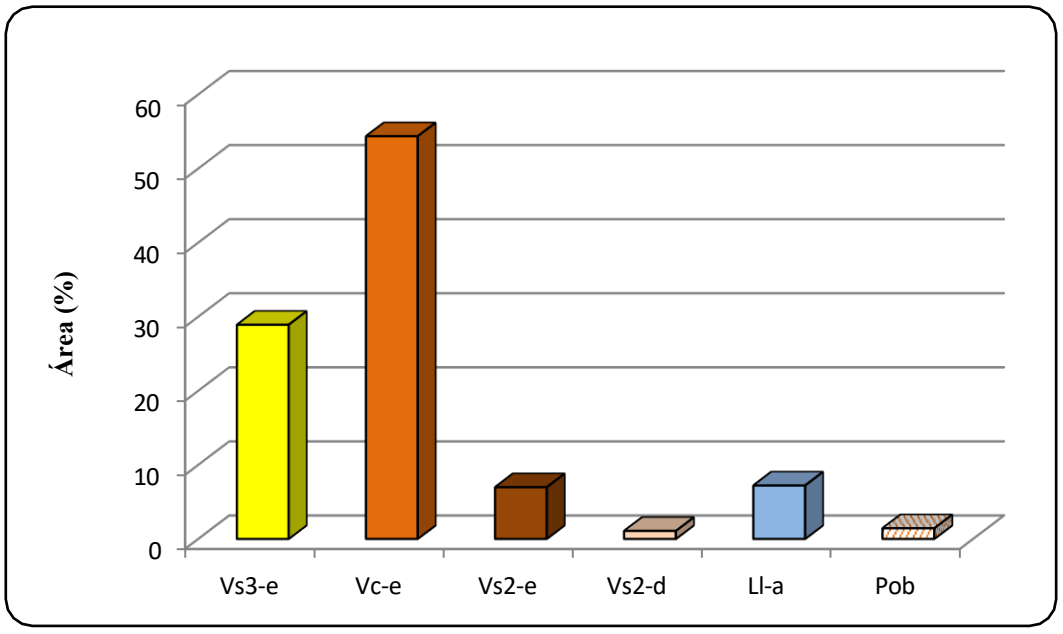
Descripción de Geomorfología

Símbolo	Descripción	Área Km 2	% Área
Vs3-e	Montaña - vertiente montañosa empinada a escarpada - Zona Bajo andina	142.50	28.9
Vc-e	Colina y Montaña - Vertiente montañosa empinada a escarpada	267.96	54.4
Vs2-e	Montaña - vertiente montañosa empinada a escarpada - Zona Meso andina	34.44	7.0
Vs2-d	Montañas – Laderas montañosas empinadas o empinadas – Región Mesoandina	5.31	1.1
Ll-a	Planicie-Llanura	35.56	7.2
Pob	Población	7.11	1.4
	TOTAL	492.87	100.0

Nota: Elaboración Propia.

Figura 21

Superficies de Geomorfología en %



Nota: Elaboración Propia.

4.1.5. Geología

La génesis de la subcuenca Huaycoloro muestra en su formación caracteres, climatológicos, geológicos e hidrológicos, cuyo desarrollo se dio en la Era Cenozoico y Mesozoico. (INGEMET, 1992).

Estratigrafía

Estratigráficamente el área de estudio está conformada por Depósitos aluvial pleisticénicos (Qr-al), Volc. Huarochirí (Ts-vm), Grupo Quilmaná (Kis-qu), Grupo Casma (Ki-cs), Grupo Morro solar (Ki-mrs) Tonalita-Granodiorita (KTi-to/di), Gabro-Diorita (Ks-gb) cuyas litologías están compuestas de conglomerados, arenas, limos, arcillas, andesiticas porfíricas y piroclásticos y silificadas. (Mapa 05):

Tabla 32

Descripción de Unidades Geológicas

Era	Sistema	Serie	Unidades Estratigráficas	Simbología	Litología	Área (Km^2)	Área (%)
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Deposito Aluvial	Qr-al	Conglomerados, arenas, limos y arcillas (mezcla heterogénea).	95.0	19.3
	Terciario	Superior	Volc. Huarochirí	Ts-vm	Tobas riolíticas a riodacíticascon areniscas y limo litas.	12.0	2.4
MESOZOICO	Cretáceo	Superior	Grupo Quilmaná	Kis-qu	Andesíticas en parte silificadas, color gris verdoso y metavolcánicas.	49.0	9.9
	Cretáceo	Medio	Grupo Casma	Ki-cs	Andesiticas porfiricas y brechas, andesias piroclásticos y lavas.	25.5	5.2
	Cretáceo	Inferior	Grupo Morro solar	Ki-mrs	Andesiticas masivas, lodolitas, margas silificadas con chert.	41.0	8.3
Superunidad Santa Rosa			Tonalita-Granodiorita	KTi-	Rocas Intrusivas	231.	46.9

		to/di		3	
Superunidad Patap	Gabro-Diorita	Ks-gb	Rocas Intrusivas	28.7	5.8
Población		Pob		10.5	2.1
	TOTAL			492.9	100

Nota: Elaboración Propia.

a. Depósitos aluviales (QP-al)

Estos depósitos están formados por materiales transportados por los ríos, que han erosionado rocas terciarias, mesozoicas y batolitos costaneros, cubriendo el lecho de los valles y extendiéndose a lo largo de sus abanicos aluviales. En la subcuenca, los depósitos aluviales se componen de gravas, arenas y arcillas semi consolidadas. Estas formaciones presentan superficies relativamente planas que suelen ser utilizadas para actividades agropecuarias. Dentro de los depósitos aluviales, se distinguen dos tipos principales: depósitos aluviales de río y depósitos aluviales de quebrada.

b. Volcáno Huarochirí (Ts-vm)

La base de esta formación está constituida principalmente por rocas piroclásticas de composición andesítica y tobas, intercaladas con areniscas tobáceas. En las partes media y superior de la formación, se observan intercalaciones de areniscas y limolitas, acompañadas de tobas de tonalidades claras, que incluyen matices marrones rosado.

c. Grupo Quilmaná (Kis-qu)

Desde el punto de vista litológico, la formación está compuesta por derrames andesíticos masivos y poco estratificados, con una textura porfíritica que resalta por la presencia de fenocristales de plagioclasa en una matriz fina o microcristalina, de tonalidades que varían entre gris y verde grisáceo. En menor cantidad, también se encuentran doleritas y diabasas.

d. Grupo Casma (Ki-cs)

La formación geológica se distingue por tres niveles característicos con grosores

variables en distintas localidades. En la base, se encuentran aproximadamente 150 metros de andesitas piroclásticas y lavas dacíticas gris verdosas, que presentan características porfiríticas con amígdalas de calcita y piroxeno de color verde botella. En el nivel intermedio, se observa una alternancia casi rítmica entre paquetes de andesitas piroclásticas gris verdosas, con módulos moderados, y calizas margosas.

e. Grupo Morro solar (Ki-mrs)

En la región se encuentran andesitas masivas, lodolitas y margas silificadas, junto con capas de areniscas líticas que presentan fragmentos angulosos y tonalidades gris blanquecinas. Además, se observa la presencia de chert gris en estas formaciones.

f. Tonalita-Granodiorita (KTi-to/di)

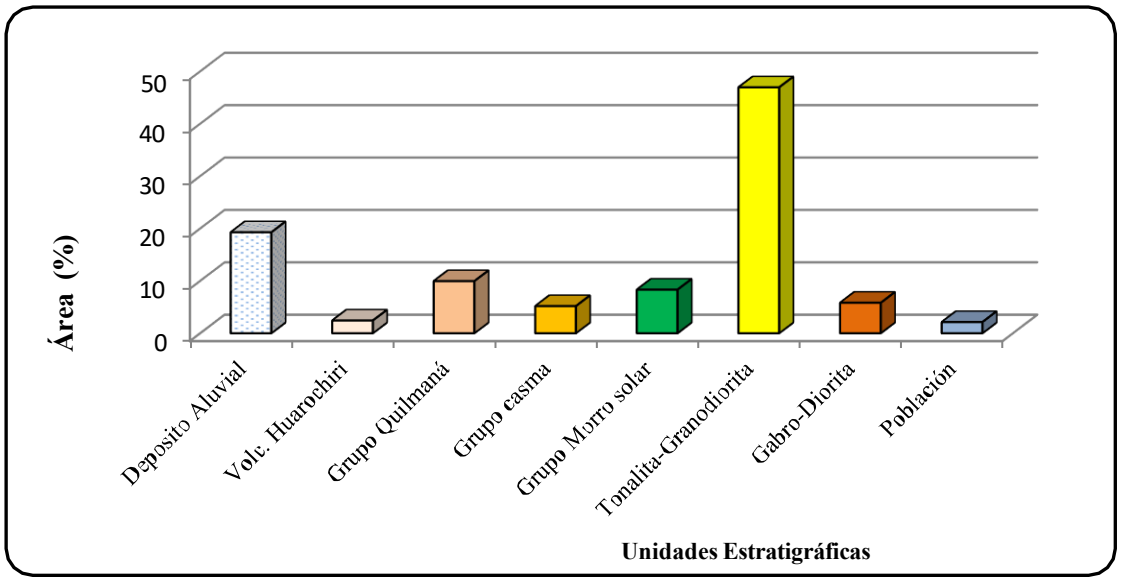
En la parte baja de la cuenca del Rímac, se observan rocas plutónicas que mantienen una alta competencia en condiciones frescas, formando laderas empinadas con escarpas verticales. El Índice Climático de Meteorización (ICM) en esta zona es de 38.7, indicando un grado moderado de intemperismo físico que lleva a la formación de bloques, gravas y arenas. Sin embargo, en la sección media de la cuenca, el ICM disminuye a 8.8, reflejando una predominancia de desintegración y el posible inicio de alteración química, evidenciado por el porcentaje de minerales secundarios. Estas condiciones resultan en un grado de estabilidad moderado en la región.

g. Gabro-Diorita (Ks-gb)

En la parte baja de la cuenca del Rímac, predominan formaciones geológicas que presentan laderas cortas con inclinaciones pronunciadas y cimas de cerros subredondeados. Estas formaciones se caracterizan por un alto contenido de minerales ferro-magnesianos, que son propensos a alteraciones. Esta litología, al ser fácilmente desintegrable, facilita la transformación de la roca en gravas y arenas. Como resultado, la estabilidad de estas formaciones es moderada a baja, contribuyendo a un entorno geológico susceptible a cambios.

Figura 22

Superficies de Unidades Geológicas en %



Nota: Elaboración Propia.

4.1.6. Pendiente:

La topografía de la subcuenca a estudiar se analizó utilizando el método gráfico de la guitarra, que muestra la elevación del área cada 100 metros. La pendiente del terreno es un factor crítico que contribuye a la remoción de masas y a la incidencia de inundaciones en la subcuenca.

Las inclinaciones pronunciadas son especialmente significativas; una mayor pendiente incrementa la frecuencia y velocidad de la remoción de masas. El análisis de la pendiente se basa en tres aspectos clave:

Inclinación: Se clasifica según el porcentaje de pendiente para las áreas baja, media y alta de la subcuenca, lo que permite generar un Mapa de pendientes (Mapa 06).

Forma: Se determina mediante un análisis gráfico de las secciones transversales, el perfil longitudinal de la subcuenca y las curvas de nivel.

Longitud: Este aspecto influye en el comportamiento hidrodinámico de la subcuenca.

Tabla 33

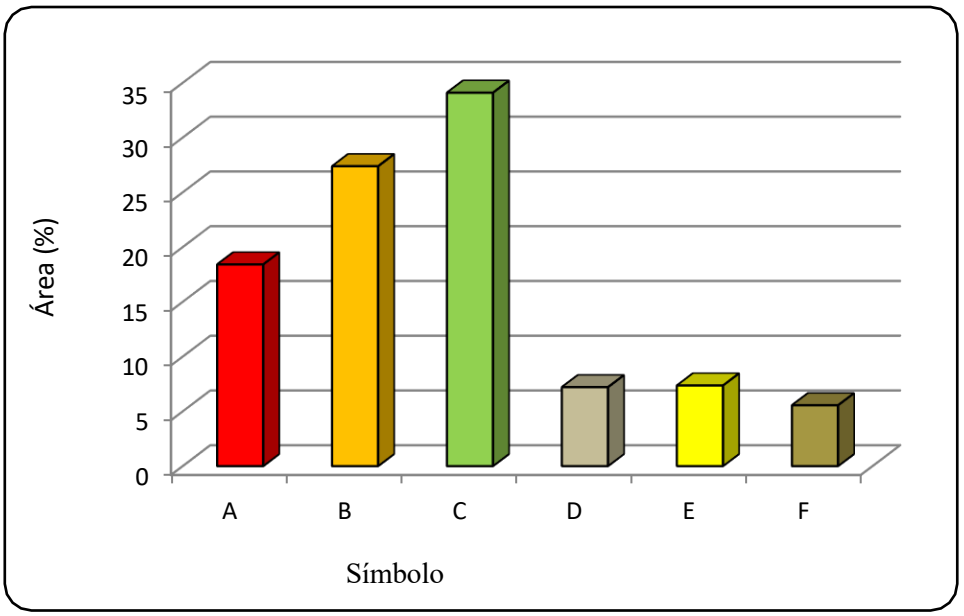
Descripción de Pendiente

Símbolo	Descripción	Rango	Pendiente	Perímetro	Área km2	Área (%)
A	Terreno Extremadamente Empinado	75 - 100%	87.5	389.9	90.7	18.4
B	Terreno Empinado	50 - 75%	62.5	621.3	134.9	27.4
C	Terreno de Escarpado a Empinado	25 - 50%	37.5	705.0	168.1	34.1
D	Terreno Poco Escarpado	10 - 25%	17.5	158.2	35.5	7.2
E	Terreno Ondulado	5 - 10%	7.5	108.9	36.3	7.4
F	Terreno plano	0 - 5%	2.5	41.1	27.4	5.5
	TOTAL				492.9	100.0

Nota: Elaboración Propia.

Figura 23

Superficies de Pendiente en %



Nota: Elaboración Propia.

4.1.7. Climatología

El SENAMHI proporciona datos climáticos y meteorológicos esenciales de las estaciones situadas en la cuenca del río Rímac. Estos datos son influenciados principalmente por la latitud, longitud y el grado de continentalidad del área analizada. (Mapa 07).

Tabla 34

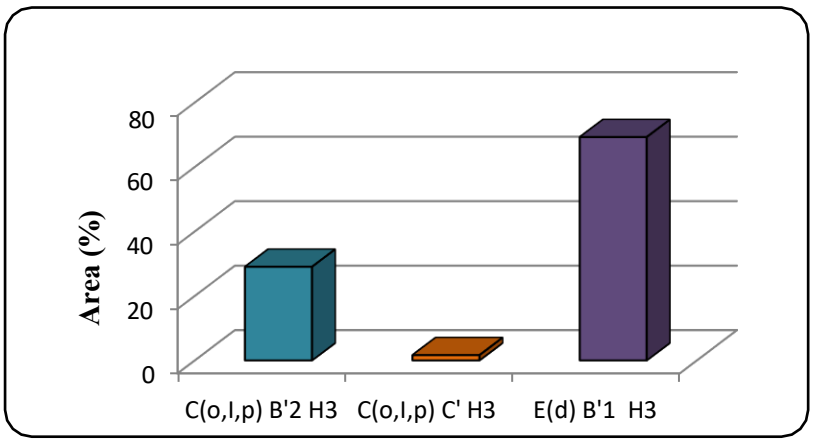
Descripción climática.

Símbolo	Descripción	Área km2	% Área
C(o,I,p) B'2 H3	Semi seco; otoño seco; primavera seca; invierno seco; templado y húmedo.	143.22	29.06
C(o,I,p) C' H3	Semi seco; otoño seco; primavera seca; invierno seco; templado; frío y húmedo.	8.14	1.65
E(d) B'1 H3	Árido, deficiencia de lluvias en todas las estaciones; semicálido, húmedo.	341.49	69.29
	TOTAL	492.85	100.00

Nota: Elaboración Propia.

Figura 24

Superficies climáticas en %



Nota: Elaboración Propia.

4.1.8. Zonas De Vida

Desierto Desecado Subtropical (dd-S): Este ecosistema se encuentra en las planicies y áreas bajas de los valles costeros, desde el nivel del mar hasta los 1,800 msnm. Su relieve es predominantemente plano con ligeras ondulaciones, y presenta variaciones abruptas en los cerros aislados. La vegetación es prácticamente inexistente o extremadamente escasa.

Desierto Perárido Montano Bajo Tropical (dp-MBT): Presenta usualmente una precipitación total anual promedio de 110 mm y una biotemperatura media anual de 16.8ºC.

Desierto Perárido Premontano Tropical (dp-PT): Se extiende entre los 1,200 y 1,300

msnm, donde predomina una vegetación xerófila con cactáceas y vegetación herbácea reducida. La precipitación anual varía entre 65 y 90 mm, y la biotemperatura oscila entre 21ºC y 22ºC.

Desierto Súper Árido Subtropical (ds-S): Este desierto se encuentra entre el nivel del mar y los 1,000 msnm. La precipitación anual varía entre 18 y 49 mm, con 19ºC a 22.2ºC de temperatura promedio anual. Aunque la vegetación es relativamente abundante en comparación con otras áreas desérticas, se limita a arbustos xerófilos y gramíneos en las lomas costeras.

Estepa Montano Tropical (e-MT): Situada a altitudes de entre 3,000 y 4,000 msnm, esta zona está dominada por matorrales arbustivos semiperennifolios. La precipitación en la región varía de 330 a 500 mm, mientras que la biotemperatura fluctúa entre 6ºC y 12ºC.

Estepa Espinosa Montano Bajo Tropical (ee-MBT): Se localiza entre los 2,000 y 3,050 msnm, donde se encuentran matorrales arbustivos semiperennifolios. La precipitación fluctúa entre 250 y 480 mm, y la biotemperatura varía entre 12ºC y 17ºC.

Matorral Desértico Montano Bajo Tropical (md-MBT): Situada a altitudes de entre 2,000 y 3,000 msnm, se caracteriza por precipitaciones que oscilan entre 180 y 250 mm. La vegetación incluye matorrales arbustivos semicaducifolios, con la presencia de estrato arbóreo y cactáceas. La biotemperatura en esta área varía entre 12ºC y 17ºC

Matorral Desértico Montano Tropical (md-MT): Se encuentra a altitudes de 3,000 a 3,600 msnm, con precipitaciones de entre 125 y 250 mm y biotemperatura de entre 9ºC y 12ºC. La vegetación incluye matorrales arbustivos semiperennifolios.

Páramo Húmedo Subalpino Tropical (ph-SaT): Situado a altitudes que van desde 3,350 hasta 4,600 msnm, esta área se distingue por la presencia de gramíneas forrajeras. La precipitación en la región varía entre 450 y 500 mm, mientras que la biotemperatura fluctúa entre 3ºC y 6ºC. (Mapa 08).

Tabla 35

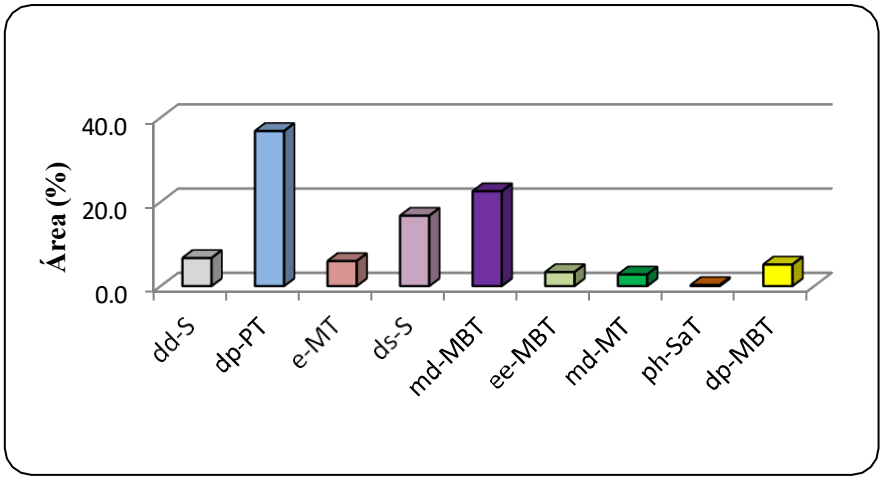
Descripción de Zonas de vida

Descripción	Símbolo	Área (km2)	Área %
Desierto desecado Subtropical	dd-S	32.8	6.6
Desierto perarido Premontano Tropical	dp-PT	181.4	36.8
Estepa montano Tropical	e-MT	29.2	5.9
Desierto superárido Subtropical	ds-S	82.3	16.7
Matorral desértico Montano Bajo Tropical	md-MBT	110.9	22.5
Estepa espinosa Montano Bajo Tropical	ee-MBT	16.4	3.3
Matorral desértico Montano Tropical	md-MT	13.5	2.7
Paramo húmedo Subalpino Tropical	ph-SaT	1.2	0.2
Desierto perarido Montano Bajo Tropical	dp-MBT	25.2	5.1
TOTAL		492.85	100.0

Nota: Elaboración Propia.

Figura 25

Superficies de Zonas de vida en %



Nota: Elaboración Propia.

4.1.9. Cobertura Vegetal

En la subcuenca Huaycoloro predomina la ausencia de cobertura vegetal propia en zonas áridas y Semi áridas lo constituyen como factor principal para la remoción de masas principalmente inundaciones y huaycos (corrientes de barros). Asimismo, la ocurrencia de lluvias en enero a marzo sobre el suelo desprotegido da lugar a dicho fenómeno causando así daños a la población. (MINAM).

La cubierta vegetal en esta región está formada predominantemente por vegetación

xerófila, incluyendo bromelias (Tillandsias). En el intervalo altitudinal de 0 a 1,000 msnm, la zona se caracteriza por su aridez extrema o desierto, dependiendo principalmente de la humedad atmosférica para sustento. Entre 1,000 y 2,000 msnm, se encuentra una región semiárida donde predominan especies de diversos cactus. En altitudes de 2,000 a 4,000 msnm, la vegetación está compuesta por arbustos y pastos naturales, que muestran una estacionalidad en su crecimiento. (Mapa 09).

Tabla 36

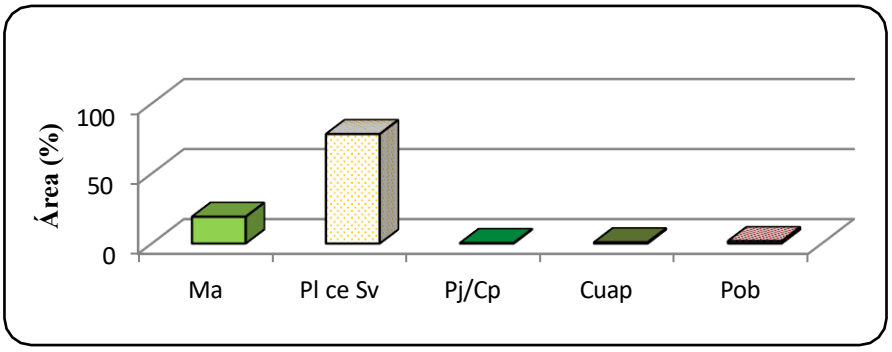
Descripción de Cobertura vegetal

Símbolo	Descripción	Características	Área km2	% Área
Ma	Matorrales	Comunidades arbustivas de ambientes	94.0	19.1
Pl ce Sv	Planicies costeras y estribaciones andinas	Desierto costero sin vegetación	385.1	78.1
Pj/Cp	Pajonal / Césped de puna	Agrupa los tipos de asociaciones Pajonal de puna y Césped de puna	1.5	0.3
Cuap	Cultivos agropecuarios	Áreas con cultivos agrícolas y Áreas con pastizales cultivados	3.9	0.8
Pob	Poblados		8.4	1.7
	TOTAL		492.8	100.0

Nota: Elaboración Propia.

Figura 26

Superficies de Cobertura vegetal en %



Nota: Elaboración Propia.

4.1.10. Suelos

Por el inventario de suelos de la cuenca del Rímac (ONERN) y el estudio de suelos por

la minera Votorantim Metáis en mayo del 2012, los suelos se encuentran definidas como terrazas bajas, medias y altas. El material de estos suelos pertenecientes a la subcuenca Huaycoloro está representado por sedimentos aluviales y rocas ígneas. Estos son:

Misceláneo Roca

Contiene los suelos de la unidad no edáfica Misceláneo Roca y la unidad Auquis; Fisiográficamente, se ubican en laderas de colinas altas y bajas. Está representado por los afloramientos líticos que se ubican sobre las cimas y flancos de las colinas.

Se encuentra en el cauce de la quebrada La Parra y en algunos conos aluviales. Comprenden materiales muy pedregosos tanto sobre la superficie (50 a 70%) como dentro del perfil (70 a 80%), mostrando pendientes menores de 15% y relieves planos a ligeramente inclinados, moderadamente inclinados a fuertemente inclinados.

Misceláneo Roca Paye

Constituida por la unidad no edáfica Misceláneo Roca y la unidad edáfica Cajamarquilla en una proporción de 70 y 30%, respectivamente. Se localiza sobre las colinas que circunda la quebrada La Parca y con pendientes mayores de 25% y relieves empinados, exhibiendo la fase de pendiente E.

Rio seco

El suelo Río Seco, clasificado como Typic Torrifluvents, se distingue por su epipedón órfico como único horizonte de diagnóstico y una variabilidad en el contenido de material gravo-cascajoso redondeado. Este suelo se encuentra en terrazas aluviales de la quebrada Huaycoloro, con un relieve que varía de plano a ligeramente inclinado (0-4%).

Se trata de un suelo aluvial estratificado, muy superficial, con un color que oscila entre pardo y pardo oscuro (10 YR 4/3) cuando está húmedo. Su textura va de media a gruesa, desde franco arenoso hasta arena gravosa, y descansa sobre un horizonte C esquelético compuesto de arena con grava. Presenta una ligera alcalinidad (pH 7.9) y contiene un 2.4% de materia

orgánica. Los carbonatos libres en la masa tienen una reacción leve al ácido clorhídrico (HCl) diluido. Este suelo exhibe un drenaje deficiente y una salinidad variable, especialmente cuando la napa freática desciende, lo que facilita la ascensión de sales por capilaridad.

Cárcavas

La cárcava es una formación de suelo en forma de zanja que resulta de la erosión y generalmente sigue la pendiente más pronunciada del terreno, actuando como un cauce natural para la acumulación y flujo del agua de lluvia. El agua que circula por una cárcava arrastra una cantidad significativa de partículas del suelo.

Las cárcavas comienzan a formarse cuando el suelo es removido por el flujo superficial, generando pequeños surcos que se consideran como zanjeados incipientes. A medida que el escurrimiento aumenta, estos surcos se transforman en pequeños canalillos que crecen en ancho y profundidad, desarrollando secciones transversales de diversas formas. Este proceso de ampliación se intensifica con la presencia de avenidas máximas. (Mapa 10).

Tabla 37

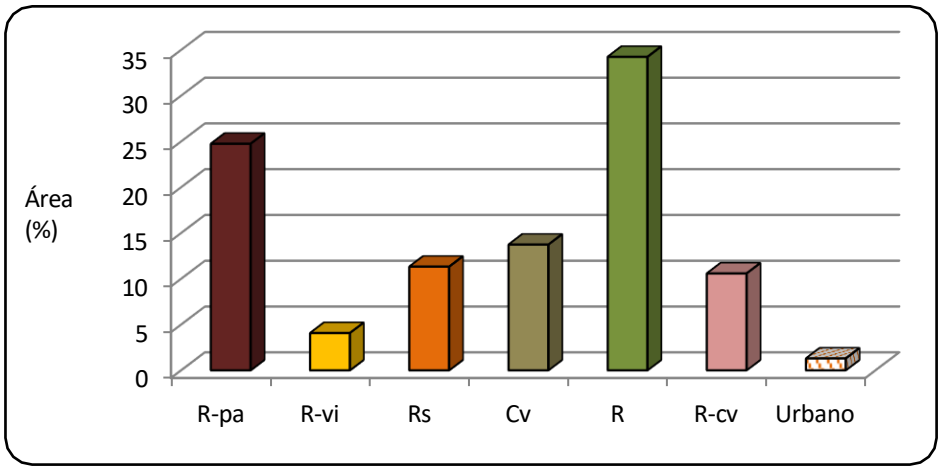
Descripción de Suelos

Símbolo	Descripción	Área (Km2)	% Área	Perímetro (Km)
R-pa	Misceláneo Roca - Paye	121.99	24.8	176.7
R-vi	Misceláneo Roca - Viso	20.07	4.1	39.9
Rs	Rio Seco	55.80	11.3	124.7
Cv	Cárcavas	67.68	13.7	139.6
R	Misceláneo Roca	168.77	34.2	255.1
R-cv	Misceláneo Roca - Cárcavas	52.16	10.6	64.4
Urbano	Casco Urbano	6.38	1.3	16.1
	TOTAL	492.9	100.0	816.4

Nota: Elaboración Propia.

Figura 27

Superficies de Suelos en %



Nota: Elaboración Propia

4.1.11. Capacidad De Uso Mayor De Tierras

La capacidad de uso principal de los suelos se determinó siguiendo las directrices del Reglamento de Clasificación de Tierras del Ministerio de Agricultura (D. S. No. 062-75-AG) y las actualizaciones realizadas por la ONERN. Este reglamento define tres categorías principales: grupos de capacidad de uso, clases de capacidad (calidad agrológica) y subclases de capacidad (factores limitantes).

En el estudio, se ha elaborado un mapa de Capacidad de Uso Principal de las Tierras, en el cual se categorizan las tierras en cuatro grupos de capacidad de uso principal, de acuerdo con el reglamento citado. En la tabla Nº 38 resume las unidades clasificadas y el porcentaje que representan dentro de la franja evaluada en el estudio.

Subclase A2s

Esta categoría abarca suelos profundos con textura intermedia y un sistema de drenaje eficiente. La reacción del suelo varía de neutra a ligeramente alcalina, con un pH de 8.0, y la fertilidad de la capa arable es moderada. En esta subclase se incluyen las unidades edáficas de Cañete y Montalván, las cuales se caracterizan por sus pendientes que oscilan entre planas y

ligeramente inclinadas, de 0% a 4%.

Las principales restricciones para el uso de estos suelos se deben a la alta proporción de fragmentos rocosos en la superficie, que varía entre el 5% y el 20% con cantos rodados, y a la textura arenosa de las capas inferiores. Para manejar adecuadamente estas tierras, es crucial realizar trabajos de limpieza para remover los fragmentos rocosos, especialmente cuando están presentes en grandes cantidades, ya que su acumulación puede dificultar las labores agrícolas.

Subclase C2se (r)

Esta área presenta suelos con profundidad moderada y una textura que varía de media a gruesa, con un drenaje que oscila entre algo excesivo y excesivo. La reacción del suelo es moderadamente alcalina, con un pH de 6.9, y la fertilidad de la capa arable es baja. En esta subclase se incluyen las unidades edáficas de Piedras y Arenal, situadas en una fase de pendiente moderadamente empinada, que varía entre el 15% y el 25%.

Las principales limitaciones de uso están asociadas al drenaje excesivo, la alta capacidad de filtración y la alta demanda de agua de estos suelos. Su requerimiento hídrico es considerablemente elevado.

Subclase P3se (t)

Esta zona presenta suelos superficiales con un estrato rocoso subyacente, textura áspera y un drenaje excesivo. El pH del suelo varía de neutro a ligeramente alcalino (6.9 a 7.6), y la fertilidad de la capa cultivable es baja. En esta subclase se incluye la unidad edáfica Auquis, específicamente en su fase de pendiente moderadamente inclinada (15-25%).

Las restricciones para el uso de estos terrenos se deben a varios factores: la presencia de un estrato rocoso, la falta de humedad por las condiciones áridas que impide un adecuado desarrollo de vegetación, la inclinación pronunciada y la ausencia de nutrientes esenciales. También se observan riesgos moderados de erosión. Por tanto, el uso de estos suelos debe limitarse a prácticas extensivas y temporales para facilitar la regeneración de la vegetación.

Unidad Xse

Estas tierras no cuentan con una calidad agrológica adecuada, pero se han identificado las limitaciones que restringen su uso. En la zona de estudio se detectaron las siguientes unidades edáficas:

- Unidades Auquis y Bolívar: asociadas a afloramientos líticos, con pendientes que varían de empinadas a muy empinadas (25-75%).
- Unidad Arenal: en su fase de pendiente empinada (25-50%).
- Unidad Miscelánea Playa: en su fase de pendiente plana a ligeramente inclinada (0-4%).

Estas unidades presentan limitaciones debido a la profundidad efectiva del suelo y a la erosión asociada con las fuertes pendientes. Incluye a la unidad no edáfica Misceláneo Roca en pendiente E. (Mapa 11).

Tabla 38

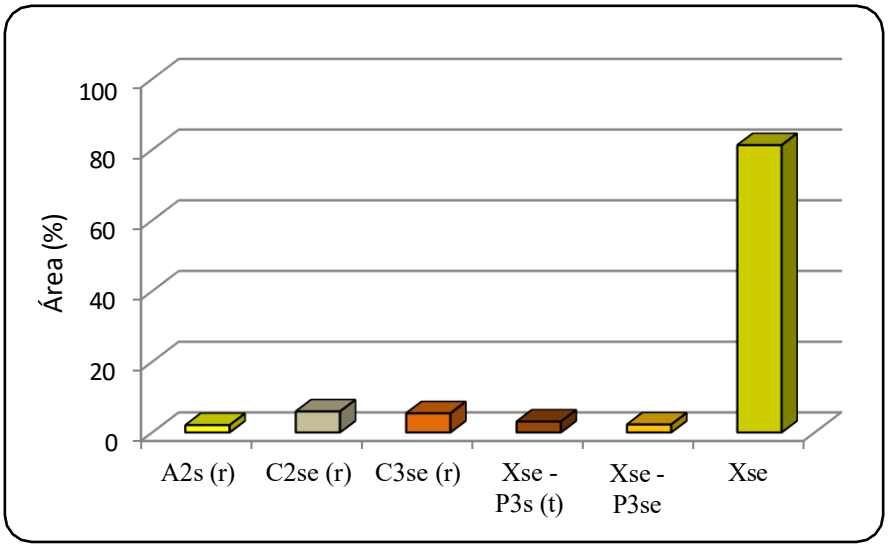
Descripción de Capacidad de uso mayor de tierras

Símbolo	Descripción	Área Km2	% Área
A2s (r)	Tierras aptas para cultivos en limpio, de calidad agrológica media, con limitación de suelo, l (r)	10.2	2.1
C2se (r)	Tierras aptas para cultivos perennes, de calidad agrológica media, con limitaciones de suelo y topografía (r)	29.3	5.9
C3se (r)	Tierras aptas para cultivos perennes, de calidad agrológica baja, con limitaciones de suelo y topografía (r)	26.6	5.4
Xse - P3s (t)	Tierras de protección, con limitaciones de suelo y topografía; asociado a tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja, con limitación de suelos (t)	15.2	3.1
Xse - P3se	Tierras de protección, con limitaciones de suelos y topografía; asociado a tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja, con limitaciones de suelo y topografía	11.1	2.2
Xse	Tierras de protección, con limitaciones de suelo y topografía	400.6	81.3
	TOTAL	492.9	100.0

Nota: Elaboración Propia.

Figura 28

Superficies Capacidad de uso mayor de tierras. En %



Nota: Elaboración Propia.

4.1.12. Diagnostico socioeconómico

La presente investigación abarca tres centros poblados: Jicamarca, Cajamarquilla y Nievería-Santa María de Huachipa, situados en la parte noreste del distrito de Lurigancho-Chosica y en San Antonio de Chaclla, que pertenecen a las provincias de Lima Metropolitana y Huarochirí respectivamente. Estos distritos se localizan al este de Lima Metropolitana, a lo largo de la margen izquierda de la autopista Ramiro Prialé, aproximadamente en el kilómetro 9.5.

El distrito de Lurigancho-Chosica en el año 2017, Lurigancho tenía 3.22 km² y una proyección de 229,307 habitantes. Según EL INEI (2017), la densidad poblacional en ese año era de 970 habitantes por km².

Tabla 39

Indicadores de ocupación del estudio social, 1993 – 2017

Área Geográfica	Densidad y Crecimiento Poblacional			
	Superficie km²	Población		
		1993	2007	2017
Provincia Lima	2 672,30	5 706 127	7 605 742	8 574974
Distrito Lurigancho - Chosica	236,47	100 240	169 359	240 814

Nota: Censo 2017, Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI.
Elaboración: adaptada.

De acuerdo al "Sistema de información estadístico de apoyo a la prevención a los efectos del fenómeno El Niño y otros Fenómenos Naturales" del INEI (2015), señala lo siguiente:

Cajamarquilla

Este es de aproximadamente 5.8 km², tenía una densidad poblacional de 37 habitantes por km² según los datos de 2007. Según el Instituto Metropolitano de Planificación (2007) predomina el uso de suelo industrial y residencial. Sin embargo, también se lleva a cabo una actividad agropecuaria local, aunque de menor escala, que ha ido disminuyendo debido a la expansión urbana.

En Cajamarquilla se ubican las empresas más grandes del ámbito de estudio, como también se encuentra una de las dos áreas arqueológicas de la zona, quizás la más importante.

Presenta una composición urbanística, semiuniforme, ya que no todos los núcleos urbanos guardan igual proporción de orden. Presenta además una vía asfaltada en precarias condiciones, debido principalmente al paso de vehículos pesados.

Cajamarquilla presenta 3 941 hogares distribuidas en 493 manzanas. Los 38 núcleos urbanos y sus características son presentados a continuación:

Tabla 40

Composición por Núcleos Urbanos - Cajamarquilla

N°	Zona	Núcleo Urbano	N° mz	Población	Densidad (pob/mz)	N° hog	Vivienda propia
1	Cajamarquilla	13 de diciembre	11	111	10	30	100%
2	Cajamarquilla	Alto paraíso	6	95	16	25	96%
3	Cajamarquilla	Casa huerta la campiña	109	4654	43	982	94%
4	Cajamarquilla	El sol de Cajamarquilla	4	196	49	43	88%
5	Cajamarquilla	Flor de las magnolias	14	479	34	102	81%
6	Cajamarquilla	Huerta granja de ayllu	5	107	21	26	81%
7	Cajamarquilla	Huertas de cajamarquilla	1	126	126	29	48%
8	Cajamarquilla	Julio c. tello	11	257	23	67	100%
9	Cajamarquilla	La encantada	3	49	16	15	87%
10	Cajamarquilla	La flor de cajamarquilla	20	941	47	200	74%
11	Cajamarquilla	La victoria	6	233	39	50	76%
12	Cajamarquilla	Las flores de ayllu	4	23	6	8	100%
13	Cajamarquilla	Las hojas de ayllu	1	40	40	7	100%
14	Cajamarquilla	Las magnolias 1 era etapa	8	498	62	101	83%
15	Cajamarquilla	Las magnolias 3 era etapa	9	135	15	28	89%
16	Cajamarquilla	Los aviadores	11	346	31	74	91%
17	Cajamarquilla	Los cedros de villa	10	214	21	51	96%
18	Cajamarquilla	Los claveles	2	97	49	25	84%
19	Cajamarquilla	Los jardines de la florida	3	26	9	7	100%
20	Cajamarquilla	Los jasmines de la florida	5	120	24	29	97%
21	Cajamarquilla	Los sauces de cajamarquilla	1	86	86	22	100%
22	Cajamarquilla	Nueva aurora	2	14	7	4	75%
23	Cajamarquilla	Nueva cajamarquilla	2	11	6	2	50%
24	Cajamarquilla	Nueva vida	2	92	46	18	72%
25	Cajamarquilla	Paraíso de cajamarquilla	90	3345	37	716	93%
26	Cajamarquilla	Primavera	1	64	64	15	53%
27	Cajamarquilla	Residencial cajamarquilla	4	160	40	35	91%
28	Cajamarquilla	Riveras de cajamarquilla	4	152	38	44	86%
29	Cajamarquilla	Santa cruz de cajamarquilla	17	1241	73	258	92%
30	Cajamarquilla	Saracoto alto	22	118	5	29	69%
31	Cajamarquilla	Saracoto chico	18	758	42	165	77%
32	Cajamarquilla	Señor de huanca	20	550	28	121	83%
33	Cajamarquilla	Señor de muruhuay	6	76	13	18	44%
34	Cajamarquilla	Sta. rosa	2	63	32	15	40%
35	Cajamarquilla	Unión progreso	12	161	13	43	98%
36	Cajamarquilla	Villa leticia	29	2070	71	415	85%
37	Cajamarquilla	Violeta correa de belaunde	12	304	25	74	97%
38	Cajamarquilla	Virgen del buen paso	6	205	34	48	79%
TOTAL			**493**	**18217**	**37**	**3941**	**88%**

Nota: OSEL LIMA NORTE. DIPRE 2007. CESAL - CM Elaboración: OSEL LIMA NORTE

Jicamarca

El Centro Poblado de Jicamarca presenta 6,3 km^2, de suelo árido y rocoso, inclinado mayormente pero llano en la parte baja, lo que ha permitido desarrollar una extensión urbana ordenada. Comprende una composición urbanística uniforme siendo utilizada principalmente para vivienda.

Tabla 41

Composición por Núcleos Urbanos - Jicamarca

N°	Zona	Núcleo Urbano	N° mz	Población	Densidad (pob/mz)	N° hog	Vivienda propia
1	Jicamarca	Casa huerta 15 de mayo	1	23	23	7	57%
2	Jicamarca	Casa huerta primero de mayo	6	288	48	67	8%
3	Jicamarca	Casuarinas	8	193	24	42	90%
4	Jicamarca	El bosque	2	4	2	1	0%
5	Jicamarca	Julio c. tello	9	222	25	47	91%
6	Jicamarca	Las lomas	41	121	3	33	97%
7	Jicamarca	Las praderas	28	57	2	15	80%
8	Jicamarca	Los eucaliptos de basilio auqui	1	29	29	7	100%
9	Jicamarca	Los olivos	33	431	13	106	96%
10	Jicamarca	Los olivos 3 era etapa	9	92	10	22	91%
11	Jicamarca	Los portales de basilio auqui	72	811	11	184	95%
12	Jicamarca	Los rosales de basilio auqui	21	129	6	33	85%
13	Jicamarca	Proyecto 2000	20	1195	60	254	90%
14	Jicamarca	San pedro y san pablo	34	720	21	162	90%
15	Jicamarca	Sector bellavista	1	25	25	7	100%
16	Jicamarca	Sector este	16	1797	112	383	75%
17	Jicamarca	Sector norte	28	1951	70	419	74%
18	Jicamarca	Sector oeste	21	1455	69	320	84%
19	Jicamarca	Sector sur	29	89	15	21	90%
20	Jicamarca	Sr. de los milagros	6	89	15	21	90%
21	Jicamarca	Valle el triunfo	28	1197	43	267	84%
22	Jicamarca	Valle los angeles	4	97	24	25	84%
23	Jicamarca	Villa el sol	12	130	11	34	94%
24	Jicamarca	Villa esperanza	41	954	23	220	86%
25	Jicamarca	Villa unión	35	1146	33	247	89%
26	Jicamarca	Zona industrial	9	28	3	8	100%
		TOTAL	515	15468	30	3417	84%

Nota: OSEL LIMA NORTE DIPRE 2007 CESAL - CM Elaboración: OSEL LIMA NORTE

Nievería - Huachipa

El Centro Poblado Nievería está compuesto por 22 asentamientos humanos con una población total de 5,744 habitantes. Entre los asentamientos más densamente poblados se encuentran la Comunidad Campesina Las Viñas de Media Luna y Nievería, con 755 y 900 residentes respectivamente.

Por otro lado, el Centro Poblado de Huachipa, que incluye 15 asentamientos humanos, alberga a 5,861 personas. El asentamiento más poblado es Haras del Huayco, con 925 habitantes, situado en el margen izquierdo del río Huaycoloro, una zona con alta vulnerabilidad

a grandes avenidas, similar a las que ocurrieron en 2008.

En esta región, se observan asentamientos con alta densidad poblacional como la Asociación Santa Rosa de Huaycoloro y 14 de febrero. Estos asentamientos han surgido en áreas originalmente destinadas a la explotación de canteras, lo que ha reducido las zonas disponibles para desarrollo habitacional.

Tabla 42

Composición de Núcleos Urbano - Nievería

N°	Zona	Núcleo Urbano	Área (Ha)	Población 2013	Densidad (pob/Ha)
1	Urbana	Buena Vista	0.32	68	211
2	Urbana	Cerro Esmeralda	2.55	654	256
3	Urbana	Com. Camp. Las Viñas de media Luna	94.95	755	8
4	Urbana	El Remanso	0.61	16	27
5	Urbana	La Huerta	1.61	426	265
6	Urbana	Las Casuarinas	2.91	144	49
7	Urbana	Las Flores	2.81	396	141
8	Urbana	Los Cedros	0.71	63	88
9	Urbana	Los Jardines	0.67	116	175
10	Urbana	Los Topacios	2.13	275	130
11	Urbana	Nievería	11.58	900	78
12	Urbana	Nuevo Paraíso	7.35	419	57
13	Urbana	Pampa Mendoza	1.24	167	134
14	Urbana	Rinconcito San Antonio	0.93	128	138
15	Urbana	San Francisco	4.37	504	116
16	Urbana	Santa Ana	0.12	36	295
17	Urbana	Tambo Barranco	0.50	53	104
18	Urbana	Valle Sagrado de Huachipa	1.41	58	41
19	Urbana	Las Palmeras	1.06	1.04	98
20	Urbana	Huerto Nievería	2.49	94	38
21	Urbana	Señor de la Exaltación	1.57	177	112
22	Urbana	Riveras de Cajamarquilla	2.13	190	90
TOTAL			144.02	5.744	-

Nota: Estudio "Escenarios de riesgos de desastres – sector Huachipa" INDECI – PNUD- CESAL – 2013.

Tabla 43

Composición de núcleos urbano - Huachipa

N°	Zona	Núcleo Urbano	Área (Ha)	Población 2013	Densidad (pob/Ha)
1	Urbana	14 de febrero.	1.19	323	297
2	Urbana	Corazón de Jesús	3.95	113	29
3	Urbana	El Paraíso de Huachipa	11.31	331	29

4	Urbana	Harás el Huayco	11.90	925	77
5	Urbana	Huachipa	15.33	21	1
6	Urbana	La encalada de Huachipa	47.44	454	10
7	Urbana	Las Brisas de Paraíso	8.52	778	91
8	Urbana	Las Moras de Huachipa	5.68	318	56
9	Urbana	Los Ángeles de Huachipa	4.27	105	25
10	Urbana	Los Geranios de Huachipa	7.62	687	90
11	Urbana	Media Luna	14.06	125	9
12	Urbana	Santa Rosa de Huaycoloro	4.95	424	86
13	Urbana	Santa Cruz de Huachipa	1.90	295	155
14	Urbana	Santa Isabel de Huachipa	5.14	545	106
15	Urbana	Unión Perú	4.70	416	88
TOTAL			147.94	5.861	-

Nota: Estudio "Escenarios de riesgos de desastres – sector Huachipa" INDECI – PNUD- CESAL – 2013.

El INEI (2015) en "Sistema de Información Estadística de apoyo a la Prevención a los efectos del Fenómenos de El Niño y otros fenómenos Naturales" señala lo siguiente:

Tabla 44

Población según sexo

Sexo	**Población Total**
Hombres	31271
Mujeres	31246
Total	**62517**

Nota: INEI 2015

Población: según grupo de edades

En la siguiente tabla se puede observar la distribución de la población por grupo etario de la quebrada Huaycoloro.

Tabla 45

Población según grupo de edades

Edades	Población
Menores de un año	1513
De 1 a 5 años	7546
De 6 a 29 años	31621
De 30 a 44 años	15981
De 45 a 64 años	9107
De 65 a más años	2401
Total	**68169**

Nota: INEI 2015

Vivienda:

El INEI (2015) en "Sistema de Información Estadística de apoyo a la Prevención a los efectos del Fenómenos de El Niño y otros fenómenos Naturales" menciona que existen 16990 residencias en el área estudiada.

