

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACION

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**“GESTIÓN DE INUNDACIÓN POR CAUDALES MÁXIMOS EN LA PARTE
BAJA DE LA QUEBRADA PEDREGAL - CHOSICA”**

**TESIS PARA OPTAR
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR

NARCISO LIRA JHON DAVIS

ASESOR

GOMEZ LORA JHON WALTER

JURADO

DR. ZAMORA TALAVERANO NOÉ SABINO

MAG. ZUÑIGA DIAZ WALTER BENJAMIN

MAG. GUILLEN LEON ROGELIA

MAG. VENTURA BARRERA CARMEN LUZ

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi Madre Martha Lira Serna, mis tíos que son como mis padres Eulogio Lira Serna y Margot Damiano Ortiz, quienes me apoyaron en la parte moral, económica y con su paciencia en esta formación como persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a mi madre, tíos, profesores, amigos y asesor que han hecho posible la realización de esta investigación guiándome y dándome consejos para seguir en la elaboración de la investigación.

Agradecer a mi asesor el Doctor Walter Gómez Lora que sin su apoyo, experiencia y paciencia no habría podido iniciar y terminar la investigación.

A mis amigos Jesús Bellido Vicente y a la ingeniera Katherine Camacho Zorogastúa, el cual me apoyaron en la investigación y en la etapa de campo, con las toma de fotografías y mediciones realizadas en las salidas de campo.

RESUMEN

La presente investigación se realizó por los constantes problemas de precipitación que generan grandes caudales y estas pueden crear daños por inundación en la Subcuenca Pedregal. Asimismo objetivo general de la presente investigación es desarrollar la gestión de inundación por caudales máximos en la parte baja de la Subcuenca Pedregal, también realizar un diagnóstico ambiental y plantear propuestas de prevención.

El tipo método de investigación es empírico, inductivo y deductivo ya que está basada en la observación en campo y además se pone a prueba una hipótesis, asimismo posee un diseño no experimental, también se aplicó el método de regionalización para poder obtener la precipitación de la zona de estudio, la cual no cuenta con una estación meteorológica, luego se empleó el método de caudales máximos, también realizamos el diagnóstico físico desarrollando los parámetros geomorfológicos, la geología, geomorfología, hidrología, zonas de vida, climatología, pendiente, suelos y capacidad de uso mayor de suelo. Además se describió el diagnóstico socioeconómico en los centros poblados de la Subcuenca Pedregal.

Los resultados de los análisis hidrológicos, estudio de las precipitaciones, obtuvimos los caudales con el método de gumbel y se llegaron a obtener los caudales en diferentes tiempo de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50 y 100 años, los cuales son $8\text{m}^3/\text{s}$, $12\text{m}^3/\text{s}$, $15\text{m}^3/\text{s}$, $17\text{m}^3/\text{s}$, $19\text{m}^3/\text{s}$, $23\text{m}^3/\text{s}$ y $28\text{m}^3/\text{s}$ respectivamente, luego se realizó la identificación de peligros potenciales, zonas de vulnerabilidad y la estimación de riesgos, asimismo se indicaron propuestas de prevención de inundaciones.

La conclusión aparte de la obtención de los caudales máximos, es realizar cuatro propuestas de prevención de inundación en la Subcuenca Pedregal, se propuso la recolección de residuos y materiales rocosos en el cauce, forestación de la Subcuenca Pedregal en la parte media, la construcción de andenes y un sistema de alerta de peligro por inundación.

Palabras claves: inundación, caudales máximos, análisis hidrológico, gestión, método gumbel, mitigación y prevención.

ABSTRACT

The present investigation was carried out due to the constant precipitation problems that generate large flows and these can create flood damage in the Pedregal sub-basin. Likewise, the general objective of this research is to develop flood management at maximum flow rates in the lower part of the Pedregal Subbasin, also to carry out an environmental diagnosis and propose prevention proposals.

The type of research method is empirical, inductive and deductive since it is based on observation in the field and also a hypothesis is tested, it also has a non-experimental design, the regionalization method was applied in order to obtain precipitation from the study area, which does not have a weather station, then the maximum flow method was used, we also perform the physical diagnosis by developing the geomorphological parameters, geology, geomorphology, hydrology, life zones, climatology, slope, soils and capacity of greater use of soil. In addition, the socioeconomic diagnosis was described in the population centers of the Pedregal Sub-basin.

The results of the hydrological analyzes, study of the precipitations, we obtained the flows with the gumbel method and came to obtain the flows in different time of return of 5, 10, 15, 20, 25, 50 and 100 years, which are $8\text{m}^3/\text{s}$, $12\text{m}^3/\text{s}$, $15\text{m}^3/\text{s}$, $17\text{m}^3/\text{s}$, $19\text{m}^3/\text{s}$, $23\text{m}^3/\text{s}$ and $23\text{m}^3/\text{s}$ respectively, then the hazard identification was performed potential areas of vulnerability and risk estimation, flood prevention proposals were also indicated.

The conclusion aside from the obtaining of the maximum flow, is to make four flood prevention proposals in the Pedregal Sub-basin, the collection of waste and rocky material in the channel was proposed, afforestation of the Pedregal sub-basin in the middle part, the construction of platforms and a flood warning system.

Keywords: flood, maximum flow, hydrological analysis, management, gumbel method, mitigation and prevention.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
INTRODUCCIÓN	12
ASPÉCTOS METODOLÓGICOS.....	14
1. ANTECEDENTES.....	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
2.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL	19
2.2.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4. HIPÓTESIS.....	21
5. VARIABLES	21
6. JUSTIFICACIÓN	22
7. IMPORTANCIA	23
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1. Inundaciones.....	24
2.2. Peligros Naturales	26
2.3. Desastre.....	27
2.4. Amenaza.....	27
2.5. Riesgo	28
2.6. Vulnerabilidad.....	28
2.7. Sistema de Información Geográfica	29
2.8. Gestión Ambiental	29
2.9. Hidrología	30
2.10. Caudal de Transvase.....	30
2.11. Modelo de los caudales	30
2.12. Cuenca Hidrográfica.....	31
2.13. Precipitación.....	31
2.14. Propiedades físicas del suelo	32
2.15. Marco legal	34
CAPÍTULO III.....	36
MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1. MATERIALES Y EQUIPOS.....	36
3.1.1 Información Geográfica	36
3.1.2 Información Hidrometeorológica	36
3.1.3 Información Socioeconómica	37
3.1.4 Equipos.....	37
3.1.5 Software / Aplicativo.....	38

3.2. METODOLOGÍA	38
3.2.1 Método Estadístico.....	39
3.2.2 Modelo de los Caudales	39
3.2.3 Método de Hidrología Regional	40
3.2.4 Método Tiempo de Concentración	40
3.2.5 Método Espacial (Sistema de Información Geográfica)	41
3.2.6 Software ArcGIS.....	41
3.3. ETAPAS DE LA INVESTIGACION.....	41
3.3.1 Etapa inicial de Gabinete	41
3.3.2 Etapa de Campo.....	42
3.3.3 Etapa Final de Gabinete	42
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
CAPÍTULO IV	43
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	43
4.1. UBICACIÓN.....	43
4.2. VÍAS DE ACCESO	43
4.3. DIAGNÓSTICO FÍSICO.....	44
4.2.1 PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS	44
4.2.2 CLIMATOLOGÍA.....	55
4.2.3 HIDROLOGÍA.....	56
4.2.4 GEOLOGÍA	58
4.2.5 SUELOS.....	58
4.2.6 CAPACIDAD DE USO MAYOR DE SUELOS	59
4.2.7 GEOMORFOLOGÍA	60
4.2.8 ZONAS DE VIDA	62
4.2.9 COBERTURA VEGETAL.....	63
4.2.10 PENDIENTE	65
4.4. DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO.....	66
4.4.1 CENTROS POBLADOS	66
4.4.2 DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA.....	67
CAPÍTULO V.....	69
RESULTADOS	69
5.1. ANALISIS HIDROMETEOROLÓGICA.....	69
5.1.1. Métodos Hidrológicos	70
5.1.1.1. Estudio de las Precipitaciones Máximas	70
5.1.1.2. Método de regionalización.....	71
5.1.1.3. Tiempo de Concentración	78
5.1.1.4. Determinación del Caudal Máximo.....	79

5.2. IDENTIFICACIÓN DE LA INUNDACIÓN	86
5.2.1. INUNDACIONES	86
5.2.2. MODELO DE PELIGRO POR INUNDACIÓN.....	87
5.3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	92
5.3.1. VULNERABILIDAD DE LA SUBCUENCA PEDREGAL.....	92
5.3.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	98
5.4. ESTIMACIÓN DEL RIESGO	99
5.4.1. Estimación económica de pérdidas por inundación.....	100
5.4.2. Análisis de los Resultados.....	102
5.5. PROPUESTAS DE MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN DE INUNDACIÓN EN LA SUBCUENCA PEDREGAL.....	104
5.5.1. PROPUESTA N° 1.....	104
5.5.2. PROPUESTA N° 2.....	106
5.5.3. PROPUESTA N° 3.....	108
5.5.4. PROPUESTA N° 4.....	110
CAPÍTULO VI.....	112
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	112
CONCLUSIONES.....	115
RECOMENDACIONES.....	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
ANEXOS.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Áreas parciales entre curvas de nivel.....	45
Tabla N° 2: Altitud media	50
Tabla N° 3: Índice de Pendiente.....	51
Tabla N° 4: Frecuencia de altitudes	53
Tabla N° 5: Precipitaciones máximas en 24 horas por método Gumbel	70
Tabla N° 6: Precipitaciones máximas en 24 horas por método Gumbel	70
Tabla N° 7: Precipitaciones máximas de la Subcuenca Pedregal.....	78
Tabla N° 8: Tiempo de Concentración.....	79
Tabla N° 9: Intensidades para 24 horas.....	80
Tabla N° 10: Intensidades Máximas en 24 horas para el tiempo de concentración de 1 hora.....	81
Tabla N° 11: Caudales de la Subcuenca Pedregal.....	82
Tabla N° 12: Estimación económica de daños producidos a las viviendas de riesgo alto y muy alto .	101
Tabla N° 13: Estimación del costo por damnificado.....	101
Tabla N° 14: Estimación económica de daños producidos a la población	102
Tabla N° 15: Estimación económica de daños producidos a la infraestructura vial.....	102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Variables dependientes e independientes del primer objetivo	21
Cuadro N° 2: Variables dependientes e independientes del segundo objetivo	21
Cuadro N° 3: Variables dependientes e independientes del tercer objetivo	22
Cuadro N° 4: Clasificación de Partículas de Suelo según su tamaño	32
Cuadro N° 5: Propiedades del suelo según su textura	33
Cuadro N° 6: Descripción de unidades geológicas de la Subcuenca	58
Cuadro N° 7: Descripción de los suelos de la Subcuenca	59
Cuadro N° 8: Descripción de la Capacidad de Uso Mayor de los suelos de la Subcuenca	60
Cuadro N° 9: Subunidades morfológicas	62
Cuadro N° 10: Zonas de Vida de la Subcuenca	63
Cuadro N° 11: Descripción de la pendiente	66
Cuadro N° 12: Población de la Subcuenca Pedregal	67
Cuadro N° 13: Estado civil o conyugal	67
Cuadro N° 14: Actividad económica de la Subcuenca	68
Cuadro N° 15: Servicios básicos de la población de la Subcuenca	68
Cuadro N° 16: Estaciones Hidrometeorológicas	69
Cuadro N° 17: Nivel, descripción y valor de las zonas de peligro	91
Cuadro N° 18: Vías Vulnerables en el Centro Poblado San Antonio	94
Cuadro N° 19: Vulnerabilidad en la Subcuenca Pedregal	96
Cuadro N° 20: Nivel, valor y descripción de las zonas vulnerables	97
Cuadro N° 21: Matriz de Peligro y Vulnerabilidad	100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Curva Hipsométrica y Polígono de Distribución de Frecuencias	54
Gráfico N° 2: Registro de Precipitaciones (mm) promedio de la Estación Hidrológica Tipo Convencional Chosica (1990-2017)	56
Gráfico N° 3: Registro de Precipitaciones (mm) promedio de las Estaciones Hidrológicas Ñaña (1964 - 2014), Antioquía (1965 - 2014), Matucana (1964 - 2015), Santa Eulalia (1963 - 2017) vs Estación de Chosica (1990-2017)	57
Gráfico N° 4: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 5 años	72
Gráfico N° 5: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 10 años	72
Gráfico N° 6: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 15 años	72
Gráfico N° 7: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 20 años	73
Gráfico N° 8: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 25 años	73
Gráfico N° 9: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 50 años	73
Gráfico N° 10: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 100 años	74
Gráfico N° 11: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 5 años	74
Gráfico N° 12: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 10 años	75
Gráfico N° 13: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 15 años	75
Gráfico N° 14: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 20 años	76
Gráfico N° 15: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 25 años	76
Gráfico N° 16: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 50 años	77
Gráfico N° 17: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 100 años	77
Gráfico N° 18: Importancia de la geomorfología	88
Gráfico N° 19: Pendiente	89

Gráfico N° 20: Precipitación máxima en 24 horas	90
Gráfico N° 21: Cobertura Vegetal	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Clases Texturales del suelo	33
Figura N° 2: datos para determinar la formula manning	83

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Matorral arbustivo de la Subcuenca (Parte media).....	64
Fotografía N° 2: Desierto costero de la Subcuenca (Parte media y baja).....	65
Fotografía N° 3: Muros de contención destruida y zona de inundación.....	87
Fotografía N° 9: Viviendas de adobe y material de concreto.....	93
Fotografía N° 10: Carretera dentro del cauce (badén).....	94
Fotografía N° 11: Otra carretera dentro del cauce (badén)	95
Fotografía N° 12: Presencia de residuos sólidos en el cauce	96
Fotografía N° 13: Presencia de residuos de las actividades de construcción y demolición.....	97
Fotografía N° 14: Muros destruidos	130
Fotografía N° 15: Vivienda afectada por el caudal	131
Fotografía N° 16: Residuos de construcción que obstaculizan el cauce	131
Fotografía N° 17: Construcción de muros en el cauce	132
Fotografía N° 18: Vivienda afecta por el arrastre de rocas	132
Fotografía N° 19: Rocas de gran dimensión que fueron depositadas en el cauce	133
Fotografía N° 20: Dique destruido por la fuerza de caudal y el arrastre de rocas	133
Fotografía N° 21: Otro dique destruido de la misma manera.....	134
Fotografía N° 22: Malla N° 1 ubicado en el cauce como medida de prevención.....	135
Fotografía N° 23: Malla N° 2.....	135
Fotografía N° 24: Malla N° 3.....	136
Fotografía N° 25: Malla N° 4.....	136
Fotografía N° 26: Una ramificación del cauce principal en la parte alta se encuentra saturada de rocas	137
Fotografía N° 27: Cauce con pendiente pronunciada.....	137
Fotografía N° 28: Parte alta de la Subcuenca con pendiente pronunciada	138
Fotografía N° 29: Zona donde se pensaba que se almacenada agua de las lluvias.....	138
Fotografía N° 30: Costales en las vías para que las viviendas no sean inundadas por las precipitaciones.....	139
Fotografía N° 31: Vecina participando en la encuesta	139
Fotografía N° 32: Laderas del cauce erosionadas y riesgo de derrumbarse	140
Fotografía N° 33: Rocas que sufren meteorización y con fracturación.....	140
Fotografía N° 34: Vista de la parte alta de la Subcuenca con cobertura vegetal escasa.....	141
Fotografía N° 35: En la Parte baja de la Subcuenca se aprecia residuos y las viviendas dentro de la faja marginal	141
Fotografía N° 36: Presencia de rocas donde desemboca la Subcuenca Pedregal	142

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa de Ubicación.....	Mapa N° 01
Mapa Climático.....	Mapa N° 02
Mapa de Isoyetas.....	Mapa N° 03
Mapa Geológico.....	Mapa N° 04
Mapa de Suelos.....	Mapa N° 05
Mapa de Capacidad de Uso Mayor de Suelos.....	Mapa N° 06
Mapa Geomorfológico.....	Mapa N° 07
Mapa de Zonas de Vida.....	Mapa N° 08
Mapa de Centros Poblados.....	Mapa N° 09
Mapa Cobertura Vegetal.....	Mapa N° 10
Mapa de Pendiente.....	Mapa N° 11
Mapa de Inundación.....	Mapa N° 12
Mapa de Vulnerabilidad.....	Mapa N° 13
Mapa de Zonas de Riesgo.....	Mapa N° 14
Mapa de Ubicación de las Porpuesas.....	Mapa N° 15
Mapa de Isocronas.....	Mapa N° 16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Encuesta dirigido a la población de la quebrada pedregal	126
Anexo N° 2: Estación Chosica	127
Anexo N° 3: Estación Santa Eulalia.....	128
Anexo N° 4: Registro fotográfico del área de estudio.....	130

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó por los altos niveles de precipitación en los periodos de diciembre a marzo que han originado que se generen grandes caudales y esto ocasiona el desbordamiento de esta, además por el aumento de la población y la escasa coordinación del sector público con sociedad respecto al ordenamiento territorial y los peligros que poseen, también otro problema es el colmatamiento del cauce de la Subcuenca que no permite el libre flujo del agua siendo un factor para la inundación, igualmente el escaso conocimiento de las personas relacionado a la inundación, la falta de educación y prevención para afrontar dicho problema son los principales causantes, en esta investigación el objetivo principal es desarrollar la gestión de inundación por caudales máximos en la parte baja de la Subcuenca Pedregal y la investigación se han estructurado en 6 capítulos.

En el segundo capítulo se muestra el marco teórico para tener la conocimiento de definición de varios conceptos como; gestión ambiental, inundación, precipitación, sensibilización y también identificar el peligro de la zona de estudio, la vulnerabilidad y la estimación del peligro, que nos refuerza en la investigación, respecto al marco legal, se menciona la Ley de Recursos Hídricos, que en el artículo 113 se refiere a las fajas marginales, es decir, son áreas superiores a las riberas de la fuente de agua, naturales o artificiales, también se menciona a la Ley General del Ambiente, Ley de Sistema de Gestión del Riesgo de Desastre y varios artículos que tienen criterios para realizar la investigación.

El tercer capítulo el método de la investigación es empírico, inductivo y deductivo, es decir está basada en la experimentación o la observación (evidencia en campo), además posee un diseño no experimental, porque se realiza si manipulas deliberadamente las variables, también es de tipo transeccional, ya que la evaluación se realizó en un tiempo puntual y los niveles son explicativo, correlacional y descriptivo. De esta manera los equipos utilizados fueron la información geográfica que nos ayudó a obtener diversos

mapas y cartas de la zona de estudio, obtenidos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y del Ministerio del Ambiente (MINAM), además en la etapa de campo utilizamos cámaras fotográficas, GPS, Wincha, cuaderno de apuntes.

El cuarto capítulo se refiere al diagnóstico ambiental de la Subcuenca Pedregal, se determinó la ubicación de área de estudio la cual su extensión es de 11.2 km², también se estableció las vías de acceso, asimismo realizamos el diagnóstico físico desarrollando los parámetros geomorfológicos, esta nos permite conocer las características físicas generales de la Subcuenca Pedregal, además describimos la geología, geomorfología, hidrología, zonas de vida, climatología, pendiente, suelos y capacidad de uso mayor de suelo de la Subcuenca Pedregal, Igualmente se describió el diagnóstico socioeconómico en los centros poblados de la Subcuenca Pedregal.

El quinto capítulo se describe los resultados de los análisis hidrológicos, el primer paso fue ubicar las estaciones hidrometeorológicas más cercanas para realizar la regionalización y obtener las precipitaciones de nuestra Subcuenca, para conseguir los caudales máximos con el método de gumbel y así llegar a obtener los caudales en diferentes tiempo de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50 y 100 años, los cuales son 9m³/s, 12m³/s, 13m³/s, 15m³/s, 16m³/s, 19m³/s y 22m³/s respectivamente, luego se realizó la identificación de peligros potenciales, zonas de vulnerabilidad y la estimación de riesgos, asimismo se indicaron propuestas de prevención de inundaciones.

El sexto capítulo se refiere a la discusión de resultados, la cual se comparó con la investigación del ingeniero Martínez, donde el realiza la metodología de regionalización utilizando más estaciones hidrometeorológicas y obteniendo caudales máximos a diferentes tiempos de retorno 10, 25, 50 y 100 años, y son 4.5 m³/s, 6 m³/s, 7.9 m³/s y 12.4 m³/s respectivamente, a diferencia de mi investigación los caudales son totalmente diferentes, se podría decir que se debe a que yo utilice solamente dos estaciones y en los datos de precipitación tengo registrado lo que sucedió en el año 2017, ya que ese año ocurrieron los huaycos en la zona de estudio.