Tabla 46

Material predominante de las paredes

Material predominante de paredes	Cantidad
Ladrillo o bloque de cemento	11255
Piedra o sillar con cal o cemento	94
Adobe o Tapia	2348
Quincha (caña con barro)	42
Piedra con barro	26
Madera	3025
Estera	151
Otro material	49
Total, de viviendas	**16990**

Nota: INEI 2015

Asimismo, El cuadro 27 muestra el material predominante de los techos de las viviendas de la quebrada Huaycoloro:

Tabla 47

Material predominante de los techos

Tipo de servicios de agua potable	Cantidad
Red pública de agua dentro de la vivienda	3223
Red pública de agua fuera de la vivienda	242
Pilón de uso publico	1556
Camión, cisterna u otro similar	9162
Pozo	2672
Río, acequia, manantial	12
Otro tipo	123
Total, de viviendas	**16990**

Nota: INEI 2015

Agua potable

Se entrega en mayor medida a través de cisternas o camiones, seguido de las residencias conectadas a una red pública y finalmente abastecimiento por pozos o ríos.

Tabla 48

Tipo de abastecimiento de agua

Tipo de servicios de agua potable	Cantidad
Red pública de agua dentro de la vivienda	3223
Red pública de agua fuera de la vivienda	242
Pilón de uso publico	1556
Camión, cisterna u otro similar	9162
Pozo	2672
Río, acequia, manantial	12
Otro tipo	123
Total, de viviendas	**16990**

Nota: INEI 2015

Servicios higiénicos

La zona de estudio presenta menos del 25% de las residencias están conectadas a una red de desagüe pública, siendo la forma más común un pozo séptico.

Tabla 49

Viviendas con servicios higiénicos

Tipo de servicios de agua potable	Cantidad
Red pública de agua dentro de la vivienda	2654
Red pública de agua fuera de la vivienda	184
Pozo séptico	5483
Pozo negro, letrina	7952
Río, acequia o canal	215
No tiene	502
Total, de viviendas	**16990**

Nota: INEI 2015

Educación

La zona de estudio tiene un nivel educativo variado. Donde, la mayor parte de los habitantes ha completado la educación secundaria, constituyendo casi el 50% del total. El segundo grupo más representativo está compuesto por personas con educación primaria.

Tabla 50

Población según educativo

Nivel educativo	Población
Ningún nivel	4554
Inicial	3085
Primaria	17149
Secundaria no universitaria	4480
Superior universitaria	3013
Posgrado u otro similar	38
Total, de viviendas	**63601**

Nota: INEI 2015

Salud

La zona de estudio dispone de infraestructura esencial para servicios de salud pública, por ello es complementada con servicios privados.

Tabla 51

Puestos de Salud

Nombre	DISA	Nivel	Dirección	MICRORED
Jicamarca	DISA IV	I-3	Av. 13 de junio Mz Lt 2 Oval. Centr. Jic.	Chosica II
Villa Leticia de Cajamarquilla	DISA IV	I-3	A.H.V.Leticia mz k lt 9-12 Olivares	Chosica II
Alto Perú	DISA IV	I-2	Aa. Hh. Humano Sta Cruz	Chosica II
Niveria del Paraíso	DISA IV	I-2	Exfundo Niveria lote 20	Chosica II
Virgen del Carmen – La Era	DISA IV	I-2	Mz D lt 2 1° Etapa C. Pob Virgen Del Carmen	Chosica II
Casa Huerta La Campiña.	DISA IV	I-2	Casa Huerta La Campiña Manzana A lt 13	Chosica II

Nota: INEI 2015

Además, la población de la zona, tiene los siguientes tipos de seguros:

Tabla 52

Población según tipo Asegurada

Tipo de seguro	**Población**
ESSALUD	14704
FFAA - PNP	332
Seguro Privado	1150
SIS	14468
Otro	180
No tiene	31783
Total	**62617**

Nota: INEI 2015

4.2. Análisis hidrológico

Para calcular los caudales máximos, se emplearon los datos de precipitaciones máximas de 24 horas provenientes de estaciones situadas cerca de la zona de estudio. Por ello, Se recurrió a la información ofrecida por el SENAMHI, se realizaron cálculos para varios períodos de retorno, utilizando diversos métodos de distribución de valores extremos. Posteriormente, se efectuó la conversión de las precipitaciones a escorrentía mediante el software HECHMS.

4.2.1. Precipitación Máxima Diaria

Se buscaron estaciones hidrometeorológicas operadas por el SENAMHI, ubicadas cerca de la cuenca de estudio. Se identificaron ocho estaciones próximas a la subcuenca Huaycoloro. Se solicitó al SENAMHI la información sobre las precipitaciones máximas de 24 horas con fines investigativos. El SENAMHI proporcionó los datos para estas ocho estaciones, con periodos de registro desde 1973 hasta 2022. Sin embargo, la estación Ñaña fue excluida debido a la insuficiencia de datos, ya que se requiere un mínimo de 25 años de registros. Por lo que, se presenta el resumen de las estaciones pluviométricas cercanas a la cuenca se presenta en la siguiente tabla, (Mapa 12):

Tabla 53

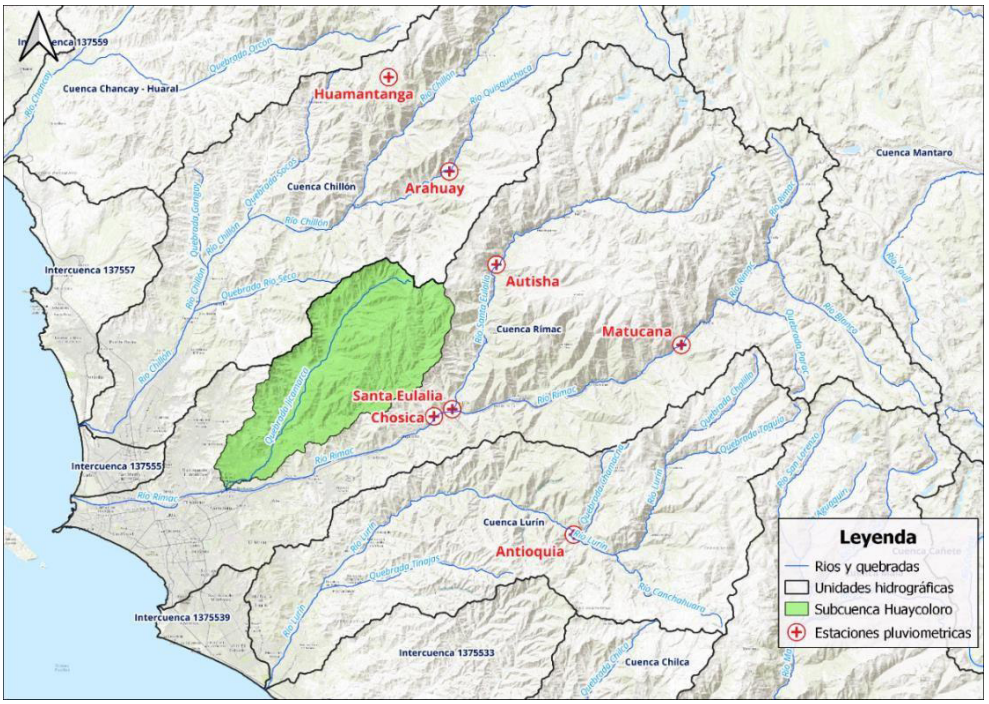
Estaciones pluviométricas dentro y próximas a la cuenca

Estación	Tipo*	¿Funciona?	Data Usada (Nota SENAMHI)	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Antioquia	PLU-C	SI	1973-2022	11°30′ "S"	76° 44′ "W"	3364
Arahuay	PLU-C	SI	1980-2022	11° 37′ "S"	76° 40′ "W"	2504
Autisha	PLU-C	SI	1980-2022	11° 44′ "S"	76° 36′ "W"	2220
Chosica	PLU-C	SI	1989-2022	11° 55′ "S"	76° 41′ "W"	867
Huamantanga	PLU-C	SI	1973-2022	11° 30′ "S"	76° 44′ "W"	3364
Matucana	PLU-C	SI	1973-2022	11° 50′ "S"	76° 22′ "W"	2417
Santa Eulalia	PLU-C	SI	1973-2022	11° 55′ "S"	76° 39′ "W"	970

**PLU-C: Estación pluviométrica convencional*

Figura 29

Estaciones pluviométricas cercanas a la cuenca de estudio



Nota: Elaboración propia

a) Análisis y verificación de consistencia de datos

La data de precipitación máxima de 24 horas brindadas por el SENAMHI cuenta con registros desde 1973 al 2022 los mismos que se usó para realizar el análisis correspondiente. El análisis de datos inciertos se realizó según las estaciones pluviométricas, empleando el método Water Resource Council señalado en el ítem 2.1.16, con la finalidad de identificar los datos atípicos que estadísticamente no son válidos, estos datos pueden ser errores propios en la digitación en la operación, así como fallas en el sensor. Con el método aplicado se determina los límites máximos y mínimos aceptables para cada estación. Es decir, las precipitaciones máximas registradas en la estación no deben superar el límite máximo aceptable y no debe ser menor que el límite mínimo aceptable. Donde la Tabla 54 enseña la precipitación máxima de 24 horas observada para cada estación empleada en el estudio.

Tabla 54

Precipitación máxima 24 horas observada en las estaciones del estudio

Año	Antioquia	Arahuay	Autisha	Chosica	Huamantanga	Matucana	Santa Eulalia
1973	37.00				11.40	25.20	19.20
1974	12.00					11.90	6.00
1975	18.30					10.80	14.50
1976	29.00					15.80	30.00
1977	21.00					35.20	8.00
1978	2.50					7.80	
1979	50.60					12.30	10.00
1980		46.50					10.00
1981	28.50	15.90	13.70			12.50	
1982	7.70	11.20	11.20			9.50	
1983	17.50	30.00				25.00	
1984	10.00	32.50	14.00		16.60	21.50	10.50
1985		14.00	6.40		9.70	19.80	0.40
1986	7.30	14.90			9.90	27.20	
1987	4.50	13.00	11.60		9.80	20.90	
1988	21.80	20.00				12.30	9.70
1989		17.70	20.30		9.30	10.70	27.60
1990	9.30		14.70	3.20	14.20	10.60	6.50
1991	8.30	21.40	29.70	3.70	18.40	17.60	3.00
1992	3.30			2.30	19.40	30.50	
1993		27.00	23.30	2.40	22.80	30.30	2.00
1994	21.80	16.50	11.20	16.00	22.00	15.50	13.50
1995	13.20	11.40	9.30	3.00	29.60	22.30	3.80
1996	7.90	18.50	18.40	5.80	19.50	13.60	4.50

1997	11.60	25.40			17.80	9.50	4.90
1998	9.80	30.20	22.20		33.60	21.90	6.00
1999	17.50	23.80	22.10		25.40	19.80	14.70
2000		31.70	9.50	6.00	27.50	14.30	6.40
2001	11.30	21.50	14.10	5.20	19.40	16.20	8.00
2002	16.00	27.20	16.40	30.70	47.50	15.70	25.90
2003	5.60	22.90	25.50	2.80	27.30	14.50	
2004	11.50	25.50	14.40	1.60	25.10	18.00	2.50
2005	1.20	12.10	11.70	1.20	23.00		1.50
2006	14.80	19.80	30.80		20.60		7.80
2007	7.20	15.70	27.80	7.70	19.50	16.60	4.10
2008	13.40	20.60	16.90		15.30	16.50	5.30
2009	16.50	40.50	19.30	6.60	30.90	23.10	11.20
2010	5.80		19.60	0.80	22.90	17.00	4.50
2011		13.90	14.40	5.70	13.10	14.50	5.50
2012		18.80	21.30		55.10	19.80	12.50
2013	17.50	13.30	18.00	2.30	18.90	21.30	8.50
2014	10.20	10.60		6.20	32.00	12.20	3.50
2015	9.20	15.60	9.00	18.30	23.10	21.30	17.20
2016	3.90		17.00	5.30	23.50	16.40	5.50
2017	9.60	21.20	17.40	19.50	45.10	22.80	21.60
2018	8.80	23.40	9.90	9.40	21.20	21.20	9.80
2019	9.60	36.90	8.50	2.00	25.90	21.50	5.80
2020			17.40	26.00			
2021		10.80		5.00			5.40
2022		9.00		3.20	13.70	14.70	
# Registros	**40**	**38**	**34**	**27**	**37**	**45**	**40**

Nota: Elaboración propia-Adaptada de SENAMHI.

Una vez seleccionadas las estaciones a utilizar en el modelamiento hidrológico, se procede a analizar y verificar que estos registros sean consistentes para poder trabajar estadísticamente con dichos datos. Por lo que se efectuó un análisis de datos inciertos para confirmar que los valores analizados están dentro del intervalo de confianza. A continuación, se muestra el de cada estación.

Estación Antioquia

Esta tiene 40 años de data de precipitación máxima de 24 horas (ver 54), de los cuales solo 39 registros tienen datos válidos según el análisis correspondiente realizado, los datos registrados en esta estación se encuentran entre el límite máximo y mínimo aceptable que es 65.63 y 1.98 respectivamente, cualquier otro dato fuera de este rango se considera atípico y no es válido estadísticamente. En la Tabla 55 se enseñan los resultados de la prueba estadística de

la estación Antioquia, esto fue realizado aplicando las ecuaciones mostradas en el ítem 2.1.16.

Tabla 55

Prueba de datos dudosos de la estación Antioquia

Parámetros estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (n)	39.00	39.00
Suma	370.90	32.42
Valor Máximo	28.50	1.45
Valor Mínimo	3.30	0.52
Media	11.59	1.06
Varianza	32.84	0.08
Desviación Estándar	5.73	0.28
Coeficiente Variación	0.49	0.26
Coeficiente de Sesgo	1.03	-0.25
Kn (n=39)	2.74	
Umbral máximo (Xh)	1.82	
Umbral mínimo (XL)	0.30	
Pmáx24h máximo aceptable	**65.63**	
Pmáx24h mínimo aceptable	**1.98**	
Evaluación datos dudosos altos	No existe datos dudosos	
Evaluación datos dudosos bajos	No existe datos dudosos	

Nota: Elaboración propia.

Estación Arahuay

Esta tiene 38 años de data de precipitación máxima de 24 horas (ver tabla 54), de los cuales solo 30 registros tienen datos válidos según el análisis correspondiente realizado, los datos registrados en esta estación se encuentran entre el límite máximo y mínimo aceptable que es 52.94 y 6.83 respectivamente, cualquier otro dato fuera de este rango se considera atípico y no es válido estadísticamente. Donde la Tabla 56 se enseñan los resultados de la prueba estadística de la estación Arahuay, esto fue realizado aplicando las ecuaciones mostradas en el ítem 2.1.16.

Tabla 56

Prueba de datos dudosos de la estación Arahuay

Arahuay		
Parámetros estadísticos	**P24hr**	**Log(P24hr)**
Número de datos (n)	30.00	37.00
Suma	622.90	47.33
Valor Máximo	40.50	1.61
Valor Mínimo	9.00	0.95
Media	20.76	1.28
Varianza	58.67	0.03
Desviación Estándar	7.66	0.17
Coeficiente Variación	0.37	0.13
Coeficiente de Sesgo	0.70	0.00
Kn (n=30)	2.69	
Umbral máximo (Xh)	1.72	
Umbral mínimo (XL)	0.83	
Pmáx24h máximo aceptable	**52.94**	
Pmáx24h mínimo aceptable	**6.83**	
Evaluación datos dudosos altos	No existe datos dudosos	
Evaluación datos dudosos bajos	No existe datos dudosos	

Nota: Elaboración propia.

Estación Huamantanga

Esta tiene 37 años de data de precipitación máxima de 24 horas (ver 54), de los cuales solo 36 registros tienen datos válidos según el análisis correspondiente realizado, los datos registrados sin datos dudosos en esta estación se encuentran entre el límite máximo y mínimo aceptable que es 64.78 y 6.63 respectivamente, cualquier otro dato fuera de este rango se considera atípico y no es válido estadísticamente. Donde la Tabla 57 enseña los resultados de la prueba estadística de la estación Huamantanga, esto fue realizado aplicando las ecuaciones mostradas en el ítem 2.1.16.

Tabla 57

Prueba de datos dudosos de la estación Huamantanga

Huamantanga		
Parámetros estadísticos	**P24hr**	**Log(P24hr)**
Número de datos (n)	36.00	37.00
Suma	840.00	48.71
Valor Máximo	55.10	1.74
Valor Mínimo	9.30	0.97
Media	22.70	1.32
Varianza	105.70	0.04
Desviación Estándar	10.28	0.19
Coeficiente Variación	0.45	0.14
Coeficiente de Sesgo	1.36	0.04
Kn (n=36)	2.64	
Umbral máximo (Xh)	1.81	
Umbral mínimo (XL)	0.82	
Pmáx24h máximo aceptable	**64.78**	
Pmáx24h mínimo aceptable	**6.63**	
Evaluación datos dudosos altos	No existe datos dudosos	
Evaluación datos dudosos bajos	No existe datos dudosos	

Nota: Elaboración propia.

Estación Autisha

Esta tiene 34 años de data de precipitación máxima de 24 horas (ver Tabla 54), de los cuales los 34 registros tienen datos válidos según el análisis correspondiente realizado, los

registros sin datos dudosos en esta estación se encuentran entre el límite máximo y mínimo aceptable que es 42.41 y 5.72 respectivamente, cualquier otro dato fuera de este rango se considera atípico y no es válido estadísticamente. Done la Tabla 58 enseña los resultados de la prueba estadística de la estación Austisha, esto fue realizado aplicando las ecuaciones mostradas en el ítem 2.2.16.

Tabla 58

Prueba de datos dudosos de la estación Autisha.

Autisha		
Parámetros estadísticos	**P24hr**	**Log(P24hr)**
Número de datos (n)	34.00	34.00
Suma	567.00	40.54
Valor Máximo	30.80	1.49
Valor Mínimo	6.40	0.81
Media	16.68	1.19
Varianza	38.21	0.03
Desviación Estándar	6.18	0.17
Coeficiente Variación	0.37	0.14
Coeficiente de Sesgo	0.55	-0.24
Kn (n=34)	2.62	
Umbral máximo (Xh)	1.63	
Umbral mínimo (XL)	0.76	
Pmáx24h máximo aceptable	**42.41**	
Pmáx24h mínimo aceptable	**5.72**	
Evaluación datos dudosos altos	No existe datos dudosos	
Evaluación datos dudosos bajos	No existe datos dudosos	

Nota: Elaboración propia.

Estación Chosica

Esta tiene 27 años de data de precipitación máxima de 24 horas (ver Tabla 54), los 27 registros tienen datos válidos según el análisis correspondiente realizado, los datos registrados sin datos dudosos en esta estación se encuentran entre el límite máximo y mínimo aceptable que es 49.93 y 0.43 respectivamente, cualquier otro dato fuera de este rango se considera atípico y no es válido estadísticamente. Donde la Tabla 59 enseña los resultados de la prueba estadística de la estación Chosica, esto fue realizado aplicando las ecuaciones mostradas en el ítem 2.1.16.

Tabla 59

Prueba de datos dudosos de la estación Chosica

Chosica		
Parámetros estadísticos	**P24hr**	**Log(P24hr)**
Número de datos (n)	27.00	27.00
Suma	201.90	18.66
Valor Máximo	30.70	1.49
Valor Mínimo	0.80	-0.10
Media	7.48	0.69
Varianza	60.30	0.16
Desviación Estándar	7.77	0.40
Coeficiente Variación	1.04	0.58
Coeficiente de Sesgo	1.84	0.27
Kn (n=27)	2.52	
Umbral máximo (Xh)	1.70	
Umbral mínimo (XL)	-0.32	
Pmáx24h máximo aceptable	**49.93**	
Pmáx24h mínimo aceptable	**0.48**	
Evaluación datos dudosos altos	No existe datos dudosos	
Evaluación datos dudosos bajos	No existe datos dudosos	

Nota: Elaboración propia.

Estación Matucana

Esta tiene 45 años de data de precipitación máxima de 24 horas (ver Tabla 54), los 45 registros tienen datos válidos según el análisis correspondiente realizado, los datos registrados sin datos dudosos en esta estación se encuentran entre el límite máximo y mínimo aceptable que es 42.85 y 6.73 respectivamente, cualquier otro dato fuera de este rango se considera atípico y no es válido estadísticamente. En la Tabla 60 se enseñan los resultados de la prueba estadística de la estación Matucana, esto fue realizado aplicando las ecuaciones mostradas en el ítem 2.1.16.

Tabla 60

Prueba de datos dudosos de la estación Matucana

Matucana		
Parámetros estadísticos	**P24hr**	**Log(P24hr)**
Número de datos (n)	45.00	45.00
Suma	807.60	55.35
Valor Máximo	35.20	1.55
Valor Mínimo	7.80	0.89
Media	17.95	1.23
Varianza	36.74	0.02
Desviación Estándar	6.06	0.15
Coeficiente Variación	0.34	0.12
Coeficiente de Sesgo	0.70	-0.11
Kn (n=45)	2.73	
Umbral máximo (Xh)	1.63	
Umbral mínimo (XL)	0.83	
Pmáx24h máximo aceptable	**42.85**	
Pmáx24h mínimo aceptable	**6.73**	
Evaluación datos dudosos altos	No existe datos dudosos	
Evaluación datos dudosos bajos	No existe datos dudosos	

Nota: Elaboración propia.

Estación Santa Eulalia

Esta tiene 40 años de data de precipitación máxima de 24 horas (ver Tabla 54), de los cuales solo 39 registros tienen datos válidos según el análisis correspondiente realizado, los datos registrados sin datos dudosos en esta estación se encuentran entre el límite máximo y mínimo aceptable que es 50.47 y 115 respectivamente, cualquier otro dato fuera de este rango se considera atípico y no es válido estadísticamente. Donde la Tabla 61 enseña los resultados de la prueba estadística de la estación Santa Eulalia, esto fue realizado aplicando las ecuaciones mostradas en el ítem 2.1.16.

Tabla 61

Prueba de datos dudosos de la estación Santa Eulalia

Santa Eulalia		
Parámetros estadísticos	**P24hr**	**Log(P24hr)**
Número de datos (n)	39.00	39.00
Suma	376.90	34.38
Valor Máximo	30.00	1.48
Valor Mínimo	1.50	0.18
Media	9.66	0.88
Varianza	50.24	0.09
Desviación Estándar	7.09	0.31
Coeficiente Variación	0.73	0.35
Coeficiente de Sesgo	1.45	-0.03
Kn (n=39)	2.67	
Umbral máximo (Xh)	1.70	
Umbral mínimo (XL)	0.06	
Pmáx24h máximo aceptable	**50.47**	
Pmáx24h mínimo aceptable	**1.15**	
Evaluación datos dudosos altos	No existe datos dudosos	
Evaluación datos dudosos bajos	No existe datos dudosos	

Nota: Elaboración propia.

Una vez realizado las pruebas estadísticas correspondientes se realizó el ajuste de los datos según las recomendaciones de la OMM, en la cual se señala que los registros correspondientes cada 12 horas se debe ajustar con un factor de 1.04, es decir se debe multiplicar por 1.04 a las precipitaciones máximas observadas en cada estación pluviométrica. Siendo la Tabla 62, donde se observa la data de precipitación máxima 24 horas tratadas de las estaciones del estudio, estos no contienen datos dudosos y en la Tabla 63, donde se enseña la data ajustada de cada estación con la que se trabajó.

Tabla 62

Datos de precipitación máxima 24 horas sin datos dudosos de las estaciones del estudio

Año	Antioquia	Arahuay	Autisha	Huamantanga	Chosica	Matucana	Santa Eulalia
1973	37.00			11.40		25.20	19.20
1974	12.00					11.90	6.00
1975	18.30					10.80	14.50
1976	29.00					15.80	30.00
1977	21.00					35.20	8.00
1978	2.50					7.80	
1979	50.60					12.30	10.00
1980		46.50					10.00
1981	28.50	15.90	13.70			12.50	
1982	7.70	11.20	11.20			9.50	
1983	17.50	30.00				25.00	
1984	10.00	32.50	14.00	16.60		21.50	10.50
1985		14.00	6.40	9.70		19.80	
1986	7.30	14.90		9.90		27.20	
1987	4.50	13.00	11.60	9.80		20.90	
1988	21.80	20.00				12.30	9.70
1989		17.70	20.30	9.30		10.70	27.60
1990	9.30		14.70	14.20	3.20	10.60	6.50
1991	8.30	21.40	29.70	18.40	3.70	17.60	3.00
1992	3.30			19.40	2.30	30.50	
1993		27.00	23.30	22.80	2.40	30.30	2.00
1994	21.80	16.50	11.20	22.00	16.00	15.50	13.50
1995	13.20	11.40	9.30	29.60	3.00	22.30	3.80
1996	7.90	18.50	18.40	19.50	5.80	13.60	4.50
1997	11.60	25.40		17.80		9.50	4.90
1998	9.80	30.20	22.20	33.60		21.90	6.00
1999	17.50	23.80	22.10	25.40		19.80	14.70
2000		31.70	9.50	27.50	6.00	14.30	6.40
2001	11.30	21.50	14.10	19.40	5.20	16.20	8.00
2002	16.00	27.20	16.40	47.50	30.70	15.70	25.90
2003	5.60	22.90	25.50	27.30	2.80	14.50	
2004	11.50	25.50	14.40	25.10	1.60	18.00	2.50
2005		12.10	11.70	23.00	1.20		1.50
2006	14.80	19.80	30.80	20.60			7.80
2007	7.20	15.70	27.80	19.50	7.70	16.60	4.10
2008	13.40	20.60	16.90	15.30		16.50	5.30
2009	16.50	40.50	19.30	30.90	6.60	23.10	11.20
2010	5.80		19.60	22.90	0.80	17.00	4.50
2011		13.90	14.40	13.10	5.70	14.50	5.50
2012		18.80	21.30	55.10		19.80	12.50
2013	17.50	13.30	18.00	18.90	2.30	21.30	8.50
2014	10.20	10.60		32.00	6.20	12.20	3.50
2015	9.20	15.60	9.00	23.10	18.30	21.30	17.20
2016	3.90		17.00	23.50	5.30	16.40	5.50
2017	9.60	21.20	17.40	45.10	19.50	22.80	21.60
2018	8.80	23.40	9.90	21.20	9.40	21.20	9.80
2019	9.60	36.90	8.50	25.90	2.00	21.50	5.80
2020			17.40		26.00		
2021		10.80			5.00		5.40
2022		9.00		13.70	3.20	14.70	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 63

Datos de precipitación máxima 24 horas ajustados de las estaciones de estudio

Año	Antioquia	Arahuay	Autisha	Huamantanga	Chosica	Matucana	Santa Eulalia
1973	38.48			11.86		26.21	19.97
1974	12.48					12.38	6.24
1975	19.03					11.23	15.08
1976	30.16					16.43	31.20
1977	21.84					36.61	8.32
1978	2.60					8.11	
1979	52.62					12.79	10.40
1980		48.36					10.40
1981	29.64	16.54	14.25			13.00	
1982	8.01	11.65	11.65			9.88	
1983	18.20	31.20				26.00	
1984	10.40	33.80	14.56	17.26		22.36	10.92
1985		14.56	6.66	10.09		20.59	
1986	7.59	15.50		10.30		28.29	
1987	4.68	13.52	12.06	10.19		21.74	
1988	22.67	20.80				12.79	10.09
1989		18.41	21.11	9.67		11.13	28.70
1990	9.67		15.29	14.77	3.33	11.02	6.76
1991	8.63	22.26	30.89	19.14	3.85	18.30	3.12
1992	3.43			20.18	2.39	31.72	
1993		28.08	24.23	23.71	2.50	31.51	2.08
1994	22.67	17.16	11.65	22.88	16.64	16.12	14.04
1995	13.73	11.86	9.67	30.78	3.12	23.19	3.95
1996	8.22	19.24	19.14	20.28	6.03	14.14	4.68
1997	12.06	26.42		18.51		9.88	5.10
1998	10.19	31.41	23.09	34.94		22.78	6.24
1999	18.20	24.75	22.98	26.42		20.59	15.29
2000		32.97	9.88	28.60	6.24	14.87	6.66
2001	11.75	22.36	14.66	20.18	5.41	16.85	8.32
2002	16.64	28.29	17.06	49.40	31.93	16.33	26.94
2003	5.82	23.82	26.52	28.39	2.91	15.08	
2004	11.96	26.52	14.98	26.10	1.66	18.72	2.60
2005		12.58	12.17	23.92	1.25		1.56
2006	15.39	20.59	32.03	21.42			8.11
2007	7.49	16.33	28.91	20.28	8.01	17.26	4.26
2008	13.94	21.42	17.58	15.91		17.16	5.51
2009	17.16	42.12	20.07	32.14	6.86	24.02	11.65
2010	6.03		20.38	23.82	0.83	17.68	4.68
2011		14.46	14.98	13.62	5.93	15.08	5.72
2012		19.55	22.15	57.30		20.59	13.00
2013	18.20	13.83	18.72	19.66	2.39	22.15	8.84
2014	10.61	11.02		33.28	6.45	12.69	3.64
2015	9.57	16.22	9.36	24.02	19.03	22.15	17.89
2016	4.06		17.68	24.44	5.51	17.06	5.72
2017	9.98	22.05	18.10	46.90	20.28	23.71	22.46
2018	9.15	24.34	10.30	22.05	9.78	22.05	10.19
2019	9.98	38.38	8.84	26.94	2.08	22.36	6.03
2020			18.10		27.04		
2021		11.23			5.20		5.62
2022		9.36		14.25	3.33	15.29	

Nota: Elaboración propia.

4.2.2. Prueba de bondad de ajuste

Confirmada la consistencia de los datos, se procede a identificar la distribución de probabilidad apta (Gumbel, Log Normal, Normal, Log Pearson III o Pearson III) para ajustar los datos observados, conforme a la teoría expuesta en el ítem 2.1.17. Se lleva a cabo la prueba de Smirnov-Kolmogorov para evaluar la calidad del ajuste. Basándose en los resultados de esta prueba, se selecciona la distribución de probabilidad que mejor describe las precipitaciones máximas de diseño para cada estación. Estas precipitaciones servirán de base para calcular los caudales máximos futuros.

La estación Antioquia

La distribución estadística que más se adapta a la data de la estación Antioquia es Log Normal, con un nivel de significancia del 5%, la representatividad es de 99.92% con una diferencia de 0.0555. Siendo la Tabla 64, donde se enseña el resultado de las pruebas de Kolmogorov-Sminov realizado para las diferentes distribuciones estadísticas y la figura 30 donde, se observa las curvas de distribución empleadas, esta distribución se empleará para determinar las precipitaciones de diseño en esta estación.

Tabla 64

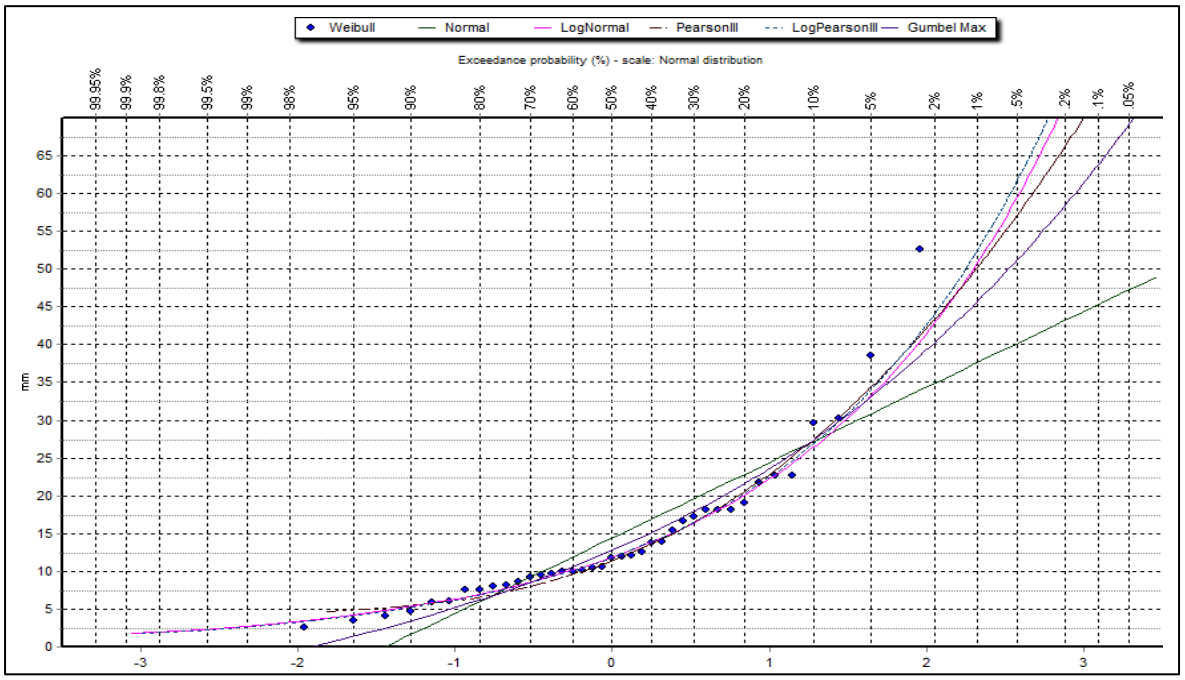
Resultados de la prueba bondad de ajuste para la estación Antioquia

Kolmogorov-Smirnov test	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.76%	0.1526
Log Normal	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**99.92%**	**0.0555**
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.58%	0.0885
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.66%	0.0615
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.17%	0.0891

Nota: Elaboración propia.

Figura 30

Distribución de probabilidad para la estación Antioquia



Nota: Elaboración propia.

La estación Arahuay

La distribución estadística que más se adapta a la data de la estación Arahuay es Pearson III, con un nivel de significancia del 5%, la representatividad es de 100% con una diferencia de 0.048. Siendo la Tabla 65, donde se enseña el resultado de las pruebas de Kolmogorov-Sminov realizado para las diferentes distribuciones estadísticas y la figura 31 donde, se observa las curvas de distribución empleadas, esta distribución se empleará para determinar las precipitaciones de diseño en esta estación.

Tabla 65

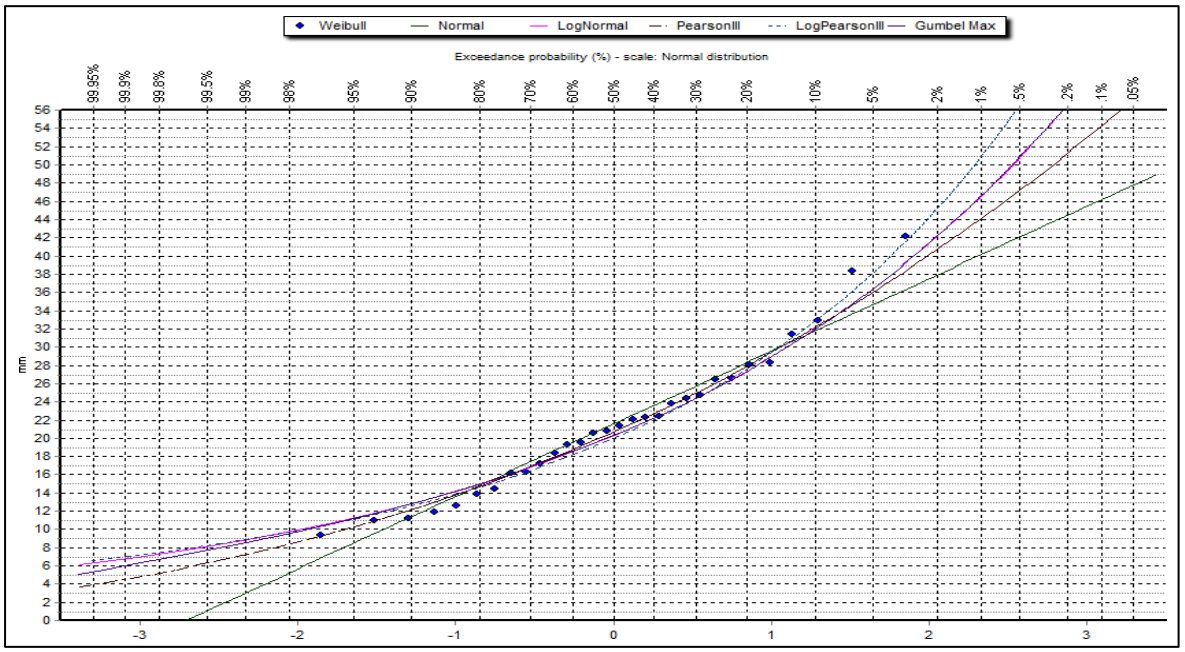
Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Arahuay

Kolmogorov-Smirnov test	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.79%	0.075
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.39%	0.070
Pearson III	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**100.00%**	**0.048**
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.53%	0.080
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.39%	0.070

Nota: Elaboración propia.

Figura 31

Distribuciones de probabilidad para la estación Arahuay



Nota: Elaboración propia.

La estación Autisha

La distribución estadística que más se adapta a la data de la estación Autisha es Log Pearson III, con un nivel de significancia del 5%, la representatividad es de 99.62% con una diferencia de 0.067. Siendo la Tabla 66, donde se enseña el resultado de las pruebas de Kolmogorov-Sminov realizado para las diferentes distribuciones estadísticas y la figura 32 donde, se observa las curvas de distribución empleadas, esta distribución se empleará para determinar las precipitaciones de diseño en esta estación.

Tabla 66

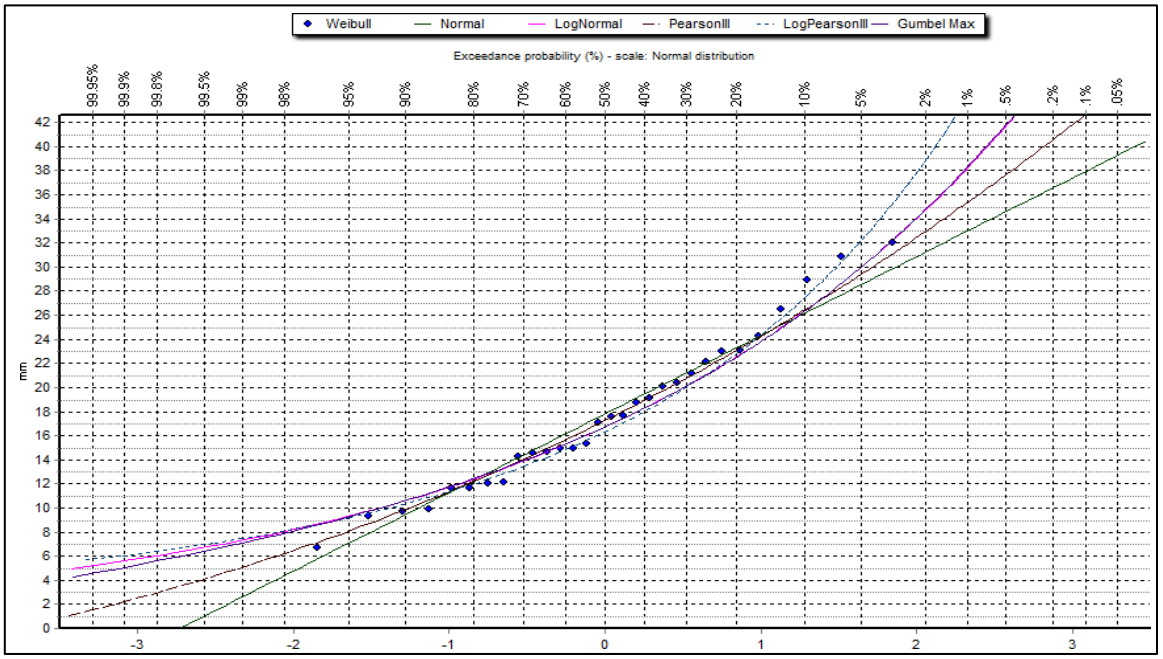
Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Autisha

Kolmogorov-Smirnov test	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.48%	0.102
Log Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.02%	0.073
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.66%	0.075
Log Pearson III	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**99.62%**	**0.067**
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.58%	0.076

Nota: Elaboración propia.

Figura 32

Distribuciones de probabilidad para la estación Autisha



Nota: Elaboración propia.

Estación Huamantanga

La distribución estadística que más se adapta a la data de la estación Huamantanga es Gumbel máximo, con un nivel de significancia del 5%, la representatividad es de 99.18% con una diferencia de 0.067. Además, la Tabla 67 enseña el resultado de las pruebas de Kolmogorov-Sminov realizado para las diferentes distribuciones estadísticas y la figura 33 indica las curvas de distribución empleadas, esta distribución se empleará para determinar las precipitaciones de diseño en esta estación.

Tabla 67

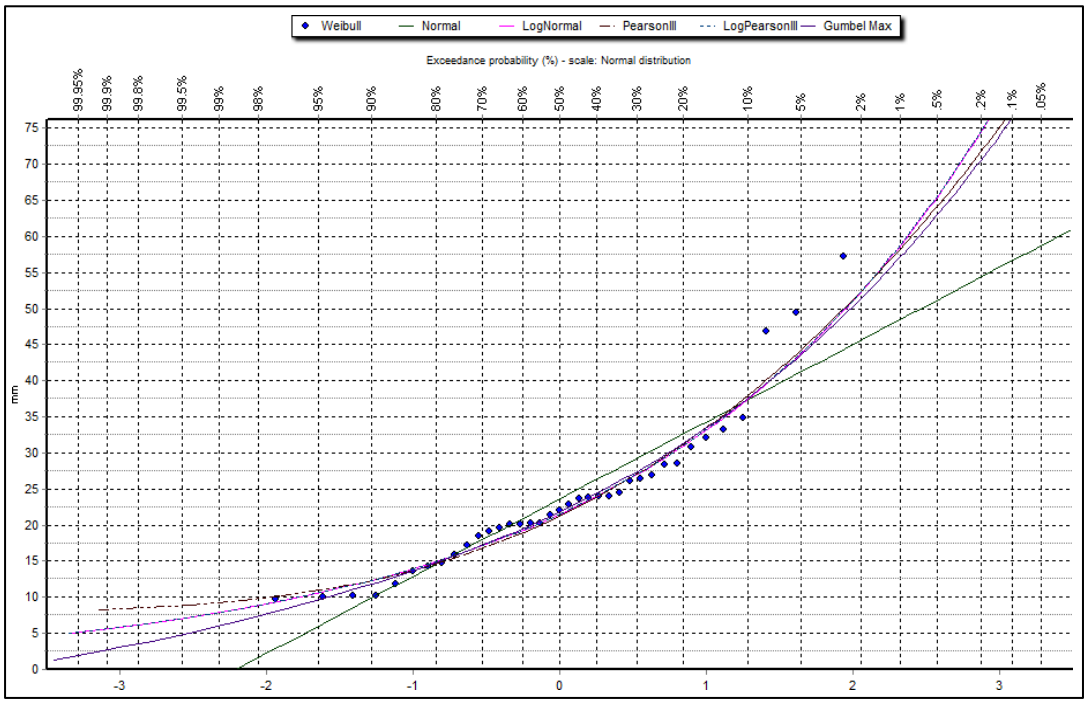
Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Huamantanga

Kolmogorov-Smirnov test	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.67%	0.127
Log Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.53%	0.078
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.18%	0.092
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.25%	0.076
EV1-Max (Gumbel)	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**99.18%**	**0.067**

Nota: Elaboración propia.

Figura 33

Distribuciones de probabilidad para la estación Huamantanga



Nota: Elaboración propia.

Estación Chosica

La distribución estadística que más se adapta a la data de la estación Chosica es Log Pearson III, con un nivel de significancia del 5%, la representatividad es de 99.17% con una diferencia de 0.075. A su vez, la Tabla 68 indica el resultado de las pruebas de Kolmogorov-Sminov realizado para las diferentes distribuciones estadísticas y la figura 34 enseña las curvas de distribución empleadas, esta distribución se empleará para determinar las precipitaciones de diseño en esta estación.

Tabla 68

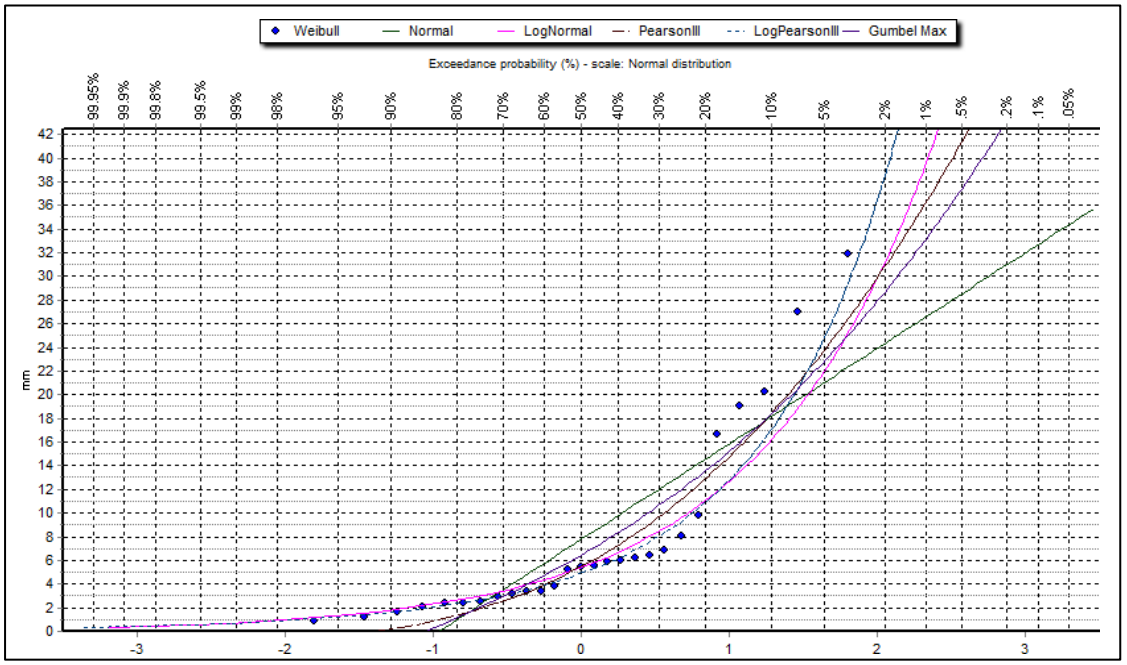
Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Chosica

Kolmogorov-Smirnov test	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	REJECT	REJECT	4.12%	0.259
Log Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.36%	0.107
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.53%	0.137
Log Pearson III	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**99.17%**	**0.075**
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.74%	0.192

Nota: Elaboración propia.

Figura 34

Distribuciones de probabilidad para la estación Chosica



Nota: Elaboración propia.

Estación Matucana

La distribución estadística que más se adapta a la data de la estación Matucana es Pearson III, con un nivel de significancia del 5%, la representatividad es de 96.58% con una diferencia de 0.073. Lo cual se muestra en la Tabla 69 que contiene lo obtenido de las pruebas de Kolmogorov-Sminov realizado para las diferentes distribuciones estadísticas. Además, la figura 35 muestra las curvas de distribución empleadas, esta distribución se empleará para determinar las precipitaciones de diseño en esta estación.