CAPÍTULO I

ASPÉCTOS METODOLÓGICOS

1. ANTECEDENTES

Según Enjo (2000): tuvo como objetivo realizar un estudio detallado de las principales corrientes relacionadas con la estimación de la frecuencia de eventos extremos y desarrollar un modelo de análisis regional de frecuencia con el uso de datos locales y regionales. En el caso de caudales máximos, la región gallega de las Rías baixas se encontró posiblemente heterogénea, se utilizó los tiempos de retorno de 5, 10, 50, 100 y 200 años. (p. 4 y 281)

Según Martínez (2004): tuvo como objetivo la zonificación del peligro, conocer el tipo de geología existente así como sus características, dar posibles medidas de prevención y mitigación de los peligros existentes en la Subcuenca Quiro. La zona de estudio se encuentra geológicamente constituida por roca ígnea del tipo granodiorita y grabo la cual está bien erosionada y diaclazada sumándole a esto las altas pendientes lo que contribuye a la inestabilidad de los taludes y contribuye a la formación de material de acarreo. Es así que en la referida investigación se proponen las posibles medidas de prevención para estos peligros, las cuales son diques de regulación, muros de mampostería, redes de contención y estabilidad de laderas por medio de andenes. (p. 3 y 122)

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI 2005): tuvo como objetivo elaborar un mapa de peligros para la ciudad de Chosica, en base a la evaluación de las amenazas o peligros naturales a los que se encuentra expuesta el área urbana y las zonas de probables expansión urbana, como también elaborar un plan de usos de suelo en donde se determinen las área urbanizables y no urbanizables en base a sus condiciones de seguridad física, vulnerabilidad y riesgo ante la ocurrencia de peligros naturales e identificar acciones y medidas de mitigación y prevención ante los peligros naturales para la reducción de los niveles de riesgos de la ciudad. (p. 9)

Según Chávez (2009): tuvo como objetivo principal determinar los caudales que pasan por el puente Carrasquillo, tomando como base de información hidrometeorológica y fisiográfica de zonas cercanas, teniendo en cuenta la semejanza con la zona de estudio. Este análisis permite tomar medidas adecuadas en el diseño de obras y frente a grandes avenidas, analizando información pluviométrica e hidrométrica de estaciones cercanas a la zona de estudio. (párr. 5)

Según García y Conesa (2011), realizan la estimación de caudales de avenidas y la delimitación de áreas inundables en el sur de la región de Murcia, con el fin de obtener datos espacialmente distribuidos en las áreas potenciales de inundación, para lo cual se han integrado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) diferentes modelos de conversión lluvia-escorrentía superficial y métodos de geometría hidráulica. Asimismo, para la conversión de datos de lluvia a escorrentía se empleó el programa HEC-HMS 3.0.0. (párr. 1)

Según la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2011): da a conocer el panorama referente a la información necesaria y disponible para la atención de una emergencia por inundaciones, así como también investigan modelos hidráulicos, proponen alternativas para el control de las inundaciones, desde soluciones estructurales como la construcción de presas, drenado de cauces o la construcción de bordos longitudinales y presentan los diferentes programas que deberían existir en todas las zonas inundables para contar con un mejor control de inundaciones, que incluyen los programas de seguridad de presas, cauces y otras estructuras, los programas ambientales, de comunicación, sistemas de alertamiento. (p. 5-6)

Según Solano y Vintimilla (2013): la cual tuvo como objetivo la calibración y obtención final de parámetro hidráulicos junto con las zonas de inundación para caudales de diferentes periodos de retorno, aplicándolo al tramo de río Quevedo-Vinces enmarcado dentro del proyecto control del agua de la Provincia de los ríos Pacalori, del que se obtendrán los parámetros hidráulicos necesarios para la implementación del modelo matemático *Hydrologic engineering center – river analyst system* (HEC-RAS), que conjuntamente con el sistema de información geográfica (ArcGis) y la incorporación de la extensión HEC-GeoRAS, se obtuvo el caudal máximo a través del hidrograma de máxima crecida de Quevedo para 100 años de periodo de retorno es 2495.05 m³/s y el área efectiva de inundación del tramo analizado es de 7866.5 ha. (p. 17 y 1)

Según Puelles (2015): tuvo objetivo principal elaborar el análisis hidráulico e hidrológico de la quebrada alto Perú y el Porvenir, con la finalidad de diseñar estructuras tipo defensas ribereñas a los largo de la quebrada para prevenir a la población de daños como la destrucción de viviendas o de vías de acceso a la población (p. 13), la cual consiste en estimar las descargas máximas a partir de reporte de precipitaciones máximas en 24 horas registradas en las estaciones cercanas del lugar, para periodos de retorno de 100, 200 y 500 años a través de un análisis de frecuencia en el que empleó el programa HIDROESTA y el modelamiento de la cuenca con el software HEC-HMS. (párr. 3 y 5)

Según Quincho (2015): tuvo objetivo principal investigar la gestión de inundación por caudales máximos en la Subcuenca baja de la quebrada del río Huaycoloro con la finalidad de mitigar los riesgos y contribuir a mejorar la calidad de vida de la población. Asimismo, se realizó el diagnostico físico, biológico, ambiental y la determinación del riego en el ámbito de estudio. En lo físico su área de la Subcuenca Huaycoloro es de 492.9 Km, de red de drenaje de orden 5, un perímetro 112.7 km y de altitud 1678 msnm. Además, se determinó los caudales para la simulación hidráulica de la Subcuenca Huaycoloro para los periodos de retorno de 5 y 100 años, de 53 m³/s y 121 m³/s respectivamente. (p. 20 y 150).

Según Gamba y Gonzáles (2015): tuvo como objetivo determinar las curvas de rendimiento de caudales máximos instantáneo para diferentes periodos de retornos en el río Magdalena, y calcular los caudales máximos instantáneos para los tiempos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años, utilizando las diferentes distribuciones de probabilidad. Se realizó un ajuste de caudales en el programa HYFRAN teniendo en cuenta diferentes

distribuciones de probabilidad, con el fin de predecir los valores de caudales máximos instantáneos a diferentes periodos de retorno y se calcularon los rendimientos hídricos en L/s/km² para cada una de las estaciones estudiadas. (p. 25 y 122-123)

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú, actualmente, el volumen anual de lluvias es variable debido a su posición geográfica, a la presencia de las cordilleras y corrientes de aire húmedo originado por el océano y la Amazonía. Es así que, ésta influencia en últimos años y los altos niveles de precipitación, ha originado situaciones difíciles debido a los grandes caudales que se forman por los fuertes periodos de lluvia, generando diversos daños en las comunidades aledañas tales como inundaciones, pérdidas económicas, pérdidas materiales y pérdidas humanas.

Aunado a ello, el aumento de las precipitaciones y el incremento de la población han generado en el Perú la inminente tendencia de desbordamiento en la mayoría de los ríos, además muchas viviendas están ubicadas dentro del cauce y margen de las quebradas, donde debe discurrir libremente los flujos de agua y esta va generando destrucción de aquellas viviendas e infraestructuras que están ubicadas en su curso, según el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET, 2015).

En ese sentido, en el área de Chosica y Chaclacayo se conoce que en los años 1909 a 1987 ocurrieron deslizamientos de suelos que ocasionaron consecuentemente huaycos en la zona mencionada, siendo que, los más catastróficos ocurrieron en los años 1925, 1926 y 1987, que conjuntamente con la ocurrencia del Fenómeno del Niño, según el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET), la quebrada Cantuta, Santo Domingo y Pedregal se encuentran dentro de las zonas críticas por peligros geológicos en Lima Metropolitana y Callao, 2012).

Por tal motivo, en el presente trabajo de investigación se analizará la gestión de inundación por caudales máximos en la Subcuenca Pedregal y esta contribuirá a mejorar la calidad de vida de la población; así como también de concientizar a la población de esta problemática. Además de ello, esta investigación está dirigida a las autoridades del país.

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL

- ¿De qué modo la gestión de inundación por caudales máximos mejorara la calidad de vida de la población en la parte baja de la Subcuenca Pedregal?

2.2.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS

- ¿Cómo realizar el diagnóstico ambiental en la quebrada Pedregal?

- ¿De qué manera se determinara lo caudales máximos en la quebrada Pedregal y la afectación a la población?
- ¿Cómo contribuir a prevenir el riesgo por inundación en la parte baja de la quebrada Pedregal?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar la gestión de inundación por caudales máximos en la parte baja de la Subcuenca Pedregal, con el propósito de contribuir a mejorar la calidad de vida de la población.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el diagnóstico ambiental en la quebrada Pedregal.
- Determinar los caudales máximos para los tiempos de retorno de 5, 10,15, 25, 50 y 100 años mediante la regionalización y la afectación a la población en la Subcuenca Pedregal.
- Formular propuestas de prevención de inundación por caudales máximos en la quebrada pedregal.

4. HIPÓTESIS

La investigación de la gestión de inundación por caudales máximos para los tiempos de retorno de 5, 10,15, 25, 50 y 100 años, la realización del diagnóstico ambiental en la Subcuenca Pedregal y propuestas de prevención contribuirá a la disminución de los riesgos por inundación, además los centros poblados obtendrán conocimiento de los fenómenos naturales que aquejan en dicha zona, asimismo tendrán una formación para afrontar dichos problemas y así mejorar su calidad de vida.

5. VARIABLES

La presente investigación posee las siguientes variables independientes y dependientes según corresponda a sus objetivos:

a) Variables dependientes e independientes del primer objetivo

Cuadro N° 1: Variables dependientes e independientes del primer objetivo

Dependientes	Independiente	Indicadores	Unidades
Diagnóstico Ambiental	Características del terreno	Geología	Clasificación geológica
		Pendiente	%
		Geografía	Adimensional
		Tipo de suelo	% de limo, arena y arcilla
		Geomorfología	Adimensional
		Población	Número de individuos
		Tipo de clima	Adimensional
		Precipitación	milímetros
Vegetación	%		

Fuente: Elaboración propia.

b) Variables dependientes e independientes del segundo objetivo

Cuadro N° 2: Variables dependientes e independientes del segundo objetivo

Dependientes	Independientes	Indicadores	Unidades
Regionalización	Caudales máximos	Precipitación	Milímetros (mm)
		Escorrentías aledañas	m ³ /s
		Tiempo de retorno	años

Fuente: Elaboración propia.

c) Variables dependientes e independientes del tercer objetivo

Cuadro N° 3: Variables dependientes e independientes del tercer objetivo

Dependientes	Independientes	Indicadores	Unidades
Mitigación de riesgos	Inundación	Caudal	m ³ /s
		Tiempo de retorno	años
		Ancho marginal	metros
		Zonificación de la población	Adimensional
		Pendiente	%
		Vegetación	%
		Precipitación	Milímetros (mm)
		Escorrentías aledañas	m ³ /s
		Tipo de suelo	% de limo, arena y arcilla
		Población	Número de individuos

Fuente: Elaboración propia.

6. JUSTIFICACIÓN

Los desastres producidos por inundación en el país en las últimas décadas evidencian la deficiencia de capacidad de respuesta con que cuentan las autoridades competentes y la población ante una emergencia de este tipo, sumado a ello, en la zona de la Localidad de Chosica se encuentran asentadas un gran número de población dentro de las fajas marginales de las quebradas más críticas ante inundaciones y huaycos, los cuales no constituyen lugares aptos para vivir. En tal sentido, la presente investigación tiene la finalidad de determinar la gestión de inundación por caudales máximos en la Subcuenca Pedregal en los tiempos de retorno de 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años, y así contribuir a mejorar la calidad de vida de la población y plantear alternativas de prevención ante este tipo de fenómeno.

7. IMPORTANCIA

De acuerdo a lo mencionado en el ítem de justificación, las inundaciones generan pérdidas económicas, materiales y humanas. Es por ello que la presente investigación contribuirá a proponer alternativas para la reducción, control de éste y contribuir en el análisis de zonas con mayor peligro y vulnerabilidad debido a las características hidráulicas y sociales de la población, y consecuentemente, contribuir a mejorar la calidad de vida de la población; así como también de concientizar a la población de esta problemática. Además de ello, esta investigación está dirigida a las autoridades del país, especialmente al gobierno regional de Lima, debido a que ellos son los responsables de proponer proyectos para minimizar desastres naturales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Inundaciones

Las inundaciones son un fenómeno natural provocado por la persistencia de las lluvias en una región determinada que resulta en la anegación de vastas zonas y en el desbordamiento de corrientes de aguas superficiales, arroyos, quebradas, elevación del nivel freático, etc. También pueden ser provocadas por situaciones de origen artificial como la rotura de presas, roturas de tanques o cisternas captadoras de agua, dificultad en la canalización por bloqueo natural o artificial (Velis, et al., 1991). Es decir, la ocupación que hace el agua de áreas normalmente secas cuando del nivel del agua sobrepasa el nivel del terreno de las orillas en los cauces de los ríos, lagos, acuíferos y océanos. (Sedano, 2012, p.20)

A. Inundaciones lentas o progresivas

Estas se presentan en las zonas planas cercanas a las riberas de los ríos cuando las precipitaciones permanecen por largo tiempo. (Sedano, 2012, p.20)

B. Inundaciones torrenciales o súbitas

Ocurren ante tormentas fuertes en cuencas de alta pendiente y con baja cobertura vegetal. Pueden desarrollarse en minutos u horas y tienen como características principales una gran capacidad de arrastre de materiales, y un alto poder destructivo. También pueden presentarse como resultado de la rotura de diques construidos o represamientos de agua. (Sedano, 2012, p.20)

C. Inundaciones urbanas

Se presentan por deficiencias de las redes de drenaje, en ciudades con una topografía plana o cóncava y/o por el desbordamiento de los ríos y quebradas que atraviesan o bordean las poblaciones. La principal causa de las inundaciones urbanas es la impermeabilización de superficies que produce una disminución del tiempo pico y del tiempo base del hidrograma, aumentando los caudales máximos en las tuberías de drenaje.

La red de drenaje muchas veces no tiene la suficiente capacidad hidráulica debido a la configuración del terreno, al depósito sedimentos que entran a la red o a lo extremo del evento, desbordando por los imbornales, las tapas de las cámaras de inspección, canales, cajas domiciliarias e incluso de los aparatos sanitarios e inundando las vías y edificaciones. (Sedano, 2012, p.21) De forma generalizada se clasifican en dos tipos:

- ***Inundación fluvial (externa)***: Las cuencas medianas y grandes poseen dos secciones de río. (Sección normal o sección a banca llena). El lecho menor donde escurrir o transita la mayor parte del tiempo y el lecho mayor o planicie de inundación, ocupada por el agua durante eventos extremos o con menor probabilidad de ocurrencia. Los impactos negativos de las inundaciones ocurren cuando las áreas de lecho mayor han sido ocupadas por las personas, y esto se produce cuando las ciudades no incluyen limitaciones claras en la ocupación del espacio en los planes de desarrollo urbano, cuando hay invasión del espacio del río, o cuando las obras de protección dan una contradictoria sensación de seguridad que permite el desarrollo urbanístico en zonas de riesgo (Tucci, et al., 2006). (Sedano, 2012, p.21-22)

- ***Inundación pluvial (interna):*** Inundaciones por colapso del sistema de drenaje. Se deben en gran parte a la urbanización e impermeabilización de superficies (tejados, calles, pisos, etc.) por fuera de los planes de desarrollo urbano y de infraestructura de drenaje y saneamiento. El incremento de la población produce un aumento de consumo de agua para abastecimiento, de producción de aguas residuales y residuos sólidos. Los rellenos sanitarios, el manejo de basuras y el aseo público afectan el comportamiento de las redes de drenaje. Las labores de mantenimiento y actualización de tuberías y equipos de bombeo también limitan la respuesta de las redes colectoras en la evacuación de la escorrentía urbana. Un tercer aspecto es el desarrollo de infraestructura vial y la misma urbanización se puede convertir en obstáculo para el adecuado escurrimiento por la ubicación de puentes, la impermeabilización de superficies en zonas de recarga de acuíferos y la urbanización en zonas de almacenamiento natural (Tucci, et al., 2006). (Sedano, 2012, p.22)

2.2. Peligros Naturales

Se denomina peligro o amenaza natural a todos los fenómenos que dado a su severidad y frecuencia afectan de manera adversa a los seres humanos, a sus estructuras o actividades. Otra definición señala que los peligros naturales son aquellos elementos del medio ambiente físico, o del entorno físico, perjudicial al hombre y causado por fuerzas ajenas a él (Burton, 1978). El término peligro natural es utilizado en referencia a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos u originados por el fuego que, por razón del lugar en que ocurre, su severidad y frecuencia, pueden afectar de manera adversa

a los seres humanos, a sus estructuras o actividades. En algunos países se utiliza el término amenaza natural en sustitución de la de peligro natural. El calificativo natural utilizado para excluir de la definición peligros originados por los seres humanos tales como guerra, contaminación y contaminación química, o peligros no necesariamente relacionados con el entorno físico. (Martínez, 2004, p. 9)

2.3. Desastre

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2008, p. 7) afirma que el desastre es una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que causa una gran cantidad pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales; que exceden la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para afrontar la situación utilizando sus propios recursos. Un desastre es una función del proceso de riesgo. Resulta de la combinación de amenazas, condiciones de vulnerabilidad y capacidades o medidas insuficientes para reducir las consecuencias negativas potenciales del riesgo.

2.4. Amenaza

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2008, p. 7) afirma que la amenaza es un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Las amenazas naturales se pueden clasificar por origen en: geológicas (terremotos, tsunamis, actividad volcánica),

hidrometeorológicas (inundaciones, tormentas tropicales, sequías) o biológicas (epidemias). Las amenazas pueden ser inducidas por procesos humanos (cambio climático, incendios, minería o recursos naturales no renovables, degradación medio ambiental, y amenazas tecnológicas). Las amenazas pueden ser únicas, secuenciales, o combinadas en su origen y efectos.

2.5. Riesgo

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2008, p. 7) afirma que el riesgo es la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Tales como muertes, lesiones, propiedad, medios de vida, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental, como resultado de interacciones entre las amenazas naturales o antropogénicas y las condiciones de vulnerabilidad.

2.6. Vulnerabilidad

El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2006, p. 18) afirma que la vulnerabilidad es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistema de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), puedan sufrir daños humano y material.

2.7. Sistema de Información Geográfica

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014, p. 4) Conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real, resulta posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas, para obtener un mejor conocimiento de esa zona.

Otro autor señala que El Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados, en coordenadas espaciales o geográficas. Las capas o estratos de SIG son como mapas flotantes, con referencias espaciales comunes, que permiten mirar debajo de ellas y a través de sus datos, utilizando las herramientas del modelo. Una característica esencial del SIG es que intenta capturar en su modelo de datos la realidad y no una imagen determinada de esta. Los SIG conforman herramientas tecnológicas muy adecuadas para analizar la regionalización de variables hidrológicas, como también para el manejo, análisis y visualización de datos geográficos y datos que pueden ser georreferenciados. La gran ventaja que representa esta aplicación, es permitir utilizar los modelos hidrológicos desde una arquitectura SIG, en la que gran parte de la información que precisan (datos de topología y cartografía) le es suministrada por ésta. (Mecca, 2008, p. 33)

2.8. Gestión Ambiental

La gestión adecuada del ambiente se logra cuando los recursos se utilizan con eficiencia para beneficios del desarrollo y cuando se los conserva debido al importante papel ecológico que desempeñan en el mantenimiento de los ecosistemas. (Gómez, 2000, p. 15)

La gestión ambiental es un conjunto de instrumentos más dinámicos orientados a la acción, que facilitan la preparación, aplicación y supervisión de las estrategias para proteger, mejorar y conservar el ambiente. (Gómez, 2000, p. 15)

2.9. Hidrología

La hidrología es la ciencia que trata de las propiedades mecánicas, físicas, químicas, biológicas y terapéuticas del agua, pudiéndose afirmar por otro lado, que la hidrología es la ciencia que trata de las aguas terrestres, su aparición, circulación y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su relación con el ambiente incluyendo a los seres vivos. (Gómez, 2004, p. 6 y 15)

2.10. Caudal de Transvase

Es el flujo superficial o subterráneo afluente, que constituyen los aportes de entrada de otras regiones el que puede ser: natural o artificial y que también puede estar constituido por el agua de retorno. (Gómez, 2004, p. 6 y 15)

2.11. Modelo de los caudales

En base a la intensidad de la precipitación y los valores de los eventos de caudales máximos, se encontraron ecuaciones que relacionan los caudales con las intensidades máximas y la altitud de la cuenca. (Gómez, 2000, p. 22)

2.12. Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o “divisorias de aguas” se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. La cuenca se divide en Subcuenca y microcuenca. El área de la Subcuenca está delimitada por la divisoria de agua de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen sus aguas. La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una Subcuenca o de parte de ella. (Ramakrishna, 1997, p. 19)

2.13. Precipitación

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Los tres mecanismos principales para la elevación de masas de aire son las elevación frontal, donde el aire caliente es elevado sobre aire frío por un pasaje frontal; la elevación orográfica, mediante la cual una masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa; y la elevación convectiva, donde el aire se arrastra hacia arriba por una acción convectiva, como ocurre en el centro de una celda de una tormenta eléctrica. (Chow, Maidment y Mays 1994, p. 65-66)

2.14. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo. Camacho (2012) son las siguientes:

- **Textura del suelo**

Se considera partículas del suelo a las partículas minerales cuyo tamaño es menor a 2mm, además estas partículas del suelo se clasifican según su tamaño en arena, limo y arcilla. Las partículas de tamaño superior a 2 mm se consideran fragmentos gruesos del suelo, y se clasifican según su tamaño en grava, piedra y roca (p. 38).