Tabla 69

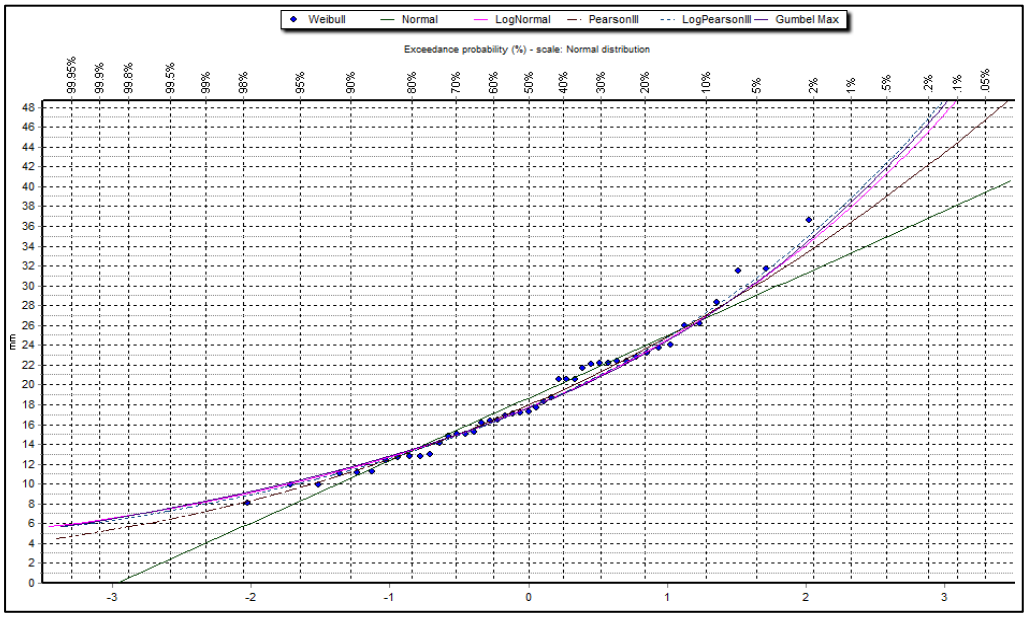
Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Matucana

Kolmogorov-Smirnov test	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.47%	0.088
Log Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.14%	0.091
Pearson III	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**96.58%**	**0.073**
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.66%	0.088
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.18%	0.097

Nota: Elaboración propia.

Figura 35

Distribuciones de probabilidad para la estación Matucana



Nota: Elaboración propia.

Estación Santa Eulalia

La distribución estadística que más se adapta a la data de la estación Antioquia es Log Pearson III, con un nivel de significancia del 5%, la representatividad es de 99.50% con una diferencia de 0.063. Enseñando en la Tabla 70 lo obtenido de las pruebas de Kolmogorov-Sminov realizado para las diferentes distribuciones estadísticas y mostrando en la figura 36 las curvas de distribución empleadas, esta distribución se empleará para determinar las precipitaciones de diseño en esta estación.

Tabla 70

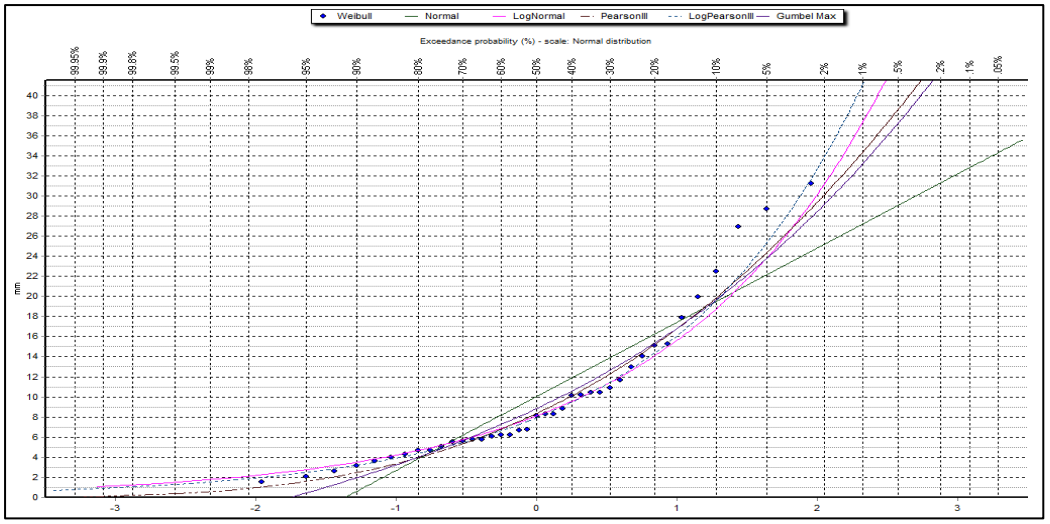
Resultados de la prueba de bondad de ajuste para la estación Santa Eulalia

Kolmogorov-Smirnov test	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	27.34%	0.156
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.67%	0.084
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.59%	0.076
Log Pearson III	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**ACCEPT**	**99.50%**	**0.063**
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.46%	0.105

Nota: Elaboración propia.

Figura 36

Distribuciones de probabilidad para la estación Santa Eulalia



Nota: Elaboración propia.

La Tabla 71 enseña el resumen de las distribuciones estadísticas más representativas para cada estación empleada en el estudio.

Tabla 71

Distribución representativa de máximos según prueba estadística.

Estación	Distribución más representativa
Antioquia	Log Normal
Arahuay	Pearson III
Autisha	Log Pearson III
Chosica	Log Pearson III
Huamantanga	Gumbel (EV1)
Matucana	Pearson III
Santa Eulalia	Log Pearson III

Nota: Elaboración propia.

4.2.3. Estimación de Precipitaciones Máximas de Diseño

Para calcular la precipitación máxima de 24 horas, fue utilizada la distribución más se ajustaba a los datos de cada estación descrita previamente. Posteriormente, se determinaron las precipitaciones máximas para diversos períodos de retorno. Mostrándose en la Tabla 72 los

resultados que fueron la base fundamental para determinar los caudales de diseño en los diferentes puntos ubicados dentro de la cuenca.

Tabla 72

Precipitaciones máximas de diseño

Tr (años)	Antioquia	Arahuay	Autisha	Huamantanga	Chosica	Matucana	Santa Eulalia
2	11.87	20.67	16.32	21.85	4.90	17.94	7.92
5	20.09	27.89	22.79	31.31	10.92	23.65	14.37
10	26.45	32.21	27.45	37.57	17.02	27.07	19.62
25	35.47	37.26	33.76	45.47	27.82	31.06	27.35
50	42.87	40.77	38.79	51.34	38.61	33.83	33.90
100	50.83	44.10	44.09	57.16	52.21	36.46	41.12
200	59.41	47.28	49.71	62.96	69.23	38.97	49.07
500	71.78	51.32	57.70	70.62	98.18	42.16	60.79
1000	81.95	54.28	64.21	76.40	126.08	44.50	70.64

Nota: Elaboración propia.

4.2.4. Elaboración de Curvas IDF

Para determinar las curvas IDF, se emplearon las precipitaciones máximas de diseño para distintos periodos de retorno, utilizando el método de Bell. Se calcularon los coeficientes regionales específicos para el área de estudio para realizar esta evaluación, basados en las ecuaciones descritas en el ítem 2.1.19 para cálculos de distribución de precipitaciones e intensidades. A continuación, se presenta la ecuación empleada.

$$P_T^t = (0,21LnT + 0,52)(0,54t^{0,25} - 0,50)P_{10}^{60}$$

$P_T^t =$ Precipitación de duración t min. y período de retorno T, mm

$P_{10}^{60} =$ Precipitación de duración 60 min. y período de retorno 10 años, mm

Con las precipitaciones máximas de 24 horas para diferentes periodos de retorno y para cada resultado de intensidad de diseño acorde a las fórmulas anteriores se procedió a graficar las curvas IDF. A continuación, se muestran los resultados para cada estación empleada en el estudio.

Tabla 73

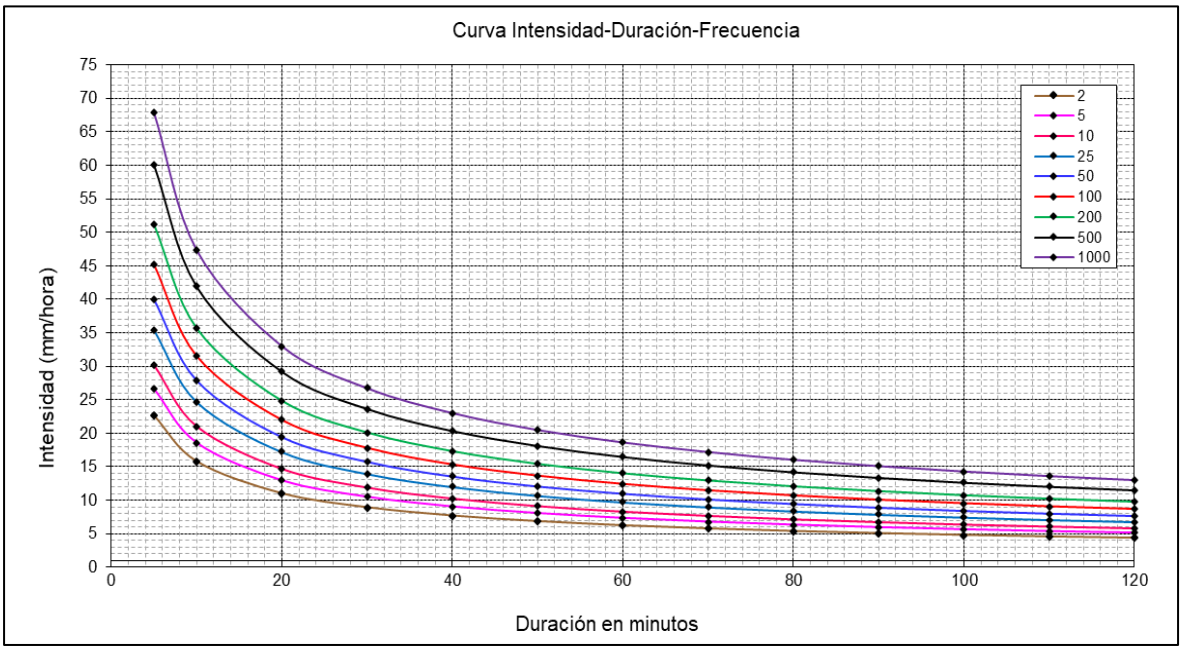
Intensidad de diseño de la estación Autisha

T años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
1000	81.95	59.0	44.1	36.0	30.8	24.4	16.0
500	71.78	54.6	6.8	8.3	9.5	11.3	14.8
200	59.41	48.9	6.1	7.5	8.5	10.1	13.3
100	50.83	44.5	5.6	6.8	7.7	9.2	12.1
50	42.87	40.1	5.0	6.1	7.0	8.3	10.9
25	35.47	35.8	4.5	5.5	6.2	7.4	9.7
10	26.45	30.0	3.7	4.6	5.2	6.2	8.1
5	20.09	25.7	3.2	3.9	4.5	5.3	7.0
2	11.87	19.9	14.9	12.1	10.4	8.2	5.4

Nota: Elaboración propia.

Figura 37

Curvas IDF de la estación Autisha



Nota: Elaboración propia.

Tabla 74

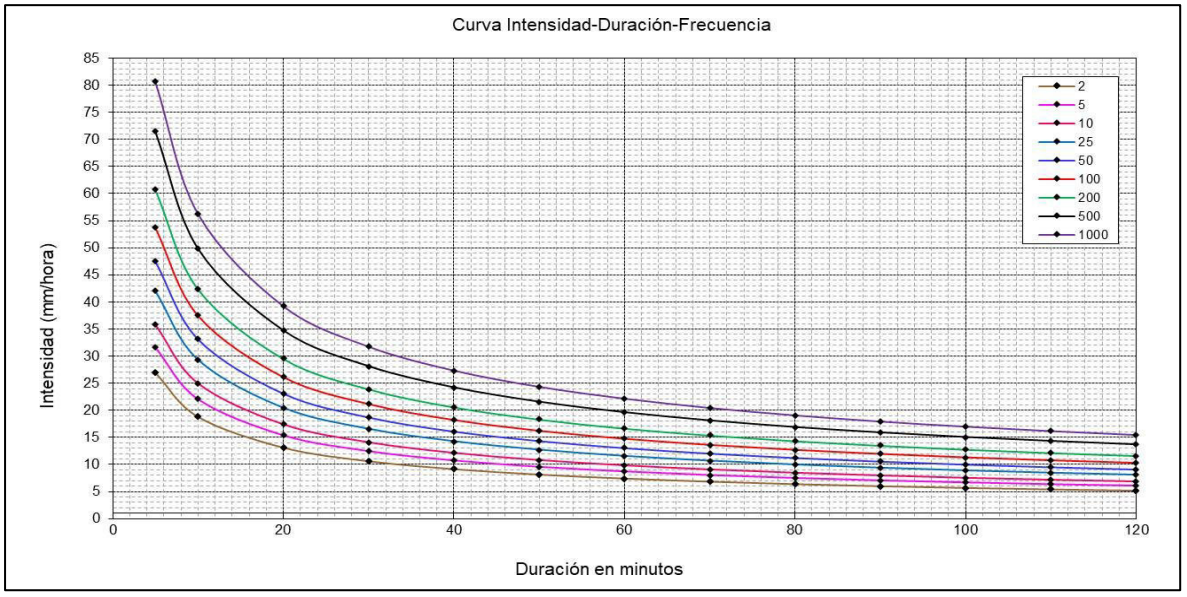
Intensidad de diseño de la estación Arahuay

T años	P.Max	Duración en minutos					
	24 horas	5	10	15	20	30	60
1000	54.28	70.1	52.4	42.7	36.6	29.0	19.0
500	51.32	64.9	48.6	39.6	33.9	26.9	17.6
200	47.28	58.1	43.5	35.4	30.3	24.0	15.8
100	44.10	52.9	39.6	32.3	27.6	21.9	14.4
50	40.77	47.7	35.7	29.1	24.9	19.7	13.0
25	37.26	42.5	31.8	25.9	22.2	17.6	11.6
10	32.21	35.7	26.7	21.8	18.6	14.8	9.6
5	27.89	30.5	22.8	18.6	15.9	12.6	8.3
2	20.67	23.7	17.7	14.4	12.4	9.8	6.4

Nota: Elaboración propia.

Figura 38

Curvas IDF de la estación Arahuay



Nota: Elaboración propia.

Tabla 75

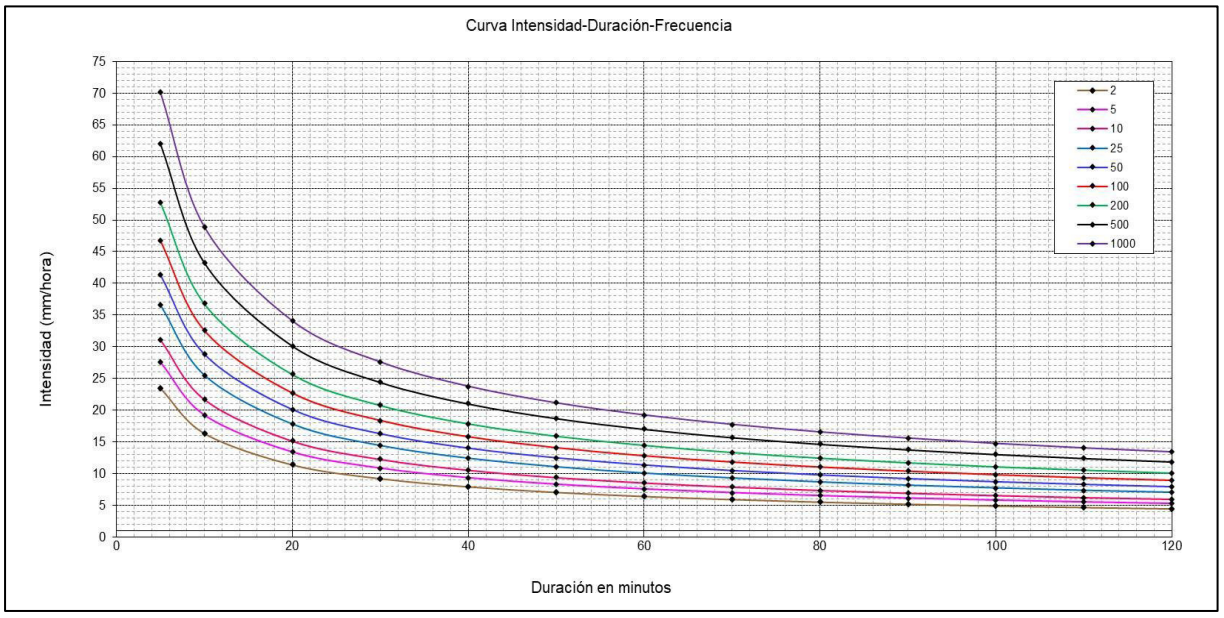
Intensidad de diseño de la estación Antioquia

T años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
1000	64.21	60.9	45.6	37.2	31.8	25.2	16.6
500	57.70	56.4	42.2	34.4	29.4	23.4	15.3
200	49.71	50.5	37.8	30.8	26.3	20.9	13.7
100	44.09	46.0	34.4	28.0	24.0	19.0	12.5
50	38.79	41.5	31.0	25.3	21.6	17.2	11.3
25	33.76	37.0	27.7	22.6	19.3	15.3	10.0
10	27.45	31.0	23.2	18.9	16.2	12.8	8.4
5	22.79	26.5	19.8	16.2	13.8	11.0	7.2
2	16.32	20.6	15.4	12.6	10.7	8.5	5.6

Nota: Elaboración propia.

Figura 39

Curvas IDF de la estación Antioquia



Nota: Elaboración propia.

Tabla 76

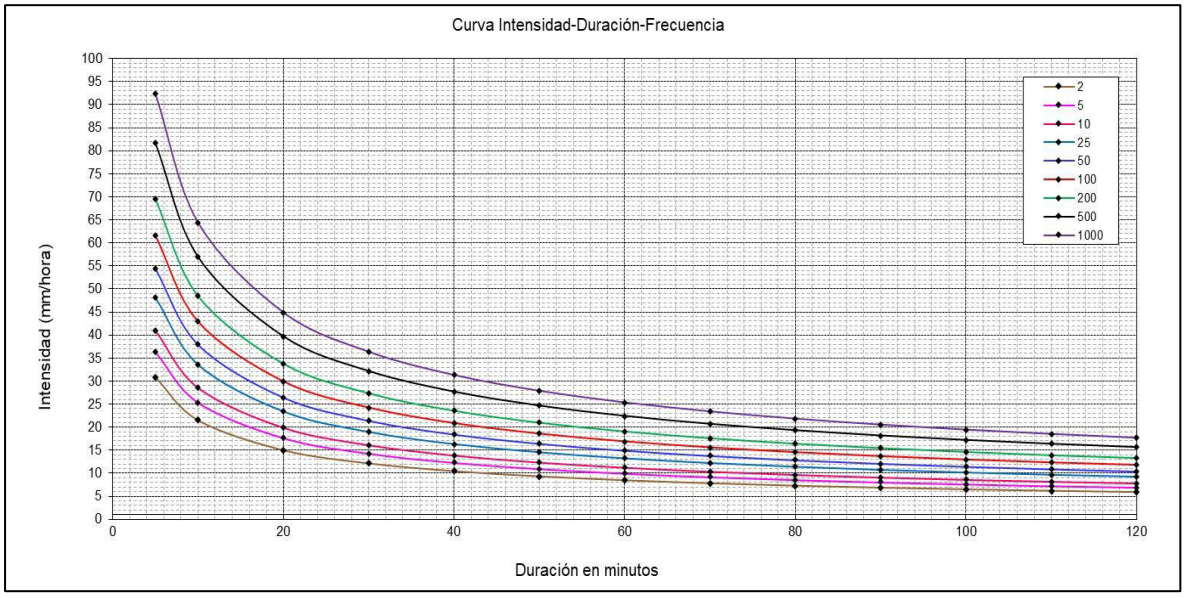
Intensidad de diseño de la estación Huamantanga

T años	P.Max 24 horas	Duración en minutos 5	10	15	20	30	60
1000	76.40	80.2	60.0	48.9	41.9	33.2	21.8
500	70.62	74.3	55.6	45.3	38.8	30.7	20.2
200	62.96	66.4	49.7	40.5	34.7	27.5	18.1
100	57.16	60.5	45.3	36.9	31.6	25.1	16.4
50	51.34	54.6	40.9	33.3	28.5	22.6	14.8
25	45.47	48.7	36.4	29.7	25.4	20.1	13.2
10	37.57	40.8	30.6	24.9	21.3	16.9	11.0
5	31.31	34.9	26.1	21.3	18.2	14.5	9.5
2	21.85	27.1	20.3	16.5	14.1	11.2	7.4

Nota: Elaboración propia.

Figura 40

Curvas IDF de la estación Huamantanga



Nota: Elaboración propia.

Tabla 77

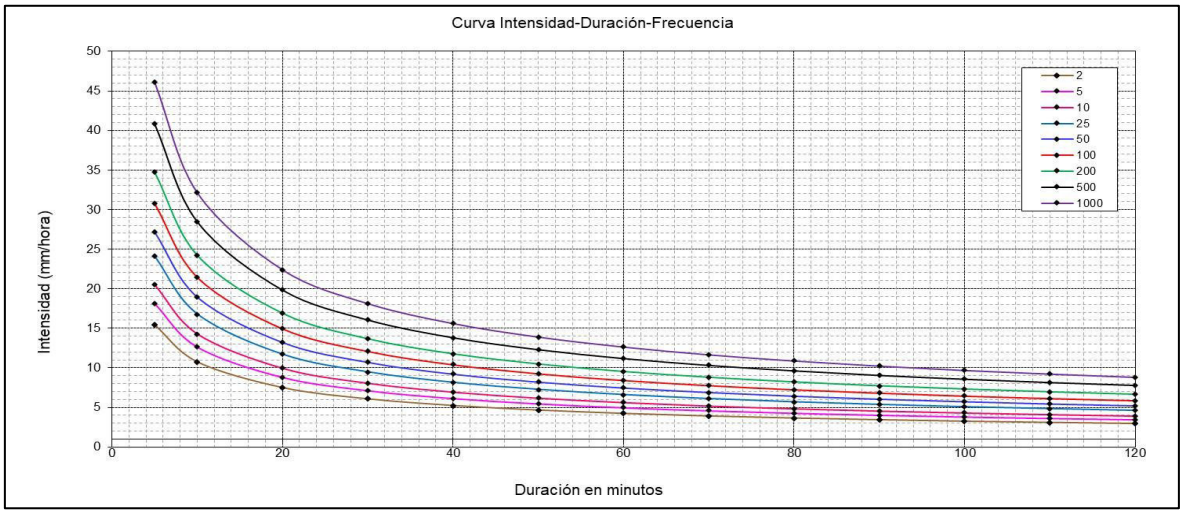
Intensidad de diseño de la estación Chosica

T	P.Max	Duración en minutos					
años	**24 horas**	**5**	**10**	**15**	**20**	**30**	**60**
1000	98.18	40.1	30.0	24.4	20.9	16.6	10.9
500	98.18	37.1	27.8	22.6	19.4	15.4	10.1
200	69.23	33.2	24.8	20.3	17.3	13.7	9.0
100	52.21	30.2	22.6	18.4	15.8	12.5	8.2
50	38.61	27.3	20.4	16.6	14.2	11.3	7.4
25	27.82	24.3	18.2	14.8	12.7	10.1	6.6
10	17.02	20.4	15.3	12.4	10.7	8.4	5.5
5	10.92	17.4	13.1	10.6	9.1	7.2	4.7
2	4.90	13.5	10.1	8.3	7.1	5.6	3.7

Nota: Elaboración propia.

Figura 41

Curvas IDF de la estación Chosica



Nota: Elaboración propia.

Tabla 78

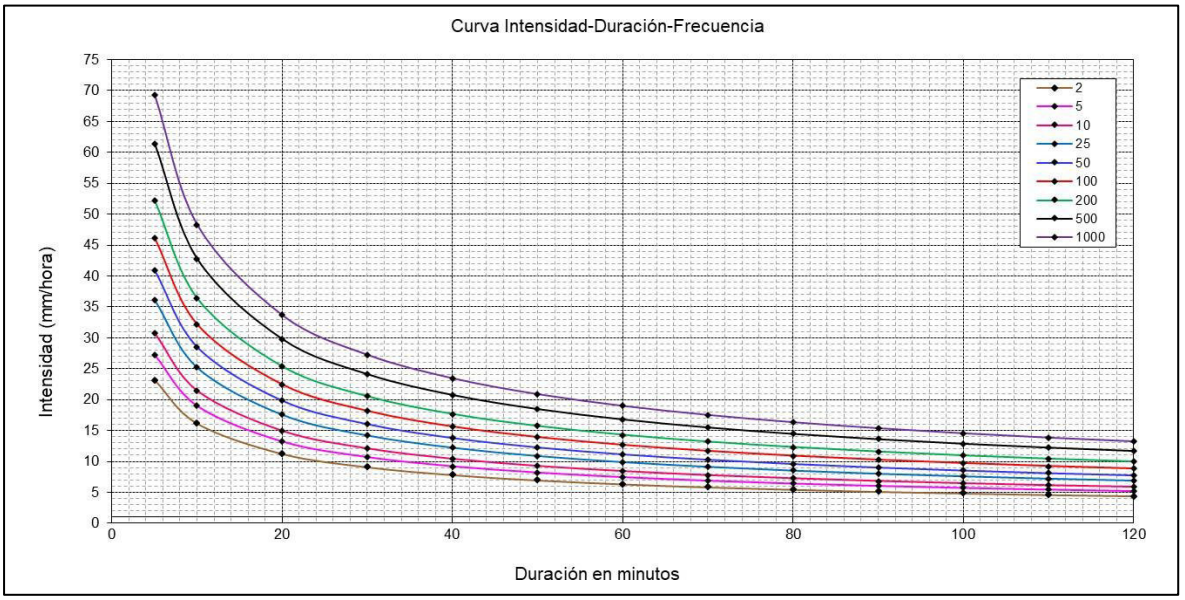
Intensidad de diseño de la estación Matucana

T	P.Max	Duración en minutos					
años	**24 horas**	**5**	**10**	**15**	**20**	**30**	**60**
1000	42.16	60.2	45.0	36.7	31.4	24.9	16.4
500	42.16	55.7	41.7	34.0	29.1	23.1	15.1
200	38.97	49.9	37.3	30.4	26.0	20.6	13.6
100	36.46	45.4	34.0	27.7	23.7	18.8	12.3
50	33.83	41.0	30.7	25.0	21.4	17.0	11.1
25	31.06	36.5	27.3	22.3	19.1	15.1	9.9
10	27.07	30.6	22.9	18.7	16.0	12.7	8.3
5	23.65	26.2	19.6	16.0	13.7	10.8	7.1
2	17.94	20.3	15.2	12.4	10.6	8.4	5.5

Nota: Elaboración propia.

Figura 42

Curvas IDF de la estación Matucana



Nota: Elaboración propia.

Figura 43

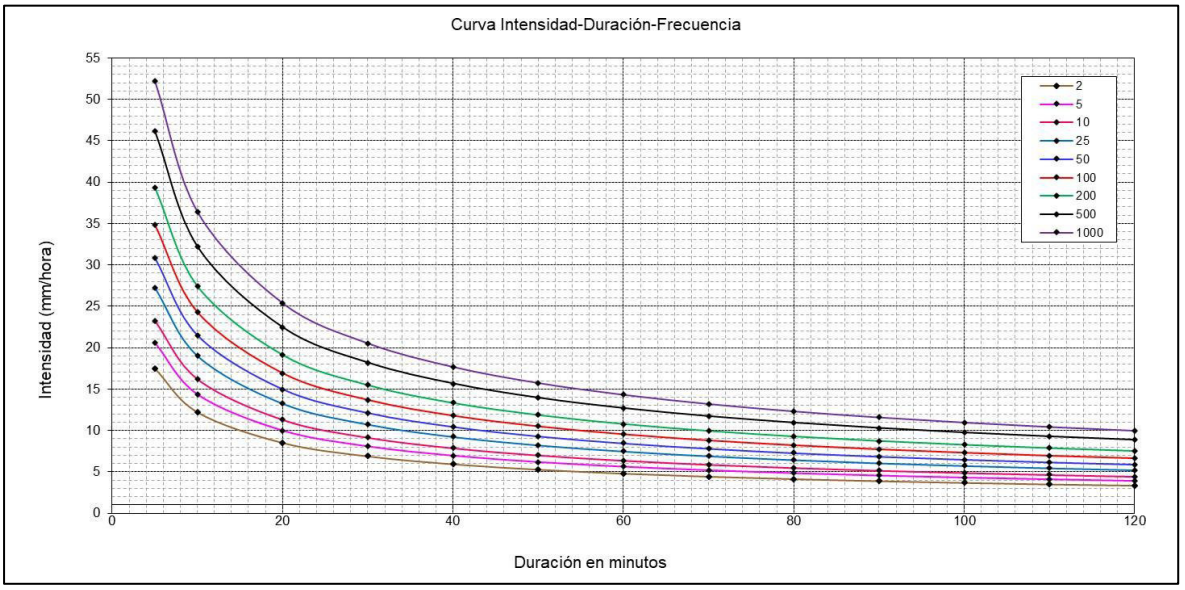
Intensidad de diseño de la estación Santa Eulalia

T	P.Max	Duración en minutos					
años	**24 horas**	**5**	**10**	**15**	**20**	**30**	**60**
500	70.64	45.4	34.0	27.7	23.7	18.8	12.3
500	60.79	42.0	31.5	25.6	21.9	17.4	11.4
200	49.07	37.6	28.1	22.9	19.6	15.6	10.2
100	41.12	34.3	25.6	20.9	17.9	14.2	9.3
50	33.90	30.9	23.1	18.8	16.1	12.8	8.4
25	27.35	27.5	20.6	16.8	14.4	11.4	7.5
10	19.62	23.1	17.3	14.1	12.1	9.6	6.2
5	14.37	19.8	14.8	12.1	10.3	8.2	5.4
2	7.92	15.3	11.5	9.4	8.0	6.3	4.2

Nota: Elaboración propia.

Figura 44

Curvas IDF de la estación Santa Eulalia



Nota: Elaboración propia.

Mediante la regresión múltiple, se obtuvo el resultado de cada intensidad de diseño para todas las estaciones, se obtuvieron las ecuaciones de intensidad para cada una de las estaciones. Los resultados se pueden observar en la Tabla 79.

Tabla 79

Ecuación de intensidad para cada estación pluviométrica

Estación Pluviométrica	Ecuación
Autisha	$I = \frac{46.44\ T^{0.1764}}{t^{0.5208}}$
Arahuay	$I = \frac{55.15\ T^{0.1764}}{t^{0.5205}}$
Antioquia	$I = \frac{47.99\ T^{0.1762}}{t^{0.5206}}$
Huamantanga	$I = \frac{63.15\ T^{0.1762}}{t^{0.5204}}$
Chosica	$I = \frac{31.56\ T^{0.1762}}{t^{0.5206}}$
Matucana	$I = \frac{47.40\ T^{0.1764}}{t^{0.5208}}$
Santa Eulalia	$I = \frac{35.77\ T^{0.1758}}{t^{0.5201}}$

4.2.5. Tormentas de Diseño en la Región de Estudio

Para estimar la tormenta de diseño, específicamente la distribución temporal de la precipitación de 24 horas (P24), se aplica la metodología del SCS, utilizando hietogramas sintéticos de tormentas con un tiempo de 24 horas.

En base a los Hietogramas Sintéticos de lluvia concebidos por el NRCS de los Estados Unidos de Norteamérica, detallados en el acápite de metodología, se consideró tomar el tipo II para esta cuenca de estudio. Pues, la cuenca en su totalidad se encuentra en la zona montañosa, cuyo régimen similar al que genera las distribuciones de lluvia SCS.

Tabla 80

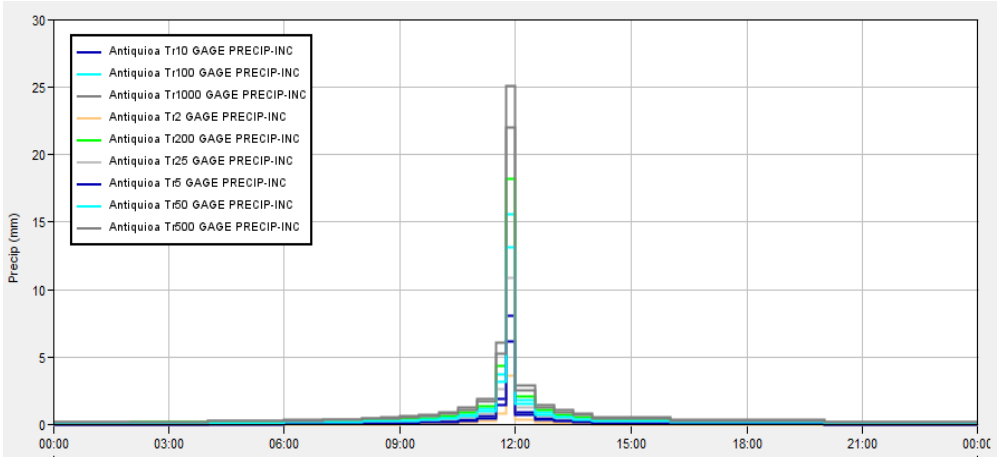
Distribución de lluvia asignada a cada estación.

Estación	Distribución de Lluvia del NRCS
Antioquia	Tipo II
Arahuay	Tipo II
Autisha	Tipo II
Chosica	Tipo II
Huamantanga	Tipo II
Matucana	Tipo II
Santa Eulalia	Tipo II

Nota: Elaboración propia.

Figura 45

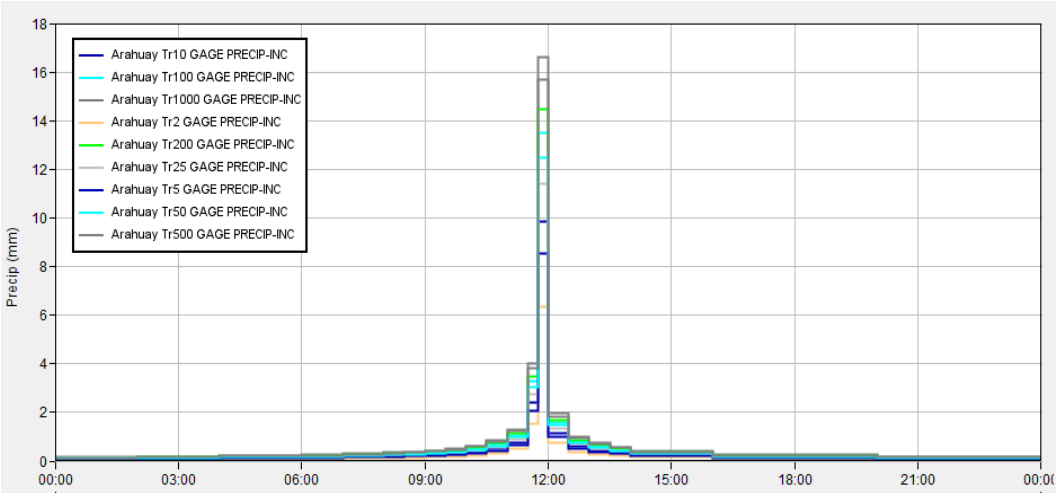
Hietograma de diseño para la estación Antioquia para diferentes periodos de retorno



Nota: Elaboración propia.

Figura 46

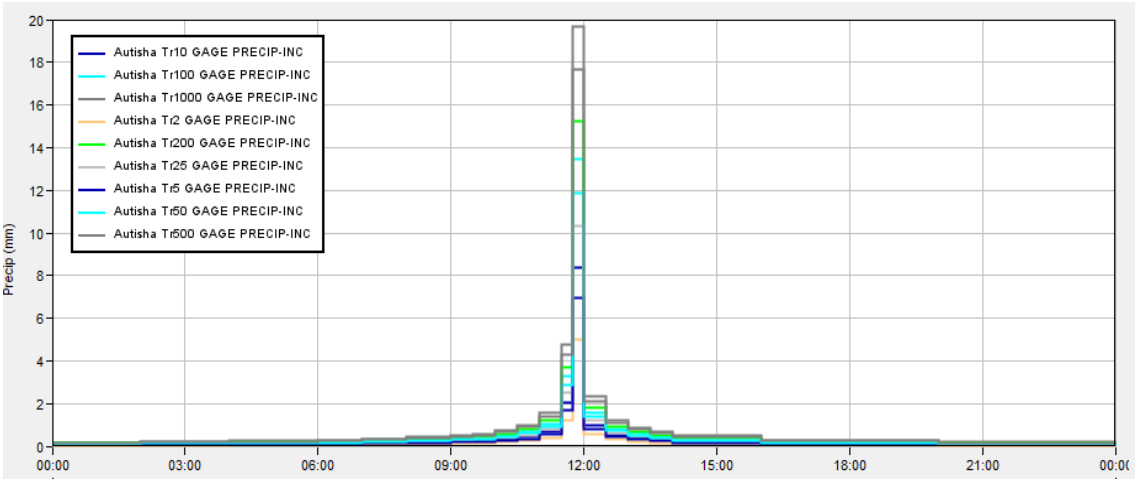
Hietograma de diseño para la estación Arahuay para diferentes periodos de retorno



Nota: Elaboración propia.

Figura 47

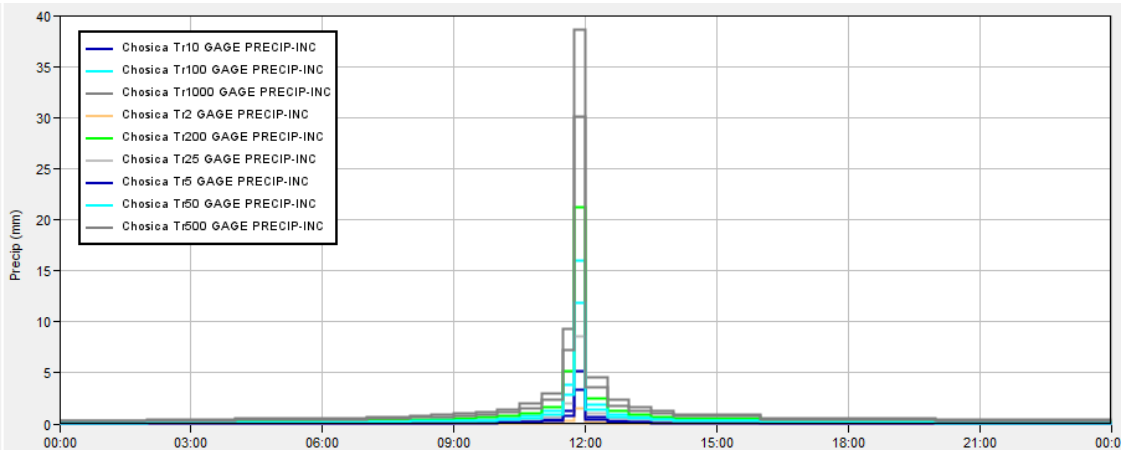
Hietograma de diseño para la estación Autisha para diferentes periodos de retorno



Nota: Elaboración propia.

Figura 48

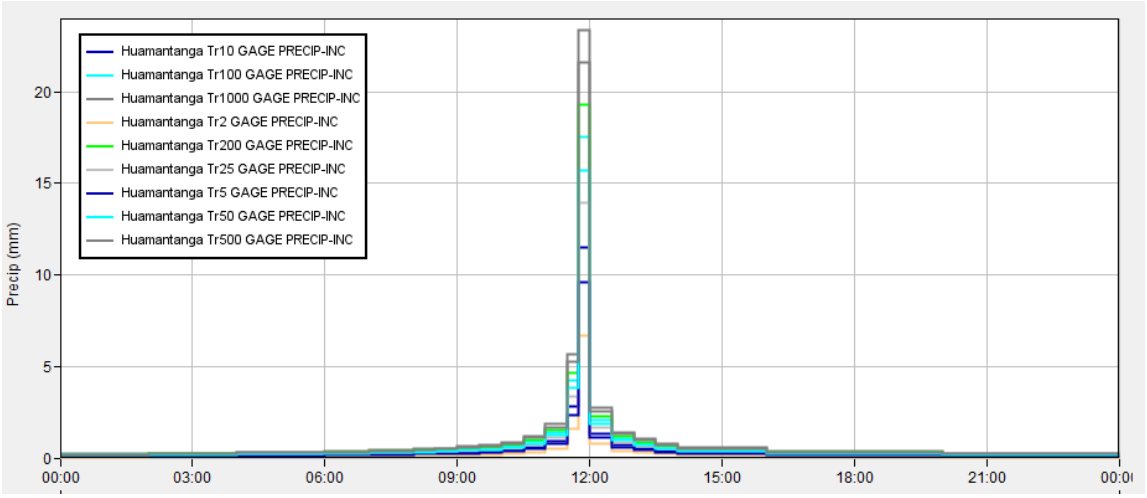
Hietograma de diseño para la estación Chosica para diferentes periodos de retorno



Nota: Elaboración propia.

Figura 49

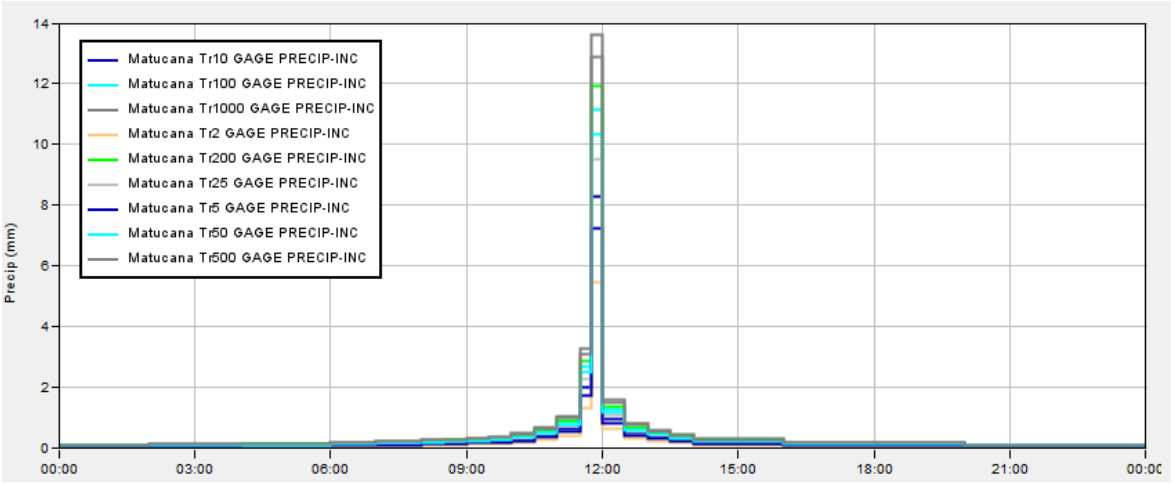
Hietograma de diseño para la estación Huamantanga para diferentes periodos de retorno



Nota: Elaboración propia.

Figura 50

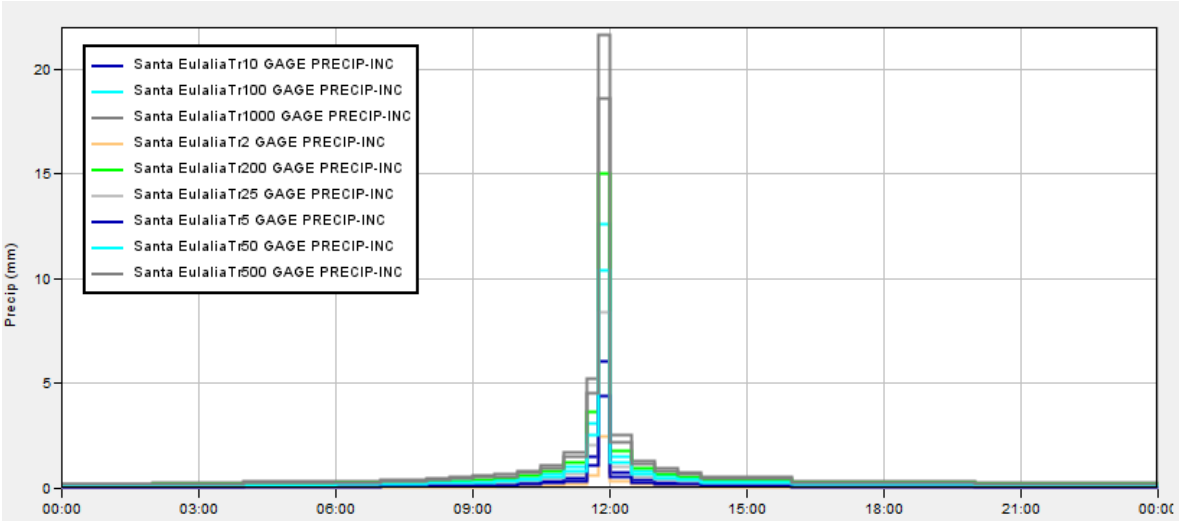
Hietograma de diseño para la estación Matucana para diferentes periodos de retorno



Nota: Elaboración propia.

Figura 51

Hietograma de diseño para la estación Santa Eulalia para diferentes periodos de retorno



Nota: Elaboración propia.

4.2.6. Numero de curva (CN) en la cuenca

Para calcular las pérdidas por infiltración, se ha utilizado la metodología del NRCS (anteriormente SCS). Este enfoque conceptual sostiene que una cuenca tiene una capacidad específica para almacenar la lluvia acumulada, la cual se reduce con el tiempo si la precipitación es continua.

En base a los valores de número de curva elaboradas por Ven Te Chow para distintas condiciones hidrológicas, Portuguez y Verano (2016) asignaron valores del uso del suelo según grupo hidrológico para un mapa temático de toda la región Perú. Donde, la Tabla 52 indica Los valores extraídos y asignados.

Figura 52

Valores CN de los grupos hidrológicos en Perú.

DESCRIPCION DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLOGICO			
	A	B	C	D
Cuerpos de agua	100	100	100	100
Nevados	98	98	98	98
Centros poblados	77	85	90	92
Cultivos/Áreas intervenidas	62	71	78	81
Matorral arbustivo abierto	45	66	77	83
Pradera en zona de clima frio	68	79	86	89
Sabana de árboles leñosos	45	66	77	83
Sabana hidromorfica	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical con bambúes	25	55	70	77
Selva temporal de hojas anchas	25	55	70	77
Selva hidrofitica	39	61	74	80
Desierto en zona de clima árido	72	81	88	91

Nota: ANA y SNIRH (2015)

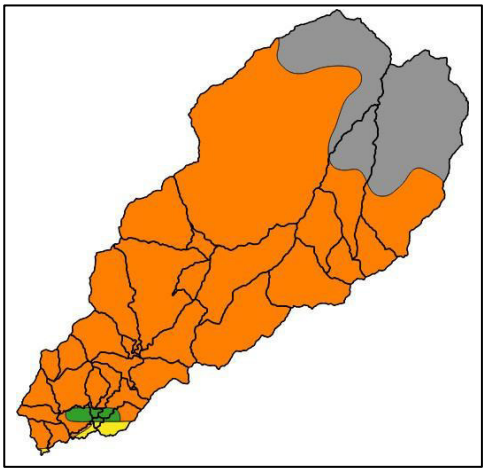
El mapa temático del Número de Curva (CN), elaborado a escala nacional, es un recurso fundamental para los modelos hidrológicos de precipitación-escorrentía. Este mapa se generó utilizando información de mapas temáticos de cobertura y uso del suelo, mapas temáticos de

suelos y Modelos Digitales de Elevación. Además, se basó en valores teóricos para cada grupo hidrológico de suelos (ANA y SNIRH 2015).

Sobre el mapa temático CN se procede a ubicar, colocar y recortar la cuenca en estudio, referenciada en coordenadas, a fin de conocer los valores teóricos CN que representa la cuenca.

Figura 53

Ubicación de la cuenca de estudio en el Mapa Número de Curva – Condiciones normales



Nota: Elaboración propia.

Posteriormente, a partir de los datos disponible (valores CN y sus respectivas áreas que ocupan en cada subcuenca) se aplicó el siguiente procedimiento:

- ✓ Cálculo del área de cada subcuenca
- ✓ Cálculo de las áreas de los sectores coloreados, correspondiente a los valores CN, dentro de cada subcuenca.
- ✓ Elección según criterio y experiencia del valor CN que se encuentren dentro del rango de cada sector coloreado, es decir, entre el mínimo y máximo.
- ✓ Determinación del valor CN ponderado de cada subcuenca en función de la calibración del modelo.