Cuadro N° 4: Clasificación de Partículas de Suelo según su tamaño

Fracción del suelo	Sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América	Sistema Internacional
	Diámetros límites en milímetros	Diámetros límites en mm
Arena muy gruesa	2.0 - 1.0	2.0 - 0.2
Arena gruesa	1.0 - 0.5	
Arena media	0.5 - 0.25	0.2 - 0.002
Arena fina	0.25 - 0.10	
Arena muy fina	0.10 - 0.05	
Limos	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Arcilla	menor de 0.002	menor de 0.002

Fuente: Katherine Camacho Zorogastúa, erosión hídrica por lluvias máximas en diferentes tiempos de retorno en la Subcuenca del río Cumbaza – Región San Martín, 2014.

- **Características de los suelos según su textura**

Suelos arenosos o suelos sueltos; se caracterizan por tener una elevada permeabilidad al agua y por tanto una escasa retención de agua y de nutrientes. Suelos arcillosos, se denominan suelos pesados o fuertes. Presentan baja permeabilidad al agua y elevada retención de agua y de nutrientes.

Suelo franco, se considera la textura ideal porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes. (Camacho, 2012, p. 38-39)

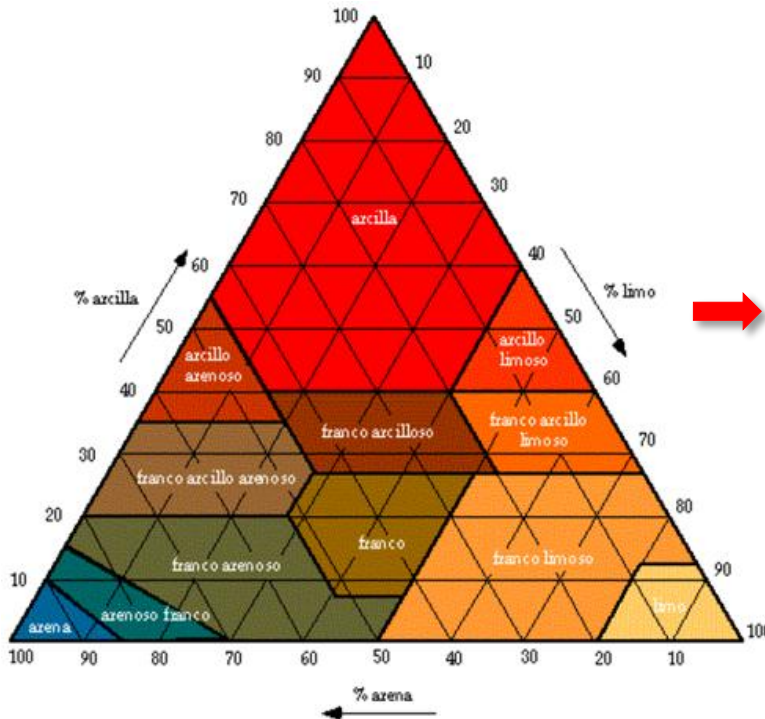
Cuadro N° 5: Propiedades del suelo según su textura

Propiedad	Textura del suelo		
	Arenoso	Arcilloso	Limoso
Porosidad	Poros grandes >50 % arena	Poros pequeños > 40 % arcilla	Porosidad equilibrada >45 % limo
Permeabilidad	Alta (5cm/h)	Nula (0.05 cm/h)	Media (0.8 – 1.3 cm/h)
Capacidad de campo (pF*)	2.1	2.7 - 3	2.5
Agua gravitacional (pF)	2.1	3	2.5
Humedad a pF = 4.2 (%)	2 – 5	15	8 - 10
Aireación	Buena	*Mala	Buena
Nutrientes	Bajo	Alta	Media a alto
Tamaño de partículas	0.2 – 0.02 mm	Menor a 0.002 mm	0.002 - 0.02 mm

*pF: Potencial capilar.

Fuente: Katherine Camacho Zorogastúa. Erosión hídrica por lluvias máximas en diferentes tiempos de retorno en la Subcuenca del río Cumbaza – Región San Martín, 2014.

Figura N° 1: Clases Texturales del suelo



Textura	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase Textural	
				Suelo	Clase
Gruesa	86 - 100	0 - 14	0 - 10	Arenoso	Suelos arenosos
	70 - 86	0 - 30	0 - 15	Arenoso Franco	
Ligeramente gruesa	50 - 70	0 - 50	0 - 20	Franco arenoso	Suelos francos
	23 - 52	28 - 50	7 - 27	Franco	
	20 - 50	74 - 88	0 - 27	Franco Limoso	
Media	0 - 20	88 - 100	0 - 12	Limoso	
	20 - 45	15 - 52	27 - 40	Franco Arcilloso	
Ligeramente fina	45 - 80	0 - 28	20 - 35	Franco areno arcilloso	
	0 - 20	40 - 73	27 - 40	Franco limo arcilloso	
	45 - 65	0 - 20	35 - 55	Arcillo arenoso	Suelos arcillosos
0 - 20	40 - 60	40 - 60	Arcillo limoso		
Fina	0 - 45	0 - 40	40 - 100	Arcilloso	

Fuente: Katherine Camacho Zorogastúa. Evaluación de la Erosión Hídrica por efecto de la precipitación máxima en la Subcuenca del río Cumbaza, 2012, p. 39.

2.15. Marco legal

<p>Ley General del Ambiente – N° 28611</p>	<p>Gestión Ambiental</p> <p>La gestión Ambiental es un proceso permanente y continuo, constituido por el conjunto estructurado de principios, normas técnicas, procesos y actividades, orientado a administrar los intereses, expectativas y recursos relacionados con los objetivos de la política ambiental y alcanzar así una mejor calidad de vida y el desarrollo integral de la población, el desarrollo de las actividades económicas y la conservación del patrimonio ambiental y natural del país.</p> <p>Artículo 113.- De la calidad ambiental</p> <p>Los objetivos de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none">- Preservar, conservar, mejorar y restaurar, según corresponda, la calidad del aire, el agua y los suelos y demás componentes del ambiente, identificando y controlando los factores de riesgo que la afecten.- Prevenir, controlar, restringir y evitar según sea el caso, actividades que generen efectos significativos, nocivos o peligrosos para el ambiente y sus componentes, en particular cuando ponen en riesgo la salud de las personas.- Recuperar las áreas o zonas degradadas o deterioradas por la contaminación ambiental.- Prevenir, controlar y mitigar los riesgos y daños ambientales procedentes de la introducción, uso, comercialización y consumo de bienes, productos, servicios o especies de flora y fauna.- Identificar y controlar los factores de riesgo a la calidad del ambiente y sus componentes.- Promover el desarrollo de la investigación científica y tecnológica, las actividades de transferencia de conocimientos y recursos, la difusión de experiencias exitosas y otros medios para el mejoramiento de la calidad ambiental
---	---

<p>Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338</p>	<p>En su título V indica que la protección del agua, establece que en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesario para la protección, además la resolución jefatural N° 300-2011-ANA, aprobaron el reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpo de agua naturales y artificiales.</p> <p>Artículo 113.- Fajas Marginales</p> <p>Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales. Las dimensiones en una o ambas márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua.</p>
<p>Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo no Mitigable – Ley N° 29869</p>	<p>La ley indica que es causal de reasentamiento poblacional la declaración de zona de muy alto riesgo no mitigable asociada a peligros naturales, socioculturales por causas humanas que ponen en peligro la vida de los pobladores. La zona de muy alto riesgo no mitigable es declarada por acuerdo de concejo.</p>
<p>Ley Sistema Nacional de Gestión del Riesgos de Desastres – Ley N° 29664</p>	<p>La política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres es el conjunto de orientaciones dirigidas a impedir o reducir los riesgos de desastres, evitar la generación de nuevos riesgo y efectuar una adecuada preparación, atención, rehabilitación y reconstrucción ante situaciones de desastres, así como a minimizar sus efectos adversos sobre la población, la economía y el ambiente. Las entidades públicas en todos los niveles de gobierno, son responsables de implementar los lineamiento, reducir el riesgo de su propia actividad y deben evitar la creación de nuevos riesgos, generación de una cultura de la prevención en las entidades públicas, privadas y en la ciudadanía en general, la promoción, el desarrollo y la difusión de estudios e investigaciones relacionas con gestión de riesgos, el país debe contar con una adecuada capacidad de respuesta ante los desastres con criterios de eficacia, eficiencia, aprendizaje y actualización permanente.</p>

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

3.1.1 Información Geográfica

La información cartográfica de la zona de estudio fue obtenida del Instituto Geográfico Nacional (IGN), del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Universidad Nacional Federico Villarreal (Facultad de Ingeniería Geográfica y Ambiental) y otras instituciones. La información utilizada para la elaboración del estudio es variada, a diferentes escalas que se detallan a continuación:

1. Las Cartas Nacionales de Chosica a escala de 1/100,000. Ayudaran a poder realizar la ubicación de la zona de estudio, también el acceso hacia ella.
2. Mapas Temáticos de Hidrometeorología, Regionalización Pluviométrica, Ecología, Geología, Forestal, peligros Naturales, Climático, Uso Actual de la tierra a escala de 1/350,000. Estos mapas no brindara información para poder determinar el diagnóstico ambiental del área de estudio.

3.1.2 Información Hidrometeorológica

Se recopiló información estadística para el análisis de los diferentes parámetros hidrometeorológicos que nombramos a continuación:

1. Precipitación Máxima en 24 Horas, Temperatura, Humedad Relativa, Descargas Mensuales Medias, Máximas y Mínimas (periodos de 1973-2017). SENAMHI.

Con estos datos podríamos determinar los caudales de la zona de estudio, también otras características de la quebrada.

2. Precipitación promedio de la Red Hidrometeorológica de la quebrada Pedregal (periodo 1990 – 2013) Instituto Geográfico del Perú (IGP). Nos ayudara a tener información y variación de la precipitación de los años anteriores.

3.1.3 Información Socioeconómica

Se recopiló información del Instituto Nacional de Estadística e Informática en el periodo de 1963-2015 que comprende:

1. Población Total y Distribución de la Población Urbana.
2. Superficie y Densidad Poblacional según provincia.
3. Material Predominante en las construcciones de viviendas del distrito.

3.1.4 Equipos

Los equipos utilizados para el desarrollo de la presente investigación fueron los siguientes:

1. 01 laptop Toshiba core I5, con este equipo podremos escribir la parte de gabinete y lo observado en campo.
2. 01 impresora Canon, con este equipo imprimiremos lo desarrollado en gabinete, los mapas elaborados y las gráficas estadísticas.
3. Cámara fotográfica Canon, se tomara fotografías de la etapa de campo.
4. GPS Garmin, ubicaremos la zona de estudio y algunos puntos necesarios para desarrollar la investigación.

3.1.5 Software / Aplicativo

El software utilizado para el procesamiento y automatización de la información cartográfica, así como en la construcción de mapas temáticos fueron los siguientes:

- ARCGIS Versión 10.1, con este software podremos realizar los mapas temáticos.
- Google Earth Pro, nos ayudara a poder ubicar la zona de estudio, también visualizaremos la parte de la población.
- Word y Excel, herramientas donde podremos desarrollar la investigación.

3.2. METODOLOGÍA

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2006) el método es un proceso lógico y riguroso que es formulado con la finalidad de lograr la adquisición, organización o sistematización y expresión o exposición de conocimientos en los aspectos teórico y experimental. En ese sentido, a continuación se mencionan los procedimientos que se desarrollaron para analizar las inundaciones por efecto de los caudales máximos en la Subcuenca de la quebrada Pedregal (en adelante, Subcuenca Pedregal), que abarca los siguientes tipos y niveles de investigación:

El método de la investigación científica es empírico, inductivo y deductivo, ya que está basada en la experimentación o la observación (evidencias verificadas en campo), y además se pone a prueba una hipótesis.

Posee un Diseño No experimental, porque se realiza sin manipular deliberadamente variables, es decir, no se varían intencionadamente las variables independientes, simplemente se observan los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2006)

- **TIPO**, Según Hernández, Fernández y Baptista (2006):
 - **Transeccional**, porque la evaluación se realizó en un tiempo puntual.

- **NIVELES**, Según Hernández, Fernández y Baptista (2006):
 - **Explicativo**: Se buscan las razones y causas que provocan el problema.
 - **Correlacional**: Se analiza la relación entre los diferentes factores que originan el problema en estudio y la influencia de estos.
 - **Descriptivo**: Se describe un fenómeno o una situación mediante el estudio del mismo en una circunstancia tempore - espacial determinado.

A continuación se explicarán los métodos utilizados para obtener los resultados de cada objetivo específico planteado.

3.2.1 Método Estadístico

Se analiza la información recopilada para el área de estudio, las descripciones de las diferentes fuentes, tanto para la información hidrometeorológica y socioeconómica. (Gómez, 2000, p. 21)

3.2.2 Modelo de los Caudales

“Basados en la intensidad precipitada y los valores de los eventos de caudales máximos, se considerando las ecuaciones que relacionan los caudales con las intensidades máximas y la altitud en el área a estudiar” (Gómez, 2000, p. 22).

No obstante, debido a que la Subcuenca materia de la presente investigación se activa solo en época de lluvias, se tomaron los valores de las estaciones cercanas a la zona en los meses de diciembre a marzo, correspondiente al periodo en que se activa el torrente.

3.2.3 Método de Hidrología Regional

Permite establecer modelos regionales entre las variables físicas de la cuenca como precipitación y caudales con sus cuencas vecinas de características similares lo que permiten traslapar la información a área que no cuenten con ella y que sea requerida para definir parámetros hidrológicos. (Gómez, 2000, p. 21)

3.2.4 Método Tiempo de Concentración

“El tiempo de concentración de una cuenca es el tiempo que tarda en desplazarse una gota de agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta la estación de control o cierre de la cuenca” (García, et al. 1999, p. 43).

A. *Giandotti*: el tiempo de concentración esta función de la longitud del cauce principal, el área y la elevación media del cauce, la ecuación para este cálculo es:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 L}{0.8\sqrt{H}}$$

Dónde:

T_c: tiempo de concentración en horas.

L: longitud del cauce principal en km.

S: área de la cuenca en km².

H: altura media de la cuenca.

3.2.5 Método Espacial (Sistema de Información Geográfica)

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014, p. 4) Conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real, resulta posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas, para obtener un mejor conocimiento de esa zona.

3.2.6 Software ArcGIS

Es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales, culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de manera eficaz. (Mora, 2016, p. 42).

Se optó con criterio para establecer los grados de incidencia de inundación en la Subcuenca Pedregal. Para ello se clasificó de la siguiente manera: Muy Alta, Alta, Media, Baja.

3.3. ETAPAS DE LA INVESTIGACION

3.3.1 Etapa inicial de Gabinete

En esta primera etapa se buscó información en las bibliotecas de diferentes universidades de Lima, entidades gubernamentales e internet (investigaciones de reconocidas publicaciones y revistas); asimismo, se evaluó la información necesaria y se realizó la clasificación de la información, tanto textual como cartográfica.

3.3.2 Etapa de Campo

En esta segunda etapa se realizó el reconocimiento en campo de la zona de estudio y se procedió a desarrollar el plan de trabajo establecido del mismo. Luego se observó la situación actual de la quebrada y se realizó la exploración, toma de fotos del cauce y las zonas más vulnerables. Dicha información fue analizada en la siguiente etapa.

3.3.3 Etapa Final de Gabinete

En esta etapa final se efectuó los ajustes necesarios con los aportes de campo y laboratorio en relación a los mapas temáticos y los mapas base y se corrigió los posibles errores, además de ello se realizó consultas a expertos, fuentes bibliográficas y otros registros que ayudaron al desarrollo óptimo de la misma.

Para mayor entendimiento, en el siguiente gráfico se muestran las etapas de la presente investigación:

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

El universo o población de la investigación es la Subcuenca Pedregal, mientras que la muestra tomada es la que se encuentra en el ámbito de la parte baja de la Subcuenca Pedregal ubicada en el distrito Chosica, provincia y departamento de Lima. Dicha unidad de análisis fue elegida por presentar los factores más vulnerables (viviendas construidas dentro de la faja marginal) a inundaciones, el espacio temporal de la investigación es de los meses de diciembre a marzo, ya que durante estos meses se generan precipitaciones en la zona de estudio y es uno de los factores para generarse la inundación dentro de la Subcuenca Pedregal.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

4.1. UBICACIÓN

La quebrada Pedregal se encuentra ubicada en el distrito de Lurigancho, en la localidad de Chosica, la cual ocupa una extensión de 11.2 km² aproximadamente. El ámbito de esta quebrada, considerada como la más extensa de la zona, se caracteriza por poseer fuertes pendientes, contar con un amplio cono de deyección y está conformada principalmente por material intrusivo granítico y granodiorítico, que presenta una fuerte meteorización en sus diferentes modalidades favorecida, en las granodioritas, por su elevada composición en micas y otros minerales ferromagnesianos muy susceptibles de ser alterados. (Carrasco y Zapata, 1987, p. 94) Además, existe población asentada en los márgenes y en el espacio del ancho marginal de la referida quebrada (**Ver Mapa 01**).

4.2. VÍAS DE ACCESO

El ingreso a la Subcuenca Pedregal se realiza vía terrestre, la cual se da por la avenida Nicolás de Ayllón, a la altura del cruce de esta con la avenida Túpac Amaru. Luego, se inicia el ingreso a través de la avenida Túpac Amaru recorriendo un promedio de 2.1 kilómetros hasta llegar al cruce con la avenida José Santos Chocano. En seguida se continúa por la avenida José Santos Chocano una distancia aproximada de 2.49 kilómetros hasta cruzar con una trocha sin nombre. Finalmente en dicha trocha se continúa un promedio de 2.53 kilómetros hasta alcanzar la parte alta de la Subcuenca, llegando una altitud de 2300 metros sobre el nivel del mar (en adelante, msnm).

4.3. DIAGNÓSTICO FÍSICO

4.2.1 PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS

De manera introductoria es importante señalar que los parámetros geomorfológicos son aquellos que afectan directamente el proceso de lluvia, escurrimiento y su análisis, que resulta primordial para determinar la magnitud y comportamiento de los escurrimientos presentados en las quebradas estacionales y temporales que aportan a la quebrada Pedregal. Es decir, permiten conocer las características físicas generales de la Subcuenca, y a la vez proporcionan la mejor posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico. (Gonzales y Carmona, 2003, p. 22)

La Subcuenca Pedregal refleja las acciones recíprocas entre el suelo, factores geológicos, agua y vegetación, estas características físicas muestran una influencia indirecta sobre la respuesta hidrológica cuyos parámetros han permitido determinar las relaciones entre el comportamiento del régimen hídrico y sus características geomorfológicas, los cuales fueron obtenidos del análisis de la Carta Nacional 1/100 000.

A. Área de la Subcuenca (Km²)

El área se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas. El parteaguas es conocido como la línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la Subcuenca de las que se encuentran vecinas a ella. (Aparicio, 1992, p. 20) Asimismo, es importante debido a que influye sobre las características de los escurrimientos fluviales y la amplitud de las fluctuaciones.

$$A = 11.2 \text{ Km}^2$$

De acuerdo al tamaño de la Subcuenca, que es de 11.2 km², está clasificada en función de su extensión como muy pequeña, debido a que posee un área menor a 25 km².