Es importante mencionar que: los valores CN ponderados y determinados en el procedimiento anterior pueden ser ajustados; dado que, las coberturas son variables muy vulnerables, ya que dependen principalmente de actividades antropogénicas (agricultura,

minería, deforestación, etc.). Estos cambios de uso y/o alteración de la superficie afecta directamente a los valores adimensionales del CN ya generados. Razón por la cual, estos valores (CN ponderado) son ajustados en base a otros medios de información disponible tales como, registro de data histórica de imágenes satelitales, fotografías in situ, etc. Los valores teóricos y ajustados se enseñan en la Tabla 81.

Tabla 81

Valores de CN asignados a cada subcuenca en estudio.

Subcuenca	CN	Subcuenca	CN
SB-00	65.49	SB-18	77.50
SB-01	69.18	SB-19	77.50
SB-02	77.50	SB-20	77.50
SB-03	77.50	SB-21	77.48
SB-04	77.50	SB-22	77.37
SB-05	77.50	SB-23	76.33
SB-06	77.50	SB-24	71.13
SB-07	77.50	SB-25	79.81
SB-08	73.71	SB-26	77.15
SB-09	77.50	SB-27	77.50
SB-10	77.50	SB-28	77.50
SB-11	77.50	SB-29	77.50
SB-12	77.50	SB-30	77.50
SB-13	77.50	SB-31	77.46
SB-14	77.50	SB-32	73.69
SB-15	77.50	SB-33	82.37
SB-16	77.50	SB-34	77.58
SB-17	77.50	SB-40	78.13

Nota: Elaboración propia.

4.2.7. Modelo Precipitación - Escorrentía

La metodología consiste en estimar caudales máximos a partir de las precipitaciones registradas en la estación elegida. Para ello se divide en subcuencas la cuenca de estudio y se determinan sus respectivas características geomorfológicas. Luego, las pérdidas por infiltración y la precipitación neta en el tiempo, son estimadas a fin de elaborarse un Hidrogramas Unitario de donde se estima la escorrentía directa. Después, a la escorrentía directa se suma o no una

estimación del caudal base (en caso se cuente con información suficiente) y se estima el hidrograma de salida.

En este análisis, se utiliza el modelo del hidrograma unitario del SCS, en el que el parámetro de entrada clave es el tiempo de retardo (T_{lag}). Este parámetro se entiende como el intervalo de tiempo transcurrido entre el centroide de la masa de precipitación y el inicio de la respuesta del hidrograma.

Después de encontrar los parámetros geomorfológicos de la cuenca y asignarle un número de curva, se obtuvieron en la tabla 82 los tiempos de retardo mostrados (t_{lag}).

Tabla 82

Valores de Tlag (min) asignados a cada subcuenca en estudio.

Subcuenca	Tlag (min)	Subcuenca	Tlag (min)
SB-34	165.14	SB-16	61.80
SB-33	130.87	SB-15	54.75
SB-31	39.01	SB-17	15.67
SB-30	71.24	SB-12	46.13
SB-32	47.26	SB-13	62.97
SB-29	75.78	SB-14	67.71
SB-28	107.82	SB-11	39.29
SB-27	119.69	SB-09	65.19
SB-25	207.45	SB-10	37.42
SB-23	61.19	SB-03	53.30
SB-24	31.50	SB-02	46.69
SB-40	49.93	SB-05	40.98
SB-22	133.13	SB-04	33.22
SB-26	100.97	SB-06	52.00
SB-20	90.81	SB-07	76.81
SB-21	29.35	SB-08	68.27
SB-18	56.55	SB-01	38.07
SB-19	26.41	SB-00	41.70

Nota: Elaboración propia.

4.2.8. Modelamiento hidrológico

Para realizarlo, se dividió la cuenca estudiada en subcuencas en base a los puntos de interés, siendo enseñado en la Figura 5.

La data de entrada para la simulación comprende los datos de las estaciones pluviométrica y los datos morfológicos de cada subcuenca y.

El programa empleado para la simulación es el software HEC-HMS 4.11 Este software es aceptado oficialmente por agencias estatales y federales de los Estados Unidos a fin de estimar caudales en base a simulaciones hidrológicas. Este software es también usado en países de Asia, Europa y América Latina.

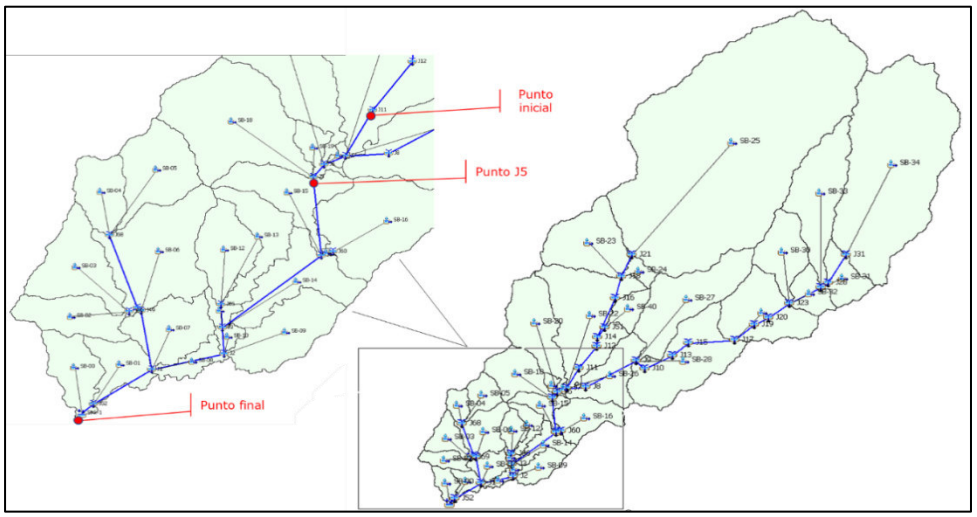
Los caudales de diseño, obtenidos a través del modelamiento hidrológico, fueron estimados para periodos de retorno de 2, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años. Estos caudales se utilizarán para evaluar las distintas variables relacionadas con el tipo e importancia de las estructuras hidráulicas planificadas en la zona estudiada. Donde la Figura 53 indica el esquema de la cuenca.

Para la simulación hidrológica se utilizaron las siguientes consideraciones:

- Método de Perdidas: SCS – Numero de Curva
- Método de transformación: Método del hidrograma unitario del SCS
- Método de tránsito: Muskingum

Figura 54

Esquema HEC-HMS de la cuenca de estudio.



Nota: Elaboración propia.

Para determinar el tiempo de retardo en cada subcuenca se aplicó a formula de retardo del SCS (Tlag)

$$T_{lag} = 0.6T_c$$

Se muestra en la Tabla 83 los resultados del tiempo de retardo y además los datos de entradas al modelo hidrológico.

Tabla 83

Parámetros de la Subcuenca

Nombre	área (km2)	Pendiente media de la subcuenca (m/m)	Desnivel subcuenca (m)	Tc Seleccionado (horas)	Tlag (horas)	Tlag (minutos)	CN
SB-34	72.86	0.47	2660	4.59	2.75	165.14	65.49
SB-33	21.85	0.42	1867	3.64	2.18	130.87	69.18
SB-31	7.29	0.47	866	1.08	0.65	39.01	78.50
SB-30	11.57	0.45	1269	1.98	1.19	71.24	78.50
SB-32	5.58	0.47	654	1.31	0.79	47.26	78.50
SB-29	18.45	0.48	1071	2.10	1.26	75.78	78.50
SB-28	23.81	0.51	1223	2.99	1.80	107.82	78.50
SB-27	22.16	0.48	1554	3.32	1.99	119.69	78.50
SB-25	158.63	0.48	2636	5.76	3.46	207.45	78.50
SB-23	17.70	0.46	1395	1.70	1.02	61.19	78.50
SB-24	2.26	0.37	682	0.88	0.53	31.50	78.50
SB-40	4.09	0.45	722	1.39	0.83	49.93	78.50
SB-22	31.21	0.37	1555	3.70	2.22	133.13	78.50
SB-26	10.85	0.41	788	2.80	1.68	100.97	78.50

SB-20	15.45	0.47	1566	2.52	1.51	90.81	78.50
SB-21	0.24	0.19	116	0.82	0.49	29.35	78.50
SB-18	9.00	0.42	901	1.57	0.94	56.55	78.50
SB-19	1.06	0.38	531	0.73	0.44	26.41	78.50
SB-16	8.02	0.37	830	1.72	1.03	61.80	78.50
SB-15	3.62	0.35	824	1.52	0.91	54.75	78.50
SB-17	0.05	0.06	14	0.44	0.26	15.67	78.50
SB-12	3.21	0.36	761	1.28	0.77	46.13	77.48
SB-13	2.93	0.33	855	1.75	1.05	62.97	77.37
SB-14	4.05	0.17	523	1.88	1.13	67.71	76.33
SB-11	0.52	0.07	44	1.09	0.65	39.29	71.13
SB-09	4.12	0.23	478	1.81	1.09	65.19	79.81
SB-10	0.44	0.08	33	1.04	0.62	37.42	77.15
SB-03	4.19	0.32	468	1.48	0.89	53.30	77.50
SB-02	2.84	0.38	472	1.30	0.78	46.69	77.50
SB-05	4.15	0.45	871	1.14	0.68	40.98	77.50
SB-04	2.53	0.40	527	0.92	0.55	33.22	77.50
SB-06	7.09	0.27	891	1.44	0.87	52.00	77.46
SB-07	3.41	0.10	157	2.13	1.28	76.81	73.69
SB-08	1.07	0.07	44	1.90	1.14	68.27	82.37
SB-01	2.08	0.20	307	1.06	0.63	38.07	77.58
SB-00	2.55	0.33	391	1.16	0.69	41.70	78.13

Nota: Elaboración propia.

Con los datos expuestos anteriormente y con la ayuda del software HEC HMS se procedió a calcular los caudales máximos en la zona de estudio. Los caudales máximos obtenidos con la ayuda del modelo HEC HMS, se muestran en la siguiente tabla y representan los caudales máximos para los periodos de retorno (Tr) en cada punto de interés.

Tabla 84

Caudales en los puntos de estudio (punto final).

Tr (años)	**Q_{max} (m^3/s)**
2	0.000
5	0.563
10	3.999
25	20.684
50	46.506
100	87.505
200	146.849
500	258.780
1000	373.532

Nota: Elaboración propia.

Tabla 85

Caudales en los puntos de estudio (punto Inicial).

Tr (años)	**Q_{max} (m^3/s)**
2	0.000
5	0.000
10	0.029
25	0.490
50	1.762
100	4.095
200	7.895
500	15.338
1000	23.081

Nota: Elaboración propia.

Tabla 86

Caudales en los puntos de estudio (punto J5).

Tr (años)	Qmax (m3/s)
2	0.000
5	0.586
10	4.036
25	20.281
50	45.418
100	85.142
200	142.192
500	248.765
1000	357.087

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 87 muestra los hidrogramas de los caudales de máximas resultado del HECHMS.

Tabla 87

Hidrograma de caudales máximos (punto J5).

T (Min)	Tr = 2 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años	Tr = 200 años	Tr = 500 años	Tr = 1000 años
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
105	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
135	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
165	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
195	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
225	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
285	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
315	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
345	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
375	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
390	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
405	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
420	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
435	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
450	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
465	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
480	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
495	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
510	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
525	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
540	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32
555	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.49

570	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.70
585	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.95
600	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	1.27
615	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	1.67
630	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	2.19
645	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	2.90
660	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.23	3.83
675	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	1.81	5.14
690	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	2.67	6.97
705	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	1.01	4.46	10.38
720	0.00	0.00	0.00	0.10	0.63	2.00	5.12	12.62	23.18
735	0.00	0.00	0.00	0.36	2.01	5.75	12.59	27.20	45.24
750	0.00	0.00	0.00	0.69	3.53	9.55	19.71	41.09	67.66
765	0.00	0.00	0.00	0.96	4.42	11.49	23.46	49.75	80.86
780	0.00	0.00	0.00	1.22	5.30	13.42	26.95	56.47	90.85
795	0.00	0.00	0.00	1.51	6.17	15.24	30.28	62.85	100.23
810	0.00	0.00	0.00	1.82	7.08	17.19	33.92	69.72	110.13
825	0.00	0.00	0.00	2.21	8.36	20.07	39.28	79.55	124.16
840	0.00	0.00	0.00	2.64	9.76	23.18	44.92	90.15	140.13
855	0.00	0.00	0.00	3.08	11.18	26.34	50.76	101.41	157.31
870	0.00	0.00	0.00	3.54	12.61	29.50	56.65	112.93	175.00
885	0.00	0.00	0.01	4.01	14.07	32.75	62.74	124.77	192.93
900	0.00	0.00	0.02	4.50	15.63	36.21	69.18	137.18	211.47
915	0.00	0.00	0.03	5.02	17.24	39.80	75.85	149.91	230.34
930	0.00	0.00	0.04	5.57	18.98	43.63	82.95	163.30	250.07
945	0.00	0.00	0.06	6.16	20.80	47.61	90.21	176.79	269.81
960	0.00	0.00	0.08	6.76	22.57	51.39	96.95	189.03	287.55
975	0.00	0.00	0.10	7.34	24.19	54.70	102.67	199.10	301.91
990	0.00	0.00	0.12	7.89	25.58	57.37	107.06	206.43	312.09
1005	0.00	0.00	0.14	8.40	26.72	59.35	110.06	211.00	318.09
1020	0.00	0.00	0.17	8.88	27.66	60.81	112.02	213.51	320.95
1035	0.00	0.00	0.22	9.36	28.52	62.01	113.44	214.92	322.11
1050	0.00	0.00	0.27	9.86	29.40	63.20	114.78	216.11	322.86
1065	0.00	0.00	0.34	10.42	30.38	64.56	116.39	217.73	324.15
1080	0.00	0.00	0.43	11.05	31.53	66.22	118.48	220.17	326.56
1095	0.00	0.00	0.53	11.77	32.85	68.22	121.16	223.58	330.29
1110	0.00	0.00	0.66	12.56	34.35	70.54	124.33	227.81	335.13
1125	0.00	0.00	0.81	13.42	35.97	73.06	127.82	232.51	340.56
1140	0.00	0.00	0.98	14.32	37.65	75.64	131.35	237.22	345.95
1155	0.00	0.00	1.17	15.24	39.29	78.11	134.67	241.51	350.69
1170	0.00	0.00	1.37	16.14	40.85	80.36	137.55	245.01	354.33
1185	0.00	0.00	1.59	17.01	42.24	82.26	139.85	247.49	356.53
1200	0.00	0.00	1.81	17.80	43.42	83.73	141.43	248.77	357.09
1215	0.00	0.00	2.04	18.51	44.35	84.70	142.19	248.71	355.83
1230	0.00	0.01	2.26	19.10	44.99	85.14	142.10	247.27	352.74
1245	0.00	0.01	2.48	19.57	45.34	85.05	141.18	244.52	347.89

1260	0.00	0.02	2.69	19.92	45.42	84.46	139.51	240.61	341.54
1275	0.00	0.03	2.90	20.15	45.24	83.44	137.18	235.72	333.91
1290	0.00	0.03	3.09	20.27	44.83	82.05	134.32	230.03	325.29
1305	0.00	0.05	3.26	20.28	44.22	80.34	131.02	223.73	315.91
1320	0.00	0.06	3.42	20.20	43.44	78.40	127.40	216.98	305.99
1335	0.00	0.08	3.55	20.03	42.53	76.27	123.55	209.95	295.73
1350	0.00	0.09	3.67	19.79	41.51	74.02	119.57	202.75	285.30
1365	0.00	0.11	3.77	19.49	40.42	71.71	115.52	195.50	274.84
1380	0.00	0.13	3.85	19.14	39.29	69.37	111.48	188.30	264.45
1395	0.00	0.15	3.91	18.76	38.14	67.05	107.50	181.22	254.23
1410	0.00	0.17	3.96	18.36	36.99	64.77	103.60	174.28	244.23
1425	0.00	0.20	4.00	17.95	35.85	62.55	99.81	167.54	234.48
1440	0.00	0.22	4.02	17.53	34.73	60.40	96.15	161.02	225.03
1455	0.00	0.24	4.03	17.09	33.64	58.31	92.60	154.67	215.82
1470	0.00	0.27	4.04	16.65	32.55	56.26	89.11	148.44	206.78
1485	0.00	0.29	4.03	16.21	31.48	54.25	85.71	142.36	197.95
1500	0.00	0.31	4.01	15.77	30.45	52.34	82.46	136.53	189.46
1515	0.00	0.34	4.00	15.35	29.48	50.52	79.36	130.97	181.38
1530	0.00	0.36	3.97	14.94	28.55	48.80	76.43	125.71	173.71
1545	0.00	0.38	3.95	14.55	27.68	47.16	73.65	120.71	166.43
1560	0.00	0.41	3.91	14.16	26.83	45.60	70.99	115.93	159.48
1575	0.00	0.43	3.88	13.78	26.01	44.08	68.42	111.33	152.81
1590	0.00	0.45	3.83	13.40	25.21	42.60	65.92	106.89	146.38
1605	0.00	0.46	3.79	13.03	24.43	41.16	63.49	102.59	140.17
1620	0.00	0.48	3.74	12.66	23.65	39.74	61.12	98.42	134.17
1635	0.00	0.50	3.68	12.28	22.89	38.35	58.80	94.36	128.35
1650	0.00	0.51	3.62	11.91	22.13	36.97	56.52	90.40	122.70
1665	0.00	0.52	3.55	11.53	21.37	35.60	54.28	86.52	117.18
1680	0.00	0.54	3.49	11.14	20.61	34.24	52.05	82.70	111.78
1695	0.00	0.55	3.41	10.76	19.86	32.89	49.86	78.96	106.51
1710	0.00	0.56	3.34	10.38	19.11	31.55	47.70	75.31	101.38
1725	0.00	0.57	3.26	10.00	18.37	30.25	45.60	71.78	96.43
1740	0.00	0.57	3.19	9.62	17.65	28.98	43.57	68.38	91.68
1755	0.00	0.58	3.11	9.26	16.95	27.76	41.62	65.13	87.16
1770	0.00	0.58	3.03	8.91	16.27	26.58	39.75	62.02	82.84
1785	0.00	0.59	2.95	8.56	15.62	25.43	37.95	59.05	78.73
1800	0.00	0.59	2.87	8.22	14.97	24.33	36.21	56.20	74.80
1815	0.00	0.58	2.78	7.88	14.34	23.24	34.52	53.44	71.02
1830	0.00	0.58	2.69	7.54	13.70	22.17	32.87	50.76	67.36
1845	0.00	0.57	2.59	7.19	13.07	21.10	31.23	48.14	63.80
1860	0.00	0.56	2.48	6.83	12.43	20.04	29.61	45.57	60.32
1875	0.00	0.54	2.37	6.47	11.78	18.97	28.01	43.04	56.91
1890	0.00	0.52	2.25	6.10	11.13	17.91	26.42	40.55	53.57
1905	0.00	0.50	2.13	5.73	10.47	16.86	24.85	38.11	50.30
1920	0.00	0.48	2.00	5.35	9.82	15.82	23.31	35.72	47.12
1935	0.00	0.46	1.87	4.98	9.18	14.79	21.79	33.38	44.01

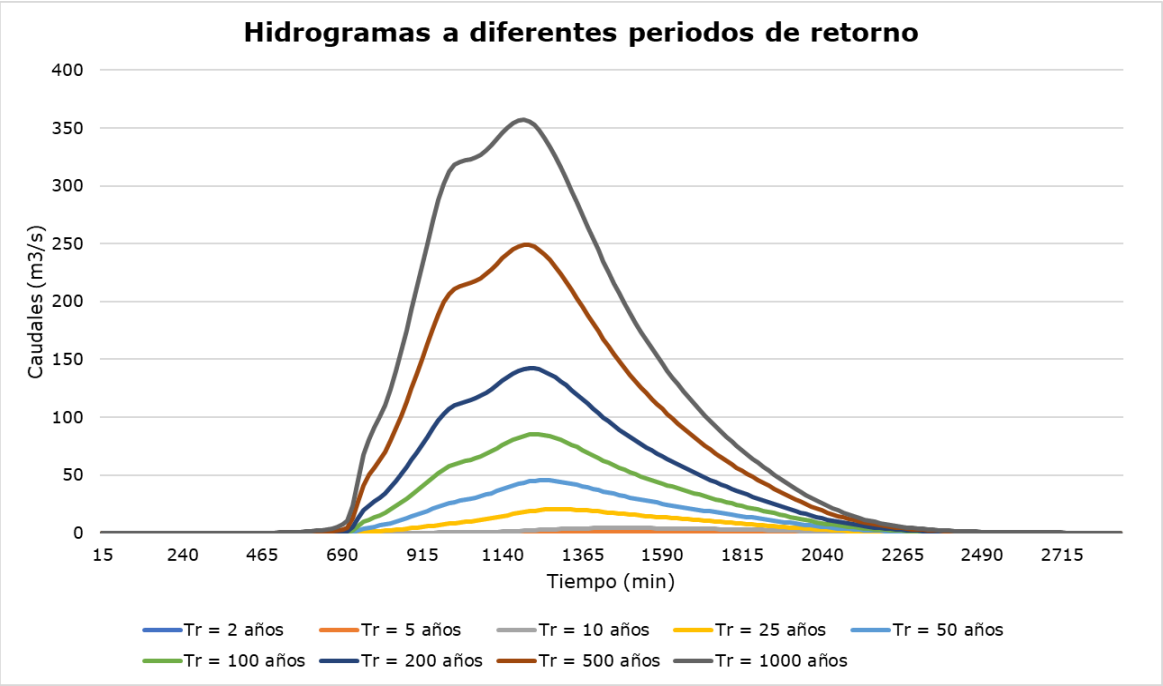
1950	0.00	0.43	1.74	4.62	8.54	13.78	20.31	31.10	41.00
1965	0.00	0.40	1.61	4.26	7.92	12.79	18.87	28.90	38.09
1980	0.00	0.38	1.49	3.91	7.31	11.84	17.47	26.77	35.28
1995	0.00	0.35	1.36	3.57	6.73	10.92	16.13	24.73	32.59
2010	0.00	0.32	1.24	3.25	6.17	10.04	14.85	22.78	30.02
2025	0.00	0.29	1.13	2.95	5.64	9.20	13.63	20.92	27.58
2040	0.00	0.27	1.03	2.67	5.14	8.41	12.48	19.17	25.27
2055	0.00	0.24	0.93	2.40	4.67	7.67	11.39	17.51	23.10
2070	0.00	0.22	0.83	2.16	4.24	6.97	10.37	15.96	21.06
2085	0.00	0.20	0.75	1.94	3.83	6.33	9.42	14.51	19.15
2100	0.00	0.18	0.67	1.74	3.46	5.73	8.54	13.16	17.37
2115	0.00	0.16	0.60	1.55	3.12	5.17	7.72	11.91	15.72
2130	0.00	0.15	0.54	1.39	2.80	4.66	6.97	10.75	14.19
2145	0.00	0.13	0.48	1.24	2.51	4.19	6.27	9.68	12.78
2160	0.00	0.12	0.43	1.10	2.25	3.76	5.63	8.70	11.49
2175	0.00	0.11	0.38	0.98	2.01	3.37	5.05	7.80	10.30
2190	0.00	0.09	0.34	0.87	1.80	3.01	4.52	6.98	9.22
2205	0.00	0.08	0.30	0.78	1.61	2.69	4.03	6.23	8.23
2220	0.00	0.08	0.27	0.69	1.43	2.40	3.60	5.56	7.33
2235	0.00	0.07	0.24	0.61	1.27	2.13	3.20	4.94	6.52
2250	0.00	0.06	0.21	0.54	1.13	1.90	2.84	4.39	5.79
2265	0.00	0.05	0.19	0.48	1.00	1.68	2.52	3.89	5.14
2280	0.00	0.05	0.17	0.43	0.89	1.49	2.24	3.45	4.55
2295	0.00	0.04	0.15	0.38	0.79	1.32	1.98	3.05	4.02
2310	0.00	0.04	0.13	0.34	0.70	1.17	1.75	2.69	3.55
2325	0.00	0.03	0.12	0.30	0.62	1.03	1.54	2.38	3.13
2340	0.00	0.03	0.11	0.26	0.55	0.91	1.36	2.10	2.76
2355	0.00	0.03	0.09	0.23	0.48	0.81	1.20	1.85	2.43
2370	0.00	0.02	0.08	0.21	0.43	0.71	1.06	1.62	2.13
2385	0.00	0.02	0.07	0.18	0.38	0.63	0.93	1.43	1.87
2400	0.00	0.02	0.07	0.16	0.33	0.55	0.82	1.25	1.64
2415	0.00	0.02	0.06	0.14	0.29	0.48	0.72	1.10	1.44
2430	0.00	0.02	0.05	0.13	0.26	0.42	0.63	0.96	1.26
2445	0.00	0.01	0.05	0.11	0.23	0.37	0.55	0.84	1.10
2460	0.00	0.01	0.04	0.10	0.20	0.33	0.48	0.74	0.96
2475	0.00	0.01	0.04	0.09	0.17	0.29	0.42	0.64	0.84
2490	0.00	0.01	0.03	0.08	0.15	0.25	0.37	0.56	0.73
2505	0.00	0.01	0.03	0.07	0.13	0.22	0.32	0.49	0.64
2520	0.00	0.01	0.02	0.06	0.12	0.19	0.28	0.43	0.56
2535	0.00	0.01	0.02	0.05	0.10	0.17	0.24	0.37	0.48
2550	0.00	0.01	0.02	0.05	0.09	0.15	0.21	0.32	0.42
2565	0.00	0.00	0.02	0.04	0.08	0.13	0.18	0.28	0.36
2580	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	0.11	0.16	0.24	0.31
2595	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.14	0.21	0.27
2610	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	0.08	0.12	0.18	0.23
2625	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	0.10	0.15	0.20

2640	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.06	0.09	0.13	0.17
2655	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.11	0.15
2670	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	0.06	0.09	0.12
2685	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.05	0.08	0.10
2700	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.07	0.09
2715	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07
2730	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06
2745	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.05
2760	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04
2775	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
2790	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
2805	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
2820	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
2835	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
2850	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2865	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2880	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Nota: Elaboración propia.

Figura 55

Hidrogramas de caudal a diferentes periodos de retorno.



Nota: Elaboración propia.

Finalmente. La modelación de la inundación se realizará tomando como base los caudales de diseño en diversos periodos de retorno en el punto J5, este punto se ubicó en la parte superior de la quebrada Cajamarquilla.

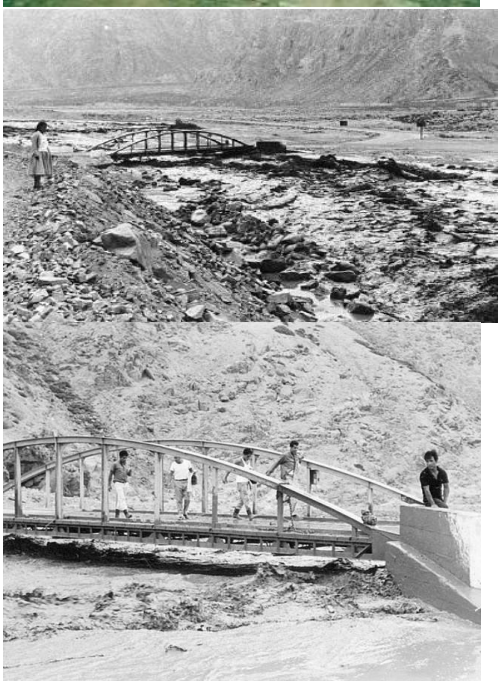
4.2.9. Identificación de la Inundación

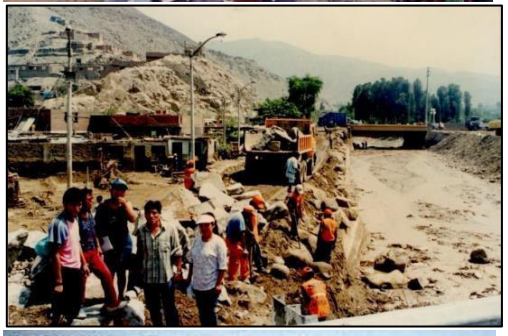
En la Subcuenca Huaycoloro, se han identificado varios peligros naturales significativos, incluidos inundaciones, flujos de lodo, deslizamientos, derrumbes, erosión de riberas y desprendimientos de taludes. Las inundaciones suelen ocurrir durante la temporada de lluvias, que se extiende de enero a marzo, debido a la presencia de materiales en suspensión y de fondo en el agua. Estos materiales contribuyen a la formación de huaycos, derrumbes y desprendimientos de rocas, resultado de la inestabilidad de los taludes, que son transportados por el flujo de agua y colman el cauce, incrementando la capacidad de conducción y provocando inundaciones. La ubicación de las viviendas en las tierras bajas a lo largo del cauce, sin respetar la franja marginal, también agrava el riesgo de inundación. Además, la falta de sistemas adecuados de agua y desagüe, junto con la descarga de aguas residuales, incrementa el caudal en épocas de avenidas, contribuyendo al desbordamiento del río.

Tabla 88

Principales huaycos e inundaciones en la subcuenca Huaycoloro.

Fecha	Tipo de Fenómeno	Daños y Efectos	
1961	Huaycos	Huayco en la quebrada Huaycoloro (Instituto Geofísico del Perú).	

Fecha	Tipo de Fenómeno	Daños y Efectos	
			
1967	Huaycos	Deslizamiento y huayco en la quebrada Huaycoloro.	
13 Feb 1972	Inundaciones y Huaycos	Familias afectadas en Huachipa están viviendo en carpas, carros cisternas proveen de agua y alimentos a damnificados. La carretera que va a las ruinas de Cajamarquilla está afectada.	--
9 Feb 1983	Huaycos.	Crecida del río amenaza 40 casas en Huachipa, 2 menores de edad y 2 adultos desaparecidos, granjas	--

Fecha	Tipo de Fenómeno	Daños y Efectos	
		dañadas, daños que superan los millones de soles.	
16 Ene 1998	Huaycos	Crecida del río Huaycoloro produjo Huaycos y en la avenida Malecón checa llegando hasta el centro de Lima.	 
23 Feb 1998	Huaycos	Desborde del río Huaycoloro siembra pánico en el poblado de Cajamarquilla y Santa María de Huachipa, Distrito de San Juan de Lurigancho, incluyendo Zárate y Campoy así como el distrito del Rímac. Huaycos de grandes proporciones cayeron a la altura del Km 49 de la carretera central.	 
2002	Huaycos	Deslizamiento de taludes en las márgenes de la quebrada Huaycoloro producto de la intensas lluvias en la quebrada Huaycoloro.	

Fecha	Tipo de Fenómeno	Daños y Efectos	
			 
10 Mar 2012 (7:00 pm)	Huaycos e inundaciones	Crecida del río Huaycoloro sembró pánico en los poblados de Santa María de Huachipa, Cajamarquilla, (Distrito de Lurigancho), causando pérdidas infraestructurales y ganadería.	
2017		El desborde del río Huaycoloro afectó desde la zona de Campoy, Huachipa y otras zonas colindantes de la autopista Ramiro Prialé. Por su paso dejó agua, lodo, desmonte que afectaron viviendas y comercios.	 

Nota: Elaboración propia.

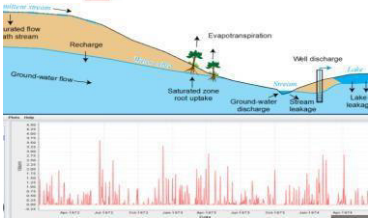
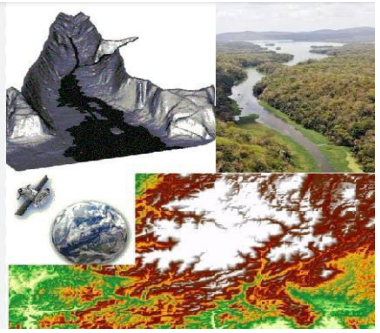
4.2.10. Modelo de Peligros por inundación

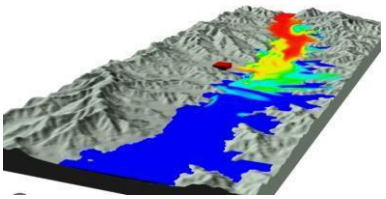
a. **Modelo Conceptual:** El modelo de peligros determina las áreas susceptibles a inundaciones dentro de la subcuenca, considerando los factores físicos que favorecen estos eventos y su relación con las precipitaciones progresivas en la región. Además, el modelo proyecta posibles desbordamientos de agua y ofrece recomendaciones para mitigar o reducir los efectos en la población y la infraestructura en las áreas afectadas. En esencia, el modelo tiene como fin el de identificar y prever las áreas con preponderante riesgo de inundación.

b. **Matriz de descripción del Modelo:** presentada en la tabla 89.

Tabla 89

Descripción del Modelo de Peligros por Inundaciones

Modelo	Modelo de Peligros por Inundaciones	Indicador
Objetivo	Determinar el valor del peligro dentro de la sub cuenca Huaycoloro (Bajo, Medio, Alto y muy balto), frente a un evento como las inundaciones	
Datos requeridos	Geomorfología, pendiente, Precipitaciones, cobertura vegetal.	
Criterios	Geomorfología: Brinda las características del relieve. Pendiente: Permite analizar la erosión del suelo relacionado con la pendiente. Precipitaciones máximas en 24 horas: relacionada que, a mayor precipitación, es decir mayores lluvias torrenciales favorecen a la inundación. Cobertura Vegetal: Brinda las características de densidad de vegetación. Determinar el grado de peligros por inundaciones (Bajo (0-2), Medio(3-5), Alto(6-8) y Muy Alto (9-10)), de las áreas de cada mapa temático por separado.	

Procedimiento de análisis	Determinar el grado de peligros por inundaciones de todos los mapas (multivariables), teniendo en cuenta que cada mapa tiene el mismo valor. Elaboración del Mapa temático del modelo. Tool Raster to Polygon	

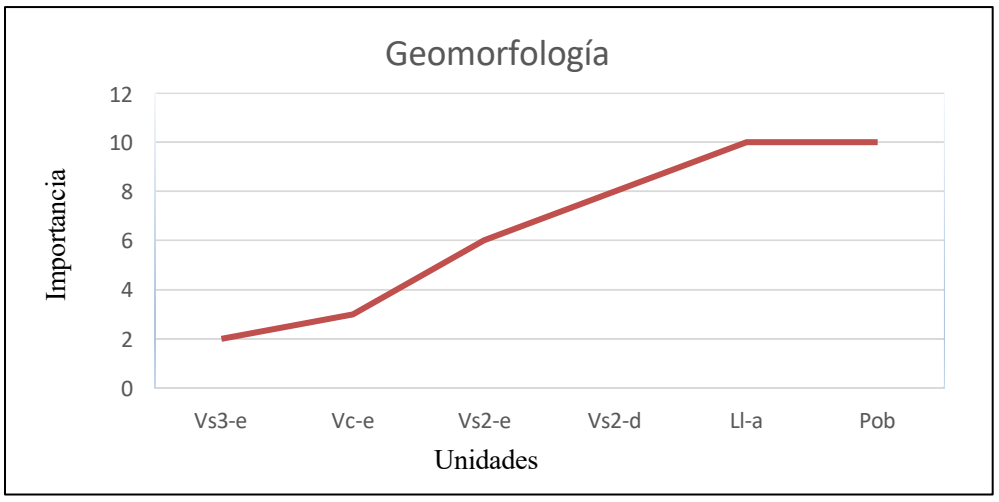
Nota: Adaptado de Tesis "Jaime Federico Montenegro Pisfil"

c. **Análisis de las variables del modelo:** Se consideran las siguientes variables para el modelo:

- **Geomorfología**, En el análisis de la subcuenca, la geomorfología es una variable crucial, ya que el mapa proporciona información sobre las áreas identificadas en campo que podrían experimentar eventos como inundaciones. Esto permite definir zonas de influencia (buffers) alrededor de estas áreas y comparar los datos recogidos en campo con los obtenidos durante el procesamiento en gabinete. Las unidades con eventos geomorfológicos recibirán una ponderación más alta, mientras que aquellas que no presentan estas características recibirán una ponderación de "0", (ver figura 72).

Figura 56

Geomorfología.

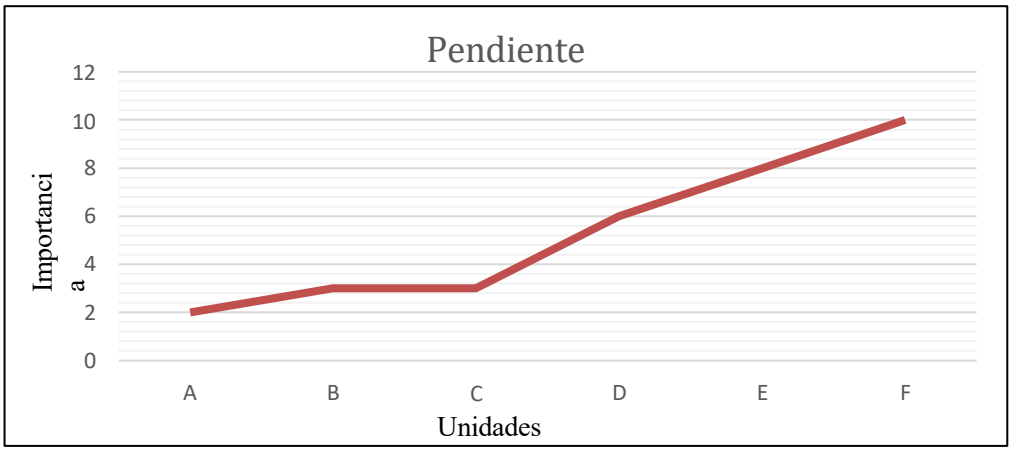


Nota: Elaboración Propia.

- **Pendiente:** Indica que mientras más presente más tiende a disminuir la probabilidad de inundaciones, puesto que, las zonas con pendientes suaves son más susceptibles a estos eventos debido a su capacidad para retener agua. En contraste, las áreas con pendientes pronunciadas facilitan el drenaje rápido del agua, reduciendo así la probabilidad de inundaciones (ver figura 73).

Figura 57

Pendiente

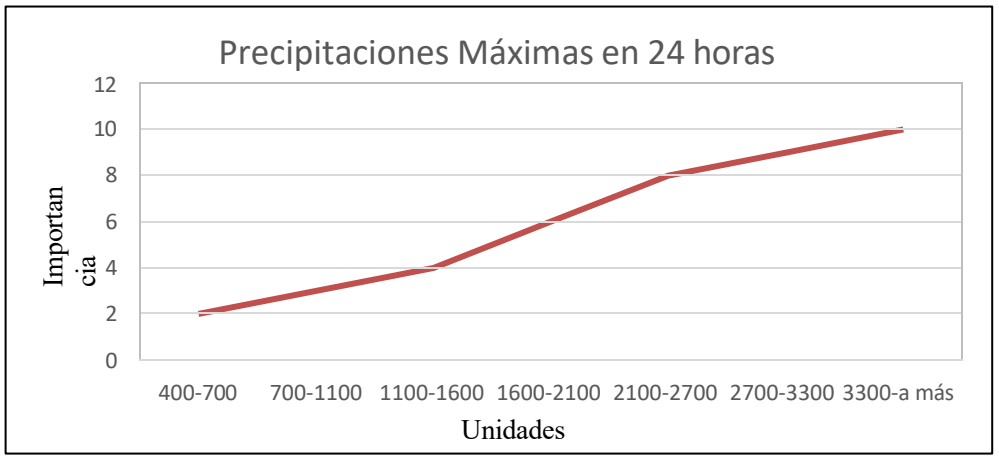


Nota: Elaboración Propia.

- **Precipitación máxima en 24 horas**: Se evalúa que las precipitaciones intensas incrementan las inundaciones en la subcuenca baja, ya que bajo ciertas condiciones pueden incrementar la escorrentía o el caudal del agua, y en función al tiempo de concentración de la subcuenca podrían originar caudales fuera de lo normal, provocando así desbordes e inundaciones, deslizamientos de taludes y erosión de las riberas. (Figura 74).

Figura 58

Precipitación en 24 horas

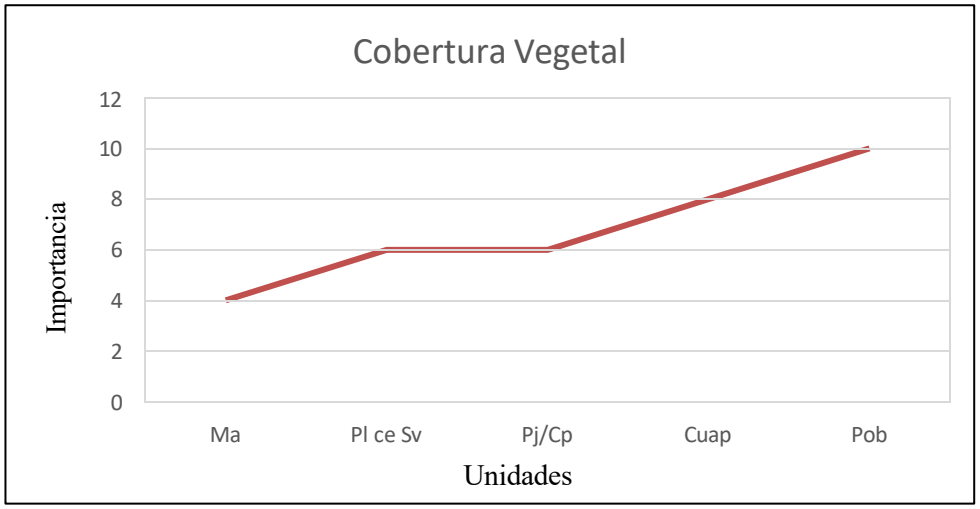


Nota: Elaboración propia.

- **Cobertura vegetal**: En el análisis de esta variable, se considera la limitada vegetación y la aridez del terreno. Además, la vegetación desempeña un rol fundamental en la incidencia de huaycos, por ello, las áreas con vegetación densa recibirán una ponderación baja en términos de riesgo, ya que actúan como barreras naturales contra deslizamientos. En contraste, las zonas desprovistas de vegetación tendrán una ponderación alta, debido a su mayor susceptibilidad a estos eventos. (ver figura 75).

Figura 59

Cobertura Vegetal



Nota: Elaboración Propia.

a. Definición de algoritmos: Posteriormente de analizar la ponderación de 4 variables a cada unidad de las variables que forman parte de este modelo, los valores que se asignaran estarán en el rango de 0 a 10 siendo el valor cero para aquellas unidades que no favorezcan el modelo y 10 para aquellas que si favorezcan, donde bajo (0-2), medio (3-5), alto (6-8) y muy alto (9 a 10), Para el mapa que resulta de ejecución de este modelo se ha definido una leyenda con cuatro niveles de peligro según el valor obtenido luego el cálculo del modelo. La normal que se ha empleado para hacer el cálculo del modelo es la siguiente:

$$VM2 = \frac{[(P1M1 * F1M1) + (P2M1 * F2M1) + (P3M1 * F3M1) + (P4M1 * F4M1)]}{F1M1 + F2M1 + F3M1 + F4M1}$$

b. Ejecución del modelo: después de haber ponderado e integrado las variables se procede a integrarlas en un solo mapa que contenga unidades con atributos de las 4 variables analizadas mediante la metodología conocida **U**nidades **I**ntegradas de **T**erritorio, el procedimiento seguido para el modelo de inundación, se generara utilizando un criterio ponderativo es decir se ponderan las variables y luego se integran en un solo mapa para calcular el modelo según los algoritmos planteados. Las zonas del peligro de inundaciones obtenida según este modelo se observan en el Mapa N° 13 y los resultados obtenidos para este modelo según de peligros se resumen en la tabla 90.

4.2.11. Evaluación de los resultados

A partir del modelo de evaluación de peligros de inundación en la subcuenca Huaycoloro, se ha generado un Mapa de zonificación de estos peligros. Este mapa clasifica tres unidades de riesgo, utilizando como referencia la Matriz de zonificación de riesgos desarrollada por INDECI.

Tabla 90

Evaluación de los resultados.

Niveles	Valor	Características
Peligro Bajo/Nulo	0-2	Lugares planos o con escasa inclinación, roca y suelo compacto, con presencia de cobertura de vegetación. Terrenos elevados no susceptibles a inundaciones. Se refiere a las áreas más distantes de los dos núcleos más impactados de Jicamarca y Huachipa, entre otras áreas que, debido a su estabilidad fisiográfica y excelentes características del terreno, no presentan ningún riesgo o algún suceso de inundación.
Peligro Medio	3-5	Terrenos amenazados por inundaciones moderadas, ubicados en la parte central de la subcuenca; aquí se ubica el núcleo poblacional, similar a algunas áreas de Huachipa: Urb. San Antonio Viñedos, el club y las torres.
Peligro Alto	6-8	Se refiere a áreas propensas a inundaciones en varios segmentos del cauce, provocando el derramamiento de aguas o la aniquilación de sus muros de protección, dado que el caudal arrastra piedras de gran tamaño que deteriorarían estos muros y provocarían la inundación. Además, la población se ubica al borde del cauce, o sea, dentro de la faja marginal, lo que provocaría un mayor impacto a la comunidad.
Peligro Muy Alto	9-10	El área que provocaría el desborde se encuentra en la parte baja, siendo la población conocida como Cajamarquilla y C.P Santa María de Huachipa. Esto se debe a que el cauce es de menor tamaño y no aguantaría el caudal registrado. De esta manera, el desborde se produce en ambas márgenes del cauce aguas abajo, hasta alcanzar la altura del puente Ramiro Priale y el puente Heysen, sitio donde ocurren inundaciones

Nota: Elaboración Propia.

4.2.12. Análisis de Vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad facilita la identificación del nivel de impacto y las posibles pérdidas que un fenómeno natural podría ocasionar en una ciudad, afectando a familias, comunidades y la sociedad en general. En la subcuenca Huaycoloro, se ha llevado a cabo la evaluación de las áreas más propensas a sufrir daños, con el propósito de analizar instalaciones, edificaciones y estructuras que presentan un mayor riesgo ante inundaciones. Como resultado, se ha elaborado un mapa de vulnerabilidad que clasifica las diferentes zonas según su nivel de exposición al riesgo.

SALUD: El Ministerio de Salud (MINSA) proporciona los servicios de atención médica en esta área mediante las Postas Médicas de Huachipa y Nievería, gestionadas por la Dirección de Salud IV Lima Este (DISA IV). Según la clasificación del MINSA, estas postas pertenecen al nivel I-2 y disponen de un médico general, personal técnico en enfermería y personal de apoyo no médico. Los servicios ofrecidos incluyen atención general, urgencias y laboratorio.

Figura 60

Posta Médica en Nievería.



Nota: Cesal

Figura 61

Posta Médica en Huachipa.



Nota: Equipo PERD Huachipa

Debido a su categoría, los centros de salud en esta área no están equipados para brindar atención de internamiento a los pacientes. En situaciones que requieren atención médica más especializada, los habitantes deben trasladarse fuera de su localidad hacia centros de salud con mejores recursos y equipamiento adecuados.

Viviendas

La infraestructura física de las viviendas en los centros poblados de la subcuenca baja del río Huaycoloro está directamente relacionada con el riesgo pluvial. Muchas de estas viviendas se encuentran en la franja marginal del cauce, sin respetar los límites establecidos, lo que aumenta considerablemente su vulnerabilidad, especialmente en aquellas áreas que exceden los 0.2 km, catalogadas como de muy alto riesgo. En base a la visita de campo realizada en 2023 y al huaico de 2017. Se identificó que las viviendas construidas con concreto armado son el 65%, mientras que el 35% utilizan adobe, lo que añade un factor adicional de vulnerabilidad a estas últimas.