B. Perímetro de la Subcuenca (Km)

“El perímetro de la Subcuenca es la longitud de la línea divisoria de aguas, es decir el perímetro de toda el área de drenaje de la misma desde el punto en donde nacen hasta su punto de captación” (Villagómez, Mendoza y Bowen, 2009, p. 26).

El perímetro tiene influencia en el tiempo de concentración, que será menor cuando la cuenca tenga la forma circular.

$$P = 15.4 \text{ Km}$$

C. Áreas parciales entre curvas de nivel

Las áreas parciales entre curvas de nivel están cada 100 metros, de acuerdo se muestra en el siguiente detalle:

Tabla N° 1: Áreas parciales entre curvas de nivel

Cota mínima	Cota máxima	Área entre Cotas (km²)
850	950	0.405
950	1050	0.802
1050	1150	1.301
1150	1250	1.111
1250	1350	1.11
1350	1450	1.047
1450	1550	1.01
1550	1650	0.911
1650	1750	0.868
1750	1850	0.809
1850	1950	0.668
1950	2050	0.447
2050	2150	0.359
2150	2250	0.369

Fuente: Elaboración propia.

D. Longitud de la red de drenaje (Corriente principal)

“La corriente principal de una Subcuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma, la cual sólo aplica a cuencas exorreicas; las demás corrientes se denominan corrientes tributarias” (Aparicio, 1992, p. 20).

La longitud de máximo recorrido es la medida de la mayor trayectoria de las partículas del flujo, comprendida entre el punto más bajo del colector y el punto más alto o inicio del recorrido sobre la línea de *divortium aquarum* (punto en donde se dividen las cuencas). (Villagómez, Mendoza y Bowen, 2009, p. 29)

En ese sentido, la longitud del cauce principal es **6.5 Km**.

- Índice de Compacidad

El índice de compacidad (K_c) denominado también Coeficiente de Gravelius, es un parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la Subcuenca. Es decir, este parámetro describe la geometría de la Subcuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico. (Villagómez, Mendoza y Bowen, 2009, p. 27-28)

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K_c = 1.29$$

Cabe resaltar que, atendiendo al Índice de Compacidad, que es de 1.29, es clasificada como una Subcuenca de Clase II “Kc: 1.26 a 1.50”, cuya forma es denominada como “De oval redonda a oval oblonga”. (Villagómez, Mendoza y Bowen, 2009, p. 28)

- **Factor de forma (Ff)**

El factor de forma es un parámetro adimensional que denota la forma redondeada o alargada de la Subcuenca, y mide la tendencia de la Subcuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas. (Villagómez, Mendoza y Bowen, 2009, p. 30)

$$Ff = \frac{A}{L^2} \Rightarrow Kf = \frac{11.19 \text{ Km}^2}{(6.53 \text{ Km})^2} \Rightarrow Ff = 0.26$$

- **Ancho medio**

Es un parámetro promedio que se obtiene a partir del cociente entre el área de la Subcuenca y la longitud máxima (Lm) de la misma. (Orosco, 2015, p. 19)

$$Am = \frac{A}{L} = \frac{11.19 \text{ Km}^2}{(6.53 \text{ Km})} \Rightarrow 1.72 \text{ Km}$$

Dónde:

Am: Ancho promedio de la cuenca (km).

A: Área de la cuenca (km²).

L: Longitud de la corriente principal (km).

- Rectángulo Equivalente

Se trata de una transformación puramente geométrica en virtud de la cual se asimila la Subcuenca a un rectángulo que tenga el mismo perímetro y superficie, y, por tanto, igual al índice de compacidad. Así, las curvas de nivel se transforman en rectas paralelas al lado menor del rectángulo, y el desagüe de la Subcuenca, que es un punto, queda convertido en el lado menor del rectángulo. (Orosco, 2015, p. 22)

$$L = \frac{Cc\sqrt{A}}{1.128} x \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{Cc}\right)} \right]^2$$

$$l = \frac{Cc\sqrt{A}}{1.128} x \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{Cc}\right)} \right]^2$$

$$L = 7.02 \text{ km}$$

$$l = 1.6 \text{ km}$$

Dónde:

L: Lado mayor.

l: Lado menor.

Cc: Coeficiente de compacidad.

A: Área de la Subcuenca.

- **Pendiente media del cauce principal**

“La pendiente media de la Subcuenca tiene una relación importante con los fenómenos de infiltración, escurrimiento superficial, humedad del suelo y con la contribución del agua subterránea de los cauces” (Orosco, 2015, p. 26).

$$L_c = \frac{(H_{\text{mayor}} - H_{\text{menor}})}{1000 \times L} = \frac{(2250 - 850)}{1000 \times 6.53} = 0.21$$

Dónde:

L_c = Pendiente media de la Subcuenca.

H_{mayor} = Cota mayor (msnm).

H_{menor} = Cota menor (msnm).

L = Longitud de la corriente principal (Km).

La pendiente media de la Subcuenca es 0.21, lo que indica que el tiempo de escurrimiento de la precipitación no es relativamente corto, y posee una infiltración mínima del agua.

- **Radio de elongación (Re)**

“Definido por Schumm como la relación entre el diámetro (D) de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca y la longitud máxima de la corriente principal (L)” (Orosco, 2015, p. 23).

Primero se calcula el radio de la circunferencia (Subcuenca):

$$\text{Radio de circunferencia} = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{11.22}{3.1416}} = 1.89 \text{ ; por lo tanto, el D es igual a } R_c \times 2$$

Luego, calculamos en la fórmula correspondiente, el Radio de Elongación:

$$R_e = \frac{(R_c \times 2)}{L} = \frac{3.77}{6.53} = 0.58$$

- **Altitud media (m)**

Es la elevación promedio referida al nivel de la estación de aforo de la boca de la Subcuenca. En ese sentido, la altura media de la Subcuenca en estudio es de 1468.6 msnm (ver tabla N° 2).

Tabla N° 2: Altitud media

Cota mínima	Cota máxima	Área entre Cotas (km ²)	hi	S*hi
850	950	0.405	900	364.5
950	1050	0.802	1000	802.0
1050	1150	1.301	1100	1431.1
1150	1250	1.111	1200	1333.2
1250	1350	1.110	1300	1443.0
1350	1450	1.047	1400	1465.8
1450	1550	1.010	1500	1515.0
1550	1650	0.911	1600	1457.6
1650	1750	0.868	1700	1475.6
1750	1850	0.809	1800	1456.2
1850	1950	0.668	1900	1269.2
1950	2050	0.447	2000	894.0
2050	2150	0.359	2100	753.9
2150	2250	0.369	2200	811.8
Total		11.2		16472.9

Fuente: Elaboración propia.

$$H_{media} = \frac{\sum H_{mx}A}{A_t}$$

H media = 1468.6 m.s.n.m.

Dónde:

H media: Altura media.

hi: Altura media entre dos curvas de nivel.

S: Área entre dos curvas de nivel.

At: Área total de la cuenca.

- Índice de Pendiente (Ip):

“Es un parámetro que permite determinar la declividad de un curso de agua entre dos puntos” (ver tabla N°3) (Orosco, 2015, p. 36).

Tabla N° 3: Índice de Pendiente

a_i	$b_i = \frac{a_i}{A}$	$c_i - c_{i-1}$	$B_i(C1 - C_i - 1)$	L(km)	$B_i(C1 - C_i - 1)/L$	$\sqrt{\frac{B_i(C1 - C_i - 1)}{L}}$
0.405	0.036	0.1	0.0036	7.02	0.0005	0.023
0.802	0.071	0.1	0.0071	7.02	0.0010	0.032
1.301	0.116	0.1	0.0116	7.02	0.0017	0.041
1.111	0.099	0.1	0.0099	7.02	0.0014	0.038
1.11	0.099	0.1	0.0099	7.02	0.0014	0.038
1.047	0.093	0.1	0.0093	7.02	0.0013	0.036
1.01	0.090	0.1	0.0090	7.02	0.0013	0.036
0.911	0.081	0.1	0.0081	7.02	0.0012	0.034
0.868	0.077	0.1	0.0077	7.02	0.0011	0.033
0.809	0.072	0.1	0.0072	7.02	0.0010	0.032
0.668	0.060	0.1	0.0060	7.02	0.0008	0.029
0.447	0.040	0.1	0.0040	7.02	0.0006	0.024
0.359	0.032	0.1	0.0032	7.02	0.0005	0.021
0.369	0.033	0.1	0.0033	7.02	0.0005	0.022
11.2						0.438

Fuente: Elaboración propia.

Luego de determinar las áreas parciales y la diferencia de alturas en kilómetros, se reemplaza en la siguiente ecuación:

$$I_p = \frac{\sum \sqrt{B_i(C_1 - C_i - 1)}}{\sqrt{L}}$$

Ip: 43.8%

Dónde:

L: Lado mayor (7.02 km).

$C_i - C_{i-1}$: Fracción de la superficie entre cotas

a_i : Áreas parciales.

- Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica sugerida por Langbein et al. (1947), proporciona una información sintetizada sobre la altitud de la cuenca, que representa gráficamente la distribución de la cuenca vertiente por tramos de altura. Dicha curva presenta, en ordenadas, las distintas cotas de altura de la cuenca, y en abscisas la superficie de la cuenca que se halla por encima de dichas cotas, bien en km² o en tanto por cien de la superficie total de la cuenca. (Orosco, 2015, p. 24)

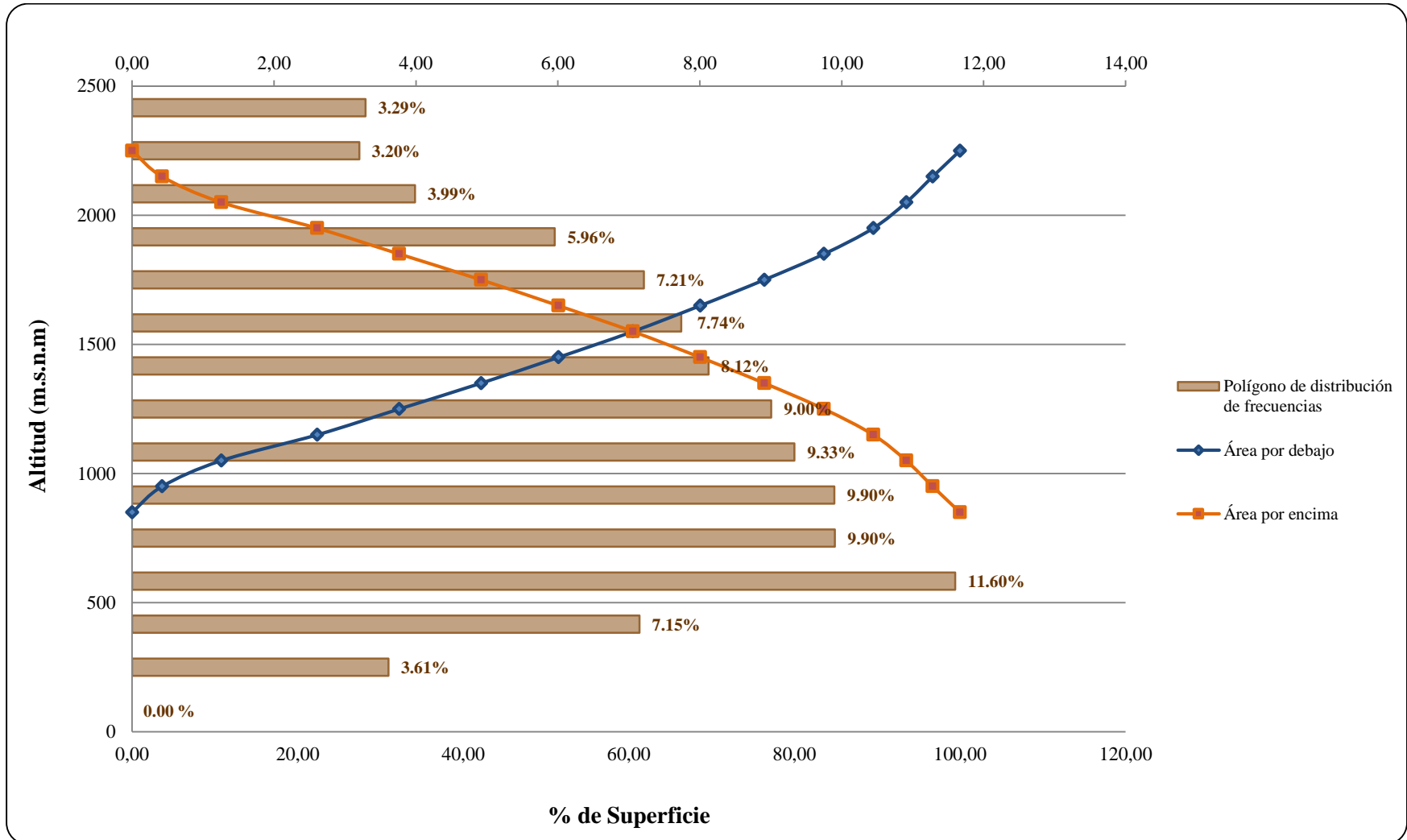
En ese sentido, de los resultados del polígono de frecuencia de altitudes, la Subcuenca es considerada geológicamente madura, presentando pequeños valles y cumbres escarpadas y posee un drenaje estacional (ver tabla N° 4 y grafica N° 1).

Tabla N° 4: Frecuencia de altitudes

Cotas (m.s.n.m)		Área Parcial (Si)	Área debajo	Área encima	Área debajo %	Área encima %	Áreas Parciales %
2250	850	0.00	0.00	11.22	0.00	100.00	0.00
2150	950	0.405	0.41	10.85	3.61	96.71	3.61
2050	1050	0.802	1.21	10.49	10.76	93.51	7.15
1950	1150	1.301	2.51	10.04	22.36	89.52	11.60
1850	1250	1.111	3.62	9.37	32.26	83.57	9.90
1750	1350	1.11	4.73	8.57	42.16	76.36	9.90
1650	1450	1.047	5.78	7.70	51.49	68.62	9.33
1550	1550	1.01	6.79	6.79	60.50	60.50	9.00
1450	1650	0.911	7.70	5.78	68.62	51.49	8.12
1350	1750	0.868	8.57	4.73	76.36	42.16	7.74
1250	1850	0.809	9.37	3.62	83.57	32.26	7.21
1150	1950	0.668	10.04	2.51	89.52	22.36	5.96
1050	2050	0.447	10.49	1.21	93.51	10.76	3.99
950	2150	0.359	10.85	0.41	96.71	3.61	3.20
850	2250	0.369	11.22	0.00	100.00	0.00	3.29
Total		11.2					

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 1: Curva Hipsométrica y Polígono de Distribución de Frecuencias



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 CLIMATOLOGÍA

En términos generales, la Subcuenca Pedregal se encuentra en la Costa, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2002, párr. 11-12) afirma que la región llana comprendida entre la línea del litoral y las estribaciones de los Andes, su ancho varía de 75 a 100 kilómetros, por su posición geográfica, le corresponde clima tropical, con abundantes lluvias, como la selva, pero debido a la influencia de la Cordillera de los Andes, la corriente fría marítima peruana y del Anticiclón del Pacífico Sur, el clima es seco con escasas precipitaciones durante todo el año, a excepción de la costa norte, que presenta precipitaciones que superan los 500 milímetros en los años que ocurre la presencia del Fenómeno El Niño.

En ese sentido, según el Método de Thornthwaite, se ha determinado un tipo de clima en el ámbito de la Subcuenca de la quebrada Pedregal (**Ver Mapa 02**), para lo cual se han considerado las variables de altitud, latitud, cordillera de los andes, corriente fría marítima peruana, anticiclón del pacífico sur, continentalidad, entre otras. (Sandoval, Ortiz, Matos, 2013, p. 5-6)

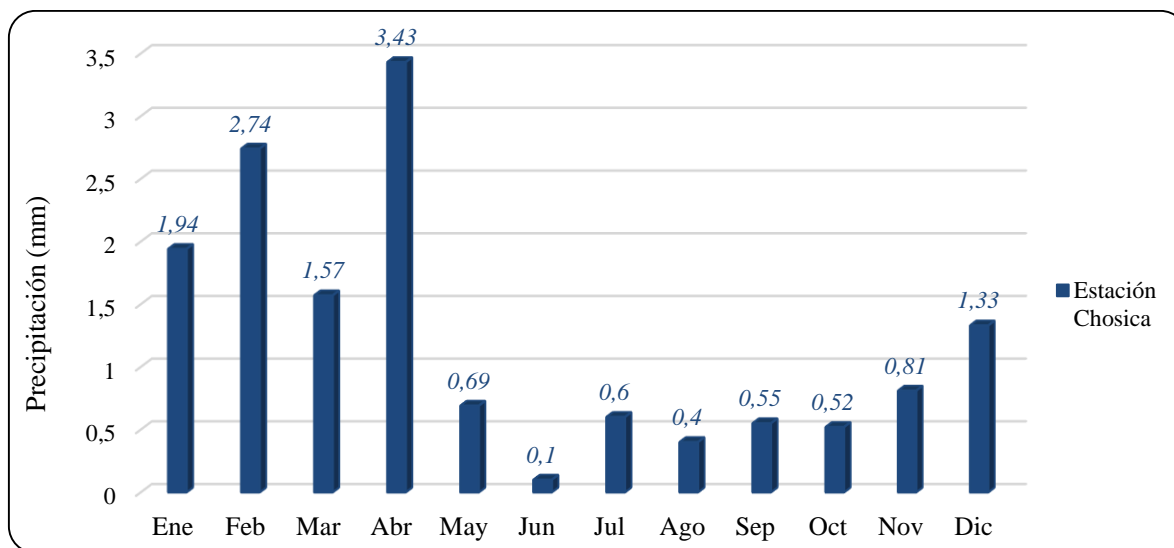
- **E (d) B'1 H3:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2002, párr. 28) afirma que presentar un clima semi cálido, desértico, con deficiencia de lluvia en todas las estaciones, con humedad relativa calificada como húmedo. Su temperatura media anual es 26.3° C, con lluvias que alcanzan los 2437 mm al año, y una humedad relativa que varía entre 65% a 84%.

4.2.3 HIDROLOGÍA

La hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el ambiente, incluyendo a los seres vivos. (Puelles, 2015, p. 26) En tal sentido, la Subcuenca Pedregal se caracteriza por presentar lluvias escasas durante todo el año, cuyos valores varían entre 0.10 y 3.43 mm. Dichos resultados se tomaron de la estación hidrológica tipo convencional denominada Chosica, la cual cuenta con registros de datos históricos de 25 años (periodo desde el año 1990 hasta el 2017).

En el siguiente gráfico se muestra lo indicado líneas arriba, donde se muestra que las lluvias máximas ocurren en el mes de abril (3.43 mm) y las mínimas en el mes de junio (0.10 mm).

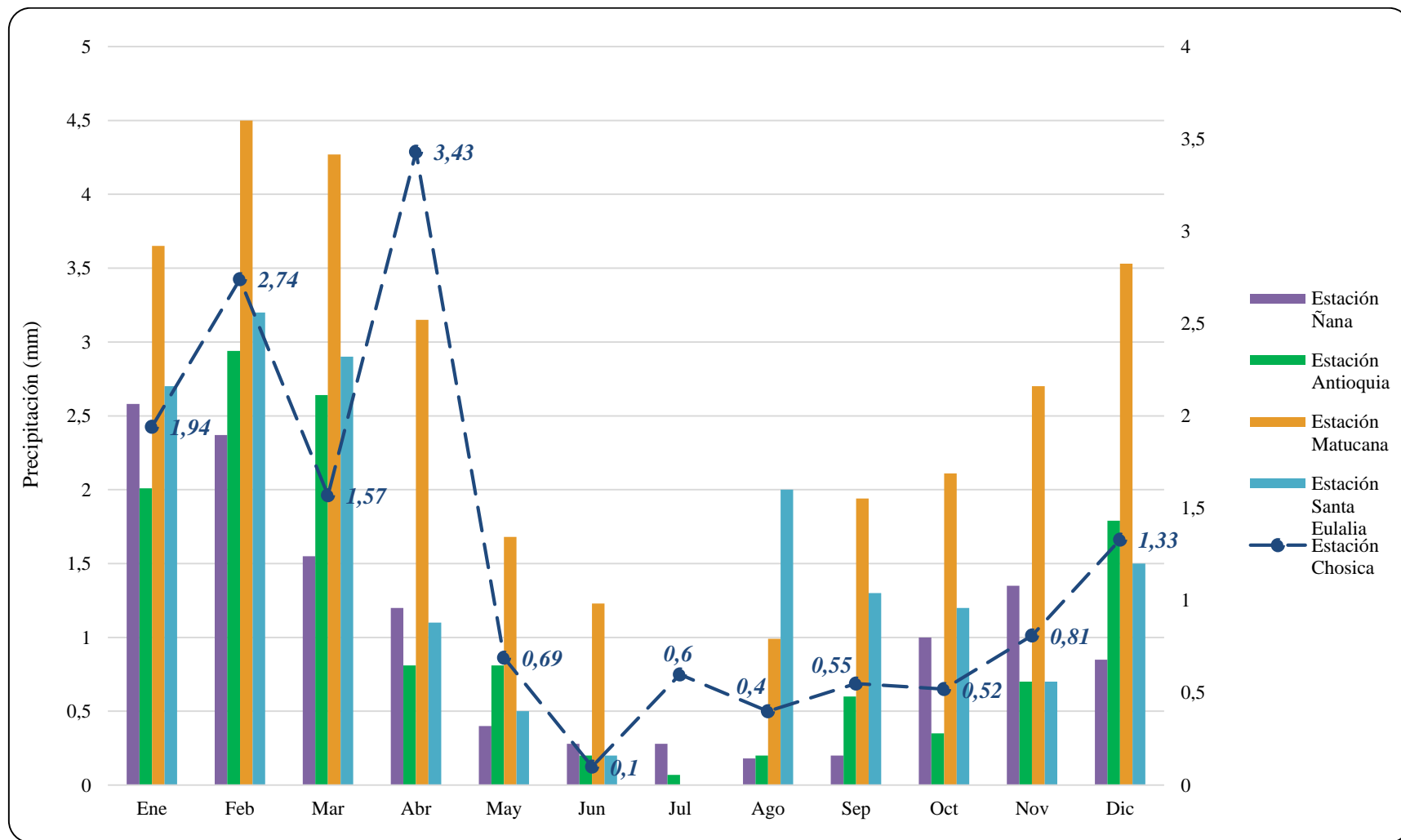
Gráfico N° 2: Registro de Precipitaciones (mm) promedio de la Estación Hidrológica - Chosica (1990-2017)



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se han tomado como referencia estaciones hidrológicas cercanas a la Subcuenca, las cuales poseen características climatológicas, geomorfológicas y edafológicas similares a la zona de estudio. En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento de las lluvias de estas estaciones cercanas:

Gráfico N° 3: Registro de Precipitaciones (mm) promedio de las Estaciones Hidrológicas Ñaña (1964 - 2014), Antioquía (1965 - 2014), Matucana (1964 - 2015), Santa Eulalia (1963 - 2017) vs Estación de Chosica (1990-2017)



Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 GEOLOGÍA

Según el Instituto Geofísico del Perú y el mapa geológico del Perú (IGP, 2010) afirma que el origen litológico de Pedregal muestra una combinación de caracteres geológicos, climatológicos e hidrológicos, cuyo desarrollo se ha dado durante la era Mesozoica y Cenozoica, comprendida entre los sistemas Cretacio (superior) y Cuaternario (holoceno). En ese sentido, el área de estudio está conformado por las unidades estatigráficas: (i) grupo Copa Sombrero – Formación redondo; y, (vi) depósitos aluviales recientes, eólicos, coluviales, abarcando extensiones variables, según se detalla en el siguiente cuadro (**Ver Mapa 04**).

Cuadro N° 6: Descripción de unidades geológicas de la Subcuenca

Eón	Era	Sistema	Serie	Unidades Estatigráficas	Símbolo	Litología	Área (Km ²)	Área %
Fanerozoico	Mesozoica	Cretáceo	Superior	Grupo Copa Sombrero – Formación redondo	Ks-mzgr/gdi-sr	Super Unidades – Santa Rosa	10.60	94
	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos aluviales recientes, eólicos, coluviales	Qh-c	Rocas sedimentarias - continental	0.62	6
Área total							11.22	100

Fuente: INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU (IGP). *Mapa Geológico del Perú*. Perú: Ministerio del Ambiente, 2010.

4.2.5 SUELOS

Según el Instituto Geofísico del Perú y el mapa de suelos del Perú (IGP, 2010) afirma que la región Lima se caracteriza por presentar una gran variedad de tipo de suelos, específicamente en la cuenca del río Rímac se encuentran suelos de tipo gravas (en mayor porcentaje), arcillas y arenas, mayormente aluviales. Asimismo, de las visitas de campo realizadas en el 2017 en la Subcuenca Pedregal se hizo el reconocimiento de los tipos de

suelo, encontrando que posee un solo tipo de suelo, cuyo material base están representados por depósitos aluviales recientes, eólicos y coluviales y rocas sedimentarias continentales **(Ver Mapa 05)**.

Cuadro N° 7: Descripción de los suelos de la Subcuenca

Símbolo	Serie Taxonómica	Descripción	Área (km ²)
LPq - R	Lithic cryorthent - misceláneo	Leptosol dístico - Afloramiento lítico	11.2

Fuente: INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU (IGP). *Mapa de Suelos del Perú*. Perú: Ministerio del Ambiente, 2010.

4.2.6 CAPACIDAD DE USO MAYOR DE SUELOS

Según el Decreto Supremo N° 017-2009-AG y el Artículo 8° del Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, manifiesta de manera previa es importante mencionar que la Capacidad de Uso Mayor de Suelos de una superficie geográfica es definida como su aptitud natural para producir en forma constante, bajo tratamientos continuos y específicos; y es un sistema técnico-interpretativo cuyo objetivo es asignar a cada unidad de suelo su uso y manejo más apropiado. En ese sentido, para determinar la Capacidad de Uso Mayor de Suelos de Pedregal se han analizado las características edáficas (pendiente, profundidad efectiva, textura, fragmentos gruesos, pedregosidad superficial, drenaje interno, pH, erosión, salinidad y fertilidad natural superficial) y climáticas (precipitación, temperatura, evapotranspiración, altitud y latitud) de la zona en concordancia con el Sistema de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor de Suelos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 017-2009-AG **(Ver Mapa 06)**.

Cuadro N° 8: Descripción de la Capacidad de Uso Mayor de los suelos de la Subcuenca

Símbolo	Descripción	Área (km ²)	Área %
Xse(1e)	Tierras Protección, que se desarrollan en laderas de montaña con afloramiento líticos.	9.87	87.97
A2s(r)- C3s(r)	Tierras aptas para Cultivo en Limpio - Cultivo permanente, con calidad agrologica media y baja, respectivamente; y requieren riego continuo	0.50	4.46
Pob	Población	0.85	7.58
Total		11.2	100.0

Fuente: Elaboración propia.

4.2.7 GEOMORFOLOGÍA

Según la cartografía digital del Ministerio del Ambiente y el mapa geomorfológico del Perú (MINAM, 2008), la Subcuenca Pedregal posee un relieve de topografía abrupta (pendiente empinada) con cotas que oscilan entre los 850 y 2300. Asimismo, del reconocimiento de campo realizado en el 2017 se identificaron tres (03) subunidades morfológicas predominantes (**Ver Mapa 07**), de acuerdo se muestra en el siguiente detalle:

- **Subunidad I: Montaña - Vertiente Montañosa Empinada a escarpada (Vs3-e)**

Esta unidad se presenta con pendientes mayores de 50% y numerosos escarpes. Además, está caracterizada por ser una vertiente muy agreste, entre semiárida y subdesértica, con superficies generalmente rocosas y una cubierta discontinua de origen coluvial.

- **Subunidad II: Colina y Montaña - Vertiente montañosa Empinada a escarpada (Vc-e)**

Paralelamente al litoral del pacífico se extiende desde la Península de Paracas (14° S) hasta Chile, una faja montañosa de relieve moderado que ha sido denominada Cordillera de la Costa y que, constituye los restos de un antiguo macizo que primitivamente se extendía como tierra firme por una distancia considerable hacia el Oeste de la línea actual de la costa.

Asimismo, en el área de la Subcuenca está constituida principalmente por rocas sedimentarias de edad Cretácea.

- **Subunidad III: Planicie - Llanura (Ll-a)**

Se extiende longitudinalmente entre la Cadena Costanera y el pie de las estribaciones de los Andes Occidentales. Es un territorio relativamente llano y desértico de ancho variable que ha sido originado por el relleno de una cuenca, de probable origen tectónico, por depósitos clásticos continentales del Terciario superior y Cuaternario. La superficie de esta planicie tiene una suave inclinación hacia el Sur.

El cuadro siguiente muestra la descripción de las subunidades morfológicas:

Cuadro N° 9: Subunidades morfológicas

Región	Paisaje	Símbolo	Unidad Geomorfológica	Área (Km ²)	Área %
Costa	Montaña	Vs3-e	Vertiente Montañosa Empinada a escarpada	4.38	39.0
	Colina y Montaña	Vc-e	Vertiente montañosa Empinada a escarpada	5.69	50.7
	Planicie	Ll-a	Planicie - Llanura	0.3	2.7
	Pob		Población	0.85	7.6
Área total				11.2	100

Fuente: Elaboración propia.

4.2.8 ZONAS DE VIDA

Las zonas de vida son conjuntos de asociaciones que naturalmente presentan grupos de ecosistemas o asociaciones vegetales que comparten características semejantes como rangos de temperatura, precipitación y humedad, de tal forma que se pueden definir divisiones balanceadas de los parámetros climáticos para agruparlas. (Ulate, 2011, p. 15)

En tal sentido, para identificar las zonas de vida y las formaciones ecológicas de la Subcuenca Pedregal, se tomó como referencia la Cartografía del Ministerio del Ambiente y los resultados obtenidos en las visitas de campo a la zona de estudio, encontrándose las siguientes zonas de vida: (i) matorral desértico; y, (ii) desierto per-árido. A continuación se detallan los tipos de cobertura vegetal de la Subcuenca (**Ver Mapa 08**).

- **Matorral desértico**

Esta zona de vida se ubica en la parte superior del área de estudio, va desde los 1550 a 2300 msnm; el promedio de precipitación total anual para esta zona de vida varía entre

0.0 y 13.44 mm. Asimismo, la vegetación es escasa y muy dispersa de tipo xerofítica, en nuestra área de estudio es casi nula.

- **Desierto Per-árido**

Dentro del área de estudio los límites altitudinales de esta zona de vida van desde los 850 a 1550 msnm; el promedio de precipitación total anual para esta zona de vida varía entre 0.0 y 4.23 mm. La configuración topográfica es predominantemente accidentada, con pendientes pronunciadas, alternando con áreas de topografía más suave, y la vegetación es muy escasa y se circunscribe a hierbas anuales (de vida efímera), gramíneas y cactáceas.

Cuadro N° 10: Zonas de Vida de la Subcuenca

Región	Símbolo	Descripción	Área (Km ²)	Área %
Costa	Md	Matorral desértico	2.9	25.8
	Dp	Desierto Per-árido	7.47	66.6
	Pob	Población	0.85	7.6
Área total			11.2	100

Fuente: Elaboración propia.

4.2.9 COBERTURA VEGETAL

Para identificar la cobertura vegetal de la Subcuenca Pedregal, se tomó como referencia la Cartografía del Ministerio del Ambiente y el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015) y los resultados obtenidos en las visitas de campo a la zona de estudio, encontrándose lo siguiente: (i) matorral arbustivo; y, (ii) desierto costero (**Ver mapa 10**). A continuación se detallan los tipos de cobertura vegetal de la Subcuenca.

- **Matorral arbustivo**

Según el Ministerio del Ambiente y el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015) afirma que el subtipo matorral del piso inferior, es influenciado por la condición de humedad del suelo, es decir aridez y semiaridez, ubicado aproximadamente a partir de 1500 m. s. n. m., es decir, a continuación del cardonal. En el ámbito de la parte alta de la quebrada, las comunidades arbustivas pierden su follaje durante el período seco del año, mezcladas con suculentas y herbáceas de vida efímera. Las especies arbustivas más comunes de este piso son: *Jatropha sp.* (“huanarpo”), *Cnidoscolus sp.*, *Ortopterigium huasango* (“huancoy”), *Carica candicans* (“mito”), *Heliotropium arborescens*, *Mutisia sp.*, *Tecoma arequipensis*, *Fourcroya andina* (“maguey”), *Grindelia sp.*, *Ambrosia artemisioides*, *Balbisia sp.*, etc; mientras que dentro de las especies suculentas de porte arborescente se encuentran principalmente: *Echinopsis pachanoi* (“San Pedro”) y *Armatocereus sp.*

Fotografía N° 1: Matorral arbustivo de la Subcuenca (Parte media)



Fuente: Elaboración propia - 2017.

- **Desierto costero**

Según el Ministerio del Ambiente y el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015) afirma que esta unidad de cobertura vegetal es influenciada por las condiciones de aridez, predominan comunidades de suculentas de la familia Cactaceae, las cuales se distribuyen de manera dispersa sobre las laderas colinosas y montañosas. Las especies que sobresalen por su porte columnar (hasta de 5 m) son: *Neoraimondia arequipensis* (“gigantón”) y *Browningia candelaris* (“candelabro”).

Fotografía N° 2: Desierto costero de la Subcuenca (Parte media y baja)



Fuente: Elaboración propia - 2017.

4.2.10 PENDIENTE

La pendiente de la Subcuenca Pedregal se realizó con el método gráfico de nominado “guitarra” y nos indica la elevación del terreno, la pendiente es un factor muy importante para la inundación.

A mayor inclinación de la pendiente el flujo de agua obtiene más velocidad y la remoción de masas es más frecuente (**Ver Mapa 11**).

Cuadro N° 11: Descripción de la pendiente

Color	Descripción	Rango	Área (Km2)
	Terreno Plano	< 5%	0.05
	Terreno Ondulado	5% - 15%	0.5
	Terreno Poco Escarpado	15% - 35%	2.4
	Terreno de Escarpado a Empinado	35% - 50%	2.3
	Terreno Empinado	> 50%	5.9
Total			11.2

Fuente: Elaboración propia.

4.4. DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO

4.4.1 CENTROS POBLADOS

La población estimada del Distrito de Lurigancho – Chosica es de 218976 habitantes aproximadamente que abarca una superficie territorial de 236.47 km² y una densidad poblacional de 926.02 habitante por km².

Asimismo, de los resultados obtenidos de las visitas de campo efectuadas, se obtuvo que el área urbana que se encuentra dentro de la Subcuenca Pedregal abarca un área de 865 817.7 metros cuadrados aproximadamente, la cual se encuentra distribuida en su mayoría en la parte baja y en menor proporción en la parte media de la Subcuenca.

En el siguiente cuadro se muestra el número de familias y la población total estimada que se encuentra dentro de la Subcuenca Pedregal. (**Ver Mapa 09**).

Cuadro N° 12: Población de la Subcuenca Pedregal

Número de viviendas	3362 viviendas.
Número de habitantes por familia	3 habitantes aproximadamente.
Número de habitantes	10 086 habitantes aproximadamente.
% de varones y mujeres	50% y 50%.
Centros Poblados	San Antonio Alta, San Antonio Baja y Chosica.
Área lotizada por casa	De 120 a 175 metros cuadrados.
Área urbana	856817.7 metros cuadrados.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 13: Estado civil o conyugal

Estado civil o conyugal	Número de habitantes aprox.	Porcentaje (%)
Conviviente	3145	31.2
Separado	386	3.8
Casado	2567	25.5
Viudo	440	4.4
Divorciado	73	0.7
Soltero	3475	34.4
Total	10 086	100

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA

A. Actividad Económica

De las encuestas realizadas a la población que habita en la Subcuenca Pedregal en los meses de setiembre, octubre, noviembre y enero del 2017 – 2018 se determinó que las actividades económicas que se desarrollan es la industrias manufactureras, suministro de gas y agua, construcción, comercio, venta, mantenimiento y reparación de

vehículos automáticos y motocicletas, y hoteles y restaurantes en menor proporción, de acuerdo se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 14: Actividad económica de la Subcuenca

Actividad Económica	Número de individuos	Porcentaje (%)
Industrias manufactureras	1130	11.2
Suministro de gas y agua	44	0.4
Construcción	1160	11.5
Comercio	1703	16.9
Venta, mantenimiento y reparación de vehículos automáticos y motocicletas	367	3.6
Hoteles y restaurantes	867	8.6
Otras no especificadas	4815	47.8
Total	10 086	100

Fuente: Elaboración propia.

B. Servicios básicos

Del total de 10 086 habitantes aproximadamente que habita dentro de la Subcuenca Pedregal, distribuidos en 3362 viviendas, al mes de enero de 2018, sólo el 60 % de ésta posee agua potable, ello en razón a que como consecuencia de los huaycos ocurridos en febrero y marzo del año 2017, el 40% de dicha población no cuenta con agua potable. Para mayor entendimiento, los servicios básicos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 15: Servicios básicos de la población de la Subcuenca

Población sin agua	% Población sin agua	Población sin desagüe / letrinas	% Población sin desagüe / letrinas	Población sin electricidad	% Población sin electricidad
4034	40%	1008	10%	1210	12%

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. ANALISIS HIDROMETEOROLÓGICA

Considerando al río Rímac como fuente colectora de la Subcuenca pedregal y entre otras, asimismo el río Santa Eulalia es el que más aporta al río principal, también se considera los aportes por huaycos producidos en sus quebrada.

En el área de estudio (Subcuenca Pedregal) no hay presencia de ninguna estación pluviométrica o hidrometeorológica, por la cual se utilizó información de estaciones hidrometeorológicas y meteorológicas que están fuera de la Subcuenca, lo cual permitieron definir la pluviometría de la zona de estudio en base al análisis de precipitación, altitud y latitud, además las estaciones utilizadas se tuvieron consideraciones en cuenta el periodo, la cercanía y la similitud pluviométrica, la información se muestra en el cuadro N° 16.

Cuadro N° 16: Estaciones Hidrometeorológicas

Estaciones	Coordenadas UTM		Altitud
	Este	Norte	
Ñaña	299786	8674047	522
Chosica	315992	8680641	906
Santa Eulalia	318473	8681781	956
Antioquia	336745	8663784	1839
Autisha	324427	8701906	2305
Canchacalla	333184	8690149	2400

Fuente: SENAMHI, 2017.

Las estaciones de santa Eulalia y Chosica se encuentran colindantes a la zona de estudio, es decir se promedió la precipitaciones de las dos estaciones para generar como una sola estación y luego trabajar con ella para generar las precipitaciones de la Subcuenca Pedregal.

5.1.1. Métodos Hidrológicos

5.1.1.1. Estudio de las Precipitaciones Máximas

Para este estudio se consideró la información de precipitaciones máxima en 24 horas del SENAMHI, con la objetivo de establecer la información de precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno y a fin de tener una mayor confiabilidad de su recurrencia a través de la distribución de Gumbel.

Tabla N° 5: Precipitaciones máximas en 24 horas por método Gumbel

Estaciones	H (m.s.n.m)	Tr 5	Tr 10	Tr 15	Tr 20	Tr 25	Tr 50	Tr 100
ÑAÑA	566	3.4	4.8	5.7	6.2	6.7	8.1	9.4
PROMEDIO DE ESTACIONES	920	12.7	21.5	24.8	27.2	28.9	34.4	39.9
ANTIOQUIA	1839	21.3	27.7	31.3	33.8	35.7	41.7	47.7
AUTISHA	2305	20.2	25.0	27.6	29.5	30.9	35.4	39.8
CANCHACALLA	2400	29.5	36.5	40.4	43.2	45.3	51.9	58.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 6: Precipitaciones máximas en 24 horas por método Gumbel

Estaciones	H	Tr 5	Tr 10	Tr 15	Tr 20	Tr 25	Tr 50	Tr 100
Ñaña	566	2.9	4.1	4.8	5.3	5.7	6.8	7.9
Chosica	867	11.5	16.0	18.6	20.3	21.7	26.0	30.2
Santa Eulalia	970	13.4	17.9	20.5	22.2	23.6	27.8	32.0

Fuente: Elaboración propia.