Tabla 91

Vulnerabilidad de viviendas

Vivienda	Inundación		vulnerabilidad
	barro	ladrillo	
Aviadores	*37*	*25*	V. muy alta
Aras del huayco	*28*	*20*	V. muy alta
Residencial Cajamarquilla	*29*	*21*	V. alta
Urb. Fundo Nievería 2 da etapa	*35*	*19*	V. muy alta
Asoc. Porcino saracoto	*31*	*18*	V. alta
Asoc. Pequeños criadores de animales menores.	*41*	*18*	V. muy alta
A.H. La florida	*30*	*10*	V. alta
A.H. El Paraíso de Cajamarquilla	*50*	*20*	V. muy alta
A.H. El Ayllu	*14*	*4*	V. media
A.H. Villa Leticia	*45*	*28*	V. muy alta
A.H. las praderas de Huachipa	*45*	*22*	V. muy alta
Asoc. Pampa chira	*40*	*15*	V. muy alta
Urb. Brisas de Huachipa	*35*	*8*	V. muy alta
Urb. Alameda de Huachipa	*27*	*10*	V. alta
Urb. La capitana	*25*	*4*	V. media
Urb. Santa María de Huachipa Etapa 2	*31*	*14*	V. media
Urb. Santa María de Huachipa Etapa 1	*25*	*21*	V. alta
Urb. Huachipa norte	*11*	*26*	V. muy alta
Urb. Huertos de Huachipa	*0*	*0*	V. baja
Santa rosa	*30*	18	V. alta
Riveras de Huachipa	*31*	19	V. muy alta
Total	640	340	

Nota: Elaboración propia, 2023

Infraestructura Vial

El cauce de la Subcuenca Huaycoloro presenta muros de protección en los puentes con mayor afluencia vehicular, como el puente Cruce de Ramiro Prialé y el Puente Huaycoloro, que son considerados los más vulnerables desde la parte baja hasta la media de la subcuenca. Sin embargo, existen secciones del cauce sin muros de contención, que conectan con otros sectores del centro poblado, como Jicamarca, donde el Puente Las Torres, de estructura provisional de fierro, se utiliza para el tránsito de vehículos y personas. Estas áreas, por su tipo de terreno inestable, presentan una mayor susceptibilidad a inundaciones y deslizamientos, lo que incrementa su vulnerabilidad frente a fenómenos pluviales.

Tabla 92

Vulnerabilidad de infraestructura vial.

Centros poblados	Vías vulnerables (ml)	vulnerabilidad
Puente cruce Ramiro Priale.	60	V. alta
Puente Huaycoloro	90	V. Muy alta
puente Laurales	*30*	V. baja
la capitana	*60*	V. alta
puente las torres	*64*	V. alta
cruce residencial Cajamarquilla	*80*	V. Muy alta
cruce villa Leticia	*100*	V. Muy alta
cruce Petramás	*120*	V. Muy alta
total	604	V. media

Nota: Elaboración propia, 2023

Figura 62

Puente Petramás



Nota: Propia, 2023 diciembre

Puente donde no cuenta con los muros solidos de protección antes y después de la infraestructura del puente.

Figura 63

Puente Petramás



Nota: Propia, 2025 junio

Figura 64

Puente las Torres



Nota: Propia, 2023 diciembre

Figura 65

Puente las Torres



Nota: Propia, 2025 junio

Figura 66

Puente Ramiro Priale.





Nota: Andina Agencia peruana de noticias, 2017 febrero



Nota: Propia, 2023



Nota: Propia, 2025 junio

Figura 67

Puente Huaycoloro (Campoy – Huachipa)





Nota: Propia, 2023



Nota: Propia, 2025 junio

Población

Las viviendas ubicadas a lo extenso de ambas márgenes del cauce del río en la subcuenca Huaycoloro están expuestas a una alta vulnerabilidad, no solo ante inundaciones, sino también frente a otros desastres naturales como huaicos, sismos y deslizamientos de rocas. Esta vulnerabilidad se debe, en gran medida, a la ocupación ilegal de áreas donde la construcción de viviendas no debería estar permitida. Además, la falta de intervención estatal para evitar edificaciones en la franja marginal del río, que se activa durante lluvias intensas, agrava el riesgo de daños cuando ocurren estos fenómenos. A modo de ejemplo, se presenta una tabla de la población afectada por el huaico de 2017, junto con fotografías de las inundaciones recientes en la quebrada Huaycoloro.

Tabla 93

Vulnerabilidad de población

Centros Poblados	Población	Vulnerabilidad
Aviadores	372	V. muy alta
Aras del huayco	*288*	V. muy alta
Residencial Cajamarquilla	*300*	V. alta
Urb. Fundo Nievería 2 da etapa	*324*	V. muy alta
Asoc. Porcino saracoto	*294*	V. alta
Asoc. Pequeños criadores de animales menores.	*354*	V. muy alta
A.H. La florida	*240*	V. alta
A.H. El Paraíso de Cajamarquilla	*420*	V. muy alta

A.H. El Ayllu	*108*	V. media
A.H. Villa Leticia	*438*	V. muy alta
A.H. las praderas de Huachipa	*402*	V. muy alta
Asoc. Pampa chira	*330*	V. muy alta
Urb. Brisas de Huachipa	*258*	V. muy alta
Urb. Alameda de Huachipa	*222*	V. alta
Urb. La capitana	*174*	V. media
Urb. Santa María de Huachipa Etapa 2	*270*	V. media
Urb. Santa María de Huachipa Etapa 1	*276*	V. alta
Urb. Huachipa norte	*222*	V. muy alta
Urb. Huertos de Huachipa	*0*	V. baja
Santa rosa	288	V. alta
Riveras de Huachipa	300	V. muy alta
total	5880	

Nota: Elaboración Propia

Figura 68

Villa Leticia



Nota: Elaboración Propia 2017.

Análisis de los resultados

Vulnerabilidad Muy Alta:

La zona se encuentra en la región inferior de la Subcuenca Huaycoloro, en el centro poblado de Cajamarquilla. La falta de muros de contención empeora las condiciones, facilitando el desbordamiento de huaicos e inundaciones. Las corrientes de agua, al fluir con gran intensidad, arrastran lodo y rocas, lo que aumenta significativamente los daños en la

infraestructura y las propiedades de los habitantes, poniendo en alto riesgo tanto su seguridad como la de su entorno.

Es por ello que el Centro Poblado Cajamarquilla está considerado según el estudio como vulnerabilidad muy alto y alto debido a la falta de agua y desagüe en la vivienda y además por la ubicación asentamiento en el cual se encuentra sobre ambas imágenes de la quebrada Huaycoloro (lugar por donde discurren violentamente descargas de lodo y piedra) así como en su desembocadura en el río Rímac.

Vulnerabilidad Alta:

Esta zona se encuentra en la intersección de los centros poblados Santa María de Huachipa y Cajamarquilla, áreas identificadas como zonas inundables debido a su proximidad al cauce del río Huaycoloro. Estas zonas son particularmente vulnerables porque las vías cruzan de manera perpendicular al río, lo que facilita el desborde de agua, inundando las calles y los puentes cercanos.

Históricamente, este sector ha sufrido graves inundaciones, como las registradas en los años 1998, 2012, y 2017, que provocaron el enlagunamiento de la mayoría de las calles en Cajamarquilla y algunos sectores de Santa María de Huachipa, intensificando los riesgos para los residentes y su infraestructura.

Vulnerabilidad Media:

Esta zona se encuentra en el centro poblado de Santa María de Huachipa. En esta área, los muros de protección ubicados en la construcción de puentes son de gran tamaño, lo que ayuda a reducir el riesgo de inundación. Además, los residentes han implementado medidas de protección adicionales, como colocar costales de arena para evitar que el agua ingrese a sus hogares. Sin embargo, estas acciones generan un cauce artificial que provoca inundaciones en las calles, permitiendo que el agua entre en las viviendas. A pesar de ello, La zona urbana

dispone de servicios esenciales de desagüe y agua, y las viviendas, predominantemente construidas con materiales de concreto, presentan una menor vulnerabilidad a las inundaciones.

Vulnerabilidad baja/nula:

Esta zona corresponde a la más alejada del cauce que por su estabilidad fisiográficas, por estar en asentada en una zona de mayor pendiente, su lejanía a al cauce el río Huaycoloro y buenas características de suelo, no vulnerable a algún evento de inundación.

La población con menor vulnerabilidad es el centro poblado de Jicamarca por su lejanía del cauce del río Huaycoloro, Ver Mapa 14.

Tabla 94

Vulnerabilidad

Niveles	Valor	Descripción
Vulnerabilidad Baja	0-2	Zonas establecidas en terrenos seguros y con viviendas en un buen estado de conservación y muy lejos del cauce, zonas sin inundaciones; población de ingresos medios a elevados con estudios de cultura preventiva y servicios básicos. Situación de las viviendas (Muy distante > 5km)
Vulnerabilidad Medio	3-5	Zona con hogares en terrenos de calidad intermedia con inundaciones ocasionales y alejados del cauce, habitantes de ingresos medios, carentes de servicios esenciales, sin cultura preventiva y ausencia de coordinación frente a una emergencia. Ubicación de viviendas (Cerca de la Medina - 5km)
Vulnerabilidad Alto	6-8	Zona con hogares en un estado de construcción deficiente y regular, donde se prevén inundaciones intensas con materiales de baja calidad, población con recursos económicos limitados, sin cultura de prevención, ausencia de servicios básicos y ausencia de organización para una emergencia. Ubicación de hogares (cerca de 0.2-1km)
Vulnerabilidad Muy Alto	9 a 10	Zona donde habitan personas dentro de la faja marginal y en terrenos con alta posibilidad de inundaciones y suelos que pueden colapsar y están en un estado de construcción deficiente, viviendas situadas en los muros de protección del cauce Huaycoloro, también se encuentran viviendas de adobe o barro. La población carece de recursos económicos, carece de cultura preventiva, carece de servicios básicos como agua y drenaje, Ubicación de hogares (Cerca de 0.2-0km)

Nota: Elaboración adaptada, INDECI.

4.2.13. Estimación del Riesgo

Se realizó tras analizar el peligro y la vulnerabilidad en el área estudiada. El riesgo (R) es lo obtenido de multiplicar el peligro (P) por la vulnerabilidad (V). En este contexto, se identificó el peligro como las inundaciones que afectan a los Centros Poblados de la Subcuenca Huaycoloro, lo que llevó a evaluar la vulnerabilidad de la infraestructura vial, viviendas y población. Para ello, se calculó el riesgo, tomándose en cuenta la expectativa de daños y pérdidas posibles en personas, propiedades y recursos económicos. Con los datos de vulnerabilidad y peligro ya evaluados, se cruzaron los distintos niveles para determinar el nivel de riesgo anticipado. Mostrándose en la tabla N° 40.

Tabla 95

Matriz de riesgos

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

Nota: Manual básico para la estimación de riesgos, INDECI 2006.

Riesgo bajo (0-2), Riesgo medio (3-5), Riesgo Alto (6-8) y Riesgo Muy Alto (9-10).

4.2.14. Estimación económica de pérdidas por inundación

Se realizó una estimación de pérdidas ocasionados por inundación tomando como Nota principal a la población de los sectores más vulnerables.

- **Viviendas**

El análisis de vulnerabilidad determinó que un total de 3,362 viviendas son propensas al riesgo de inundación. En el caso del análisis económico de afectaciones, se han considerado únicamente las zonas de alto y muy alto riesgo, donde se espera que el impacto en las viviendas sea mayor. De acuerdo con el Consejo Nacional de Tasaciones (CONATA), el valor unitario

de una vivienda de adobe (barro) es de S/. 1,867.2, y de ladrillo es de S/. 6,821.2. Con base en estos valores, se ha estimado un total de pérdidas aproximado de S/. 4,504.983.

Tabla 96

Estimación económica de daños a viviendas de riegos.

Vivienda	barro	Valor estimado en S/.	ladrillo	Valor estimado en S/.
Aviadores	*17*	S/. 31,742	*35*	S/. 238,742
Aras del huayco	*15*	S/. 28,008	*38*	S/. 259,206
Residencial Cajamarquilla	*19*	S/. 35,477	*41*	S/. 279,669
Urb. Fundo Nievería 2 da etapa	*20*	S/. 37,344	*30*	S/. 204,636
Asoc. Porcino saracoto	*25*	S/. 46,680	*22*	S/. 150,066
Asoc. Pequeños criadores de animales menores.	*34*	S/. 63,485	*24*	S/. 163,709
A.H. La florida	*18*	S/. 33,610	*14*	S/. 95,497
A.H. El Paraíso de Cajamarquilla	*21*	S/. 39,211	*15*	S/. 102,318
A.H. El Ayllu	*12*	S/. 22,406	*17*	S/. 115,960
A.H. Villa Leticia	*20*	S/. 37,344	*35*	S/. 238,742
A.H. las praderas de Huachipa	*16*	S/. 29,875	*20*	S/. 136,424
Asoc. Pampa chira	*18*	S/. 33,610	*24*	S/. 163,709
Urb. Brisas de Huachipa	*21*	S/. 39,211	*20*	S/. 136,424
Urb. Alameda de huachipa	*22*	S/. 41,078	*15*	S/. 102,318
Urb. La capitana	*19*	S/. 35,477	*19*	S/. 129,603
Urb. Santa María de Huachipa Etapa 2	*2*	S/. 3,734	*48*	S/. 327,418
Urb. Santa María de Huachipa Etapa 1	*3*	S/. 5,602	*38*	S/. 259,206
Urb. Huachipa norte	*2*	S/. 3,734	*32*	S/. 218,278
Urb. Huertos de Huachipa	*6*	S/. 11,203	*25*	S/. 170,530
Santa rosa	*18*	S/. 33,610	25	S/. 170,530
Riveras de Huachipa	*17*	S/. 31,742	29	S/. 197,815
total	345.00	S/. 644,184	566.00	S/. 3,860,799

Nota: Elaboración propia.

- **Población:**

Se proyectó que las personas damnificadas, directamente expuesta al riesgo de inundación en la subcuenca baja del Huaycoloro, asciende a un total de 1,676 personas vulnerables. Los bienes y servicios individuales o colectivos afectados se han valorado aproximadamente en S/. 636,880 reflejando la magnitud del impacto económico y social asociado al evento de inundación en esta zona.

Tabla 97

Población

Centros Poblados	Población	Valor estimado en S/.
Aviadores	60	S/22,800
Aras del huayco	*56*	S/21,280
Residencial Cajamarquilla	*50*	S/19,000
Urb. Fundo Nievería 2 da etapa	*41*	S/15,580
Asoc. Porcino saracoto	*68*	S/25,840
Asoc. Pequeños criadores de animales menores.	*174*	S/66,120
A.H. La florida	*58*	S/22,040
A.H. El Paraíso de Cajamarquilla	*105*	S/39,900
A.H. El Ayllu	*87*	S/33,060
A.H. Villa Leticia	*165*	S/62,700
A.H. las praderas de Huachipa	*108*	S/41,040
Asoc. Pampa chira	*123*	S/46,740
Urb. Brisas de Huachipa	*123*	S/46,740
Urb. Alameda de huachipa	*111*	S/42,180
Urb. La capitana	*152*	S/57,760
Urb. Santa María de Huachipa Etapa 2	*50*	S/19,000
Urb. Santa María de Huachipa Etapa 1	*45*	S/17,100
Urb. Huachipa norte	*32*	S/12,160
Urb. Huertos de Huachipa	*18*	S/6,840
Santa rosa	25	S/9,500
Riveras de Huachipa	25	S/9,500
total	1676	S/636,880

Nota: Elaboración propia.

- **Infraestructura vial:**

Se llevó a cabo el cálculo de los costos para la restauración de las infraestructuras viales, basándose en los valores proporcionados por CONATA, estableciendo un costo aproximado de S/.120.15 por metro cuadrado para vías pavimentadas. Estas infraestructuras se encuentran clasificadas en niveles de vulnerabilidad muy alta y alta, lo que resalta la urgencia de las acciones de recuperación necesarias para mitigar los riesgos asociados.

Tabla 98

Infraestructura Vial

Vías principales (Inundadas)	Vías (ml)	Valor estimado en S/.
Puente cruce Ramiro Priale.	32	S/. 3,844.80
Puente Huaycoloro	32	S/. 3,844.80
puente Laurales	*30*	S/. 3,604.50
calle laureles	*30*	S/. 3,604.50
la capitana	*28*	S/. 3,364.20
puente las torres	*40*	S/. 4,806.00
cruce residencial Cajamarquilla	*30*	S/. 3,604.50
cruce villa Leticia	*30*	S/. 3,604.50
cruce Petramás	*40*	S/. 4,806.00
total	634	S/. 75,175.10

Nota: Elaboración propia.

Evaluación de los resultados

El resultado del modelo de riesgo se ha estimado según las ponderaciones a diferentes áreas de mayor vulnerabilidad:

- **Riesgo muy alto:**

Zonas o áreas (viviendas) donde se identificaron que el flujo de agua con sedimento descendiendo con violencia por la quebrada Huaycoloro desde el puente Petramás ubicado en el centro poblado Cajamarquilla, av. la capitana, puente las torres y el cruce de villa Leticia y siguiendo ambas márgenes del cauce de la quebrada del río Huaycoloro hasta el puente ubicado en el cruce de la Ramiro Priale entre Campoy y el centro poblado Santa María de Huachipa.

- **Riesgo alto:**

Zonas inundables cercanas al río y dentro de la faja marginal, son área de riesgo debido a que están dentro del área de influencia por el impacto de las aguas en caso de desborde. Zona urbana del centro poblado de Cajamarquilla Villa Leticia, Aviadores, Pampa Chiri, Santa Rosa y Aras El Huayco. Zona del centro poblado Santa María de Huachipa como Huachipa norte, Riveras de Huachipa, el Club y Santa Rosa.

- **Riesgo medio:**

Se tienen al centro poblado de Santa María de Huachipa como, La Capitana, Urb.

Huertos de Huachipa la cual se encuentran en la periferia de la Subcuenca. Zonas poco inundables donde no se forjaría mucho daño a la población y infraestructuras; Sin embargo, podrían ocurrir deslizamiento de suelos y / o taludes. Por ello es deseable la implementación ante desastres y educación la capacitación de la población en temas de prevención además de medidas de apoyo como refugios alimentación

- **Riesgo bajo/nulo:**

Corresponde a las zonas más alejada como el centro poblado de Jicamarca, entre otras zonas que, por su estabilidad fisiográfica y buenas características de suelo, no es vulnerable a algún evento geodinámica.

Tabla 99

Riesgos

ZONIFICACIÓN DE RIESGO	
ZONAS DE RIESGOS MUY ALTO	Sectores críticos donde debe ser la faja marginal intangible; por ello se deben priorizar obras, acciones e implementación de medidas de mitigación ante la inundación, por lo que la población en el campo de influencia debe transferirse a un área segura.
ZONAS DE RIESGO ALTO	Sectores críticos se deben priorizar obras, acciones e implementación de medidas de mitigación ante desastres como la educación y capacitación de la población y a las autoridades ubicados dentro de la faja marginal.
ZONAS DE RIESGO MEDIO	Se considera zonas poco inundables donde no generaría mucho daño a la población y infraestructuras; Sin embargo, podrían ocurrir deslizamiento de suelos y / o taludes. Por ello es deseable la implementación de capacitación a la población en temas de prevención además de medidas de apoyo como refugios alimentación.
ZONAS DE RIESGO BAJO	Zonas no inundables donde no generan riesgo. La población está ubicada en suelos aptos para uso urbano; sin embargo, la población debe tener capacitación y ubicación de zonas o locales donde se pueden refugiar o conseguir alimentación y crear un sistema de alerta temprana. Así como hospitales grandes centros educativos. Bombeos, cuarteles de policía, etc.

Nota: Elaboración adaptada, INDECI.

4.3. Propuestas de protección de precipitaciones máximas

Propuesta N° 1: Delimitación de faja marginal

Ubicación: Iniciando en el centro poblado Santa María de Huachipa hasta el centro poblado Cajamarquilla.

Nota de Financiamiento: Inversión Pública.

Costo del Proyecto: S/. 36,424.00

Plazo del Cronograma: 2 meses

Descripción del proyecto:

En la etapa de campo se puso observar que en toda la ladera del cauce de la quebrada Huaycoloro la población ha realizado la construcción de su vivienda dentro del área de influencia por lo cual no ha respetado la faja marginal afectando así la calidad de vida de la población y generando pérdidas económicas y humanas en pocas de avenidas donde se generan huaycos e inundaciones.

Objetivos:

Establecer zonas protegidas a lo largo del cauce, las riberas y la faja marginal de la quebrada del río Huaycoloro para asegurar la conservación del recurso hídrico, la utilización adecuada del agua, el acceso libre, las rutas de vigilancia y otros servicios esenciales

Instituciones Participantes:

ONGs, Universidades, Gobierno Regional, Municipalidad de Centros poblados y Provincial de Lima.

Actividades:

Delimitar de 58,00 kilómetros de la faja marginal, en ambas márgenes de la quebrada del río Huaycoloro, tramo comprendido desde la subcuenca media hasta la confluencia del río Rímac.

Identificar la población aledaña dentro del área de influencia de la faja marginal.

La determinación del levantamiento topográfico mediante fotogrametría en el tramo de estudio del río Rímac, para lo cual:

- Se ajustó la cámara del dron para capturar imágenes con una escala igual o menor a 6 GSD.
- Se estableció una altura de vuelo de 150 metros, donde la altitud fue reducida a 50 metros por razones de seguridad del tráfico aéreo.
- Las imágenes presentaron un traslape longitudinal del 75% y un traslape lateral del 65%

La determinación de máximas avenidas para conocer el ancho del cauce del río donde ocupe sus áreas de inundación.

según el Decreto Supremo N° 094-2018-PCM, en la Octava Disposición Complementaria Final: "Dispóngase que las fajas marginales, quebradas y borde costero, determinados por la autoridad competente, son consideradas zonas de riesgo no Mitigables"

Con base en las condiciones morfológicas actuales del cauce, se definirá un ancho mínimo de 20 metros para la franja marginal, tomando como referencia el modelo de inundación. Este espacio garantizará la implementación de actividades de conservación y protección tanto del cauce como de las riberas, además de facilitar la operación, mantenimiento y mejora de la infraestructura hidráulica existente. El ancho máximo de la faja marginal se definirá según los siguientes criterios:

- Zonas de Riesgo No Mitigables: Se conservarán las 10 áreas designadas como de riesgo no mitigable dentro de la franja marginal del río Rímac, conforme a lo establecido en la Resolución Ministerial N° 061-2018-VIVIENDA.
- Tramos con Velocidades Erosivas: En los segmentos del río, con o sin defensas ribereñas, donde las velocidades erosivas fluctúan entre 3.00 m/s y 12.00 m/s, según lo indicado por la modelación hidráulica, se debe establecer un ancho de la franja marginal que varíe entre 20 y 40 metros, basado en el modelo de inundación.

- Tramos con Cambios Bruscos de Dimensión: En aquellos tramos del río donde la intervención humana ha provocado alteraciones significativas en la dimensión del cauce, generando estrangulamientos o incrementando el riesgo de erosión e inundación, se establecerá una franja marginal con un ancho igual o superior a 40 metros.
- Tramos con Drenaje de Detritos: En los segmentos del río que reciben flujos de detritos provenientes de quebradas situadas en ambas márgenes, se deberá definir una franja marginal de más de 40 metros de ancho, con el fin de garantizar un drenaje eficiente y mantener condiciones de seguridad adecuadas.

Propuesta N° 2. Limpieza y mantenimiento del cauce

Ubicación: Iniciando en el centro poblado Santa María de Huachipa hasta el centro poblado Cajamarquilla.

Nota de Financiamiento: Inversión Pública.

Plazo del Cronograma: 3 meses

Costo del Proyecto: S/. 727,900.00

Descripción del proyecto:

Se pudo observar en la etapa de campo, que aproximadamente en toda la ladera del cauce de la quebrada Huaycoloro se vienen arrojando residuos municipales, además materiales construcción y demolición, lo que conlleva aumentar el material inestable dentro del margen de los taludes. Por lo que, esto permite la pérdida de terreno de la zona y favorece la inundación, además los materiales y residuos generan un impacto visual negativo, afectando el bienestar de la población y produciendo bajas humanas y pérdidas económicas.

Objetivos:

- Realizar la limpieza del cauce en la Subcuenca Huaycoloro para prevenir la acumulación y el transporte de residuos, con la meta de reducir el impacto de posibles inundaciones.

- Establecer un sistema eficaz de gestión de residuos sólidos para la comunidad en la Subcuenca Huaycoloro.
- Difusión de No arrojar residuos al cauce de la Subcuenca Huaycoloro.

Instituciones Participantes:

Universidades, Gobierno Regional, ONGs, Municipalidad de Centros poblados y Provincial de Lima.

Actividades:

Para mitigar el riesgo de inundaciones en áreas vulnerables, es necesario optimizar las condiciones hidráulicas del cauce. Se debe realizar un levantamiento topográfico detallado del río, cubriendo toda su extensión de margen a margen, prestando especial atención a la profundidad del lecho principal en las zonas críticas. La determinación del eje central del cauce debe basarse en criterios técnicos de hidrología, considerando una sección estable adecuada. El análisis topográfico permitirá identificar las áreas críticas y definir las ubicaciones para defensas permanentes o temporales a ambos lados del cauce, además de establecer las zonas prioritarias para la limpieza. El material resultante de la limpieza será desplazado hacia los márgenes, respetando la sección central establecida, y la profundidad de corte deberá situarse entre 1 y 1.5 metros por debajo del nivel actual del cauce, o tomando como referencia la profundidad máxima dentro de 100 metros aguas arriba o abajo del área intervenida. Finalmente, el material cortado será acumulado en taludes con una pendiente mínima de 1:2.5 y una altura superior a 2 metros, en función de la estabilidad de la sección del río.

Capacitación a la población en educación ambiental:

Es fundamental promover la capacitación continua y la educación ambiental dirigida a la población. Esto incluye la instalación de contenedores adecuados para mejorar la gestión de residuos, así como la implementación de un sistema integral para la recolección, transporte y disposición final de desechos en el cauce de la subcuenca Huaycoloro. También se debe

priorizar la prevención de la acumulación de residuos sólidos en el cauce, contribuyendo así a la reducción de riesgos ambientales y pluviales.

Propuesta N° 3. Sistema de alerta temprana

Ubicación: Puentes Huaycoloro, Av. Las Torres y Capitana

Plazo del Cronograma: 1 mes

Nota de Financiamiento: Inversión Pública o privada

Costo del Proyecto: S/. 2,000.00

Descripción del proyecto:

En la inspección de campo se observa que no existe sistemas de alerta temprana conectados a los servicios de seguridad ciudadana, está falta de información conectada a la autoridad y la población limita en un accionar rápido en caso se tenga una inundación en proceso sin poder tomar medidas anticipadas ante la aparición de un evento.

Objetivos:

- Contar con información a tiempo real de cómo se encuentra la sub cuenca Huaycoloro mediante video a Trávez de la colocación de tres Cámara Solar 4g Sim Wifi en los puentes Huaycoloro, Av. Las Torres y Capitana
- Contar con videos a tiempo real en las estaciones de Serenazgo de los centros poblados Santa María de Huachipa y Cajamarquilla y poder alertar a la población de forma inmediata ante la crecida de ríos.
- Creación de un grupo de Alerta temprana en WhatsApp ente Serenazgo y los dirigentes de las poblaciones colindantes de la sub cuenca Huaycoloro

Instituciones Participantes:

Municipalidad de Centros poblados y Provincial de Lima, Serenazgo, Policía Nacional del Perú y Dirigentes de los Asentamientos Humanos colindantes.

Actividades:

Ubicar y colocar en la infraestructura de los puentes Huaycoloro, puente petramás, Av. Las Torres y Capitana las cámaras Solar 4g Sim Wifi y enlazar al sistema de celulares de

Serenazgo de esta manera podrán tener videos a tiempo real del cauce del río.

Dar a conocer a la población de esta implementación para que sean conscientes de la importancia y participen del cuidado de las cámaras

Identificar a los lideres o dirigentes de la población colindantes y agregarlos a un grupo de WhatsApp para tener un canal de alerta rápida entre serenazgo y la comunidad, además Serenazgo a ser una entidad de la Municipalidad puede replicar los acontecimientos a la Policía Nacional, Bomberos y autoridades competentes.

Capacitación de la alerta temprana:

La Municipalidad del Centro Poblado de Huachipa tendrá que capacitar sobre el grupo de WhatsApp puesto que la información que se va a compartir tiene que ser correctamente interpretada para evitar falsas alarmas o sub estimar la magnitud de las alertas, además de ello, resaltar la importancia de tener una ruta de comunicación entre dirigentes, serenazgos y autoridades locales de ayuda.

Propuesta N° 4. Infraestructura definitiva

Ubicación: Puente las Torre y Puente la Capitana.

Plazo del Cronograma: 8 meses

Nota de Financiamiento: Inversión Pública o privada

Costo del Proyecto: S/. 14,000,000.00

Descripción del proyecto:

En inspección de campo realizada se observa que dos de los puentes Las Torres y Capitana que son las rutas de interconexión en ambos márgenes del Huaycoloro son tipo Bailey los cuales son provisionales que durante una inundación podrían verse afectados y de esta manera no se cuente con una ruta de evacuación e ingreso de ayuda para las poblaciones afectadas. Además de lo indicado, el solo hecho que colapse uno de los puentes provocaría que se represe el rio provocando inundación.

Objetivos:

- Prevenir que estos puentes provisionales colapsen por el discurrir del agua y provoquen una inundación.
- Garantizar la interconexión vehicular en la Av. Las Torres y Av. Capitana que traviesa la Subcuenca Huaycoloro, realizar el cambio de puentes provisionales por puentes definitivos.

Instituciones Participantes:

Gobierno Central, Gobierno Regional, Gobiernos locales, y Empresa privada.

Actividades:

La autoridad del centro poblado de Huachipa deberá gestionar ante la autoridad del Gobierno regional o gobierno central la inclusión en el presupuesto anual la construcción de dos puentes en el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones INVIERTE.PE así como buscar la opción de obras por impuesto.

Capacitación y educación rutas de evacuación de la población:

La Municipalidad del Centro Poblado de Huachipa gestionará la capacitación sobra las rutas de evacuación en caso de inundación mostrando el uso de los puentes para evacuar y brindar el apoyo.

Tabla 100

Presupuesto

ACTIVIDAD	Unidad	Metrado	Precio unitario	Costo parcial
1 PROPUESTA 01: DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL				
1.1 Delimitación franja marginal del cauce Huaycoloro con hitos	ml	11600	3.14	36,424.00
2. PROPUESTA 02: LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DEL CAUCE				
2.1 Limpieza y mantenimiento de cause con maquinaria del cauce Huaycoloro (58000 ml x 50 ml)	m2	290000	2.51	727,900.00
3. PROPUESTA 03: SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA				
3.1 Instalación de cámaras en puentes La Capitana y Las Torres	Und	2	3,000.00	6,000.00
4. PROPUESTA 04: INFRAESTRUCTURA DEFINITIVA: INFRAESTRUCTURA DEFINITIVA				
4.1 Puente las Torres	Global	1	7,000,000.00	7,000,000.00
4.2 Puente las La Capitana	Global	1	7,000,000.00	7,000,000.00

Nota: Elaboración propia.

Tabla 101

Cronograma

Cronograma		AÑO 1											
Sub cuenca	Huaycoloro												
	Fases	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1 PROPUESTA 01: DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL													
1.1 Delimitación franja marginal del cause huaycoloro con hitos													
2. PROPUESTA 02: LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DEL CAUCE													
2.1 Limpieza y mantenimiento de cause con maquinaria del acuase Huaycoloro (58000 ml x 50 ml)													
3. PROPUESTA 03: SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA													
3.1 Instalación de cámaras en puentes La Capitana y Las Torres													
4. PROPUESTA 04: INFRAESTRUCTURA DEFINITIVA: INFRAESTRUCTURA DEFINITIVA													
4.1 Puente las Torres													
4.2 Puente las La Capitana													

Nota: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La subcuenca Huaycoloro experimenta inundaciones durante los meses de avenida debido al incremento en el caudal provocado por precipitaciones intensas, lo que afecta significativamente a la calidad de vida de la población. Diversas investigaciones se han llevado a cabo para identificar medidas que reduzcan el impacto de estos eventos. Quincho (2014) determinó caudales de entre 53 m^3/s para un período de retorno de 5 años y 121 m^3/s para uno de 100 años, con base en precipitaciones máximas en 24 horas. Además, se generaron hidrogramas de caudales utilizando información de estaciones en Ñaña, Matucana, Huamantanga, Santa Eulalia, Antioquía y Chosica.

Asimismo, el estudio “Evaluación de Riesgos por Flujos de Detritos en la Quebrada Huaycoloro” realizado por CENEPRED en 2017, reveló que la zona de influencia de esta quebrada se localiza en regiones de riesgos muy alto , alto y medio ente flujos de detritos, afectando 16,990 viviendas y 239 423 metros de vías de comunicación.

VI. CONCLUSIONES

- Se llevó a cabo un diagnóstico ambiental en la subcuenca Huaycoloro, la cual abarca una extensión de 492,9 km². Su red de drenaje alcanza un orden 5, con un perímetro de 112,7 km y una altitud promedio de 1678 metros sobre el nivel del mar, destacando características físicas relevantes para el análisis hidrológico y de riesgos en la zona.
- Se establecieron las precipitaciones y caudales máximos correspondientes a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, siendo los valores de caudal en metros cúbicos por segundo los siguientes: 0.00, 0.563, 3.999, 20.684, 46.506, 87.505, 146.849, 258.780 y 373.532 m³/s, respectivamente.
- Por lo cual, Las vías de acceso en zonas inundables presentan un deterioro progresivo cada año, especialmente en los Asentamientos Humanos situados en áreas bajas con alto y muy alto riesgo de inundación. Esto ha resultado en un deterioro estimado de 634 metros lineales, con pérdidas económicas que ascienden a S/. 76,175.10 en las zonas consideradas críticas debido a su elevado nivel de riesgo.
- A su vez, en las épocas de lluvias intensas y durante las inundaciones, los sistemas de distribución de agua potable y las redes de desagüe tienden a colapsar y no cumplen adecuadamente con su función en las áreas afectadas por inundaciones.
- Por otro lado, el deterioro de los materiales de construcción en edificaciones situadas en zonas inundadas es evidente, particularmente en estructuras de madera, que enfrentan este fenómeno anualmente, especialmente en Instituciones Educativas. Aproximadamente 339 viviendas de barro y 567 de ladrillo en áreas marginales han sido afectadas, ya que se localizan en zonas catalogadas como Críticas o de Alto y Muy Alto Riesgo, donde el nivel del agua puede superar los

2.0 metros sobre el suelo natural. Además, los Servicios Básicos de Energía Eléctrica provenientes de la Red Pública presentan instalaciones precarias que se deterioran con cada inundación anual. Las pérdidas económicas estimadas en viviendas ascienden a S/. 4.500.601, mientras que las pérdidas económicas generales para la población alcanzan los S/. 636.880.

- Se plantean 2 soluciones para la gestión de inundaciones en la Subcuenca Huaycoloro, se propuso la Delimitación de Faja Marginal y Limpieza y mantenimiento del cauce, en la Subcuenca Huaycoloro, con una estimación de su presupuesto de S/. 120 000 S/. 220 000 00 respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere establecer un sistema de distribución de agua potable conectado a la red pública, especialmente diseñado para operar de manera eficiente durante episodios de inundación, garantizando el suministro continuo de este recurso vital a las comunidades impactadas y evitando su desabastecimiento en momentos críticos. Adicionalmente, es necesario optimizar el sistema de alcantarillado de aguas residuales, con el fin de minimizar los riesgos de contaminación y la propagación de enfermedades.
- Se recomienda optimizar e introducir sistemas alternativos de acceso vial con el objetivo de minimizar o eliminar los costos recurrentes asociados a la construcción y mantenimiento de puentes peatonales temporales de madera, que se instalan anualmente. Estos nuevos sistemas deben garantizar una infraestructura más duradera y eficiente, reduciendo así los gastos a largo plazo.
- Se recomienda la implementación de un sistema de protección para viviendas y estructuras con el fin de reducir el desgaste de los materiales utilizados en su construcción. Asimismo, se sugiere optimizar y desarrollar nuevos materiales y métodos constructivos adecuados para edificaciones en áreas propensas a inundaciones, considerando factores clave como el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo asociados a dichas zonas
- Se sugiere colaborar en el desarrollo de regulaciones que impidan a las municipalidades de localidades como Santa María de Huachipa y Cajamarquilla autorizar la expansión de asentamientos humanos en áreas clasificadas como críticas o de alto y muy alto riesgo de inundación, con el fin de reducir el impacto negativo de estos eventos. Además, se recomienda promover campañas de sensibilización para educar a la

población sobre los peligros asociados al vertido de residuos en el cauce de la subcuenca Huaycoloro, con el objetivo de mitigar los riesgos derivados de esta práctica.

- Se sugiere Implementar 1 estación meteorológica dentro de la Subcuenca Huaycoloro para tener información histórica de las precipitaciones.

VIII. REFERENCIAS

Aguilera, M. (2007). Estimación de las funciones de distribución de probabilidad para caudales máximos en la Región del Maule [Tesis de pregrado, Universidad de Talca]. Repositorio DSpace de la Biblioteca Universidad de Talaca. http://dspace.utalca.cl/handle/1950/7535

Bordino, J. (8 de julio de 2024). Cuencas hidrográficas: qué son, tipos e importancia. Ecología Verde. https://www.ecologiaverde.com/cuencas-hidrograficas-que-son-tipos-e-importancia-3334.html

Caritas del Perú. (2018). *Informe final: Llamamiento de Emergencia por Inundaciones y huaicos en el Perú 2018*. https://reliefweb.int/report/peru/informe-final-llamamiento-de-emergencia-por-inundaciones-y-huaicos-en-el

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres. (2017). *Informe de evaluación del riesgo por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Huaycoloro, distrito de Lurigancho, provincia y departamento de Lima*. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/4121

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales*. http://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/MAN-manual-evaluacion-riesgos-natural-v2.pdf

Centro Nacional de Prevención de Desastres, Francisco Alfonso Durazo Montaño. (2019). *Inundaciones*. https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/184-FOLLETOINUNDACIONES.PDF.

Chow, V., Maidment, D. y Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Mc Graw Hill. https://drive.google.com/file/d/1P_PNmXkAdqTn8GihnKUWZu_YYyUt2Q3k/view

Decreto Supremo N.° 034-2014-PCM, Decreto Supremo que aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - PLANAGERD 2014-2021. (13 de mayo 2014). Presidencia del Consejo de Ministros. https://www.gob.pe/institucion/minjus/informes-publicaciones/1941762-decreto-supremo-n-034-2014-pcm-que-dispone-la-aprobacion-del-plan-nacional-de-gestion-del-riesgo-de-desastres-planagerd-2014-2021

Dourojeanni, A. (1994). *Políticas públicas para el desarrollo sustentable: la gestión integrada de cuencas*. https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/lcr1399s.pdf

Escuela, D. (2016). *Aquabook*. http://aquabook.agua.gob.ar/indice

Gómez, J. y Gallo V. (2022). *Guía de Hidrología*. https://bit.ly/3Cjg4G4

Gómez, W. (2000) *Gestión de inundaciones del río Rímac* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio Institucional UNFV. https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/739?show=full

Ibáñez, S., Moreno, H. y Gisbert, J. (2011). *Métodos para determinar el coeficiente escorrentía (c), Departamento de Producción Vegetal del Centro de la escuela Técnica superior de ingeniería Agronómica y del medio natural*. Universidad Politécnica de Valencia. https://riunet.upv.es/handle/10251/10782

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). *Manual Básico para la Estimación del Riesgo*. http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). Servicios y Recursos https://geoidep.gob.pe/instituto-nacional-de-estadistica-e-informatica

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2019). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación, Actualización del estudio de lluvias Intensas Quito – Ecuador 2015* (2ª vs.).

https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf

Instuto Nacional de Defensa Civil (2011) *Manual para la estimación de riesgos ante inundaciones fluviales*. http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1743/doc1743-contenido.pdf

Krochin, S. (1982). *Diseño Hidráulico* (2ª ed.). https://www.scribd.com/document/423671477/KROCHIN-S-1982-Diseno-Hidraulico-pdf

Kroll, C., Vogel, C. (2002). The probability distribution of low streamflow series in the Unit United States. *Journal of Hydrologic Engineering*, 7(2), 137-146. https://www.esf.edu/ere/kroll/documents/probability-low.pdf

Linsley, K., Kohler, A. y Paulus, J. (1977). *Hidrología para Ingenieros* (2ª ed.). Mc Graw Hill. https://www.academia.edu/37765494/Hidrolog%C3%ADa_para_Ingenieros_v_KOHLER_y_PAULHUS

Loyola, J. (2019). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad* [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo]. Repostorio de la Universidad César Vallejo. https://hdl.handle.net/20.500.12692/31347

Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. (2012). Ministerio de Transportes y Comunicaciones. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf

Martone , E. (1940): *Traité de Geographie Physique*. Armand Colin.

Medina, J., Visich, M. y Mármol, L. (2018). Caracterización morfológica del arroyo La Toma. Salta-Argentina. *Ciencia y Tecnología*. 9

https://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/codinoa-2013/trabajos/tierra/10-medina.pdf

Mendoza, M. (2017). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada Romero, del distrito de Cajamarca, período 2011 – 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. Repositorio UPAGU. http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/289

Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*. https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf.

Moccetti, G.. (2006). *Sistema de alerta temprana de inundaciones: Aplicación en el río Chillón* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repostiorio Institucional de la UNI. http://hdl.handle.net/20.500.14076/2051

Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería* (2ª ed.). Editorial Alfa Omega S.A. https://www.academia.edu/43983559/Hidrolog%C3%ADa_en_la_Ingenier%C3%ADa_2_ed_Germ%C3%A1n_Monsalve_S%C3%A1enz

Montenegro, J. (2019). *Gestión de inundación por caudales máximos en la parte baja del río Chillon – Caso: Tramo Urbano del distrito de Comas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repostiorio Institucional de la UNFV. https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4364

Moreno, C. y Bermúdez, Ó. (2016). *Análisis del riesgo por inundación utilizando herramientas SIG para la cuenca del río Quito* [Tesis de pregrado, Universidad de Manizales]. Repositorio Institucional Universidad de Manizales. https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2896

Municipalidad de Lima. (2021). *Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del Cercado de Lima 2021-2023*. https://www.munlima.gob.pe/images/PPRRD_de_Cercado_de_Limavf.pdf

Narciso, J. (2018). Gestión de inundación por caudales máximos en la baja de la quebrada Pedregal – Chosica [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repostiorio institucional de la UNFV . https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2540

Niño, K. (2012). *Análisis de la gestión del riesgo de inundaciones en Bogotá: Un enfoque desde la construcción social del riesgo* [Tesis de maestía, Pontificia Univiersidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. http://hdl.handle.net/10554/15414

Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geografic*a. Disponible en: https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/LIB-199.pdf

Organización de las Naciones Unidas. (2015) *Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgos de Desastre*. https://www.agr.una.py/descargas/biblioteca_digital_gestion_riesgos/G/GAR%202015/GAR2015.%20VERSI%C3%93N%20COMPLETA.pdf

Palacios, O., Caldas, J. y Vela, C. (1992). *Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica*. Instituto Geologico, Minero y Metalurgico. https://hdl.handle.net/20 500.12544/163

Pfafstetter, O. (1989). Classificação de Bacias Hidrográficas pelo Método de Otto Pfafstetter. ANA. https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/7bb15389-1016-4d5b-9480-5f1acdadd0f5/attachments/Manual_Codificao_de_Bacias_de_Otto_Pfafstetter.pdf

Philip, B., Wayne, Huber. y Baxter, V. (2008). *Hydrology and Floodplain Analysis*. Pearson.

Pizarro, M., Hernández, I., Muñoz, J., Torres, H. y Torres, G. (1988). Elementos técnicos de hidrología II (Instructivos técnicos): Proyecto regional sobre uso y conservación de recursos hídricos en áreas rurales de América Latina y el Caribe. CONAF. https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/264

Pizarro, R. y Novoa, P. (1986). *Determinación de valores probabilísticos para variables hidrológicas. Instructivos Técnicos*. Ministerio de Agricultura de Chile.

Quincho, G. (2014). *Gestión de inundación por caudales máximos en la Subcuenca baja de la quebrada del río Huaycoloro – río Rímac* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repostiorio Institucional de la UNFV.

Quintero, T. (2003). Plan Rector de Producción y Conservación para la Microcuenca "Toledo Yerbabuena". Programa Editorial UNIVALLE.

Rapacioli, R. (2007). *La problemática aluvional en el desarrollo urbano de la región del Alto Valle del Río Negro* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional del Comahue

Rodríguez, H. (2012). *Inundaciones en zonas urbanas medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales* [Tesis de maestría. Univesrsidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio de tesis DGBSDI http://132.248.9.195/ptd2013/enero/0687001/0687001.pdf

Sánchez, F. (2009). *Manual elemental de HEC-HMS*. Universidad de Salamanca. http://web.usal.es/~javisan/hidro/hidro.htm

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2017). *Estimación del periodo de retorno de las lluvias máximas en distritos afectados por el fenómeno del niño costero 2017*. https://hdl.handle.net/20.500.12542/1115

Star, J. y Estes, J. (1990). *Geographic Information Systems: An Introduction*. Prentice Hall.

Temez, J. (1978). *Calculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales.* Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/otros/pdfs/tellez.pdf

Tomlin, C. (1990). *Geographic information systems and cartographic modelling*. Prentice Hall.

Tucci, C. (2008). Aguas urbanas. *Estudos Avançados,* 22(63), 105. http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a07.pdf

Varas, E. y Bois, P. (1998). *Hidrología Probabilísticas*. Universidad Católica de Chile https://www.hidrosm.com/2021/01/libro-hidrologia-probabilistica-eduardo.html

Vidollas, R. (2008). *La cuenca*. Universidad de Cuyo, Facultad de Ingenieria Civil.

Villon, M. (2011). *Hidrología.* Instituto Teconológico de Costa Rica.

World Wildlife Found Mesoamérica. (2016). *Gestión de Inundaciones: En una Forma Natural y Basada en la Naturaleza*. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/flood_green_guide_espanol_revisado_armado.pdf

IX. ANEXOS

Anexo 1: Encuesta de Estimación de Pérdidas Económica por Inundación

Zona: Fecha:

I. DATOS GENERALES

TIPO	LADRILLO	BARRO
Edad:	Sexo:	N.º personas en casa:
Menores de 18 años:	Cuanto trabajo fijo:	Cuanto trabajo eventual:

II. INFORMACION ACERCA DEL EVENTO

A qué distancia de su vivienda ocurrió el evento (m)……

¿Estimación de pérdida de los bienes adquiridos por familia y/o hogar?

TIPO	LADRILLO	BARRO	COSTO S/.
Sala			
Comedor			
Cocina			
Dormitorio			
SS. HH			
Áreas Verdes/ Otros			

¿Enumere del 1-5 la perdida de estimación económica de su vivienda?

RANGO	ESCALA
1	Muy insignificante
2	Leve
3	Moderado
4	Grave
5	Muy grave

III. EFECTOS DE LA INUNDACIÓN EN LA SALUD

¿En lo que fue la inundación cuantos miembros se enfermaron?

Problema de salud	Lugar de atención S/.	Consultas S/.	Medicina S/.	Días sin laborar S/.	Días sin clases S/.
Diarrea					
Dolor de barriga					
Nauseas					
Inflamación de la piel					
Vía respiratoria					
Fracturas					
otros					

¿En cuánto aumento el costo de consumo de agua por día ?.....