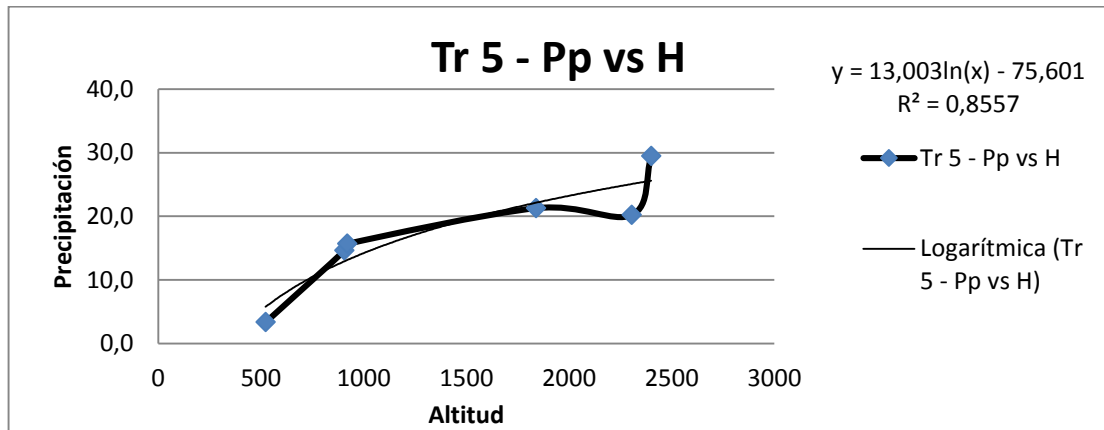
5.1.1.2.Método de regionalización

Las precipitaciones máximas en 24 horas obtenidas con el método Gumbel de las estaciones pluviométricas utilizadas para la investigación, asimismo con estos resultados se realizó el método de regionalización, permite establecer modelos regionales usando las precipitaciones de las cuencas vecinas, para interpolar la información y obtener la información de nuestra Subcuenca.

Se realizó 2 regionalizaciones una con las estaciones mencionadas y el otro se utilizó las estaciones de Ñaña, Santa Eulalia y Chosica, realizando dos diferentes formas denominadas series anuales que consiste en ordenar las máximas precipitación de cada año de las dos estaciones y realizar el método Gumbel, asimismo la otra forma es denominada serie parciales, es decir, ubicar las dos precipitaciones máximas de cada año y de cada estación.

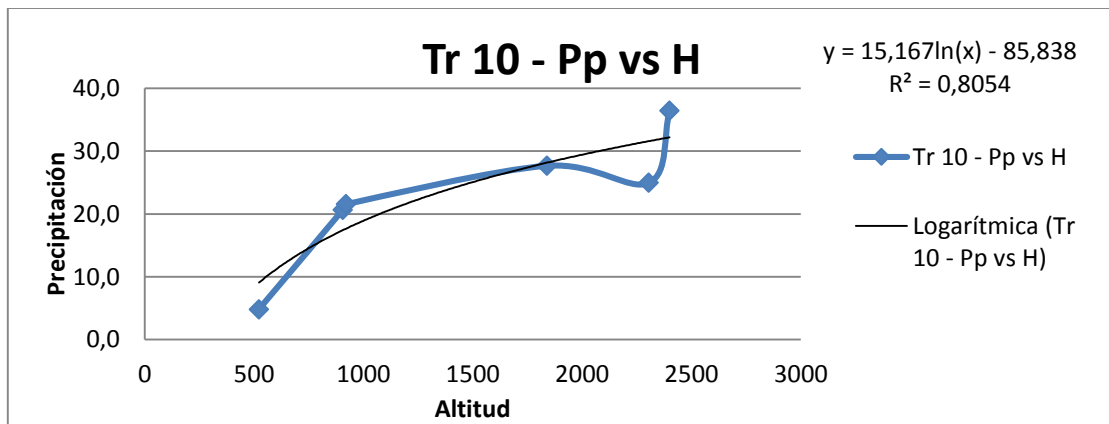
De la tabla N° 5 se realizó gráficos luego de aplicar el método Gumbel para todas las estaciones, donde se muestran los valores de las precipitaciones máximas por diferentes tiempos de retorno con relación a la altura de las estaciones ver los siguientes gráficos N° 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Gráfico N° 4: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 5 años



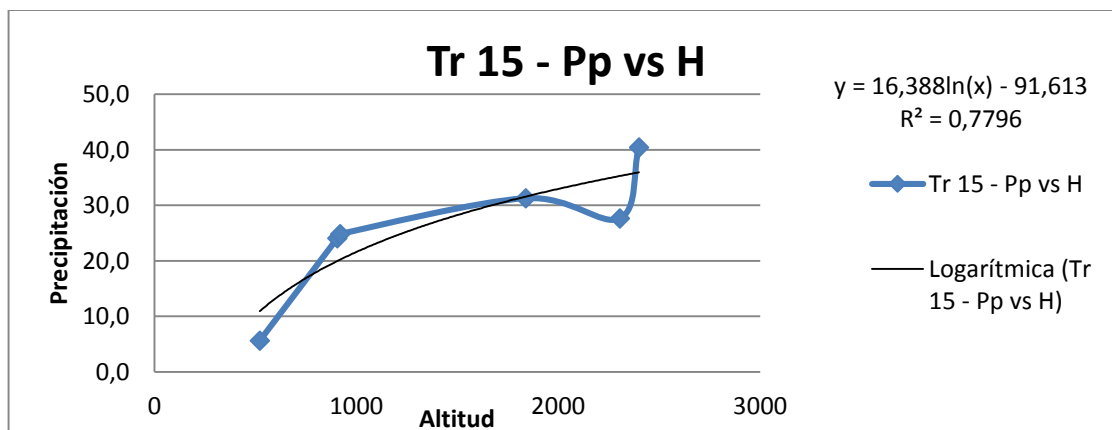
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 5: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 10 años



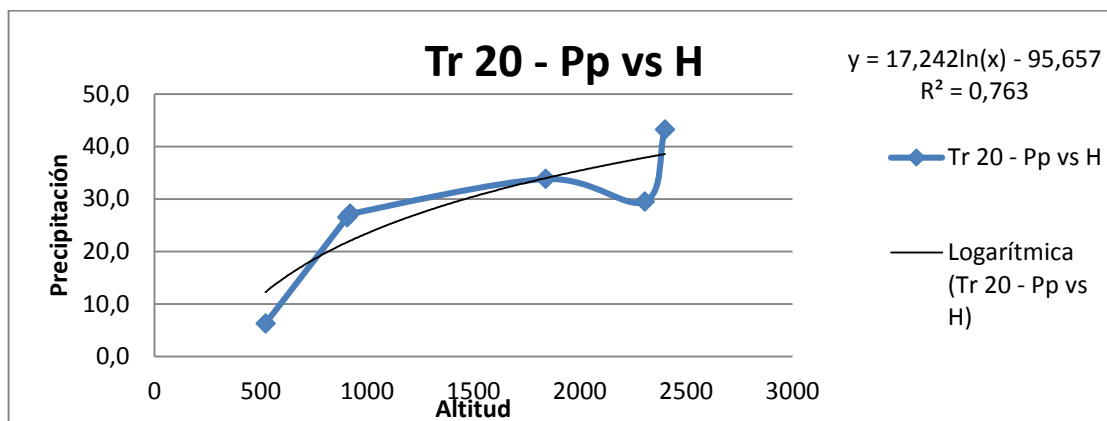
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 6: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 15 años



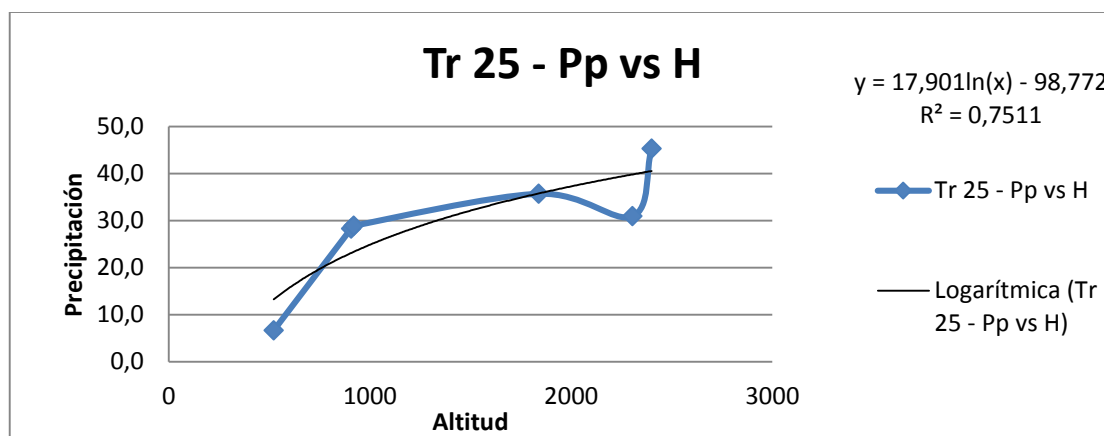
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 7: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 20 años



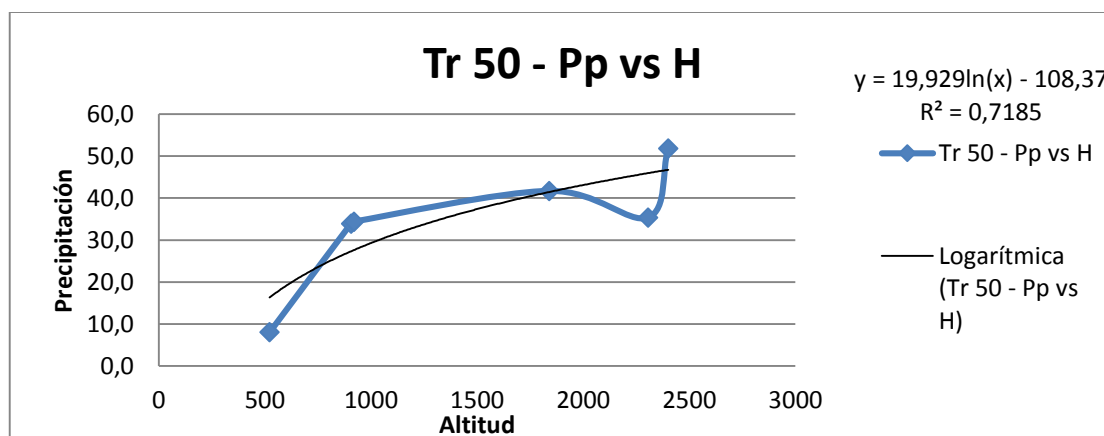
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 8: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 25 años



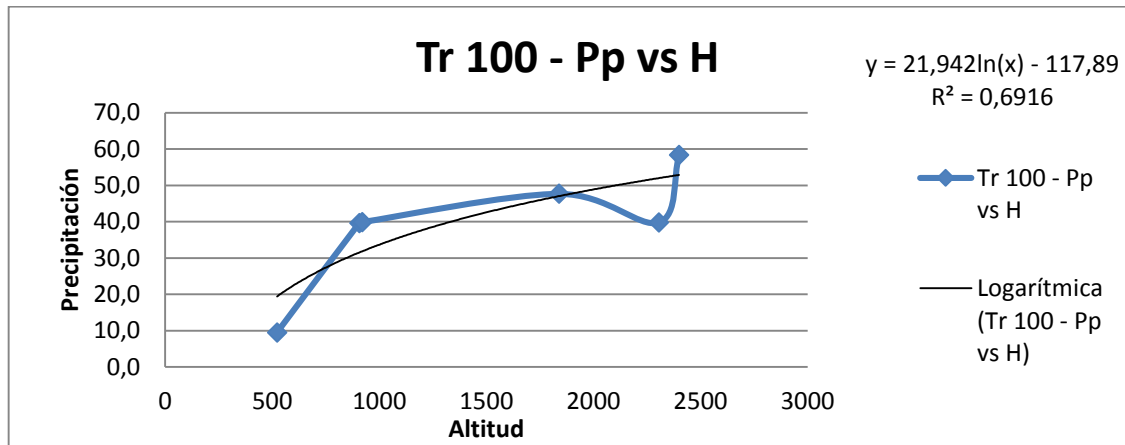
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 9: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 50 años



Fuente: Elaboración propia.

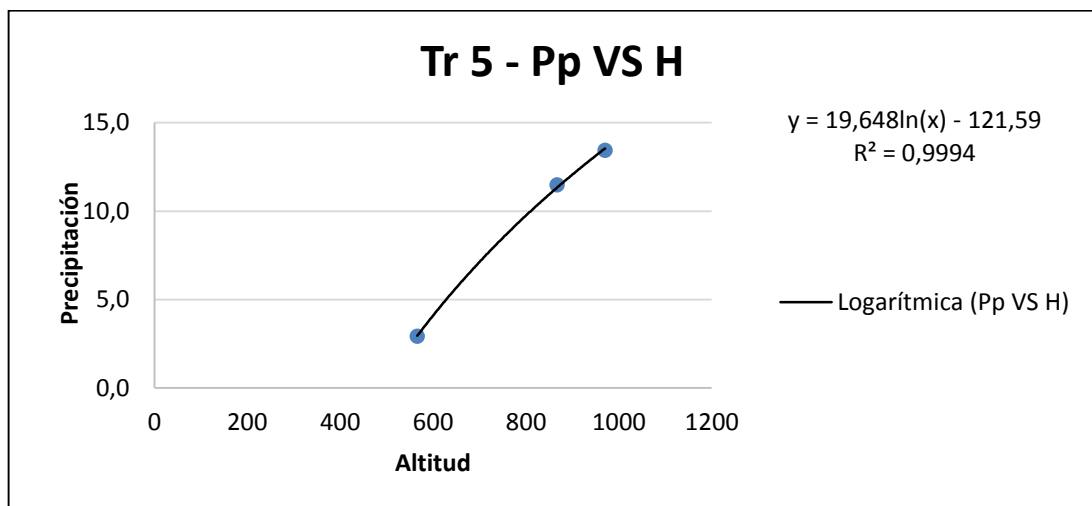
Gráfico N° 10: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: Elaboración propia.

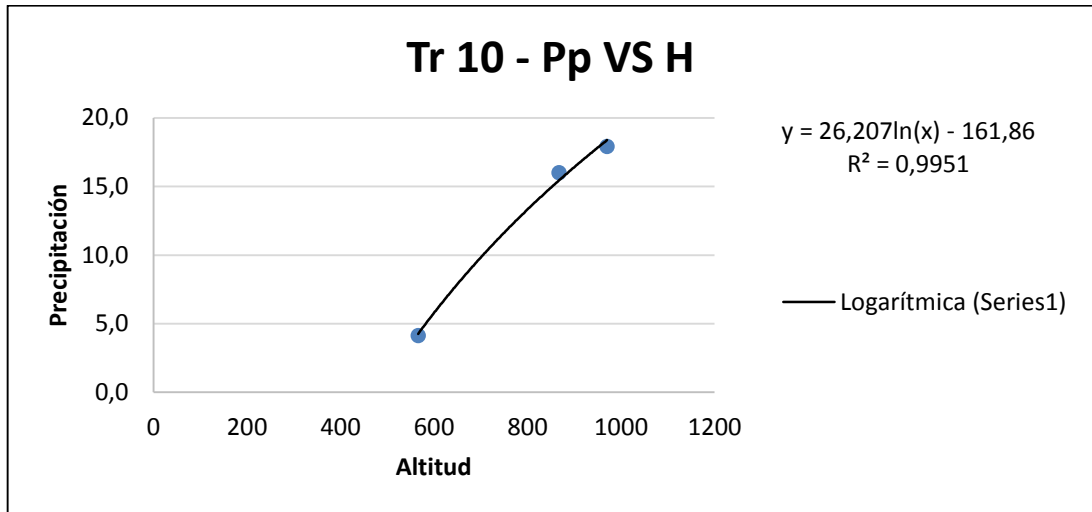
De la tabla N° 6 se realizó gráficos luego de aplicar el método Gumbel para tres estaciones y usar el método series parciales, donde se muestran los valores de las precipitaciones máximas por diferentes tiempos de retorno con relación a la altura de las estaciones (**Ver Mapa 03**), ver las siguientes graficas N° 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17.

Gráfico N° 11: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 5 años



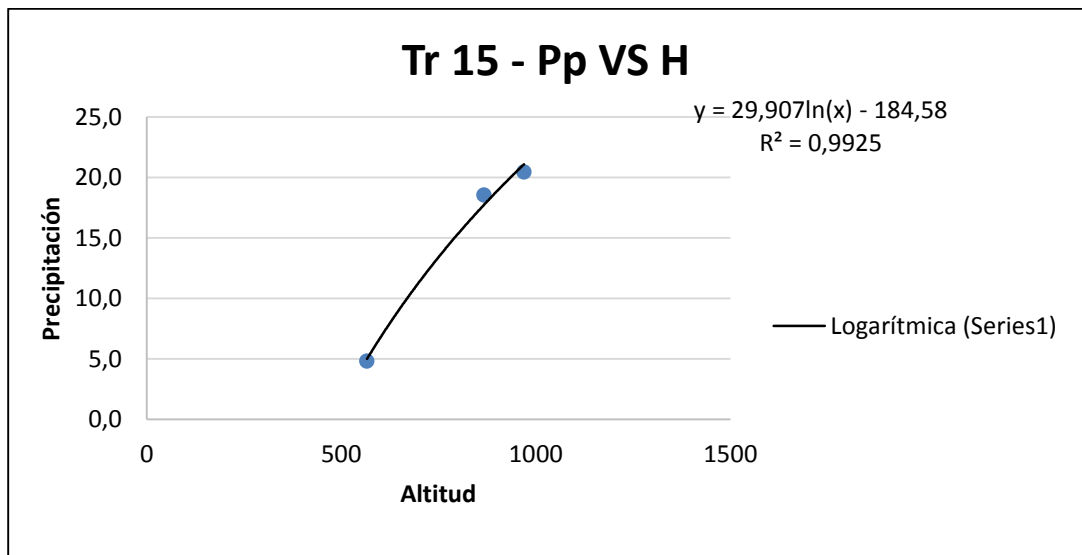
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 12: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 10 años



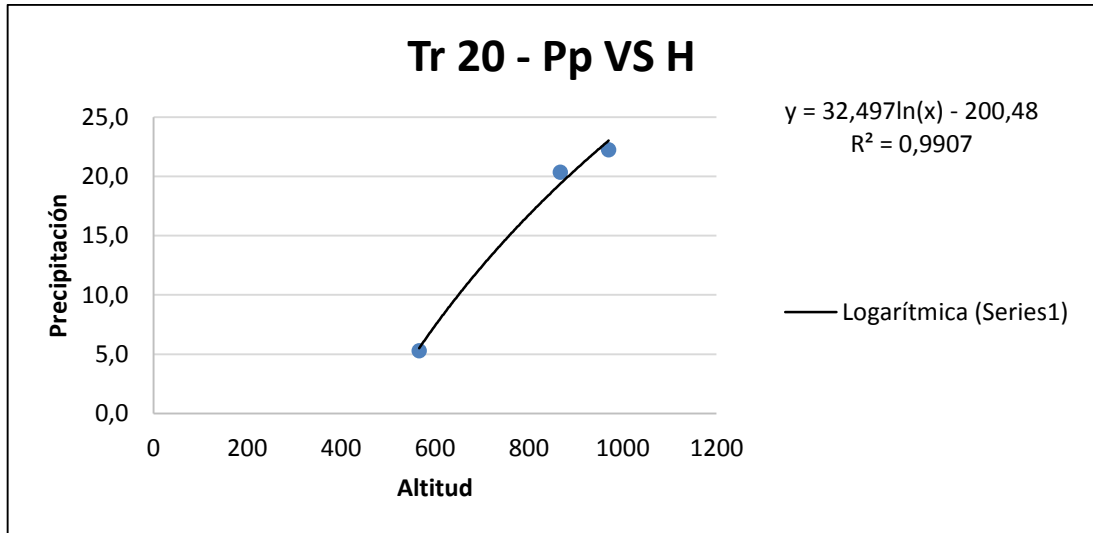
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 13: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 15 años



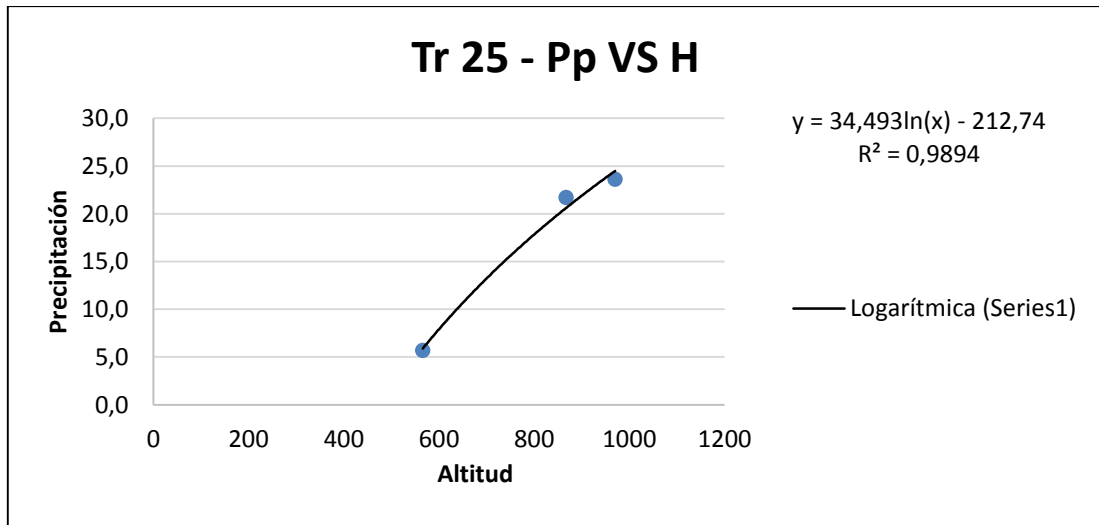
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 14: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 20 años



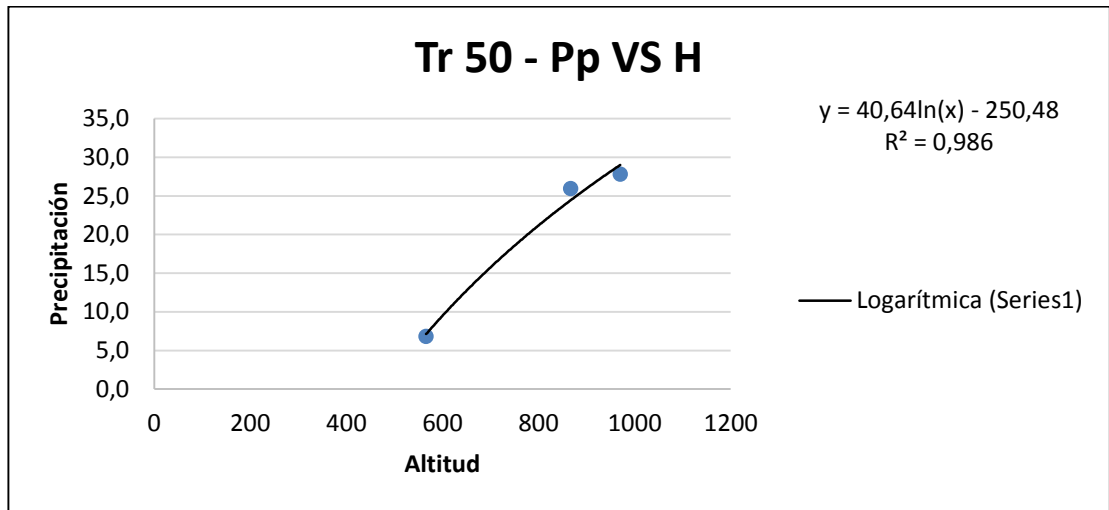
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 15: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 25 años



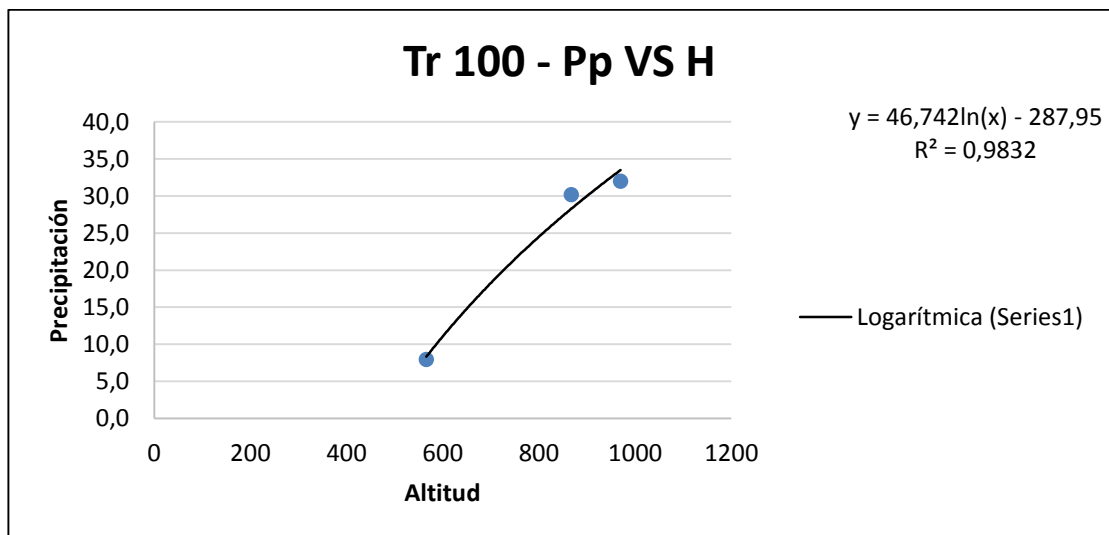
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 16: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 50 años



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 17: Precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: Elaboración propia.

Aplicando las ecuaciones logarítmicas obtenidas en los gráficos anteriores se realiza la inserción de la altura media de la Subcuenca Pedregal a las diferentes ecuaciones con los diferentes periodos de retorno y así determinamos las precipitaciones máximas para diferentes tiempos de retorno de la zona de estudio, asimismo utilizaremos los datos de

precipitación del método de series parciales, la cual los datos obtenidos son mayores (ver tabla N° 7).

Tabla N° 7: Precipitaciones máximas de la Subcuenca Pedregal

Descripción	H (m.s.n.m)	Tr 5	Tr 10	Tr 15	Tr 20	Tr 25	Tr 50	Tr 100
Subcuenca Pedregal con varias estaciones	1468.6	19.2	24.8	27.9	30.1	31.8	37.0	42.1
Subcuenca Pedregal con tres estaciones (Parciales)	1468.6	21.7	29.2	33.5	36.5	38.8	45.9	52.9

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.3. Tiempo de Concentración

“El tiempo de concentración de una cuenca es el tiempo que tarda en desplazarse una gota de agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta la estación de control o cierre de la cuenca” (García, et al. 1999, p. 43). Está contribuyendo a formar el caudal que tendrá en consecuencia un valor máximo.

Aplicaremos la ecuación de Giandotti para determinar el tiempo de concentración promedio, ya que conocemos la longitud del río principal de la Subcuenca, la altura media y el área de la Subcuenca. Asimismo se realizó el cálculo del tiempo de concentración con la siguiente fórmula hidrológica:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 L}{0.8\sqrt{H}}$$

Dónde:

Tc: tiempo de concentración en horas.

L: longitud del cauce principal en km.

S: área de la cuenca en km^2 .

H: altura media de la cuenca.

Tabla N° 8: Tiempo de Concentración

Calculo del Tiempo de Concentración de la Subcuenca Pedregal				
Método	Longitud (Km)	Altura Media (m.s.n.m)	Área (Km2)	Tc (horas)
Giandotti	6.5	1468.6	11.2	0.75

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.4.Determinación del Caudal Máximo

Determinaremos el caudal máximo de la Subcuenca Pedregal, para ello existen varios métodos hidrológicos, en este caso como nuestra zona de estudios es pequeña de un área menor a 15 km² se utilizara el método racional donde:

$$Q_{max} = C.I.A / 360$$

Dónde:

Q_{max}: Caudal máximo m³/s.

C: coeficiente de escorrentía.

I: intensidad máxima de lluvia mm/h.

A: Área de la Subcuenca en ha.

a) Calculo del coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía según Martínez (2004) indica que se puede asumir de 0.30 a 0.65 mm para los periodos de retorno de la Subcuenca pedregal. Asimismo según el Instituto nacional del agua – INA, la escorrentía se puede asumir por el tipo de suelos, en este caso en su faja marginal está poblada por casas, el valor recomendado para la escorrentía es 0.40, es decir las dos fuentes de información utilizadas coinciden en la

escorrentía que se va utilizar, sin embargo para cada tiempo de retorno se utilizará los coeficientes de escorrentía de 0.40 a 0.62 mm.

b) Intensidad máxima de precipitación

Luego de determinar las precipitaciones máximas de la Subcuenca Pedregal en función a la altitud media de la zona de estudio, se pudo determinar las intensidades máximas en 24 horas (ver tabla N° 9).

Tabla N° 9: Intensidades para 24 horas

Descripción	Tr 5	Tr 10	Tr 15	Tr 20	Tr 25	Tr 50	Tr 100
Subcuenca Pedregal	21.7	29.2	33.5	36.5	38.8	45.9	52.9
Intensidad para 24 h. mm/hora (Ip:24)	0.9	1.2	1.4	1.5	1.6	1.9	2.2

Fuente: Elaboración propia.

Luego de obtener la intensidad de 24 horas pasamos a utilizar la fórmula Yarnel y Hatway, para obtener las intensidades.

$$I = Ip_{24} * 24^{0.5} / Tc$$

Fuente: Gómez Lora W. Separatas sobre determinación del tiempo de concentración – Apuntes en clases.

Dónde:

I: Intensidad Máxima

Ip₂₄: Intensidad para 24 horas

Tc: Tiempo de concentración

Ahora reemplazamos los datos correspondientes en la fórmula para determinar las intensidades máximas en la Subcuenca Pedregal ver tabla N° 10.

Tabla N° 10: Intensidades Máximas en 24 horas para el tiempo de concentración de 1 hora

Descripción	Tr 5	Tr 10	Tr 15	Tr 20	Tr 25	Tr 50	Tr 100
Subcuenca Pedregal	21.7	29.2	33.5	36.5	38.8	45.9	52.9
Intensidad para una hora mm/hora	5.9	8.0	9.1	9.9	10.6	12.5	14.4

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo definitivo cada uno de los elementos que nos permite hallar el caudal máximo y aplicando la ecuación racional, procedemos a reemplazar los datos y determinar los caudales para cada tiempo de retorno (ver tabla N° 11):

$$Q_{\max} = C.I.A / 360$$

- Q_{\max} para 5Tr

$$Q_{Tr5} = 0.45 * 5.9 * 11.2 / 3.6 = \mathbf{8 \text{ m}^3/s}$$

- Q_{\max} para 10Tr

$$Q_{Tr10} = 0.5 * 8 * 11.2 / 3.6 = \mathbf{12 \text{ m}^3/s}$$

- Q_{\max} para 15Tr

$$Q_{Tr15} = 0.52 * 9.1 * 11.2 / 3.6 = \mathbf{15 \text{ m}^3/s}$$

- Q_{\max} para 20Tr

$$Q_{Tr20} = 0.55 * 9.9 * 11.2 / 3.6 = \mathbf{17 \text{ m}^3/s}$$

- Qmax para 25Tr

$$Q_{Tr25} = 0.58 * 10.6 * 11.2 / 3.6 = \mathbf{19 \text{ m}^3/\text{s}}$$

- Qmax para 50Tr

$$Q_{Tr50} = 0.6 * 12.5 * 11.2 / 3.6 = \mathbf{23 \text{ m}^3/\text{s}}$$

- Qmax para 100Tr

$$Q_{Tr100} = 0.62 * 14.4 * 11.2 / 3.6 = \mathbf{28 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Tabla N° 11: Caudales de la Subcuenca Pedregal

Periodo de Retorno	Caudal (Q) m ³ /s
5	8
10	12
15	15
20	17
25	19
50	23
100	28

Fuente: Elaboración propia.

- **Formula Manning**

En la Subcuenca Pedregal tiene el aporte de diferentes caudales y está formado por el material fino en forma de fluido y bloques de escombros mezclados con material aluvional produciéndose la remoción en masas por gravedad y acción hidráulica: estos materiales

descienden ocupando el cauce de la Subcuenca produciendo erosión de las laderas, estancamiento del cauce y desbordes.

Para determinar el gasto de la avenida máxima que incluye materiales solidos utilizaremos la fórmula de Manning.

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

Dónde:

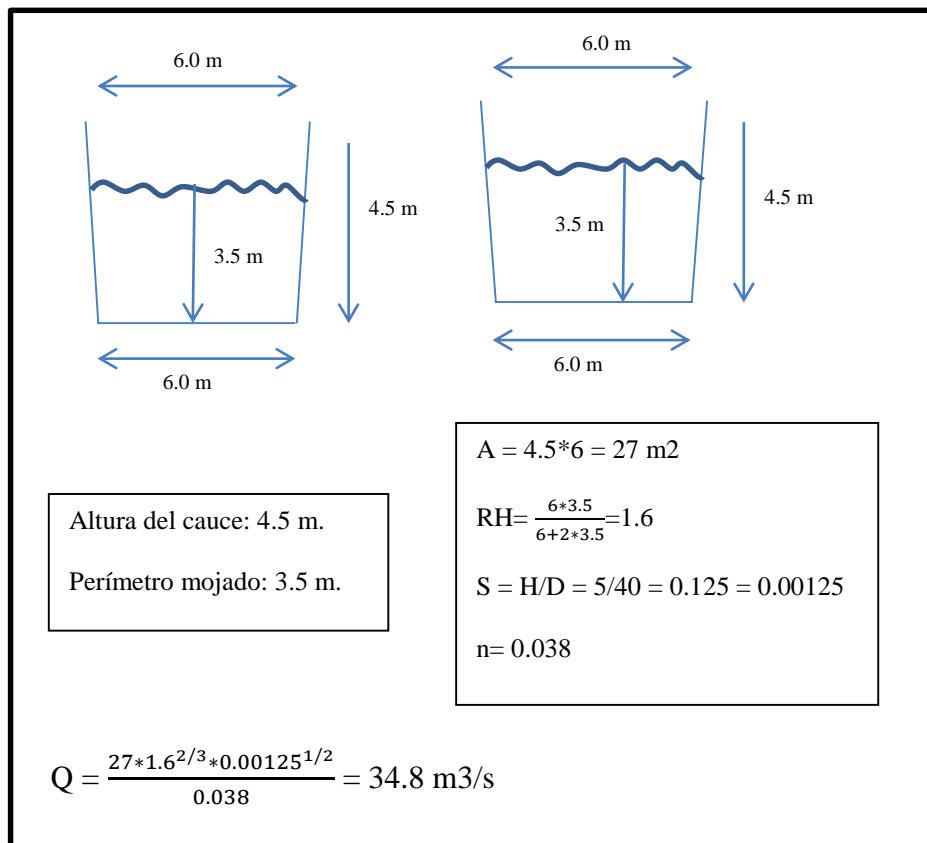
A: Área

R: Radio Hidráulico

S: Pendiente

n: Coeficiente de rugosidad

Figura N° 2: datos para determinar la formula manning



La fórmula relaciona el área de la sección, la pendiente del tramo en estudio, la rugosidad del cauce nos permite obtener la velocidad del flujo por lo tanto la fórmula puede usarse para estimar un probable caudal (huayco). (Martínez, 2004, p. 84)

Los datos requeridos para aplicar la fórmula de Manning se obtienen a partir de la topografía, el valor del cociente de rugosidad se obtiene a través de tablas o cuadros que se encuentran en los libros de hidrología, así tenemos que para canales naturales, en el libro de Scoby propone un valor de 0.038 para cauces de grava y gravilla con variación considerable de la sección transversal y baja pendiente, asimismo tiene características de la Subcuenca Pedregal. (Martínez, 2004, p. 84)

En este caso al caudal determinado lo denominaremos caudal desembalsado, porque hay varios diques construidos que sirvieron como retención o almacén del agua, para luego ser destruidas por la fuerza del caudal y así incrementar el caudal, la fuerza y velocidad del nuevo caudal por eso el resultado es diferente a lo determinado por el método de regionalización.

El caudal máximo obtenido de 34.8 m³/s corresponde a un evento de caudal líquido y sólidos representado, luego de haberse roto su equilibrio hidrostático por efecto de la misma inestabilidad de la sección este fluye para desembocar en el Río Rímac a una gran velocidad erosionando el cauce y dejando huellas en su paso, además generando inundación en la parte baja, asimismo corresponde a una avenida de riesgo por la

acumulación de sólidos y materias que se desprenden cuando el volumen represado colapsa.

- **DETERMINACIÓN DEL ÁREA HIDRÁULICA PERMISIBLE**

Según Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - México (CENAPRED, 2016, p. 230-231), el área hidráulica permisible (A_p) es el área necesaria para que el flujo de escurrimiento pase por una sección del cauce sin presentar desbordamiento en sus márgenes, para esto es necesario saber el Tiempo de Concentración (T_c), Longitud del río principal, la Velocidad del flujo (V) y el Caudal (Q).

$$T_c = 1 \text{ hora}$$

$$L = \text{Longitud del río principal} = 5600$$

$$V = L/3600 * T_c = 1.6$$

$$A_p = Q/V = 34.8/1.6 = 21.8 \text{ m}^2$$

Por lo tanto es necesario un área hidráulica permisible de 21.8 m² para un caudal de 34.8 m³/s en el cauce de la Subcuenca Pedregal, durante la etapa de campo se realizó medidas del cauce con secciones transversales a cada 50 metros en el sector de la población, donde se determinó que hay un tramo de 588.6 metros donde la altura de sus muros son 3 metros y el ancho del cauce es 6 metros su área de dicho sectores sería de 18 m², consecuentemente en dicho tramos se generaría el desborde de la corriente, con una diferencia de área de 3.8 m².

5.2. IDENTIFICACIÓN DE LA INUNDACIÓN

Dentro de la Subcuenca Pedregal se pudieron identificar peligros naturales más significativos tenemos: inundaciones, peligros de flujo de lodo derrumbes, deslizamientos, desprendimientos de rocas, erosión de riberas, etc

5.2.1. INUNDACIONES

Las inundaciones se producen anualmente en cada temporada de lluvias que normalmente persiste de enero a marzo, esto se debe a que en la dinámica del agua existe material en suspensión y de fondo, estos materiales son los aportes para la Subcuenca como huaycos, derrumbes y desprendimiento de rocas que se genera por la inestabilidad de sus taludes que son transportados por el flujo de agua colmatando el cauce y generando la capacidad de conducción para luego producir inundación. La presencia de tierras bajas aledañas al cauce del río es otro indicador que ocasiona la inundación, tal como ocurre en la parte baja de la Subcuenca Pedregal donde la ubicación de la población en las riberas del cauce son un peligro inminente y en estas condiciones se construyeron muros de contención de concreto como medida de protección, sin embargo en algunas zonas del cauce estos muros fueron derribados por la fuerza del flujo de agua con los materiales arrastrados, siendo una zona de peligro y generándose el desbordamiento del río.

Para la determinación de las áreas propensas a inundación se evaluó las diferentes características de la zona por el cual se producen la inundación, para ello se analizó los

diferentes mapas temáticos con sus respectiva base de datos georreferenciados, los mapas utilizados son: de precipitación, pendiente, cobertura vegetal y geomorfología, con esta información generamos un mapa de las áreas inundadas (**Ver mapa 12**).

Fotografía N° 3: Muros de contención destruida y zona de inundación



Fuente: Elaboración propia - 2017.

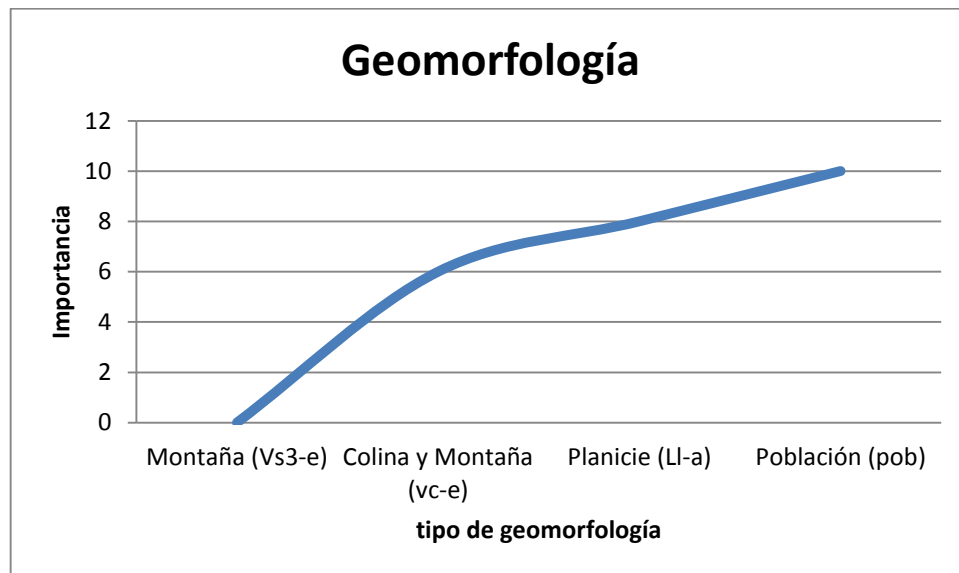
5.2.2. MODELO DE PELIGRO POR INUNDACIÓN

- a. **Modelo conceptual:** El modelo identifica zonas que pueden sufrir inundaciones, proyecta a identificar zonas de la Subcuenca Pedregal que pueden generarse un desbordamiento de agua y teniendo en cuenta los entornos físicas, asimismo realizando propuestas de mitigación o minimización de sus efectos sobre la población e infraestructura asentada en el área de influencia de la Subcuenca.

b. Análisis de las variables del modelo: Las variables a considerar son los precedentes:

- **Geomorfología:** La variable geomorfología y el mapa de geomorfología nos muestra zonas identificadas en campo los cuales pueden presentarse incidentes como deslizamiento de rocas e inundaciones, permitiendo identificar las áreas más propensas a estos eventos, donde se podrían determinar la zona con mayor riesgo y tener una comparación entre los datos recogidos en campo y los datos procesados en gabinete. Las áreas con mayor riesgo dentro del mapa geomorfológico (población) tendrán el mayor peso, mientras las zonas que presentan menor riesgo tendrán un peso de “0”, ver el siguiente gráfico.