Anexo 2: Estación de precipitación máxima en 24 horas

ESTACIÓN: ANTIOQUIA ALT: 3364 MSNM LONG: 76° 44' 48.3"

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) LAT: 11° 30' 8.9" DPTO: LIMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1973	37	6	7.3	1	0.1	0	0	0	2	0	0.1	2
1974	5	6.5	12	0.8	0	0.2	0	0.8	0	0	0	2.3
1975	8.5	18.3	13.3	0	0	0	0	0	0	0.6	0	7
1976	13	29	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	4.1
1977	9.2	21	2.2	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.2
1978	2.5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	1.1	50.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1980	0		5	0	0	0	0	0	0	0.3	0.5	0
1981	0	2.4	28.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	0.9	7.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1983	10.6	10.5	17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0.8	1.6	
1985				1.5	0	0	0	0	0	0	1	0.4
1986	4	1	5	0.8	1.2	0	0	0	0	0	0	7.3
1987	4.5	0.1	3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	4.2	8.3	0	0	2.3	0	0	0	0	0	0	21.8
1989		8.3	2.6	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0
1990	0.1	0	2	0		0	0	0	0	0	0.3	9.3
1991	6	1.9	8.3	0.7	0	0	0	0	0	0.3	0	0
1992	0	3.3	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993		6.4	7.4	4	0	0	0	0	0	0	0.8	1.8
1994	21.8	11.1	13.8	3.4	0	0	0	0	0.1	0	0	1.3
1995	4.8	0.2	13.2	2.1	0	0	0	0	0.3	0.2	9.4	3.7
1996	5.5	7.9	6.1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	1.8	2	0.3	0	0	0	0	0.1	0	0.4	4.2	11.6
1998	5.6	9.6	9.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0	4.1
1999	6.6	17.5	5.1	0.9	1.5	0	0	0	0	2.9	0.2	0.6
2000	8.4	12.6		0	0	0	0	0	0	0	0	2
2001	11.3	4.2	4.1	1.7	0	0	0	0	0	0	3.2	0
2002	1.3	16	9.8	2.7	0.1	0	0	0.1	0		0.4	1.8
2003	1.9	4.3	3.6	0	0	0	0	0	0		0	5.6
2004	0	11.5	2.2	1.9	0	0	0	0	0	0	0	1
2005	1.1	1.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.6
2006	14.8	9.1	8.5		0	0	0	0	0	0	0.2	4.5
2007	3.2	7.2	5	5	0	0	0	0	0	0	0	1
2008	6.2	7.7	13.4	0.6	0	0	0	0	0	0	1.2	0
2009	3.7	16.5	13.8	6.2	0	0	0	0	0	0.7	0.8	0.1
2010	5.8	2.9	4.3	1.6	0	0	0	0	0	0	0	3
2011		2	0.8	0.7	0			0	0	0	1.7	4
2012	2.1	5.5			0	0	0	0	0	1.6	1	1

2013	0.6	17.5	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0.3	2
2014	4.3	2.4	10.2	0	0	0	0	0	0	1.2	0	3.1
2015	4.8	3.6	9.2	7.1	0	0	0	0	0	0	0	2.3
2016	1.9	3.9	2.6	2.3	0	0	0	0	0	0	0	2.3
2017	7.3	7.3	9.6	2.3	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	1.2	4.4	4.6	8.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0
2019	7.8	9.6	3.7	0	0	0	0	0	0	0	2	2.6
2020	5.8	3.8										
2022		3.2	3.1	0.8	0	0	0	0			0	

ESTACIÓN: ARAHUAY ALT: 2504 MSNM LONG: 76° 40' 13.22"

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) LAT: 11° 37' 15.28" DPTO: LIMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1980	46.5	8	8	8	0	0	0	0	0.1	7.5	7.4	4
1981	15.9	14.5	10.3	6.5	0	0	0	0.2	0	3	6.2	6.2
1982	9.8	11.1	7.2	11.2	0	0	0	0.5	0	6.9	9.9	2.1
1983	14.2	23	30	21	1	0	0	0	1.2	2.1	3.1	16
1984	12.4	32.5	14.3	6.1	2.1	0	0	0	0	5.1	7	15.8
1985	4.1	14	13.8	13.7	0	0	0	0	0	0	0	5.9
1986	14.9	11.4	10	10.1	3.9	0	0	0	0	0	8	5.1
1987	13	5	7.7	5.2	0	0	0	0	3.1	3	2.3	3.4
1988	20	16.1	10.4	10.4	4	0	0	0	0	0	2	9
1989	17	17.7	16.7	2.1	0	1	0	0	0.8	3	0	0
1990			5	0	2	0	0	0	0	7	3.3	22
1991	4.2	17.5	21.4	2	2	0	0	0	0	8	3.9	1.2
1992	8.2		12	0.8	0	0	0	0	0	1	0	2.1
1993	9.1	20.9	27	7	0	0	0	0	0	3.2	6	
1994	12.4	16.5	11.8	7	2.1	0	0	0	0	3.9	2.5	5.7
1995	5	11.4	9	9	2.5	0	0	0	1.4	2	9.1	10.2
1996	15.5	17.3	18.5	8.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	5
1997	12.2	10.5	3	5.5	0	0	0	0	4	3.7	10.8	25.4
1998	14.1	26.4	30.2	6	0.3	0	0	0	0.1	4.3	3.1	7
1999	9.7	23.8	9.1	5	1.6	0	0	0	2.2	4.9	2.7	4.8
2000	20	31.7	12.7	2.8	1.3	0	0	0	0.5	3.7	1.2	4.1
2001	21.5	12.7	13.7	8.6	0	0	0	0	0	0	6.7	0
2002	8.6	27.2	16.8	9.3	0.5	0	0	0	3.1	2.1	15	4.8
2003	8.4	13.5	10.1	10	0	0	0	0	0	0.2	1.4	22.9
2004	2	25.5	15	8	0	0.1	0	0	2.2	2.5	6.2	12.5
2005	7.1	9.5	10.3	2.7	0	0	0	0	0	0	0	12.1
2006	19.2	19.8	15.4		0	0		0	0	0		
2007	7.5	13.7	15.7	7.4	0	0	0	0	0	0	2.8	3
2008	8.2	20.6	19.5	8	0	0	0	0	0	0	1.7	6.5
2009	12.5	28.1	40.5		1.8	0	0	0	0.3	7.8	3.2	5
2010	9		10	9	0	0	0	0	0	0	3	8.6
2011	10.5	9.7	8.5	12	0	0	0	0	0	0	3	13.9
2012	6	18.8	15.7	12.8	0	0	0	0	6.6	6.8	6.5	8.5
2013	3.9	11.2	13.3	2.5	2.6	0	0	0	0	2.3	5	11.8
2014	10.6	9.1	8.8	3.5	0	0	0	0	0	3.6	4.5	7.8
2015	11.8	7.1	15.6	6.5	0	0	0	5	1.2	3.6	9.5	5
2016	5.1		4	8.4	0	0	0	0	0	0	0	4
2017	21.2	14.8	20.2	3.8	0	0	0	0	0	1.2	2.1	2.3
2018	19	23.4	12	6.5	2	0	0	0	0	1.5	2	2.9
2019	8.8	36.9	8.1	7.5	0	0	0	0	4.2	2.9	1	3.1
2020	7.5	3.4										
2021	7.7	7.7	10.8	3.4	0	0	0	1.5	0	3.5	0.7	2.8
2022	4.5	9	8.5	2.2	0	0	0	0	0	0	0	2.3

ESTACIÓN: AUTISHA ALT: 2220 MSNM LONG: 76° 36' 39.7"

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) LAT: 11° 44' 17.34" DPTO: LIMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1980		0.3	7.5	4			0	0	0.2	5.3	2.1	0.4
1981	13.7	9.9	13.6	5	0.1	0.3	0.1	1.7	2.1	3.1		
1982	7.7	11.2	3.1	6.7	0.3	0	0.3	1	0	5.3	5.1	
1983				7.1	0	0	0	0				
1984	5.1	14	5.1	7.2	0.5	0	0	0	0	1.4	4.3	4.6
1985	3.1	6.4	2	6.3	0	0	0	0	0.2	1.4	0	1.1
1986	3.6			4	4	0	0	0	4.3	0	0	4.1
1987	6.3	10	11.6	5.9	4.3	0	0	0	0	0	4.1	4.7
1988	6.7		7.4	1.9	1	0	0	0	0	0.6	0.4	3.7
1989	10.5	20.3	7.6	1.3	0	0	0	0	0	3.1	0	1.3
1990	4.2	5.1	5.4	1.6	0	0	0	0	0	2.3	6.2	14.7
1991	1.8	5.9	29.7	0	0	0	0	0	0	5.3	6.7	3.2
1992	1		6.3	0	0	0	0	0	0	2.3	0.9	1.4
1993	23.3	15.9	15.5	5.4	1.3	0	0	0	1.3	3.3	4.1	4.4
1994	11.2	10.7	10.4	4.6	2.1	0	0	0	2.3	1.4	3.1	4.1
1995	6.7	6.5	9.3	5.2	3.6	0	0	0	1.5	2.1	4.7	7.2
1996	18.4	14.5	9.4	7.3	0.4	0	0	0	0.3	0.6	0.4	3.7
1997	4.6		1.8	0.2	0.1	0	0	0.3	6.2	3.7	4.5	10.2
1998	18.3	22.2	16.8	3.1	0	0	0	0	0.7	0.8	2.1	3.2
1999	22.1	20.2	14	4.3	0.3	0	0	0.1	1.2	3.1	0.9	2.6
2000	7.9	9.5	9.4	2	1.1	0	0	0	0.9	2.3	1.1	7.8
2001	8.1	14.1	11.9	3.2	0	0	0	0	1.7	1.8	4.3	0.1
2002	3.3	16.4	6.2	7.4	0.9	0	0	0	0.7		4.1	0.9
2003	9.2	9.9	14.6	4.4	0	0	0	0	0	0.1	0.7	25.5
2004	8.7	14.4	6.9	4.1	0	0	0	0	1.3	1.1	3.1	10.5
2005	9.7	11.7	11.1	2	0	0	0	0	0	1.7	0.6	8.9
2006	9.6	30.8	12.7			0	0	0		0.8	1.6	
2007	8.8	24.4	14.6	27.8	0	0	0	0	0	0.8	0	0
2008	9.6	16.9	14.3	0.8	0	0	0	0	0	0	3.8	5.2
2009	13.1	16.5	19.3	10.7	0	0	0	0	0	3.1	3.6	2.5
2010	3.2	19.6	3.3	4.4	0	0	0	0	0	0.8	1.2	5.7
2011	11.7	14.4	8.7	4	0	0	0	0	0	0	0	1.7
2012	7.8	21.3	9.6	11.5	0	0	0	0	0	0	0	4.5
2013	0.6	0.9	18	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0
2014				0	0	0	0	0	0	0	0	1
2015	7.2	0.9	9	0	0	0	0	0	0	0	1.7	2.1
2016	15.7	17	9.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
2017	9	5.8	17.4	0	0	0	0	0	0	2.8	0	0
2018	5.8	9.4	9.9	1.3	0	0	0	0	0	0	4.7	1
2019	8.5	6.5	0.9	0	0	0	0	0	2.4	0.8	3.3	2.2
2020	6.3	4.8	17.4									
2022												0

ESTACIÓN: CHOSICA ALT: 867 MSNM LONG: 76° 41' 23.09"

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) LAT: 11° 55' 47.48" DPTO: LIMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1989			4.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	2.8	0	2.2	0	0.8	0.1	0	0	0	0.2	1	3.2
1991	0.2	2	3.7	0.7	0.3	0	0	0	0	1	0	0.5
1992	0.3	2.3	0.6	0.3	0.8		0	0.4	0	0	0	1
1993	0	0.8	1.8	2.4	0	0	0	0	0.2	0	1.2	1.2
1994	16	2.5	3	1.8	0.4	0	0	0	1	0	0.4	1.5
1995	3	0.5	2.5	1.2	2.2	0	0	0	0.5	0.3	1.4	0
1996	5	5	5.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
1999												0
2000	6	4.5	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	5.2	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0.6	0
2002	1	30.7	1	0	0	0	0.6	0	0.5	0	0	0
2003	1.5	2.5	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8
2004	0.8	0.5	0.7	0.5	0	0	0	0	0	0	0	1.6
2005	1.2	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2006	5.6	4	4.2									
2007	2.2	3	1.8	7.7	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	3.6		1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	3	6.6	8	1.6	0		0	0	0	0	0	0
2010	0	0.3	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	4.7	5.7	1	1.1	0	0	0	0	0	0	2.5	5.1
2012		9.6	2.1	37	0	0	0	0	0	1	0.5	1.1
2013	0	2.3	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
2014	2.1	1.5	6.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	1.4
2015	1.2	9.5	18.3	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	1	5.3	0.5	4	0	0	0	0	0	0	0	0.2
2017	19.5	8.5	13.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	4.5	9.4	0.5	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0
2019	2	1.8	0	0	0	0	0	0	1.9	0	0	0
2020	3.1	1.4								0	0	
2021	5	1.7	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	1.2		0	0	0	0	0	0	0	0	4.5

ESTACIÓN: HUAMANTANGA ALT: 3364 MSNM LONG: 76° 44' 48.3"
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) LAT: 11° 30' 8.9" DPTO: LIMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1973	7	6.4	11.4				0			6.3	0	6.6
1974	12.3						0	0				
1975					4.5							7.3
1976			4.2		8.3		0	0				
1982										5.6		
1983				4.1	1.4	0	0	0	0	1.7	2.1	4.5
1984	13.7	16.6	14.7	5.3	3.5	0	0	0	2.8	5.3	3.2	1.2
1985	8.9	9.7	8.4	2.3	0	0	0	0	3.6	2.3	3.1	3.5
1986	7.6	5.8	9.9	9.7	5.9	0	0	0	0	0	0	9.2
1987	8.8	9.8	0	0	0	0	0	0	0	2.5	1.5	
1988		5.8	3.7	2.8	2.3	0	0	0	0	0	0	5.6
1989	8.9	7.5	9.3	6.7	4.8	0	0	0	0	5.6	2.6	0
1990	5.6	14.2	10.6	1.2	4	0	0	0	0	9.7	11.5	8.8
1991	6.2	14.2	18.4	8.5	0	0	0	0	0	3.7	3.7	3.7
1992	4.6	12	19.4	2.4	1.3	0	0	0	0	4	2.5	5.7
1993	18.7	19.4	22.8	9.2	5.8	0	0	0	2.2	1.9	11.4	9.3
1994	11.9	22	19.7	5.4	8.7	0	0	0	0	0	7.2	9.7
1995	29.6	17	13	4.5	5.1	0	0	0	2.2	4.5	6.5	14
1996	12	19.5	18.8	9.3	0	0	0	0	0	3.1	3.4	
1997	14.8	16.2	9.1	1.3	3.9	0	0	1.2	8.9	4.4	14.2	17.8
1998	33.6	24.7	16.6	11.4	0	0	0	0	0.7	3.2	2.4	8.3
1999	9.7	25.4	18.4	10.5	2.1	0	1.9	0	3.9	7.7	4.6	5
2000	15.9	14.7	16.6	3.4	3.2	0	0	3.4	0.4	12.2	2.3	27.5
2001	18.3	16.8	19.4	15.9	0.3	0.1	0	0	3.1	4.7	8.9	4.5
2002	24.1	47.5	33.7	8.3	1.2	1	0.7	0	7.6		17.9	4.2
2003	15.3	10.1	13.6	9	0.1	0	0	0	0	1.5	0.2	27.3
2004	2.7	25.1	7	6.9	0	0	0	0	0.2	4.3	9.8	14.2
2005	11.4	20.3	23	5.6	0	0	0	0	0	0.7	1.3	10.2
2006	12.5	20.6	10.8		1.6	0	0	0	1.5	2.4	3.7	7.6
2007	11.8	15.4	19.5	7.8	0.5	0	0	0.6	0	2.7	2.1	4.5
2008	12.8	15.3	13.4	9.8	0	0	0	0	0	3.1	3.4	6.8
2009	13.1	29.5	30.9	4.6	5.2	0	0	0		7.3	2.9	7.5
2010	7.8	14.5	22.9	10.7	0	0	0	0	1.5	1.2	3.2	12.3
2011	12.6	13.1	9.2	6.8	5.3	0	0	0	1.3	0.6	4.8	10.7
2012	12.2	16.6	55.1	16.2	0.5	0	0	0	2.3	9.4	2.6	21.2
2013	12.5	18.9	15.9	6.7	0.9	0	0.7	0	0	4.6	4.4	10.2
2014	13.6	17.9	16.8	32	0.9	0	0	1.3	0.5	3.9	15.6	5.2
2015	14.2	23.1	17.7	12.4	0.2	0	0	2.9	0.5	5.2	10.7	17.6
2016	12.6	23.5	10.4	10.3	1.5	0	0	0	4.7	0	0	5.6
2017	45.1	17.7	22.5	8.3	2.4	0	0	0	0	2.3	0.6	4.3
2018	15.3	15.8	16.2	7.8	2.6	3.7	0	0.7	0	2	3	21.2
2019	10.8	25.9	23	3	1.9	2.9	0	0	9.2	2.6	2	5.7
2020	34	14.7										
2022		13.7	10.7	12	0	0.4	0	0	0.3	4.6	0.2	10.9

ESTACIÓN: MATUCANA ALT: 2417 MSNM LONG: 76° 22' 40.9"

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) LAT: 11° 50' 20.86" DPTO: LIMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1973	14.4	25.2	9.6	2.6	0	0	0	0	17.2	3.2	2.4	10.5
1974	10.2	11.9	9	4.8	0	0	0	0	0.4	0.6	2.1	8
1975	6.8	9.9	10.8	3.5	3.2	0.8	0	0	1.3	4.5	9.3	10
1976	15.8	13	10.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0	0	6.3
1977	4.7	35.2	18.2	2.2	3.3	0	0	0	1.1	0.6	7.8	10.4
1978	6.7	6.9	6.5	4.9	0	0	0	0	1.5	0	7.8	5.8
1979	5.6	12.3	7.5	0	0	0	0	0	0	1.7		
1980	4.8		4.9	8.8	0	0	0	0	0	2.4	0	3.2
1981	10.5	12.5	10.5	0	0	0	0	0	0	1	0.9	9.6
1982	2.9	5.5	2.9	0	0			0	0	0	9.5	0.9
1983	3.7	25	22.6	4.2	0	0	0	0				9.9
1984	6.4	19.2	21.5	3.1	1	1.8	0	0	0	11.9	8.3	13.9
1985	4.9	12.7	14.5	4.3	1.9	0	0	1	1.8	0.9	19.8	6.9
1986	27.2	10	10.3	11.3	4.9	0	0	3.6	0	3.7	7.8	10.3
1987	19.5	8.3	20.9	0	0		0	1	0.2			7.4
1988	11.1	12.3	5.8	8.6	2.8	0	0	0	0	0.5	0	6.4
1989	8.3	10.7	6.5	1.2	2.9	0	0	0	0	0	0	0
1990	6.7	2.4	6.7	1.3		0.3	0	0.4	0	7.4	10.6	10.3
1991	3.9	17.2	17.6	4.2	2.1	0	0	0	0	7.7	3.5	1.8
1992	14	15.2	30.5	13.1	0	0	0	0	0	11.4	3.7	6.4
1993	22.3	27.1	30.3	15.9	0	0	0	0	0	5.3	8.8	9.6
1994	11.4	12.2	5.8	15.5	2.6	0	0	0	0.3	0.3	5	11.7
1995	22.3	9.1	14	12.4	0	0	0	0	3.6	3.7	20.3	12.7
1996	11.7	13.6	12.1	5.8	0	0	0	0	0	0	2.4	3.6
1997	8.5	9.5	4.8	2.6	0	0	0	0	0	5.4	6.5	7.5
1998	16.6	21.9	14	5.9	0	0	0	1.3	2.2	0	0	4
1999	7.5	19.8	5.7	7.3	0	0	0	0	4	5.1	6.5	6.2
2000	10.6	14.3	11	10.9	2.5	0	0	0	0	5.9	0	7.3
2001	16.2	13.5	9.7	3.8	0	0	0	0	0	1.6	10	1.3
2002	6	15.7	9.8	9	4.9	0	0	0			7.9	10.9
2003	8.2	12.9	7	14.5	0	0		0	0	0	0.7	19.5
2004	5.5	10.3	18	8.9	0	3.6			0	6.3	6.2	18
2005	21.5		11.7	4.2	0	0		0	0		0	6.9
2006	13.9	11.5		10.8	0	0	0	0	0	1.2	5.7	11.5
2007	12.5	13.1	16.6	16.5	0			0		1.8	0	12.3
2008	7.3	16.5	11.7	6.2				0		2	7.7	9
2009	13.7	18.1	23.1	6.9	0	0	0	0	0	7.4	7.9	9.6
2010	9.7	16.8	17	9.4	0			0	0		3.7	8.9
2011	11.1	14.5	12.5	12.3	0			0	1.2	0	7.2	8.8
2012	4.4	12.2	19.8	14.5	0	0	0	0.3	3.7	8.7	5.8	7.8
2013	7.8	10.3	21.3	17.2	1.9	0	0	0	0.8	2.7	2.9	6.9
2014	7.5	8.2	9.9	4.7	0	0	0	1.7	1	3.1	6.8	12.2

2015	7.9	8.3	21.3	5.9	0	0	0	3.6	1.2	1.7	7.4	5.7
2016	5.1	16.4	14.4	6.8	0	0	0	0	1.5	0	0	4.8
2017	22.8	18.4	16	11.7	0.7	0	0	0	1.6	2	4.8	2.3
2018	13.7	15.8	21.2	7.7	1.1	0.8	0	0	0	0.9	2.3	6.4
2019	16.1	21.5	15.4	5	0	0	0	0	4.6	6.8	5.8	8.4
2020	20	12.1										
2021				6.6	4.6	0	0	0	3.2			
2022	14.7	14.3		14.2	1.5	0	0	0	0	0	0.5	

ESTACIÓN: ÑAÑA ALT: 543 MSNM LONG: 76° 50' 31"
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) LAT: 11° 59' 14.8" DPTO: LIMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1973										0	0	0
1974	0	0.6	0								0	0.8
1975	0.5	0	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1976	8						0			0.5	0	0
1977	1.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	0
1978	0	0	0	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	
1980							0	0	0	0	0	
1981							0	0			0	0
1983					0	0						
1984			0			0	0		0		0	
1985	0	0				0	0	0	0	0		
1986								0				
1987											0	
1988	0											1.4
1989	0.4	1.6			0				0			
1990	0		0	0			0			0		
1991			0		0	0		0				0
1992	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0		0.6	0	0		0.3	0	0	0	0	
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996		0					0	0	0	0		0
1997	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0		0	0
2002	0	13.4	0	0	0	0	0			0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0
2012	0	4.4	0.2	0	0	0	0.2	0	0	0	0	1.8
2013	0	3.2	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0
2014	3.4	0	3.2	0	1.8	1.6	2.2	2.6	0	0	0	0
2015	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
2017	2.6	0	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2018	2.4	2.8	0.2	2.4	0	2.2	0.2	0	0	0	0	0
2019	0.7	1.6	0	0	0	0	0	0	2.4	0	0	0
2020	0	1.2										

ESTACIÓN: SANTA EULALIA ALT: 970 MSNM LONG: 76° 39' 59.9"

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) LAT: 11° 55' 12" DPTO: LIMA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1973	19.2	0	12.2	0	0	0	0	0	2	0.5	0	5
1974	3	5.8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8
1975	2.8	8.8	14.5	0	0	0	0	0	0	0	2	3.5
1976	3	30	5.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	5.3
1977	5	5.3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1978	5		6.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1982		5.2	2.5	1.7	0	0	0	0	0	0	0	5.6
1983			8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	10.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
1986	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
1987				0.4	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	9.7	4.5	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	4
1989	4.3	27.6		0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	3	0	6.5	0	0	0	0	0	0	0	1	3
1991	0	1.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0.5	0	0		0	0	0	0	0	0	0
1993	0.5	1.6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	13.5	2.9	0	0	3.9	0	0	0	0.3	0	0	0.7
1995	3.8	0	2.5	0.5	0.4	0	0	0	0.2	0.7	1.3	0
1996	3	4.5	4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.5
1997	2.2	2.6	0.4	0	0	0.2	0	0	0	0.6	0.6	4.9
1998	6	5.3	5	0	0	0	0	0	0	0	0.2	2.2
1999	3.7	14.7	0.5	0.3	0	0	0	0	0.2	0.1	0	0.8
2000	6.4	3.8	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
2001	8	7.6	3.7	1.3	0	0	0	0	0	0.1	1	0
2002	0.7	25.9	1.1	0.1	0.3	0	0	0	0.1		0.2	
2003								0	0	0	0	4.1
2004	0	2.5	2.4	2.1	0	0	0	0	0.5	0	0	1.8
2005	1.2	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1
2006	6.3	7.8	4.6		0	0	0	0		0.2	0.5	2.7
2007	2.8	2.8	2.7	4.1	0	0	0	0	0	0	0.6	1
2008	3	3.5	5.3	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0.8
2009	4.4	11.2	4.3	0.8	0	0	0	0	0	1.1	0.6	1.1
2010	4.5	0.7	1.8	0	0	0	0	0	0.4	0.6	0	3
2011	5	5.5	2.1	1.3	0	0	0	0	0	0	2.5	5
2012	0	12.5	3.1	8.3	0	0	0	0	0	1.4	0.5	1.5
2013	0	4.2	1	0	0.5	0	0	0	0	0	0	8.5
2014	3.5	2.2	1.2	0.6	0	0	0	0	0	0	0.7	1.3

2015	2	4.7	17.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
2016	0.5	5.5	0.7	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5
2017	21.6	1.6	14.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	6.8	9.8	0	0.3	0	0.8	0	0	0	0.8	0	0
2019	5.8	4.1	0.4	0	0	0	0	0	2	0	0.4	1
2020	3.1	2.9								0	0.2	5.2
2021	5	2.2	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	1.2		3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	5.8

Hidrograma de caudales máximos (punto inicial).

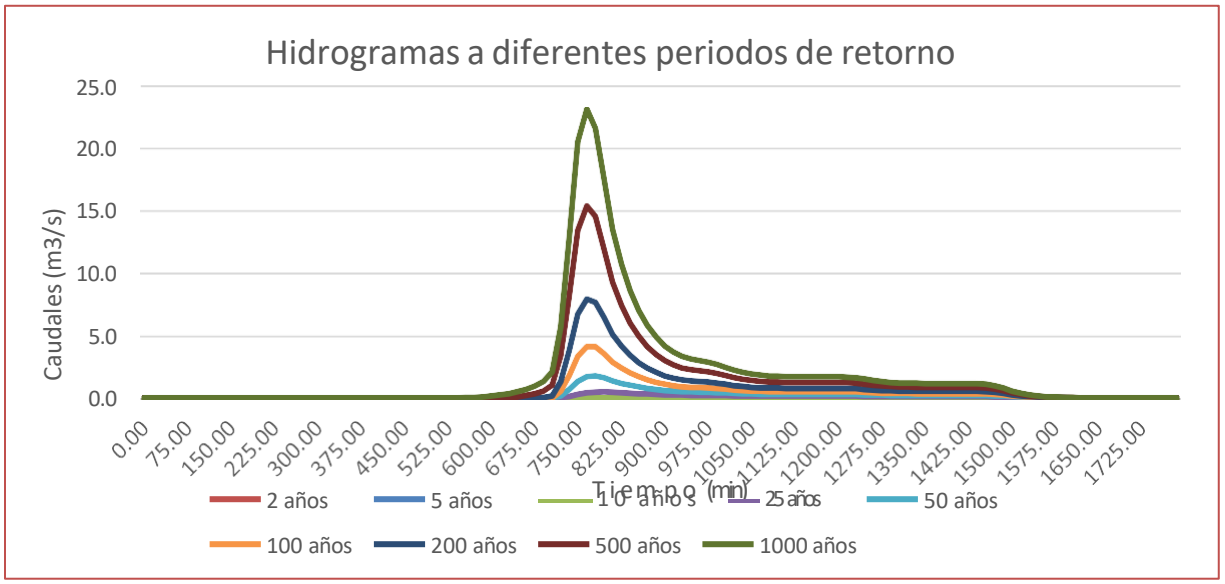
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años	1000 años
0.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
15.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
30.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
45.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
60.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
75.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
90.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
105.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
120.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
135.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
150.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
165.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
180.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
195.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
210.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
225.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
240.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
255.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
270.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
285.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
300.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
315.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
330.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
345.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
360.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
375.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
390.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
405.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
420.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
435.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
450.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
465.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
480.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
495.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
510.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
525.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.001
540.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.006
555.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.020
570.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.050
585.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.096
600.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.003	0.160
615.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.016	0.242
630.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.045	0.348
645.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.101	0.489

660.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0004	0.190	0.673
675.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0082	0.330	0.938
690.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0397	0.541	1.311
705.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0186	0.1806	1.003	2.088
720.00	0.0	0.0	0	0.03555	0.1846	0.5340	1.3222	3.357	5.682
735.00	0.0	0.0	0	0.13632	0.6649	1.7812	3.8012	8.125	12.787
750.00	0.0	0.0	0	0.29116	1.3127	3.3438	6.6854	13.401	20.470
765.00	0.0	0.0	0	0.41574	1.6836	4.0953	7.8954	15.338	23.081
780.00	0.0	0.0	8.44268E-07	0.48511	1.7617	4.0880	7.6418	14.491	21.554
795.00	0.0	0.0	0.000137561	0.48985	1.5981	3.5316	6.4176	11.911	17.533
810.00	0.0	0.0	0.000819856	0.46018	1.3607	2.8683	5.0805	9.245	13.476
825.00	0.0	0.0	0.002470687	0.42291	1.1681	2.3775	4.1253	7.383	10.671
840.00	0.0	0.0	0.005115392	0.38587	1.0084	1.9919	3.3933	5.981	8.576
855.00	0.0	0.0	0.008199363	0.35132	0.8778	1.6902	2.8329	4.924	7.009
870.00	0.0	0.0	0.011121391	0.31818	0.7662	1.4439	2.3866	4.098	5.795
885.00	0.0	0.0	0.013476309	0.28713	0.6715	1.2435	2.0317	3.453	4.855
900.00	0.0	0.0	0.015483906	0.26167	0.5973	1.0900	1.7634	2.970	4.156
915.00	0.0	0.0	0.017404677	0.24357	0.5444	0.9807	1.5729	2.628	3.660
930.00	0.0	0.0	0.019397696	0.23241	0.5101	0.9089	1.4468	2.401	3.330
945.00	0.0	0.0	0.021501592	0.22680	0.4904	0.8663	1.3705	2.261	3.126
960.00	0.0	0.0	0.023652421	0.22441	0.4791	0.8399	1.3215	2.169	2.991
975.00	0.0	0.0	0.025411384	0.22123	0.4670	0.8129	1.2726	2.079	2.859
990.00	0.0	0.0	0.02615686	0.21260	0.4441	0.7681	1.1973	1.949	2.674
1005.00	0.0	0.0	0.025657296	0.19756	0.4100	0.7068	1.0993	1.786	2.448
1020.00	0.0	0.0	0.024672553	0.18121	0.3742	0.6433	0.9989	1.620	2.219
1035.00	0.0	0.0	0.023805734	0.16748	0.3442	0.5903	0.9152	1.482	2.029
1050.00	0.0	0.0	0.023403251	0.15823	0.3237	0.5539	0.8574	1.387	1.897
1065.00	0.0	0.0	0.023458236	0.15300	0.3116	0.5322	0.8226	1.329	1.816
1080.00	0.0	0.0	0.023759331	0.15003	0.3044	0.5187	0.8007	1.292	1.764
1095.00	0.0	0.0	0.024222116	0.14854	0.3002	0.5107	0.7873	1.269	1.732
1110.00	0.0	0.0	0.024791321	0.14802	0.2981	0.5062	0.7794	1.255	1.711
1125.00	0.0	0.0	0.025432974	0.14815	0.2974	0.5040	0.7752	1.247	1.700
1140.00	0.0	0.0	0.026118799	0.14869	0.2975	0.5034	0.7734	1.242	1.693
1155.00	0.0	0.0	0.02683143	0.14947	0.2982	0.5037	0.7730	1.241	1.689
1170.00	0.0	0.0	0.027561209	0.15042	0.2991	0.5046	0.7735	1.240	1.688
1185.00	0.0	0.0	0.028301514	0.15148	0.3004	0.5058	0.7747	1.241	1.688
1200.00	0.0	0.0	0.029046821	0.15259	0.3017	0.5073	0.7762	1.242	1.689
1215.00	0.0	0.0	0.029467605	0.15218	0.3001	0.5039	0.7701	1.231	1.674
1230.00	0.0	0.0	0.029108669	0.14807	0.2913	0.4884	0.7459	1.192	1.619
1245.00	0.0	0.0	0.027843598	0.13975	0.2743	0.4594	0.7011	1.119	1.520
1260.00	0.0	0.0	0.026319101	0.13042	0.2554	0.4273	0.6516	1.040	1.411
1275.00	0.0	0.0	0.025019099	0.12243	0.2393	0.3998	0.6093	0.972	1.318
1290.00	0.0	0.0	0.024196796	0.11698	0.2281	0.3807	0.5798	0.924	1.253
1305.00	0.0	0.0	0.023814374	0.11380	0.2215	0.3692	0.5619	0.895	1.213
1320.00	0.0	0.0	0.023676783	0.11190	0.2173	0.3620	0.5505	0.876	1.187
1335.00	0.0	0.0	0.02369942	0.11083	0.2149	0.3575	0.5433	0.864	1.170
1350.00	0.0	0.0	0.023827396	0.11032	0.2135	0.3548	0.5390	0.857	1.160

1365.00	0.0	0.0	0.02402582	0.11018	0.2129	0.3534	0.5365	0.852	1.154
1380.00	0.0	0.0	0.024269062	0.11027	0.2127	0.3528	0.5352	0.850	1.150
1395.00	0.0	0.0	0.024540637	0.11051	0.2128	0.3527	0.5347	0.848	1.148
1410.00	0.0	0.0	0.024830917	0.11086	0.2131	0.3529	0.5347	0.848	1.147
1425.00	0.0	0.0	0.025133336	0.11126	0.2135	0.3533	0.5350	0.848	1.146
1440.00	0.0	0.0	0.025442654	0.11171	0.2141	0.3538	0.5355	0.848	1.146
1455.00	0.0	0.0	0.024951684	0.10878	0.2082	0.3438	0.5201	0.823	1.113
1470.00	0.0	0.0	0.022561709	0.09786	0.1871	0.3088	0.4670	0.739	0.998
1485.00	0.0	0.0	0.018009132	0.07788	0.1488	0.2456	0.3712	0.587	0.793
1500.00	0.0	0.0	0.012947044	0.05591	0.1068	0.1762	0.2663	0.421	0.569
1515.00	0.0	0.0	0.008577836	0.03703	0.0707	0.1167	0.1764	0.279	0.377
1530.00	0.0	0.0	0.005503688	0.02376	0.0454	0.0749	0.1132	0.179	0.242
1545.00	0.0	0.0	0.00359613	0.01552	0.0296	0.0489	0.0739	0.117	0.158
1560.00	0.0	0.0	0.0023441	0.01011	0.0193	0.0319	0.0482	0.076	0.103
1575.00	0.0	0.0	0.001521792	0.00656	0.0125	0.0207	0.0313	0.049	0.067
1590.00	0.0	0.0	0.000982581	0.00424	0.0081	0.0133	0.0202	0.032	0.043
1605.00	0.0	0.0	0.000632993	0.00273	0.0052	0.0086	0.0130	0.021	0.028
1620.00	0.0	0.0	0.000404866	0.00174	0.0033	0.0055	0.0083	0.013	0.018
1635.00	0.0	0.0	0.000254371	0.00109	0.0021	0.0034	0.0052	0.008	0.011
1650.00	0.0	0.0	0.000155723	0.00067	0.0013	0.0021	0.0032	0.005	0.007
1665.00	0.0	0.0	9.13634E-05	0.00039	0.0007	0.0012	0.0019	0.003	0.004
1680.00	0.0	0.0	4.74777E-05	0.00020	0.0004	0.0006	0.0010	0.002	0.002
1695.00	0.0	0.0	1.8196E-05	0.00008	0.0001	0.0002	0.0004	0.001	0.001
1710.00	0.0	0.0	2.28114E-06	0.00001	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1725.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1740.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1755.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1770.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1785.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1800.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1815.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1830.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1845.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1860.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1875.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1890.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1905.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1920.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1935.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1950.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1965.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1980.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
1995.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2010.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2025.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2040.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2055.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000

2070.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2085.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2100.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2115.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2130.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2145.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2160.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2175.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2190.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2205.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2220.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2235.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2250.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2265.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2280.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2295.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2310.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2325.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2340.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2355.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2370.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2385.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2400.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2415.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2430.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2445.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2460.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2475.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2490.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2505.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2520.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2535.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2550.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2565.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2580.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2595.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2610.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2625.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2640.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2655.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2670.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2685.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2700.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2715.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2730.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2745.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2760.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000

2775.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2790.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2805.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2820.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2835.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2850.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2865.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000
2880.00	0.0	0.0	0	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000



Anexo 3: Fotografías

1. Puente Ramiro Priale





2. Puente Huaycoloro





3. Puente Laureles







4. Puente las Torres








5. Cruce Villa Leticia











6. Cruce la Capitana









7. Cruce Cajamarquilla













8. Puente Petramás








Anexo 4: Modelamiento Hidráulico

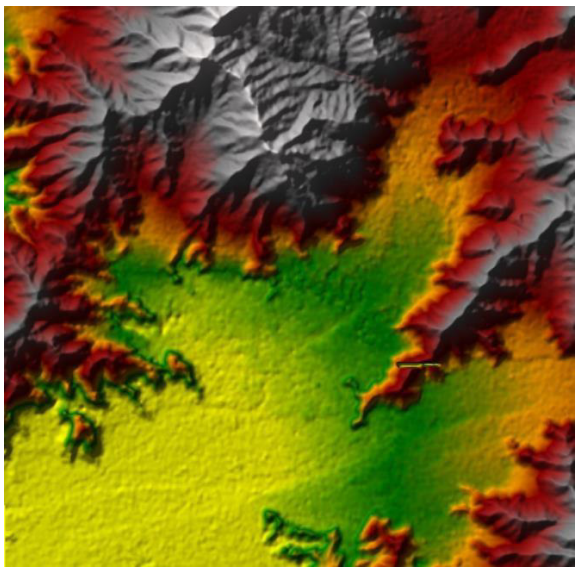
Modelamiento hidráulico HEC-RAS

El estudio desarrolló un modelamiento hidráulico mediante HEC-RAS para analizar y predecir inundaciones en zonas urbanas. En esta investigación se optó por un modelo bidimensional (2D), que permitió simular de manera más realista la propagación del flujo, identificando zonas de desbordamiento, velocidades y profundidades de inundación. Los resultados obtenidos aportan información clave para la evaluación y gestión del riesgo frente a eventos de lluvias intensas.

- ***Información base***

La modelación hidráulica utilizó un DEM de 5 m obtenido de LandViewer. Aunque adecuado para estudios regionales, presenta limitaciones en zonas urbanas densamente edificadas, ya que no representa completamente elementos como edificaciones y canales, afectando la precisión de las simulaciones de flujo e inundación.

Modelo de elevación digital utilizado para el modelamiento hidráulico



Nota: Elaboración propia.

La integración del DEM en el modelo hidráulico permitió representar la superficie terrestre de forma aceptable para la escala de análisis, facilitando la simulación de los caudales de avenida y la estimación de áreas inundables bajo diferentes escenarios de lluvia extrema. Esta representación del terreno constituye un insumo clave para la evaluación del riesgo hidráulico.

- ***Limitaciones del modelo***

El estudio presenta limitaciones relacionadas con la precisión del DEM de 5 m y la incertidumbre en las cotas del terreno, lo que puede afectar la representación de la microtopografía urbana y la exactitud de las simulaciones de inundación. Sin embargo, el modelo constituye una herramienta útil para identificar tendencias y zonas de riesgo hidráulico, recomendándose su uso como apoyo preliminar para la toma de decisiones y no como base definitiva para obras de ingeniería.

- ***Obras hidráulicas***

Durante el reconocimiento de campo y el análisis de imágenes satelitales permitieron identificar que el tramo bajo de la quebrada Huaycoloro se encuentra encauzado y revestido con muros de concreto hasta su desembocadura en el río Rímac, con el fin de controlar desbordes durante periodos de avenida. Para incorporar estas obras al modelo hidráulico, se utilizaron imágenes satelitales y delimitaciones de cuerpos de agua, lo que permitió integrar el trazado del canal al Modelo Digital de Elevación (DEM) empleado en la simulación.

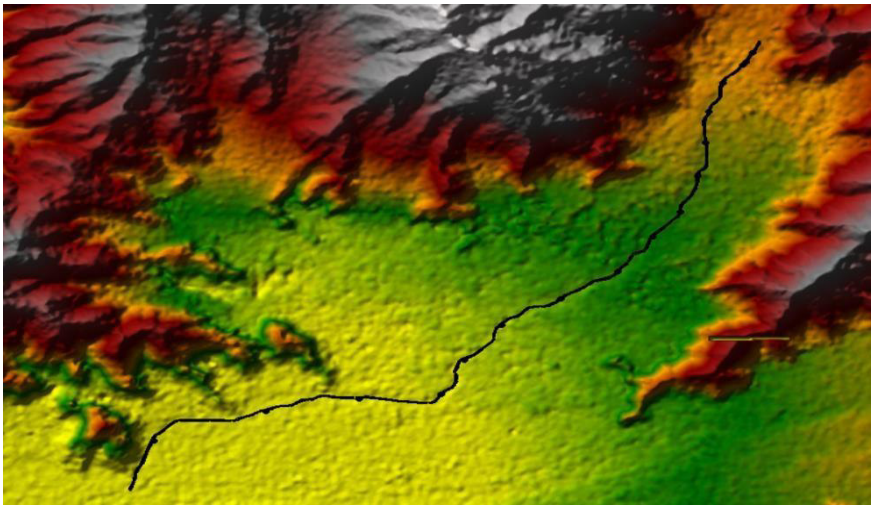
Imagen satelital y delimitaciones de los cuerpos de agua de referencia



Nota: Elaboración propia.

Posteriormente, el canal encauzado fue digitalizado sobre el DEM mediante herramientas SIG, ajustando la topografía para representar de manera más realista sus dimensiones y profundidad. Esta corrección permitió mejorar la simulación hidráulica en eventos extremos, facilitando la identificación de zonas donde el encauzamiento podría resultar insuficiente y apoyando el análisis de vulnerabilidad y planificación de medidas correctivas.

Delimitación del canal encauzado en el DEM



Nota: Elaboración propia.

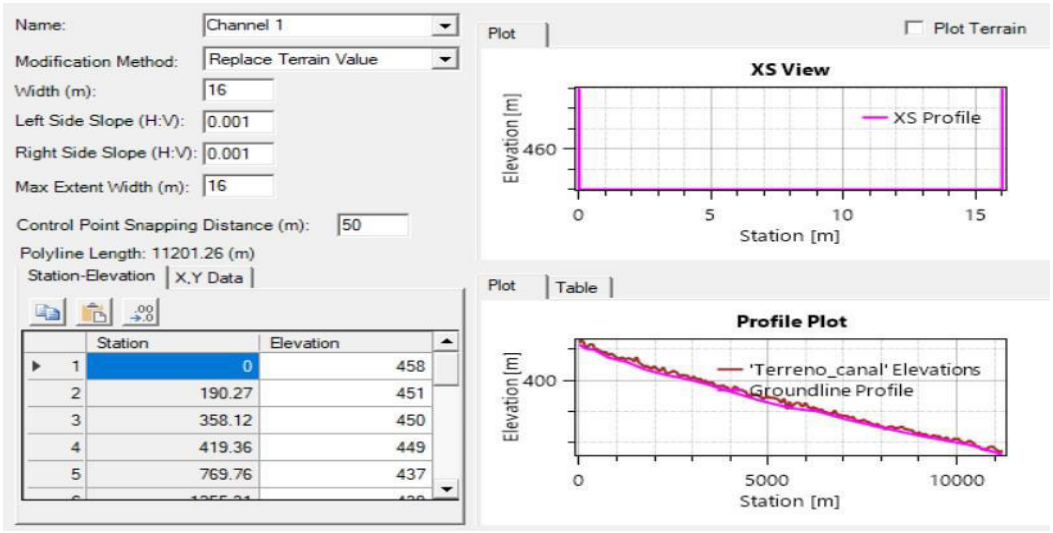
Sección transversal típica del canal



Nota: Elaboración propia.

Se incorporó una dimensión transversal promedio del canal, considerando un perfil trapezoidal con fondo plano, taludes verticales, y una profundidad promedio de 5 metros. La información fue obtenida mediante observación directa de campo e imágenes satelitales. Este ajuste es crucial, ya que permite que el modelo reproduzca con mayor fidelidad el comportamiento hidráulico, especialmente en tramos donde el canal tiene capacidad suficiente para contener caudales hasta ciertos umbrales.

Parámetros considerados para el dimensionamiento del canal



Nota: Elaboración propia.

Además, se realizaron ajustes intermedios a lo largo del canal, debido a las variaciones de pendiente del terreno, modificando el DEM mediante herramientas GIS y validándolo en HEC-RAS para representar adecuadamente las transiciones hidráulicas y posibles zonas de desborde. Esta integración permitió mejorar la precisión del modelo y evaluar la eficiencia hidráulica de las obras existentes ante eventos extremos.

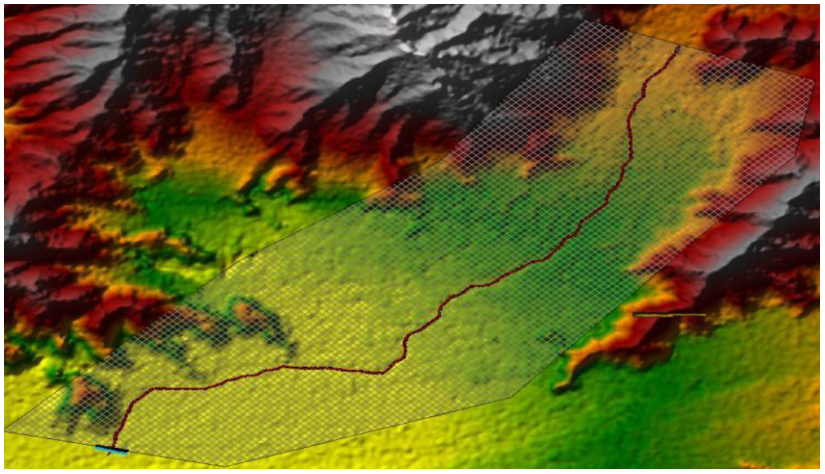
- ***Coeficiente de rugosidad***

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) es un parámetro clave en la modelación hidráulica, ya que representa la resistencia al flujo del agua según las características del cauce. En la quebrada Huaycoloro, debido a la presencia de un canal revestido de concreto y mampostería, se adoptó un valor de n = 0.020, correspondiente a canales de concreto en buenas condiciones.

- ***Malla computacional***

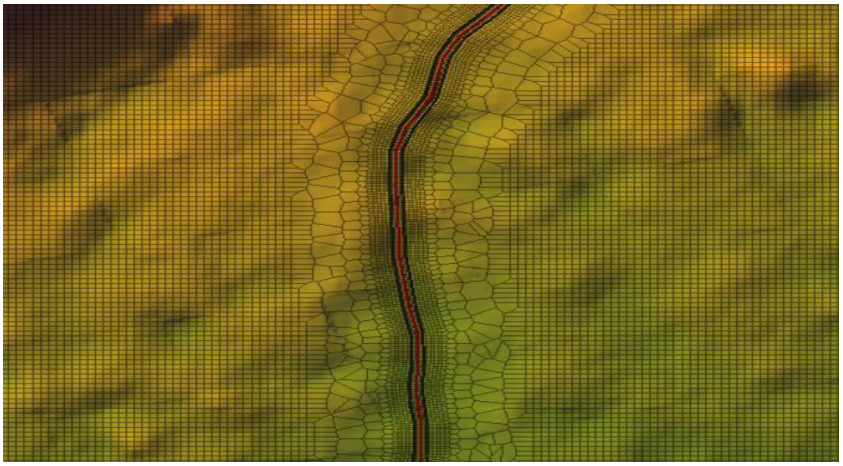
La simulación hidráulica bidimensional en HEC-RAS requirió la discretización del terreno mediante una malla computacional basada en un DEM de 5 m de resolución. A partir de ello, se generó una malla con celdas de 10 m, logrando un equilibrio entre detalle geométrico, estabilidad numérica y eficiencia computacional para representar adecuadamente la topografía del terreno.

Generación de la malla computacional en el área de estudio



Nota: Elaboración propia.

Refinamiento de la malla local en el canal



Nota: Elaboración propia.

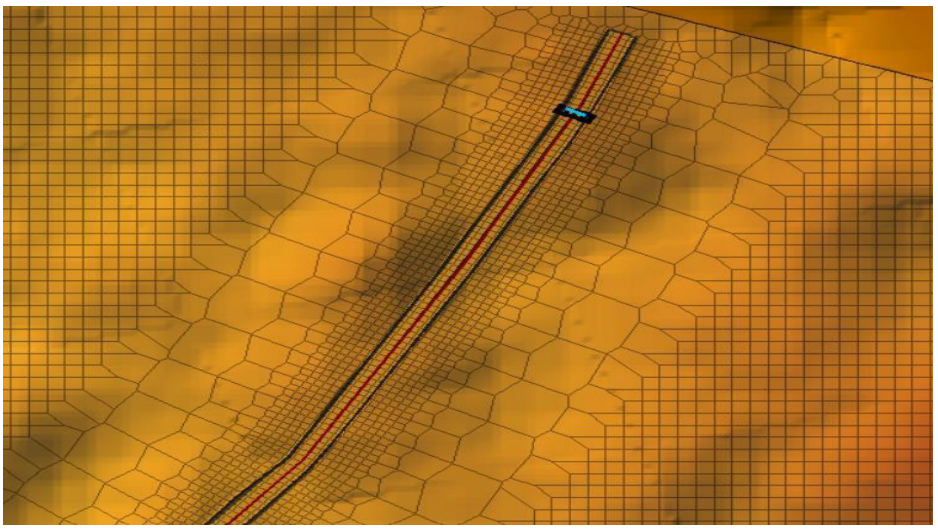
Sin embargo, en zonas críticas —como el canal encauzado— se implementaron refinamientos locales de malla, reduciendo el tamaño de celda a 5 metros. Esta estrategia permitió una mejor captura de los gradientes hidráulicos, acumulaciones de flujo y zonas de posible desborde en áreas sensibles.

Durante el proceso de construcción del modelo, se evaluaron diferentes tamaños de celda con el fin de encontrar una resolución que garantizara resultados hidrodinámicos confiables sin comprometer excesivamente los tiempos de procesamiento. La selección final se basó en un criterio de precisión hidráulica y desempeño computacional, tomando en cuenta los objetivos del estudio y la escala de análisis.

- ***Condiciones de contorno***

En el modelo hidráulico se definieron condiciones de contorno para representar el comportamiento real del flujo. Como condición de entrada, se aplicó un hidrograma de caudal no permanente en el ingreso del canal, considerando caudales pico para periodos de retorno de 50, 100, 500 y 1000 años. Como condición de salida, se estableció un nivel de agua normal en la desembocadura de la quebrada Huaycoloro hacia el río Rímac, basado en la pendiente del tramo final del cauce, permitiendo simular adecuadamente la evacuación del flujo sin represamientos artificiales.

Condición de entrada aguas arriba a la entrada del canal



Nota: Elaboración propia.

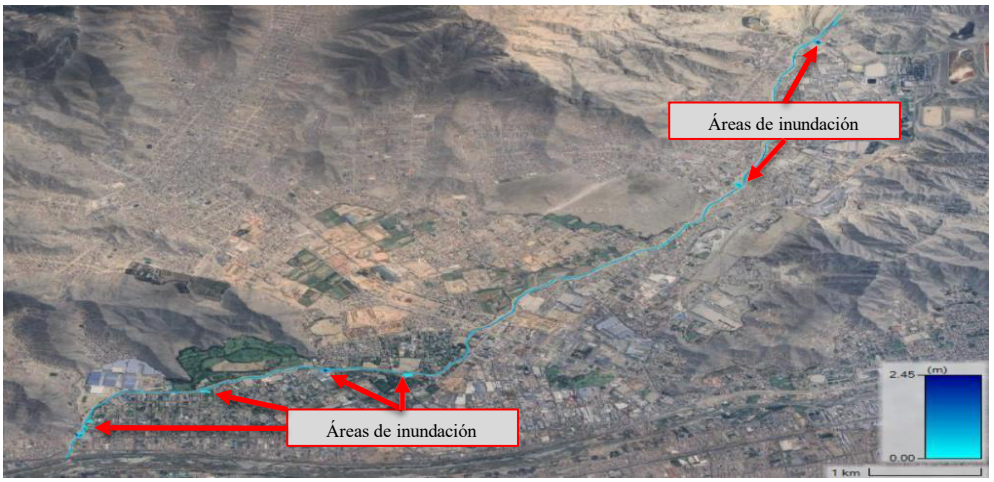
- ***Tiempo computacional***

El modelo hidráulico se configuró con un tiempo total de simulación de 72 horas para representar adecuadamente la generación, propagación y disipación del flujo. Se utilizó un intervalo computacional inicial de 1 segundo, ajustado dinámicamente por HEC-RAS para mantener la estabilidad numérica, y una frecuencia de salida de resultados cada 15 minutos, permitiendo analizar la evolución de la inundación, profundidad y velocidad del flujo durante los eventos simulados.

- ***Análisis hidráulico de las simulaciones***

Para el periodo de retorno de 50 años, la simulación hidráulica mostró que el canal revestido contiene adecuadamente el caudal de avenida, registrando tirantes máximos de 2.45 m y velocidades de hasta 7.17 m/s, valores aceptables para canales de concreto en buen estado. No se evidenciaron desbordamientos generalizados, aunque se identificaron salidas de agua localizadas asociadas a inconsistencias topográficas del DEM. El área total de inundación estimada fue de 0.032 km².

Área de inundación para un periodo de retorno de 50 años



Nota: Elaboración propia.

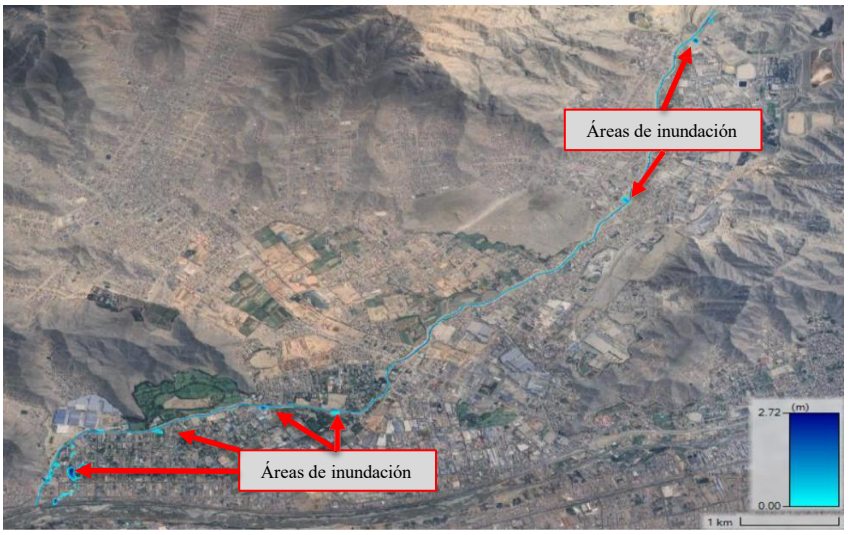
Velocidad para un periodo de retorno de 50 años



Nota: Elaboración propia.

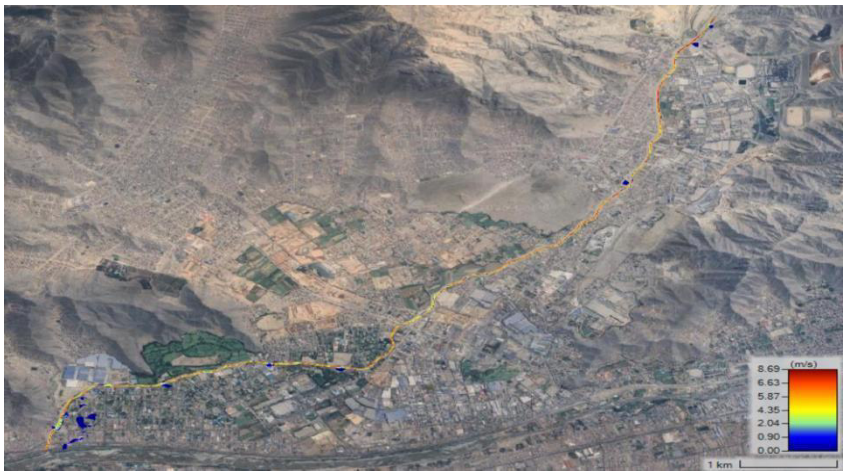
Para el periodo de retorno de 100 años, el modelo evidenció un aumento del tirante máximo hasta 2.72 m y velocidades de flujo de 8.69 m/s, indicando una mayor saturación del canal. Se identificó un desbordamiento incipiente en la zona sur, antes de la confluencia con el río Rímac, debido a la pérdida de capacidad hidráulica y restricciones laterales del flujo. Estas condiciones incrementan el riesgo para infraestructuras cercanas, estimándose un área de inundación de 0.088 km².

Área de inundación para un periodo de retorno de 100 años



Nota: Elaboración propia.

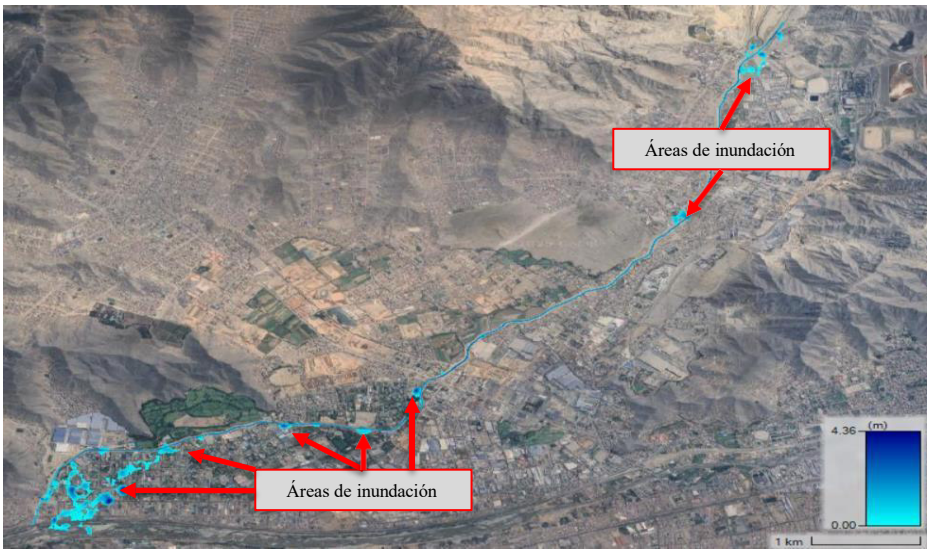
Velocidad para un periodo de retorno de 100 años



Nota: Elaboración propia.

Para el periodo de retorno de 500 años, el modelo hidráulico muestra un escenario de alto riesgo, con tirantes máximos de 4.36 m que superan la capacidad del canal existente. Se identificaron desbordamientos extensos en zonas urbanas del sector sur y salidas laterales en el sector norte debido a acumulaciones de flujo. Las velocidades alcanzaron hasta 12.90 m/s, generando un elevado riesgo de erosión y daños estructurales. El área de inundación estimada fue de 0.327 km².

Área de inundación para un periodo de retorno de 500 años



Nota: Elaboración propia.

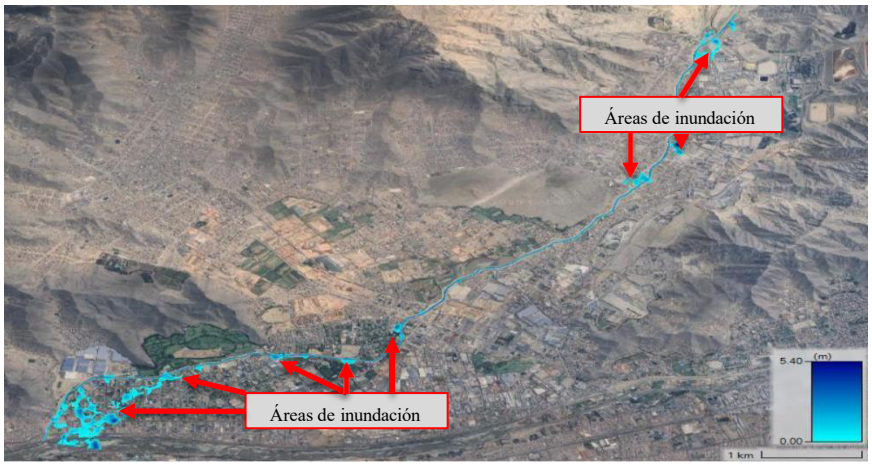
Velocidad para un periodo de retorno de 500 años



Nota: Elaboración propia.

Para el periodo de retorno de 1000 años, el modelo hidráulico representa el escenario más crítico, con tirantes máximos de 5.40 m y desbordamientos generalizados en distintos sectores urbanos. Se identificaron salidas importantes de flujo en los sectores sur, centro y norte, asociadas al exceso de energía hidráulica y restricciones topográficas. Las velocidades alcanzaron hasta 13.90 m/s, generando un alto riesgo de socavación, erosión y fallas estructurales, además de una fuerte exposición de la población asentada en franjas marginales. El área de inundación estimada fue de 0.457 km².

Área de inundación para un periodo de retorno de 1000 años



Nota: Elaboración propia.

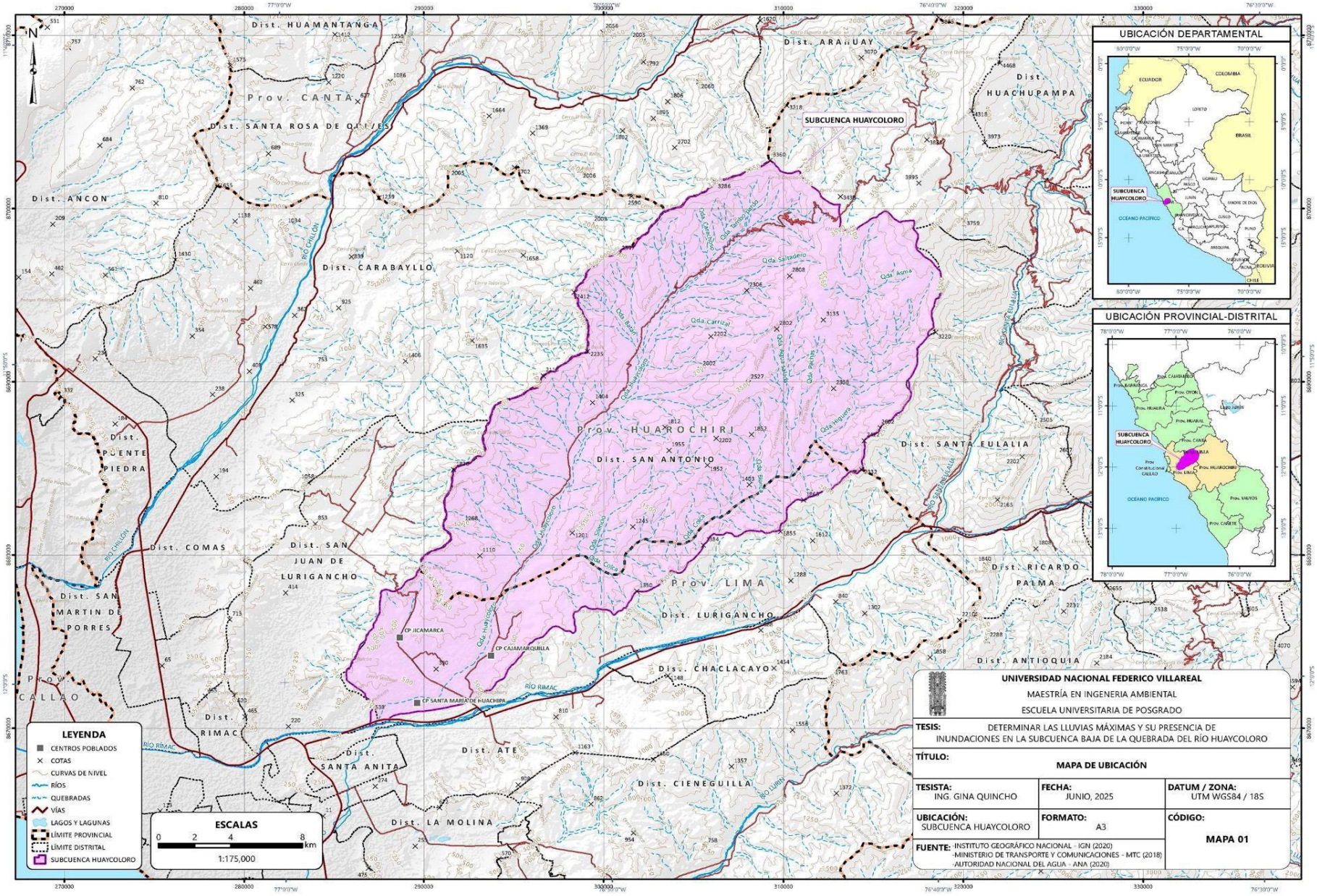
Velocidades para un periodo de retorno de 1000 años

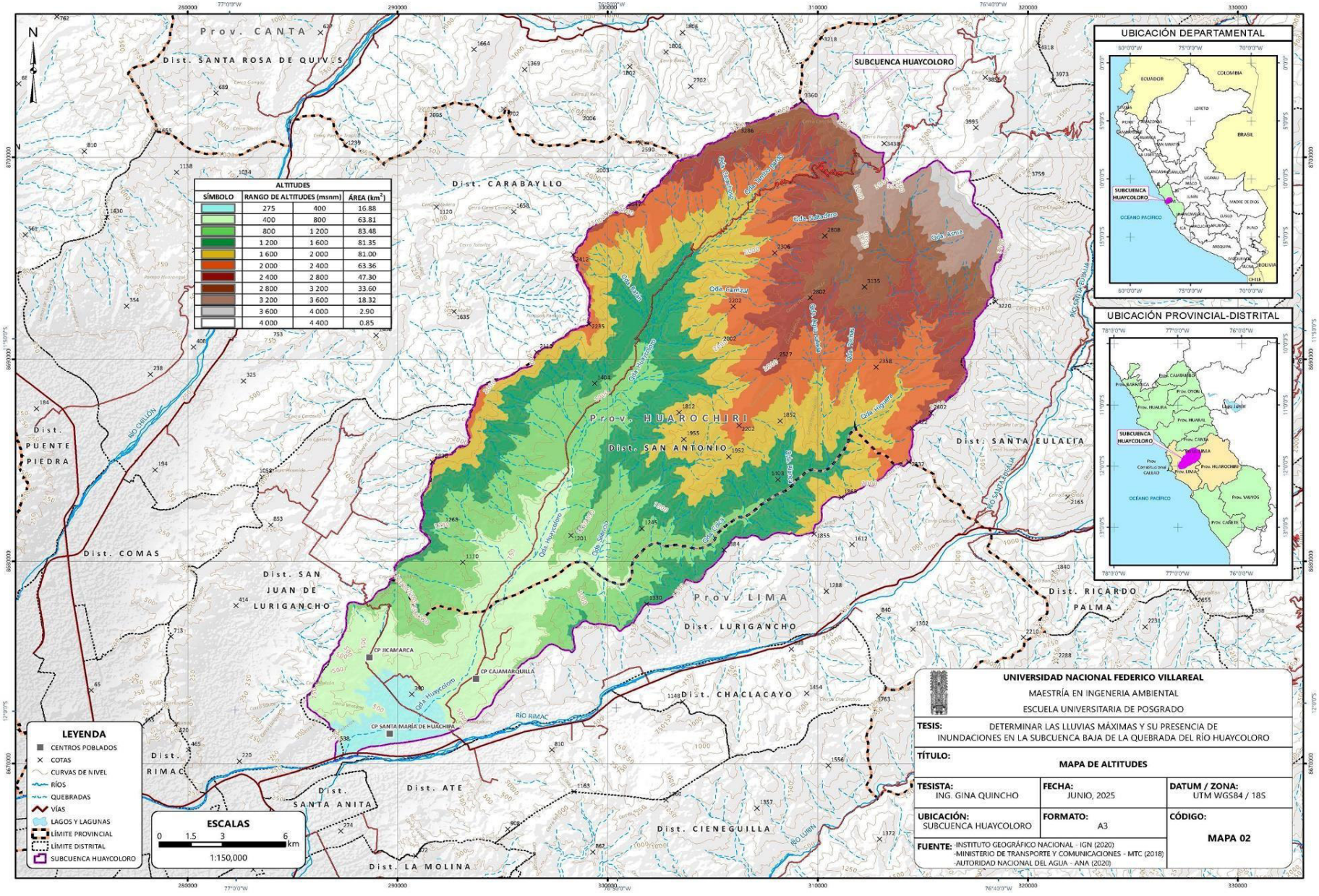


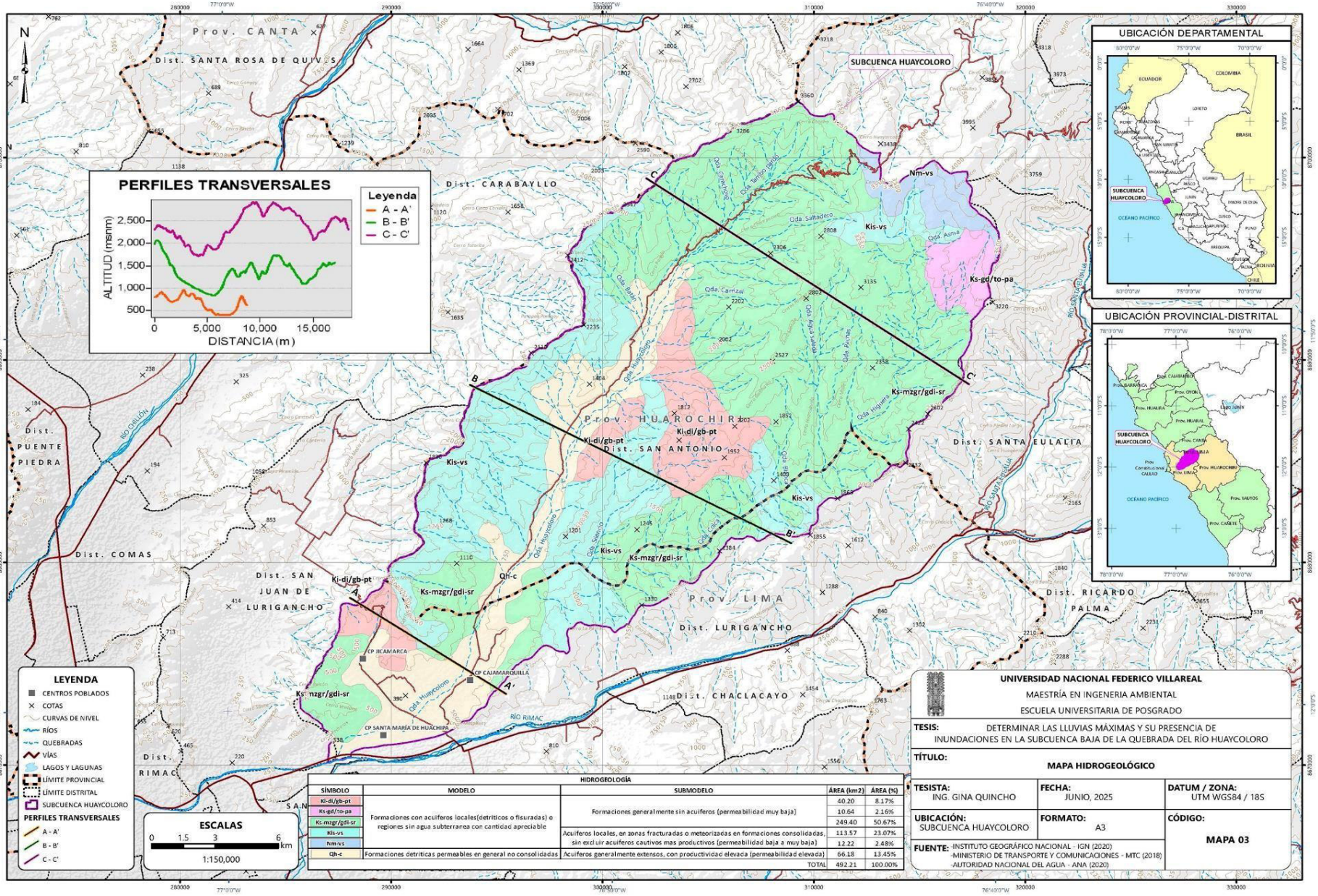
Nota: Elaboración propia.

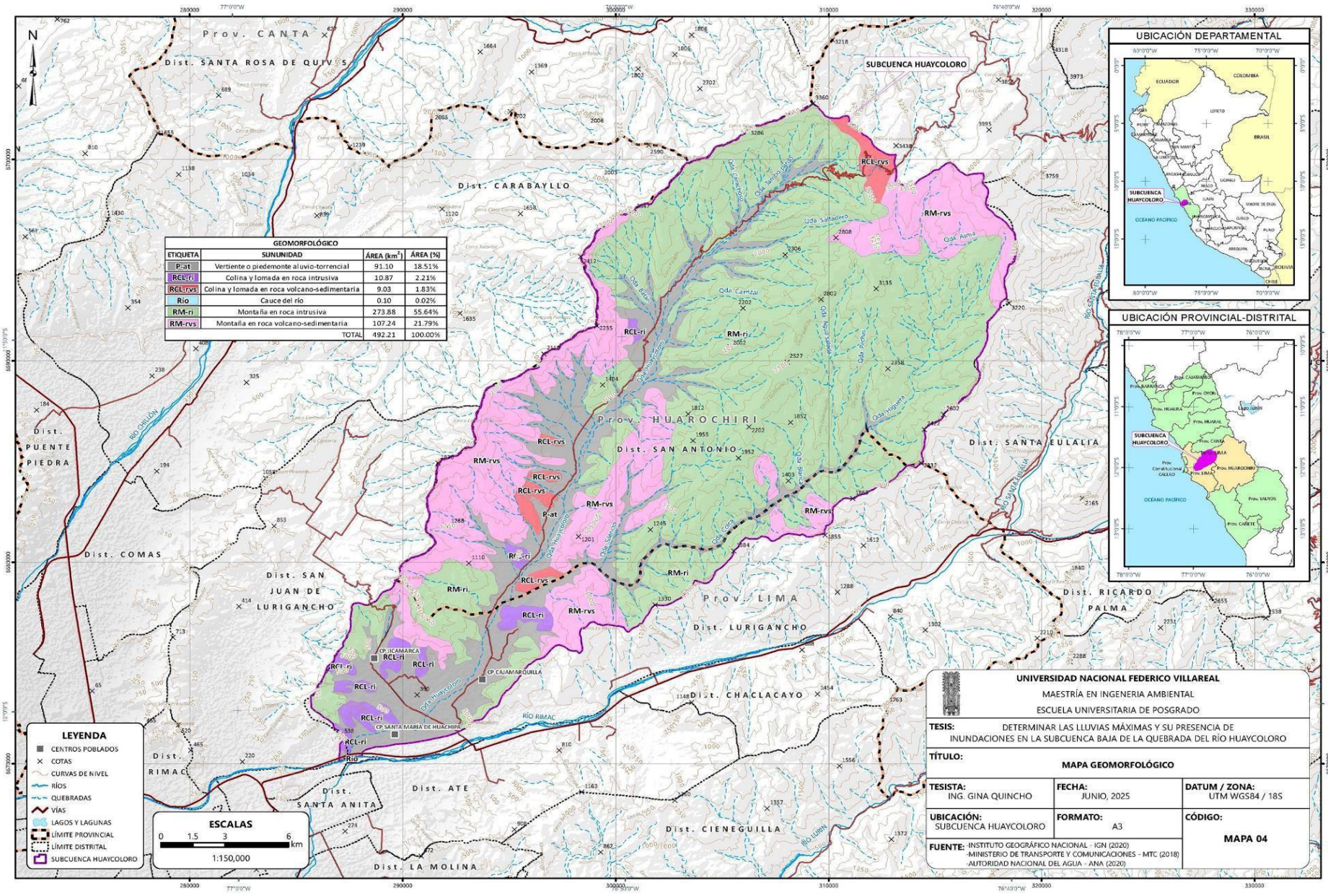
El análisis hidráulico muestra que el canal funciona adecuadamente solo hasta eventos con periodos de retorno de 50 años. Desde los 100 años, su eficiencia y seguridad se ven comprometidas, aumentando significativamente los riesgos en escenarios más extremos. Esto evidencia la necesidad de aplicar medidas de mitigación, reforzar la infraestructura y establecer un sistema de monitoreo y alerta temprana para responder oportunamente a crecidas súbitas.

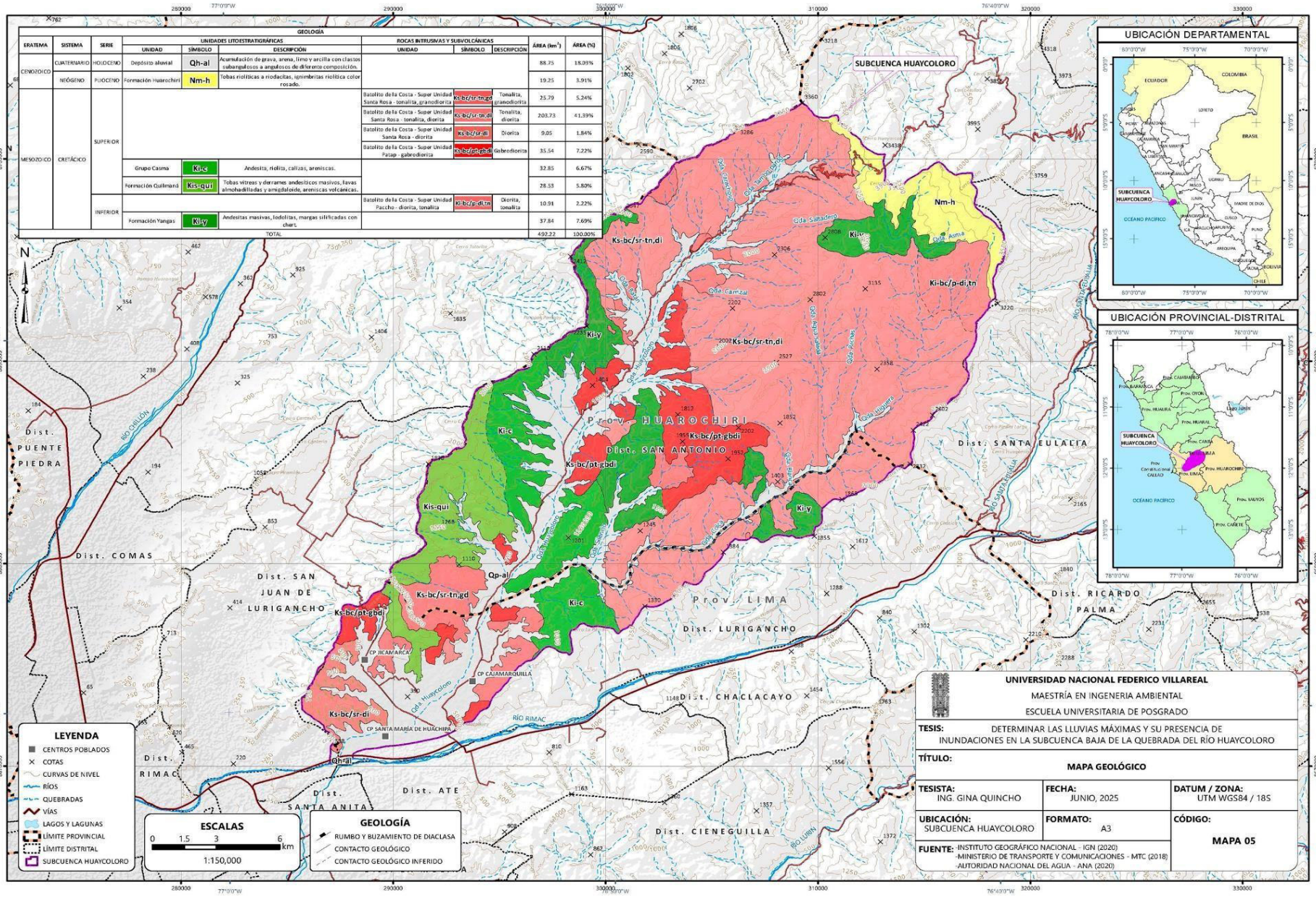
Anexo 5: MAPAS

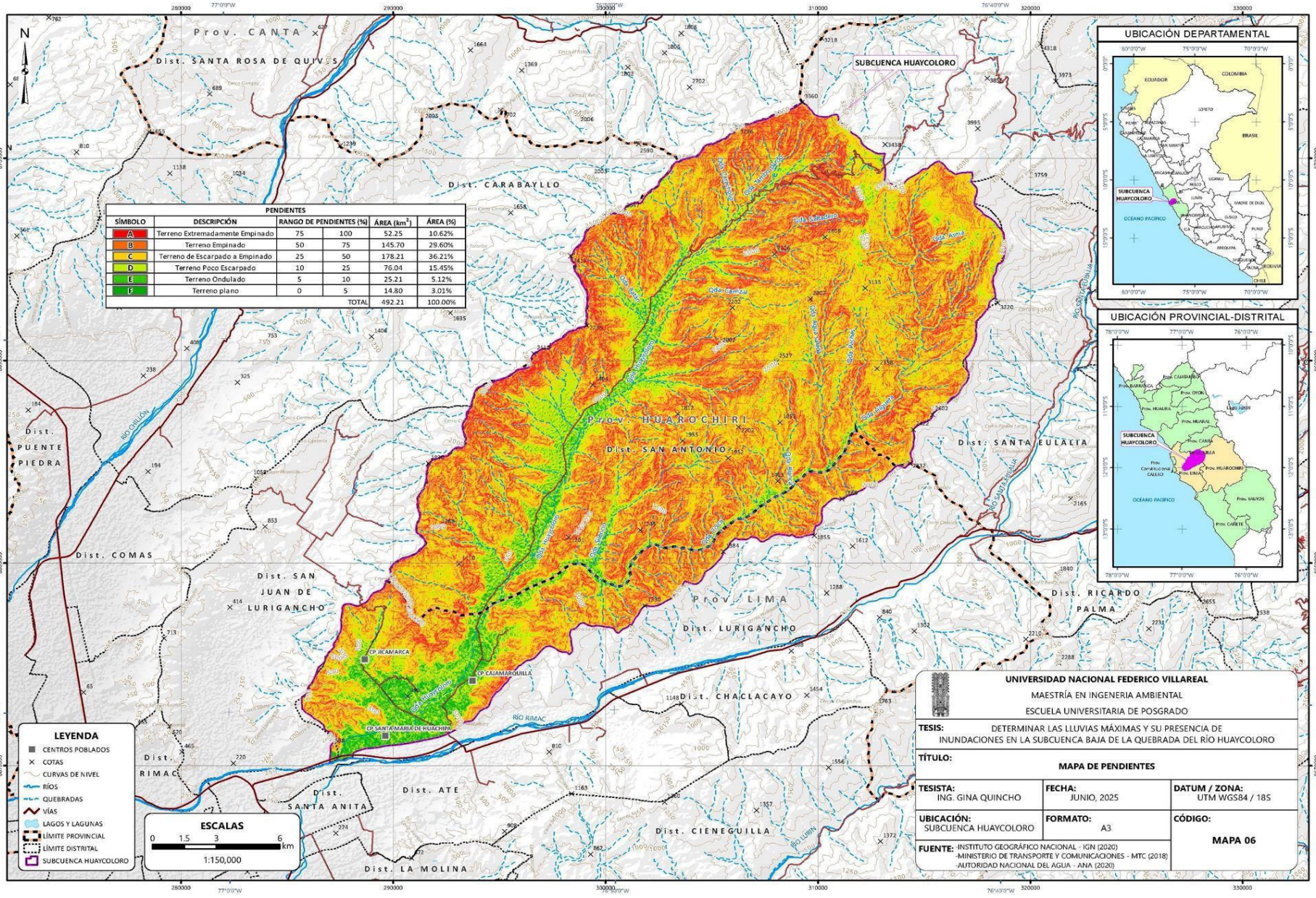

SUBCUENCA HUAYCOLORO
Prov. CANTA
Dist. HUAMANTANGA
Dist. SANTA ROSA DE QUIVES
Dist. ANCON
Dist. CARABAYLLO
Dist. PUENTE PIEDRA
Dist. COMAS
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Dist. SAN MARTIN DE PORRES
Prov. CALLAO
Dist. RIMAC
Dist. SANTA ANITA
Dist. LA MOLINA
Dist. ATE
Dist. CIENEGUILLA
Dist. CHACLACAYO
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
Dist. ANTIOQUIA
Dist. RICARDO PALMA
Dist. SANTA EULALIA
Prov. HUAROCHIRI
Dist. SAN ANTONIO
Dist. ARAHUAY
Dist. HUACHUPAMPA
CP JICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARIA DE HUACHIPA
RIO CHILLON
RIO RIMAC
RIO LURIN
RIO SANTA EULALIA
Qda. Huaycoloro
Qda. Saltadero
Qda. Asma
Qda. Carrizal
Qda. Balsan
Qda. Pando
Qda. Higuera
Qda. Colca
Qda. Huaycoloro
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
OCEANO PACIFICO
CHILE
BOLIVIA
SUBCUENCA HUAYCOLORO
UBICACIÓN PROVINCIAL-DISTRITAL
Prov. CANTA
Prov. HUAROCHIRI
Prov. LIMA
Prov. CALLAO
Prov. CAJATAMBO
Prov. BARRANCA
Prov. OYON
Prov. HUAURA
Prov. HUARAL
Prov. CAÑETE
Prov. YAUYOS
Prov. Constitucional CALLAO
OCEANO PACIFICO
SUBCUENCA HUAYCOLORO
LEYENDA
CENTROS POBLADOS
COTAS
CURVAS DE NIVEL
RÍOS
QUEBRADAS
VÍAS
LAGOS Y LAGUNAS
LÍMITE PROVINCIAL
LÍMITE DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
ESCALAS
0 2 4 8 km
1:175,000
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO
TÍTULO: MAPA DE UBICACIÓN
TESISTA: ING. GINA QUINCHO
FECHA: JUNIO, 2025
DATUM / ZONA: UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO
FORMATO: A3
CÓDIGO: MAPA 01
FUENTE: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020)
MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018)
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)

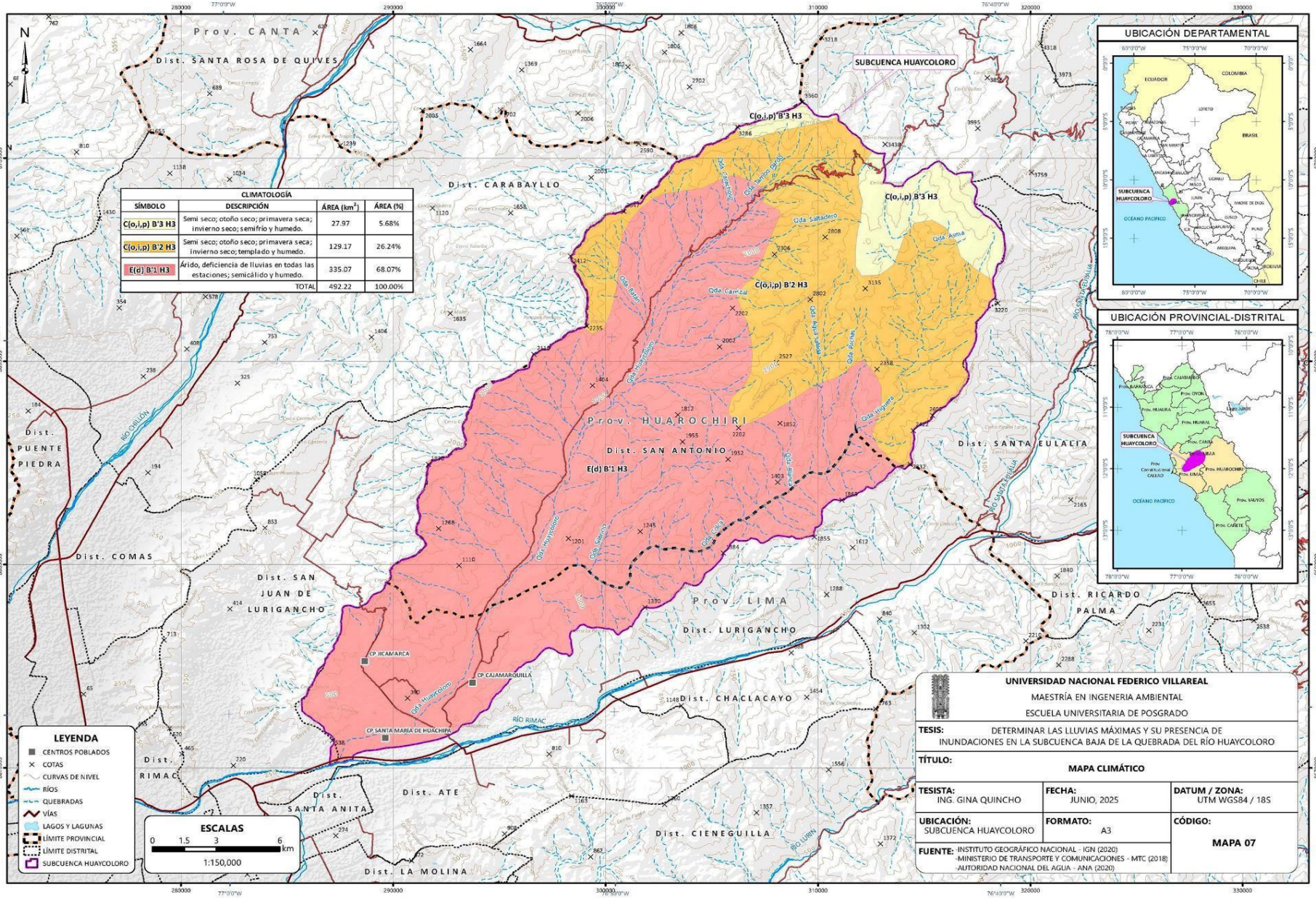

N
Prov. CANTA
Dist. SANTA ROSA DE QUIVES
SUBCUENCA HUAYCOLORO
Dist. CARABAYLLO
Prov. HUAROCHIRI
Dist. SAN ANTONIO
Dist. SANTA EULALIA
Dist. PUENTE PIEDRA
Dist. COMAS
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
Dist. RICARDO PALMA
Dist. CHACLACAYO
Dist. RIMAC
Dist. ATE
Dist. SANTA ANITA
Dist. CIENEGUILLA
Dist. LA MOLINA
CP JICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARÍA DE HUACHIPA
RÍO CHILLÓN
RÍO RIMAC
RÍO LURÍN
Qda. Huaycoloro
Qda. Carhuayoc
Qda. Huayhuaro
Qda. Asma
Qda. Ayahuaycco
Qda. Pucha
Qda. Huayre
Qda. Cedro
Qda. Huascoloma
Qda. Tambo Grande
Qda. Sahuaro
Qda. Carmel
Qda. Huayco
Qda. Huascoloma
Qda. Huaycoloro
Qda. Carhuayoc
Qda. Huayhuaro
Qda. Asma
Qda. Ayahuaycco
Qda. Pucha
Qda. Huayre
Qda. Cedro
Qda. Huascoloma
Qda. Tambo Grande
Qda. Sahuaro
Qda. Carmel
Qda. Huayco
Qda. Huascoloma
ALTITUDES
SÍMBOLO | RANGO DE ALTITUDES (msnm) | ÁREA (km²)
275 | 400 | 16.88
400 | 800 | 63.81
800 | 1 200 | 83.48
1 200 | 1 600 | 81.35
1 600 | 2 000 | 81.00
2 000 | 2 400 | 63.36
2 400 | 2 800 | 47.30
2 800 | 3 200 | 33.60
3 200 | 3 600 | 18.32
3 600 | 4 000 | 2.90
4 000 | 4 400 | 0.85
LEYENDA
CENTROS POBLADOS
COTAS
CURVAS DE NIVEL
RÍOS
QUEBRADAS
VÍAS
LAGOS Y LAGUNAS
LÍMITE PROVINCIAL
LÍMITE DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
ESCALAS
0 1.5 3 6 km
1:150,000
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
OCÉANO PACÍFICO
CHILE
SUBCUENCA HUAYCOLORO
UBICACIÓN PROVINCIAL-DISTRITAL
OCÉANO PACÍFICO
SUBCUENCA HUAYCOLORO
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO
TÍTULO: MAPA DE ALTITUDES
TESISTA: ING. GINA QUINCHO
FECHA: JUNIO, 2025
DATUM / ZONA: UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO
FORMATO: A3
CÓDIGO: MAPA 02
FUENTE: -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020)
-MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018)
-AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)

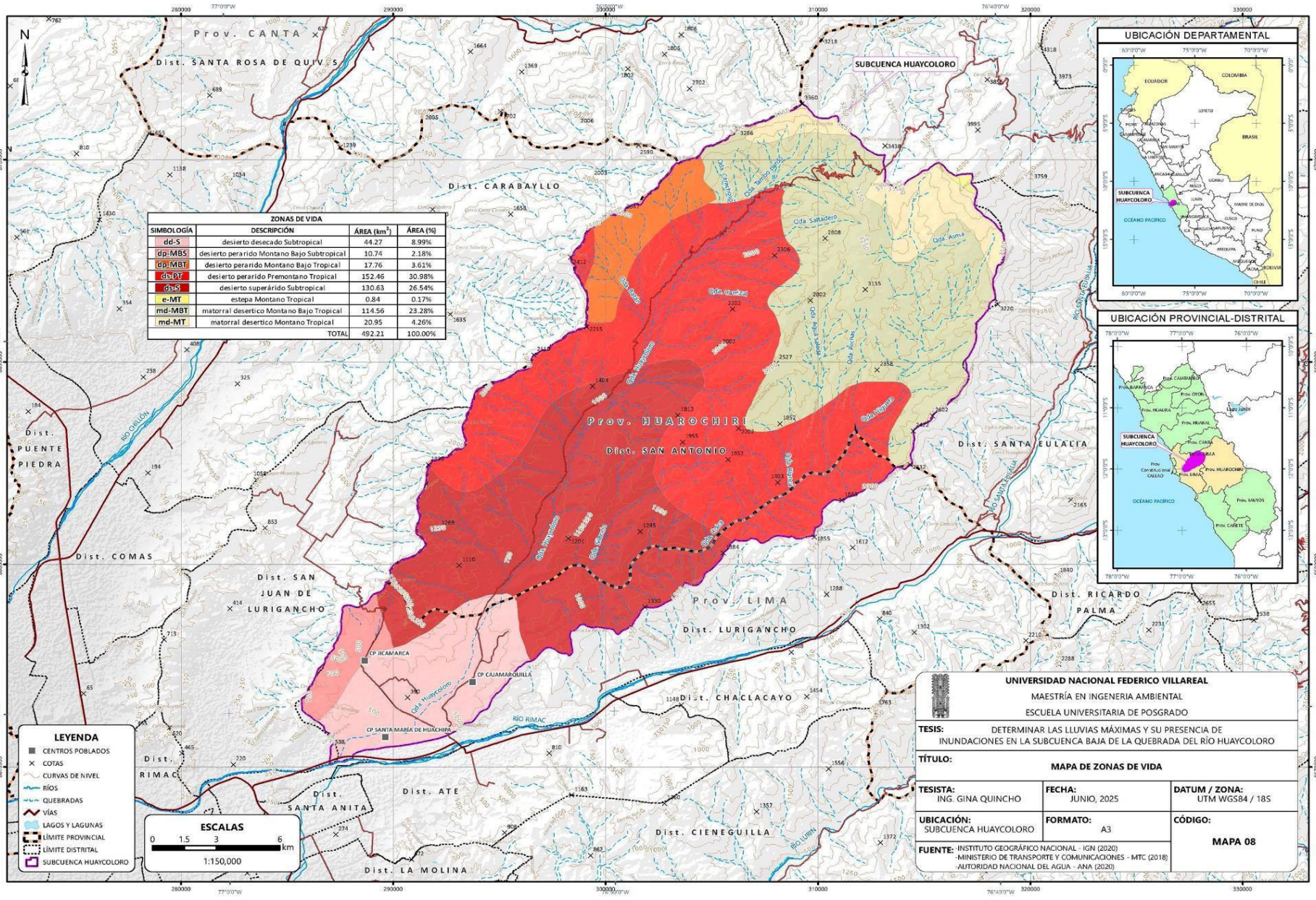

PERFILES TRANSVERSALES
Leyenda
A - A'
B - B'
C - C'
ALTITUD (msnm)
2,500
2,000
1,500
1,000
500
0
5,000
10,000
15,000
DISTANCIA (m)
SUBCUENCA HUAYCOLORO
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
UBICACIÓN PROVINCIAL-DISTRITAL
Prov. CANTA
Dist. SANTA ROSA DE QUIVES
Dist. CARABAYLLO
Prov. HUAROCHIRÍ
Dist. SAN ANTONIO
Dist. PUENTE PIEDRA
Dist. COMAS
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Dist. SANTA EULALIA
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
Dist. RICARDO PALMA
Dist. CHACLACAYO
Dist. RIMAC
CP JICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARIA DE HUACHIPA
RÍO CHILLÓN
RÍO RIMAC
Nm-vs
Kis-vs
Ks-gd/to-pa
Ks-mzgr/gdi-sr
Ki-di/gb-pt
Qh-c
LEYENDA
CENTROS POBLADOS
COTAS
CURVAS DE NIVEL
RÍOS
QUEBRADAS
VÍAS
LAGOS Y LAGUNAS
LÍMITE PROVINCIAL
LÍMITE DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
PERFILES TRANSVERSALES
A - A'
B - B'
C - C'
ESCALAS
0 1.5 3 6 km
1:150,000
HIDROGEOLOGÍA
SÍMBOLO
MODELO
SUBMODELO
ÁREA (km2)
ÁREA (%)
Ki-di/gb-pt
Formaciones con acuiferos locales(detriticos o fisuradas) o regiones sin agua subterranea con canticiad apreciable
Formaciones generalmente sin acuiferos (permeabilicad muy baja)
40.20
8.17%
Ks-gd/to-pa
10.64
2.16%
Ks-mzgr/gdi-sr
249.40
50.67%
Kis-vs
Aculferos locales, en zonas fracturadas o meteorizadas en formaciones consolidadas, sin excluir acuiferos cautivos mas productivos (permeabilidad baja a muy baja)
113.57
23.07%
Nm-vs
12.22
2.48%
Qh-c
Formaciones detriticas permeables en general no consolidadas
Aculferos generalmente extensos, con productivicad elevaca (permeabilidad elevaca)
66.18
13.45%
TOTAL
492.21
100.00%
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO
TÍTULO: MAPA HIDROGEOLÓGICO
TESISTA: ING. GINA QUINCHO
FECHA: JUNIO, 2025
DATUM / ZONA: UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO
FORMATO: A3
CÓDIGO: MAPA 03
FUENTE: -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020)
-MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018)
-AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)

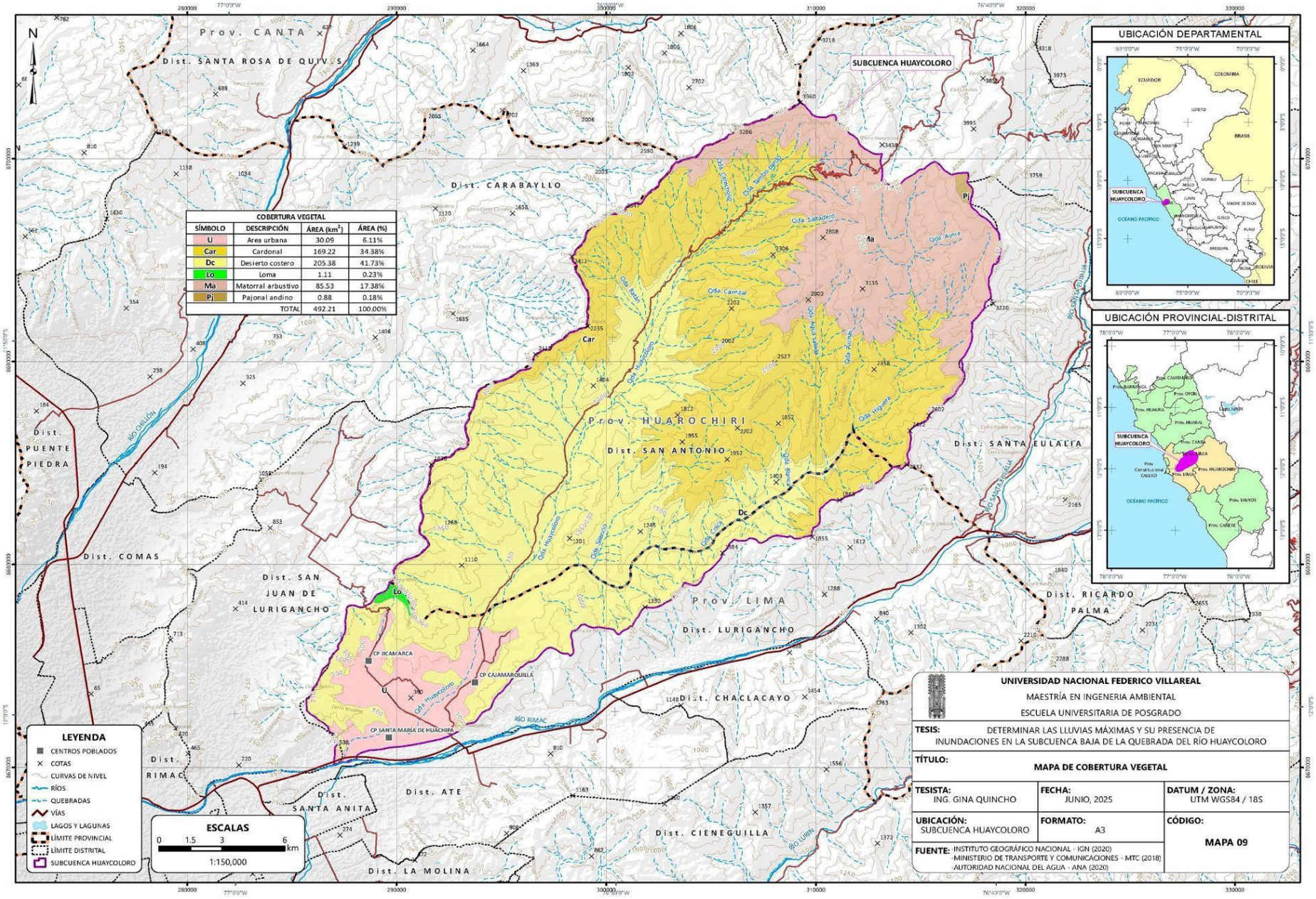

SUBCUENCA HUAYCOLORO
Prov. CANTA
Dist. SANTA ROSA DE QUIVES
Dist. CARABAYLLO
Prov. HUAROCHIRI
Dist. SAN ANTONIO
Dist. SANTA EULALIA
Dist. PUENTE PIEDRA
Dist. COMAS
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
Dist. RICARDO PALMA
Dist. CHACLACAYO
Dist. RIMAC
Dist. ATE
Dist. SANTA ANITA
Dist. CIENEGUILLA
Dist. LA MOLINA
RÍO CHILLÓN
RÍO RIMAC
RÍO LURÍN
RÍO SANTA EULALIA
CP ICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARIA DE HUACHIPA
RCL-ri
RCL-rvs
RM-ri
RM-rvs
P-at
Río
GEOMORFOLÓGICO
ETIQUETA | SUNUNIDAD | ÁREA (km²) | ÁREA (%)
P-at | Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial | 91.10 | 18.51%
RCL-ri | Colina y lomada en roca intrusiva | 10.87 | 2.21%
RCL-rvs | Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria | 9.03 | 1.83%
Río | Cauce del río | 0.10 | 0.02%
RM-ri | Montaña en roca intrusiva | 273.88 | 55.64%
RM-rvs | Montaña en roca volcano-sedimentaria | 107.24 | 21.79%
TOTAL | | 492.21 | 100.00%
LEYENDA
CENTROS POBLADOS
COTAS
CURVAS DE NIVEL
RÍOS
QUEBRADAS
VÍAS
LAGOS Y LAGUNAS
LÍMITE PROVINCIAL
LÍMITE DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
ESCALAS
0 1.5 3 6 km
1:150,000
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
OCEANO PACIFICO
UBICACIÓN PROVINCIAL-DISTRITAL
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO
TÍTULO: MAPA GEOMORFOLÓGICO
TESISTA: ING. GINA QUINCHO
FECHA: JUNIO, 2025
DATUM / ZONA: UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO
FORMATO: A3
CÓDIGO: MAPA 04
FUENTE: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020)
-MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018)
-AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)


GEOLOGÍA
ERATEMA | SISTEMA | SERIE | UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS: UNIDAD | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | ROCAS INTRUSIVAS Y SUBVOLCÁNICAS: UNIDAD | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | ÁREA (km²) | ÁREA (%)
CENOZOICO | CUATERNARIO | HOLOCENO | Depósito aluvial | Qh-al | Acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición. | | | | 88.75 | 18.03%
CENOZOICO | NEÓGENO | PLIOCENO | Formación Huarochirí | Nm-h | Tobas riolíticas a riodacitas, ignimbritas riolítica color rosado. | | | | 19.25 | 3.91%
MESOZOICO | CRETÁCICO | SUPERIOR | | | | Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - tonalita, granodiorita | Ks-bc/sr-tn,gd | Tonalita, granodiorita | 25.79 | 5.24%
MESOZOICO | CRETÁCICO | SUPERIOR | | | | Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - tonalita, diorita | Ks-bc/sr-tn,di | Tonalita, diorita | 203.73 | 41.39%
MESOZOICO | CRETÁCICO | SUPERIOR | | | | Batolito de la Costa - Super Unidad Santa Rosa - diorita | Ks-bc/sr-di | Diorita | 9.05 | 1.84%
MESOZOICO | CRETÁCICO | SUPERIOR | | | | Batolito de la Costa - Super Unidad Patap - gabrodiorita | Ks-bc/pt-gb-di | Gabrodiorita | 35.54 | 7.22%
MESOZOICO | CRETÁCICO | SUPERIOR | Grupo Casma | Ki-c | Andesita, riolita, calizas, areniscas. | | | | 32.85 | 6.67%
MESOZOICO | CRETÁCICO | SUPERIOR | Formación Quilmaná | Kis-qui | Tobas vitreas y derrames andesíticos masivos, lavas almohadilladas y amigdaloide, areniscas volcánicas. | | | | 28.53 | 5.80%
MESOZOICO | CRETÁCICO | INFERIOR | | | | Batolito de la Costa - Super Unidad Paccho - diorita, tonalita | Ki-bc/p-di,tn | Diorita, tonalita | 10.91 | 2.22%
MESOZOICO | CRETÁCICO | INFERIOR | Formación Yangas | Ki-y | Andesitas masivas, lodolitas, margas silicificadas con chert. | | | | 37.84 | 7.69%
TOTAL | | | | | | | | | 492.22 | 100.00%
SUBCUENCA HUAYCOLORO
Ks-bc/sr-tn,di
Ki-bc/p-di,tn
Nm-h
Ki-y
Ki-c
Kis-qui
Ks-bc/pt-gbdi
Ks-bc/sr-tn,gd
Ks-bc/sr-di
Qp-al
Qh-al
Prov. HUAROCHIRI
Dist. SAN ANTONIO
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
Dist. SANTA EULALIA
Dist. RICARDO PALMA
Dist. CHACLACAYO
Dist. CIENEGUILLA
Dist. ATE
Dist. SANTA ANITA
Dist. RIMAC
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Dist. COMAS
Dist. PUENTE PIEDRA
CP JICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARIA DE HUACHIPA
RÍO CHILLON
RÍO RIMAC
RÍO LURIN
Qda. Huaycoloro
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
UBICACIÓN PROVINCIAL-DISTRITAL
OCÉANO PACIFICO
LEYENDA
CENTROS POBLADOS
COTAS
CURVAS DE NIVEL
RÍOS
QUEBRADAS
VÍAS
LAGOS Y LAGUNAS
LÍMITE PROVINCIAL
LÍMITE DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
ESCALAS
0 1.5 3 6 Km
1:150,000
GEOLOGÍA
RUMBO Y BUZAMIENTO DE DIACLASA
CONTACTO GEOLÓGICO
CONTACTO GEOLÓGICO INFERIDO
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO
TÍTULO: MAPA GEOLÓGICO
TESISTA: ING. GINA QUINCHO
FECHA: JUNIO, 2025
DATUM / ZONA: UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO
FORMATO: A3
CÓDIGO: MAPA 05
FUENTE: -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020) -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018) -AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)


SUBCUENCA HUAYCOLORO
Prov. CANTA
Dist. SANTA ROSA DE QUIVES
Dist. CARABAYLLO
Prov. HUAROCHIRI
Dist. SAN ANTONIO
Dist. SANTA EULALIA
Dist. PUENTE PIEDRA
Dist. COMAS
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
Dist. RICARDO PALMA
Dist. CHACLACAYO
Dist. RIMAC
Dist. ATE
Dist. SANTA ANITA
Dist. CIENEGUILLA
Dist. LA MOLINA
RÍO CHILLÓN
RÍO RIMAC
RÍO LURÍN
CP JICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARÍA DE HUACHIPA
PENDIENTES
SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | RANGO DE PENDIENTES (%) | | ÁREA (km²) | ÁREA (%)
A | Terreno Extremadamente Empinado | 75 | 100 | 52.25 | 10.62%
B | Terreno Empinado | 50 | 75 | 145.70 | 29.60%
C | Terreno de Escarpado a Empinado | 25 | 50 | 178.21 | 36.21%
D | Terreno Poco Escarpado | 10 | 25 | 76.04 | 15.45%
E | Terreno Ondulado | 5 | 10 | 25.21 | 5.12%
F | Terreno plano | 0 | 5 | 14.80 | 3.01%
TOTAL 492.21 100.00%
LEYENDA
CENTROS POBLADOS
COTAS
CURVAS DE NIVEL
RÍOS
QUEBRADAS
VÍAS
LAGOS Y LAGUNAS
LÍMITE PROVINCIAL
LÍMITE DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
ESCALAS
0 1.5 3 6 km
1:150,000
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
ECUADOR
COLOMBIA
BRASIL
OCEANO PACIFICO
BOLIVIA
CHILE
UBICACIÓN PROVINCIAL-DISTRITAL
OCEANO PACIFICO
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO
TÍTULO: MAPA DE PENDIENTES
TESISTA: ING. GINA QUINCHO
FECHA: JUNIO, 2025
DATUM / ZONA: UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO
FORMATO: A3
CÓDIGO: MAPA 06
FUENTE: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020)
-MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018)
-AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)


SUBCUENCA HUAYCOLORO
C(o,i,p) B'3 H3
C(o,i,p) B'2 H3
E(d) B'1 H3
Prov. CANTA
Dist. SANTA ROSA DE QUIVES
Dist. CARABAYLLO
Prov. HUAROCHIRI
Dist. SAN ANTONIO
Dist. PUENTE PIEDRA
Dist. COMAS
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
Dist. RICARDO PALMA
Dist. SANTA EULALIA
Dist. CHACLACAYO
Dist. RIMAC
Dist. SANTA ANITA
Dist. ATE
Dist. CIENEGUILLA
Dist. LA MOLINA
RÍO CHILLÓN
RÍO RIMAC
RÍO LURÍN
CP IICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARÍA DE HUACHIPA
Qda Huaycoloro
Qda Carrizal
Qda Saltadero
Qda Asoma
Qda Ichma
Qda Higuera
Qda Seco
Qda Cieneguilla
Qda Tanta Bajo
Qda Tanta Alto
Qda Balsa
Qda Huaycoloro
Qda Seco
Qda Cieneguilla
Qda Higuera
Qda Ichma
Qda Asoma
Qda Saltadero
Qda Carrizal


Prov. CANTA
Dist. SANTA ROSA DE QUIVES
Dist. CARABAYLLO
Dist. PUENTE PIEDRA
Dist. COMAS
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Dist. RIMAC
Dist. SANTA ANITA
Dist. LA MOLINA
Dist. ATE
Dist. CIENEGUILLA
Dist. CHACLACAYO
Dist. SANTA EULALIA
Dist. RICARDO PALMA
Prov. HUAROCHIRI
Dist. SAN ANTONIO
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
SUBCUENCA HUAYCOLORO
CP JICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARIA DE HUACHIPA
RÍO CHILLÓN
RÍO RIMAC
RÍO LURÍN
RÍO SANTA EULALIA
Qda Huaycoloro
Qda Jicamarca
Qda Cajamarquilla
Qda Huachipa
Qda Huaycon
Qda Huanchor
Qda Saltadero
Qda Asma
Qda Ichicruz
Qda Ayllus
Qda Huincoy
Qda Huincoy Bajo
Qda Huincoy Alto
Qda Huincoy Medio
Qda Huincoy Quebrada
Qda Huincoy Quebrada Alta
Qda Huincoy Quebrada Baja
Qda Huincoy Quebrada Media



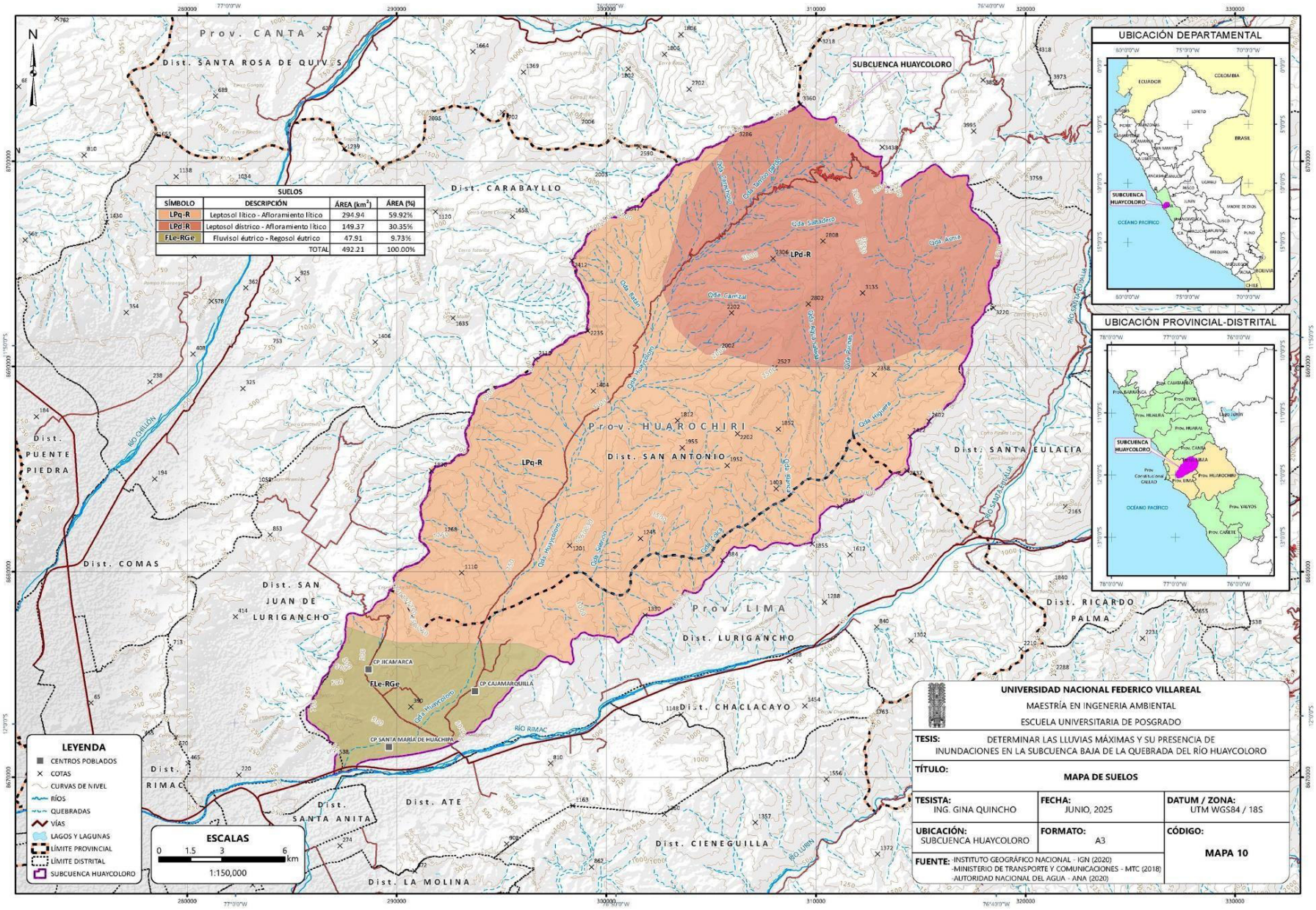
COBERTURA VEGETAL			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
U	Area urbana	30.09	6.11%
Car	Cardonal	169.22	34.38%
Dc	Desierto costero	205.38	41.73%
Lo	Loma	1.11	0.23%
Ma	Matorral arbustivo	85.53	17.38%
Pj	Pajonal andino	0.88	0.18%
	TOTAL	492.21	100.00%

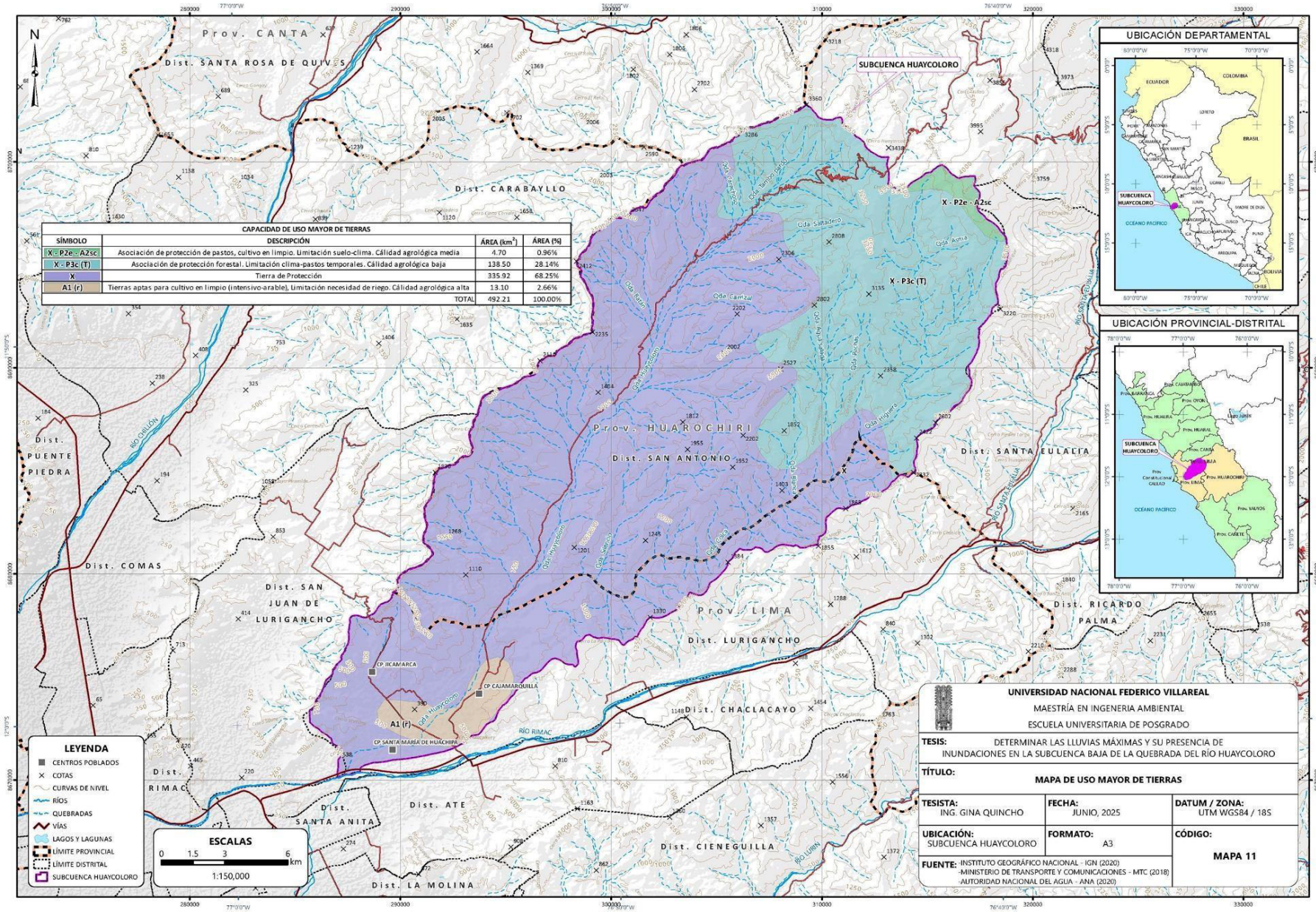
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO

TÍTULO: MAPA DE COBERTURA VEGETAL

TESISTA: ING. GINA QUINCHO	**FECHA:** JUNIO, 2025	**DATUM / ZONA:** UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO	**FORMATO:** A3	**CÓDIGO:** MAPA 09
FUENTE: -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020) -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018) -AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)		


SUBCUENCA HUAYCOLORO
Prov. CANTA
Dist. SANTA ROSA DE QUIVES
Dist. CARABAYLLO
Prov. HUAROCHIRI
Dist. SAN ANTONIO
Dist. PUENTE PIEDRA
Dist. COMAS
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
Dist. SANTA EULALIA
Dist. RICARDO PALMA
Dist. CHACLACAYO
Dist. RIMAC
Dist. SANTA ANITA
Dist. ATE
Dist. CIENEGUILLA
Dist. LA MOLINA
RÍO CHILLÓN
RÍO RÍMAC
RÍO LURÍN
LPq-R
LPd-R
FLe-RGe
CP JICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARÍA DE HUACHIPA
SUELOS
SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN | ÁREA (km²) | ÁREA (%)
LPq-R | Leptosol lítico - Afloramiento lítico | 294.94 | 59.92%
LPd-R | Leptosol dístrico - Afloramiento lítico | 149.37 | 30.35%
FLe-RGe | Fluvisol éutrico - Regosol éutrico | 47.91 | 9.73%
TOTAL | | 492.21 | 100.00%
LEYENDA
CENTROS POBLADOS
COTAS
CURVAS DE NIVEL
RÍOS
QUEBRADAS
VÍAS
LAGOS Y LAGUNAS
LÍMITE PROVINCIAL
LÍMITE DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
ESCALAS
0 1.5 3 6 km
1:150,000
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
UBICACIÓN PROVINCIAL-DISTRITAL
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO
TÍTULO: MAPA DE SUELOS
TESISTA: ING. GINA QUINCHO
FECHA: JUNIO, 2025
DATUM / ZONA: UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO
FORMATO: A3
CÓDIGO: MAPA 10
FUENTE: -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020) -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018) -AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)



CAPACIDAD DE USO MAYOR DE TIERRAS

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ÁREA (km²)	ÁREA (%)
X - P2e - A2sc	Asociación de protección de pastos, cultivo en limpio. Limitación suelo-clima. Cálidad agrológica media	4.70	0.96%
X - P3c (T)	Asociación de protección forestal. Limitación clima-pastos temporales. Cálidad agrológica baja	138.50	28.14%
X	Tierra de Protección	335.92	68.25%
A1 (r)	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación necesidad de riego. Cálidad agrológica alta	13.10	2.66%
	TOTAL	492.21	100.00%

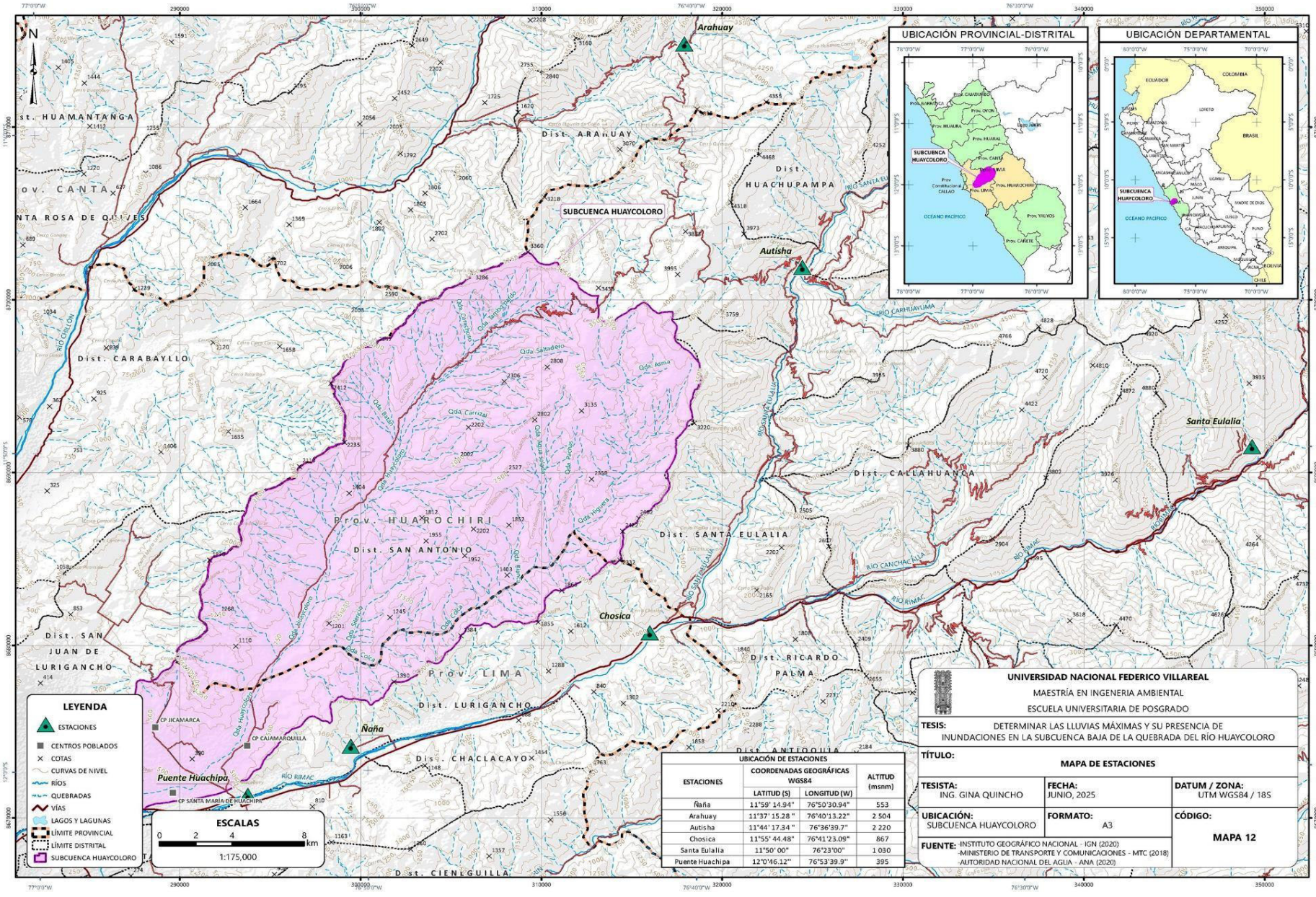
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO

TÍTULO: MAPA DE USO MAYOR DE TIERRAS

TESISTA:	FECHA:	DATUM / ZONA:
ING. GINA QUINCHO	JUNIO, 2025	UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO	**FORMATO:** A3	**CÓDIGO:** MAPA 11

FUENTE: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020)
-MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018)
-AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)



UBICACIÓN DE ESTACIONES			
ESTACIONES	COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS84		ALTITUD (msnm)
	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	
Ñaña	11°59' 14.94"	76°50'30.94"	553
Arahuay	11°37' 15.28 "	76°40'13.22"	2 504
Autisha	11°44' 17.34 "	76°36'39.7"	2 220
Chosica	11°55' 44.48"	76°41'23.09"	867
Santa Eulalia	11°50' 00"	76°23'00"	1 030
Puente Huachipa	12°0'46.12"	76°53'39.9"	395

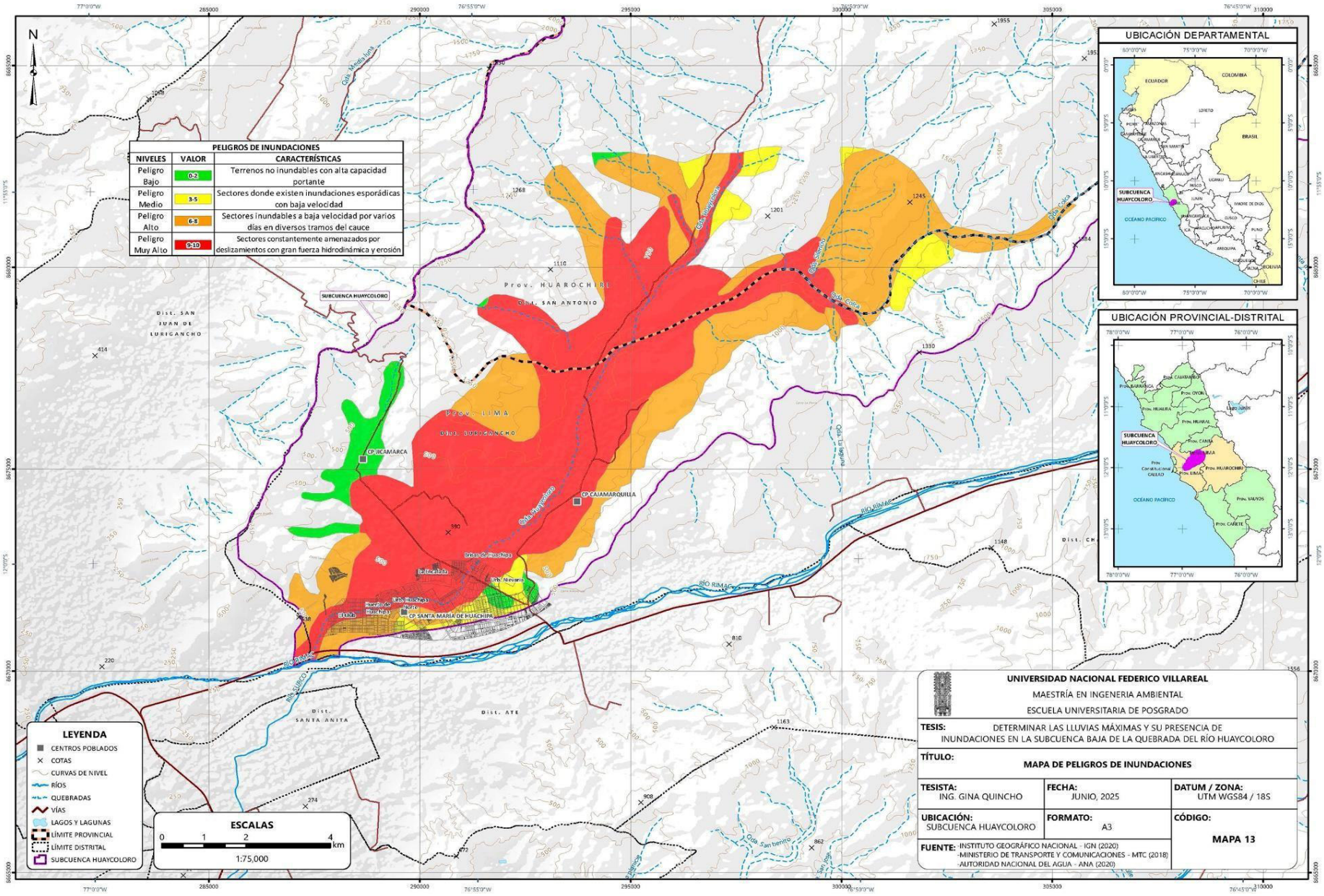
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

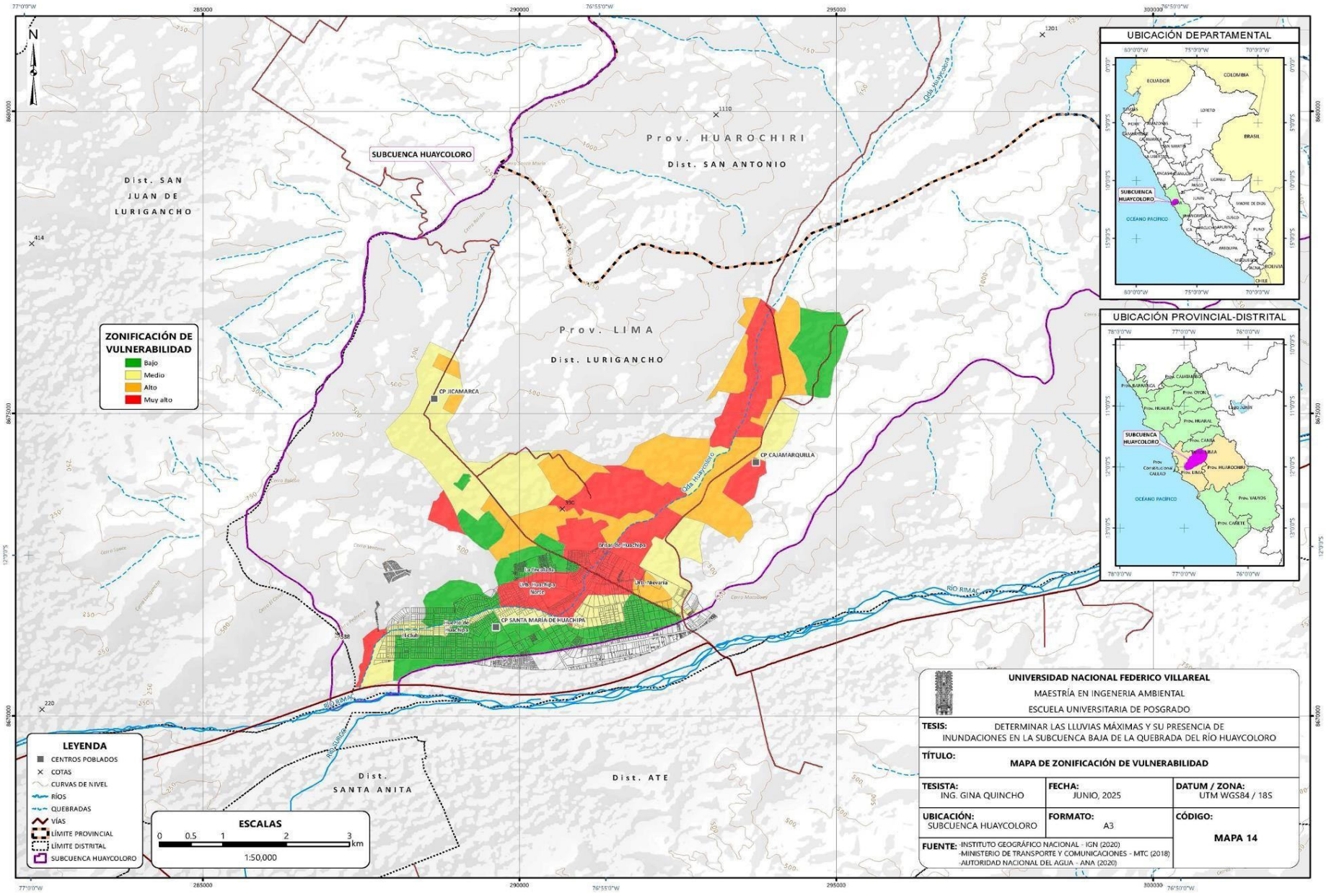
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO

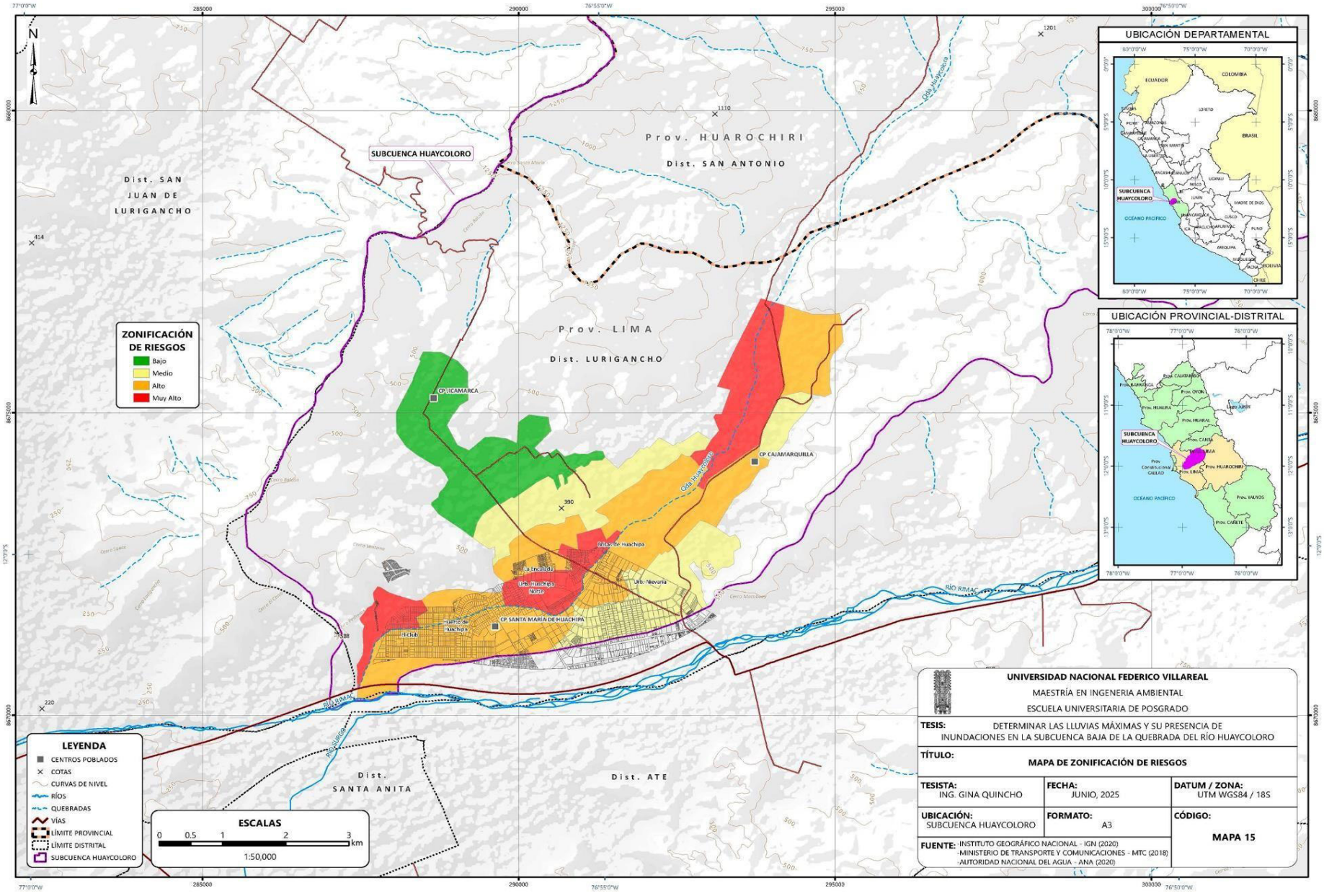
TÍTULO: MAPA DE ESTACIONES

TESISTA: ING. GINA QUINCHO	**FECHA:** JUNIO, 2025	**DATUM / ZONA:** UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO	**FORMATO:** A3	**CÓDIGO:** MAPA 12

FUENTE: -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020)
-MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018)
-AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)


PELIGROS DE INUNDACIONES
NIVELES | VALOR | CARACTERÍSTICAS
Peligro Bajo | 0-2 | Terrenos no inundables con alta capacidad portante
Peligro Medio | 3-5 | Sectores donde existen inundaciones esporádicas con baja velocidad
Peligro Alto | 6-8 | Sectores inundables a baja velocidad por varios días en diversos tramos del cauce
Peligro Muy Alto | 9-10 | Sectores constantemente amenazados por deslizamientos con gran fuerza hidrodinámica y erosión
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
UBICACIÓN PROVINCIAL-DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
LEYENDA
CENTROS POBLADOS
COTAS
CURVAS DE NIVEL
RÍOS
QUEBRADAS
VÍAS
LAGOS Y LAGUNAS
LÍMITE PROVINCIAL
LÍMITE DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
ESCALAS
0 1 2 4 km
1:75,000
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO
TÍTULO: MAPA DE PELIGROS DE INUNDACIONES
TESISTA: ING. GINA QUINCHO
FECHA: JUNIO, 2025
DATUM / ZONA: UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO
FORMATO: A3
CÓDIGO: MAPA 13
FUENTE: -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020) -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018) -AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)


UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
UBICACIÓN PROVINCIAL-DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
Prov. HUAROCHIRI
Dist. SAN ANTONIO
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Dist. SANTA ANITA
Dist. ATE
CP JICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARÍA DE HUACHIPA
Qda. Huaycoloro
RÍO RIMAC
ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD
Bajo
Medio
Alto
Muy alto
LEYENDA
CENTROS POBLADOS
COTAS
CURVAS DE NIVEL
RÍOS
QUEBRADAS
VÍAS
LÍMITE PROVINCIAL
LÍMITE DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
ESCALAS
0 0.5 1 2 3 km
1:50,000
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO
TÍTULO: MAPA DE ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD
TESISTA: ING. GINA QUINCHO
FECHA: JUNIO, 2025
DATUM / ZONA: UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO
FORMATO: A3
CÓDIGO: MAPA 14
FUENTE: -INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020) -MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018) -AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)


N
SUBCUENCA HUAYCOLORO
Prov. HUAROCHIRI
Dist. SAN ANTONIO
Dist. SAN JUAN DE LURIGANCHO
Prov. LIMA
Dist. LURIGANCHO
CP HICAMARCA
CP CAJAMARQUILLA
CP SANTA MARIA DE HUACHIPA
Dist. SANTA ANITA
Dist. ATE
RIO RIMAC
ZONIFICACIÓN DE RIESGOS
Bajo
Medio
Alto
Muy Alto
LEYENDA
CENTROS POBLADOS
COTAS
CURVAS DE NIVEL
RÍOS
QUEBRADAS
VÍAS
LÍMITE PROVINCIAL
LÍMITE DISTRITAL
SUBCUENCA HUAYCOLORO
ESCALAS
0 0.5 1 2 3 km
1:50,000
UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
UBICACIÓN PROVINCIAL-DISTRITAL
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
MAESTRÍA EN INGENERIA AMBIENTAL
ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO
TESIS: DETERMINAR LAS LLUVIAS MÁXIMAS Y SU PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA SUBCUENCA BAJA DE LA QUEBRADA DEL RÍO HUAYCOLORO
TÍTULO: MAPA DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS
TESISTA: ING. GINA QUINCHO
FECHA: JUNIO, 2025
DATUM / ZONA: UTM WGS84 / 18S
UBICACIÓN: SUBCUENCA HUAYCOLORO
FORMATO: A3
CÓDIGO: MAPA 15
FUENTE: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN (2020)
-MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES - MTC (2018)
-AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA (2020)