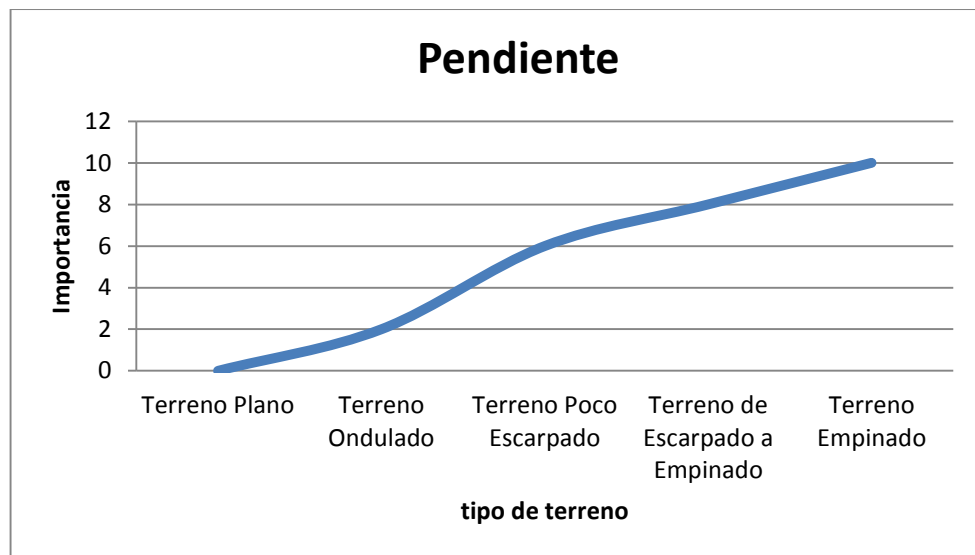
Gráfico N° 18: Importancia de la geomorfología



Fuente: Elaboración propia.

- **Pendiente:** Esta variable indica que si hay mayor pendiente beneficia a la ocurrencia de que el flujo de agua tenga mayor velocidad, en el caso de las inundaciones si tiene mayor velocidad el arrastre de rocas será favorable para que genere daños y esta ayude a que se genere el desbordamiento del agua con esta variable identificaremos áreas inundables o llanuras de inundación, por consiguiente los espacios con pendientes bajas van a ser favorables al modelo y las con mayor pendiente van a minimizar su ocurrencia, ver el siguiente gráfico.

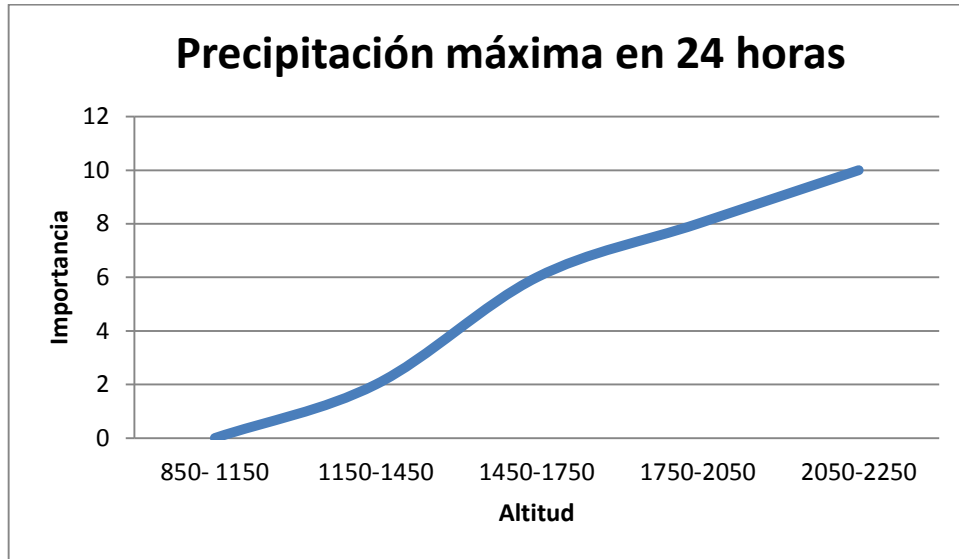
Gráfico N° 19: Pendiente



Fuente: Elaboración propia.

- **Precipitación máxima en 24 horas:** En esta variable el análisis se relaciona que a mayor precipitación, es decir, las lluvias torrenciales favorecen a la inundación en la Subcuenca Pedregal, además esta precipitaciones incrementarían el caudal o escorrentía provocando de esta manera inundaciones, como también erosión de la rivera y deslizamiento de rocas, ver el siguiente gráfico.

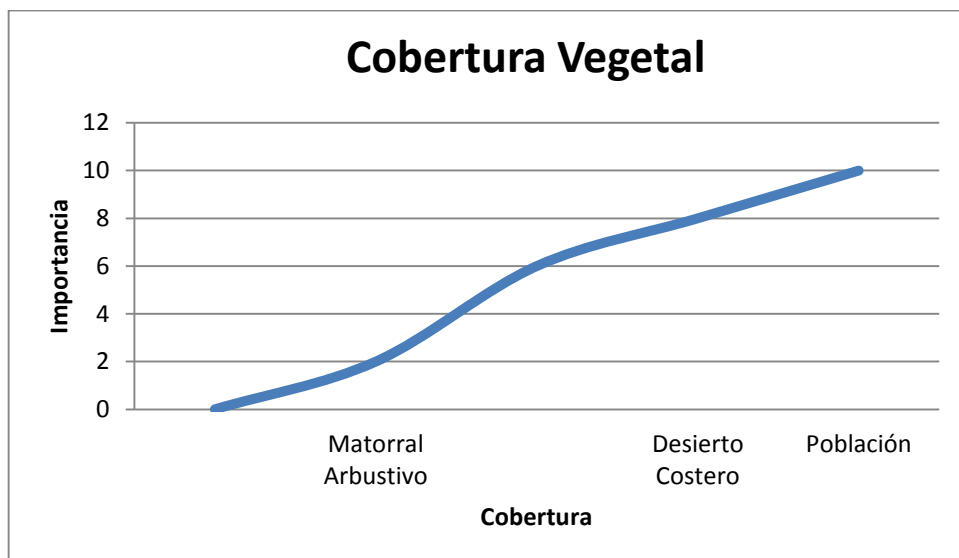
Gráfico N° 20: Precipitación máxima en 24 horas



Fuente: Elaboración propia.

- **Cobertura Vegetal:** La escasa vegetación y el terreno arrido constituye factores que inciden a la ocurrencia deslizamiento de rocas y huaycos, por lo tanto las áreas con vegetación densa son las que tiene menos peso de importancia y a las de zonas con escasa vegetación tendrán un peso alto, ver el siguiente gráfico.

Gráfico N° 21: Cobertura Vegetal



Fuente: Elaboración propia.

▪ **Jerarquización del Mapa de Peligro por Inundación**

Luego de realizar la ponderación de las cuatro variables analizadas, también obteniendo las medidas del cauce y que caudal pueden tolerar esta, se efectúa agrupando zonas según su exposición a los peligros de inundación, se define el modelo de inundación considerando en cuatro niveles: bajo (0-2), medio (3-5), alto (6-8) y muy alto (9 a 10) (ver siguiente cuadro descripción y valor de las zonas de peligro, tomado como base la información de INDECI), que analizados se definen los rangos máximos y mínimo para determinar el peligro y complementada con nuestra experiencia en campo se realiza el mapa de peligro de inundación (**Ver Mapa 12**).

Cuadro N° 17: Nivel, descripción y valor de las zonas de peligro

Nivel	Valor	Descripción o Características
Peligro Bajo	0-2	Corresponde a los terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto, con presencia de cobertura vegetal. Terrenos altos no inundables.
Peligro Medio	3-5	Terrenos de peligro por inundación moderada, aquí se encuentra el centro poblado de la Subcuenca Pedregal denominada San Antonio Alto.
Peligro Alto	6-8	Zonas inundables en diverso tramos del cauce, que generan el desborde de las aguas, o la destrucción de sus muros de protección, ya que el caudal arrastra rocas de gran dimensión que dañarían estos muros y se generaría la inundación, además la población reside al límite del cauce, es decir dentro de la faja marginal, generándose así más impacto a la población.
Peligro Muy Alto	9 a 10	La zona donde se generaría el desborde es en la parte baja, la población denominada es la de San Antonio bajo, ya que el cauce es de menos tamaño y no soportaría el caudal registrado, generándose así el desborde del agua.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad permite determinar el grado de afectación y pérdida, que podría resultar de la ocurrencia de un fenómeno natural en la ciudad.

La identificación de las zonas más vulnerables tiene como objetivo analizar edificaciones o estructuras que tienen mayor riesgo de afectación por el fenómeno natural (inundación), como resultado se obtiene el mapa de vulnerabilidad con sus niveles de vulnerabilidad **(Ver Mapa 13)**.

5.3.1. VULNERABILIDAD DE LA SUBCUENCA PEDREGAL

a. Viviendas

Está relacionado a las viviendas en la zona de estudio, de los centros poblados de San Antonio parte Alta y baja, que residen en la faja marginal del cauce de la Subcuenca Pedregal y estas no respetan el límite que se debería tener respecto a la faja marginal, así que la zona es considerado con una vulnerabilidad muy alta según el INDECI, 2006.

Además son 3362 viviendas construidas dentro de la Subcuenca Pedregal el 90% es de material de concreto armado y el 10% es de adobe.

Fotografía N° 4: Viviendas de adobe y material de concreto



Fuente: Elaboración propia - 2018.

b. Infraestructura Vial

El cauce de la Subcuenca Pedregal cuenta con muros de protección desde la parte media de la población hasta la parte baja de la Subcuenca, sin embargo hay tramos del cauce que no tiene muros y estas unen hacia el otro sector del centro poblado denominados por la población como badenes, es decir no cuentan con puentes para su movilización de vehículos y personas, asimismo estas son zonas donde son más vulnerables a inundarse.

Cuadro N° 18: Vías Vulnerables en el Centro Poblado San Antonio

Calles y Avenidas Principales de la parte baja	Vulnerabilidad
Av. Nicolás Ayllón	Muy Alta
Prolongación 28 de Julio	Muy Alta
Calle Rivera	Muy Alta
Calle Libertad	Muy Alta
Calles y Avenidas Principales de la parte media de los dos C. P.	Vulnerabilidad
Calle San Martín	Alta
Calle el Bosque	Media
Av. José Santos Chocano (parte baja)	Muy Alta
Calle Simón Bolívar	Alta
Calles y Avenidas Principales de la parte Alta	Vulnerabilidad
Calle Chosica	Media
Calle los Olivos	Media
Calle las Palmeras	Media
Calle S/N	Media

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía N° 5: Carretera dentro del cauce (badén)



Fuente: Elaboración propia - 2017.

Fotografía N° 6: Otra carretera dentro del cauce (badén)



Fuente: Elaboración propia - 2017.

c. Población

La zona de estudio es denominada el centro poblado San Antonio, pero los pobladores y sus dirigentes dividieron en San Antonio Alta y Baja, sus viviendas están ubicadas en una zona altamente vulnerable, no solo frente a la inundación sino a otros fenómenos naturales como huaycos, deslizamiento de rocas y sismos.

La vulnerabilidad se debe a la posesión ilegal de los terrenos en áreas donde no debe estar permitida la construcción de viviendas, asimismo por parte del estado al no intervenir que no se deben desarrollar edificaciones de viviendas dentro de una Subcuenca inactiva que podría generar daños cuando esta se active.

El área de estudio es de menor dimensión las zonas con baja, media, alta y muy alta vulnerabilidad lo tomaremos por la cercanía al cauce, además les daremos sus niveles de vulnerabilidad por los nombres de las calles y avenidas del centro poblado San Antonio Alta y Baja.

Cuadro N° 19: Vulnerabilidad en la Subcuenca Pedregal

Centro Poblados	Vulnerabilidad
San Antonio Baja	Muy Alta
San Antonio Alta	Medio

Fuente: Elaboración propia

Otros factores que favorecen al riesgo de que se genere inundación es la falta de responsabilidad ambiental de la población que arrojan sus residuos sólidos o material de las actividades de la construcción y demolición al cauce de la Subcuenca Pedregal, además la población no tiene una organización o participación colectiva ante cualquier fenómeno natural para poder responder y prevenir las situaciones de emergencia.

Fotografía N° 7: Presencia de residuos sólidos en el cauce



Fuente: Elaboración propia - 2017.

Fotografía N° 8: Presencia de residuos de las actividades de construcción y demolición



Fuente: Elaboración propia - 2017.

Cuadro N° 20: Nivel, valor y descripción de las zonas vulnerables

Niveles	Valor	Descripción
Vulnerabilidad Baja	0-2	Zona con viviendas de regular estado y muy alejados del cauce, áreas no inundables.
Vulnerabilidad Medio	3-5	Zona con viviendas de regular estado y alejados del cauce, población de baja económica, sin servicios básicos, sin cultura de prevención y falta de organización ante una emergencia.
Vulnerabilidad Alto	6-8	Zona con viviendas en mal y regular estado de construcción, población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos y falta de organización ante una emergencia.
Vulnerabilidad Muy Alto	9 a 10	Zona con viviendas dentro de la faja marginal, con mal estado de construcción, viviendas encima de los muros de protección del cauce de la Subcuenca Pedregal, también casa de adobe o barro, la población tiene escasos recursos económicos, sin cultura de prevención y falta de organización ante una emergencia.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- **Vulnerabilidad Muy Alta:**

La zona con vulnerabilidad muy alta se ubica en la parte baja de la Subcuenca Pedregal que es el centro poblado San Antonio Baja, área donde los muros de protección tiene menor altura respecto a la parte alta, además estos muros fueron destruidos por eventos anteriores, asimismo por donde va el cauce hay vías (Av. Nicolás ayllón, la calle Prolongación 28 de julio y la calle Barbieri) que cruzan en perpendicular y es por donde se generaría el desborde, la cual las aguas fluyen con violencia y descargando lodo y piedra generando daños.

- **Vulnerabilidad Alta:**

La zona con vulnerabilidad alta, se ubica en la intersección de los dos centros poblados, además porque se encuentran cerca al cauce, asimismo este sector cuando con vías que cruzan en perpendicularmente al cauce que la población lo llama badenes, en estos sectores donde se generaría el desborde del agua generando la inundación de las calles.

- **Vulnerabilidad Media:**

La zona con vulnerabilidad Media se ubica en el centro poblado San Antonio Alta, área donde los muros y las laderas tienen gran tamaño, pero la población coloca costales con área para evitar la inundación de sus hogares, asimismo esta genera

un cauce artificial que inunda las calles y viviendas, ya que la precipitación no se dirige al cauce principal.

- **Vulnerabilidad Baja:**

La zona de vulnerabilidad baja corresponde a las zonas más alejadas y donde el cauce tiene las laderas altas y una buena característica de suelo.

5.4. ESTIMACIÓN DEL RIESGO

La estimación de riesgos se puede realizar cuando en el área de estudio se ha evaluado o experimentado un peligro y luego analizar la vulnerabilidad, la cual es expresa que riesgo (R) es igual a peligro (P) multiplicado por vulnerabilidad (V), asimismo luego de obtener los dos estudios anteriores pasaríamos a realizar la estimación de riesgo en este caso se identificó el peligro y es la inundación que se generaría en el Centro Poblado de la Subcuenca Pedregal, luego se realizó la evaluación de la vulnerabilidad respecto a la población, infraestructura vial y viviendas, para estimar el riesgo (**Ver mapa 14**), se procede a estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales y recursos económicos).

Con las variables identificadas y analizadas como son el peligro y la vulnerabilidad se realizan una interrelación entre los niveles de peligro y por el otro los niveles de vulnerabilidad, para luego poder estimar el nivel de riesgo esperado, ver cuadro N° 21.

Cuadro N° 21: Matriz de Peligro y Vulnerabilidad

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

Fuente: Manual básico para la estimación del riesgo, INDECI, 2006.

* Riesgo Bajo (0-2), Riesgo Medio (3-5), Riesgo Alto (6-8) y Riesgo Muy Alto (9 a 10)

5.4.1. Estimación económica de pérdidas por inundación

a. Viviendas

En el análisis de vulnerabilidad se ha estimado la cantidad de viviendas que son vulnerables al peligro por inundación y es un total de 3362 viviendas, en este caso para realizar la estimación económica de daños utilizaremos las zonas de alto y muy alto, ya que son las zonas donde se generaría mayor daño a las viviendas.

Según el concejo nacional de tasaciones (CONATA), el valor unitario de vivienda de materia de adobe (barro) y ladrillo es de S/. 1867.2 y S/. 6821.2 respectivamente. Asimismo se ha estimado un total de pérdidas del 75% de viviendas que es de S/. 4, 84 961.3.

Tabla N° 12: Estimación económica de daños producidos a las viviendas de riesgo alto y muy alto

Vivienda	Ladrillo	Valor estimado en S/.	Adobe	Valor estimado en S/.
San Antonio Parte Baja	606	4, 133 647.2	0	0.0
Parte Media de los dos Centro Poblados	216	1, 473 379.2	28	52, 281.6
San Antonio Parte Alta	115	784, 438	12	22, 406.4
Total (100%)	937	6, 391 464.4	40	74, 688

Fuente: Elaboración propia.

b. Población

Se estimó los gastos que se realizarían a los damnificados que se encuentra en riesgo directamente por la inundación y son las que se encuentra en la zona de riesgo muy alta y alta, la población afecta en total es de 2931 pobladores, ver las siguiente tablas N° 13 y N° 14.

Tabla N° 13: Estimación del costo por damnificado

Productos	Costo
Carpa para 5 personas	350
Colcha	9
Mosquitero	14
Cama Plegable de Lona	145
Frazadas	30
Alimentación	30
Total	578

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 14: Estimación económica de daños producidos a la población

Zona de Riesgo	Población	Valor estimado en S/.
Alta y Muy Alta	2931	873, 438

Fuente: Elaboración propia.

c. Infraestructura Vial

Se realizó la estimación de los costos de recuperación de las infraestructuras viales que cuentan con un nivel de vulnerabilidad muy alta y alta, según los valores establecidos por CONATA es S/. 120,15 por cada metro de vía pavimentada (ver tabla N° 15).

Tabla N° 15: Estimación económica de daños producidos a la infraestructura vial

Calles y Avenidas en el Centro Poblado San Antonio	Vías Vulnerables (metro)	Valor Estimado en S/.
Av. Nicolás Ayllón	210	S/. 25,231.50
Prolongación 28 de Julio	460	S/. 55,269.00
Calle Rivera	198	S/. 23,789.70
Calle Libertad	76	S/. 9,131.40
Calle San Martín	118	S/. 14,177.70
Av. José Santos Chocano (parte baja)	170	S/. 20,425.50
Calle Simón Bolívar	100	S/. 12,015.00
Av. Túpac Amaru (parte baja)	400	S/. 48,060.00
Total	1732	S/. 208,099.80

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2. Análisis de los Resultados

El resultado del modelo de estimación de riesgo y la ponderación en dichas áreas de estudios son las siguientes (ver la tabla N° 16):

- **Riesgo muy Alto**

Área donde se identificó que las aguas descienden con violencia y estas destruyen los muros de protección y generan inundación en la parte baja de la Subcuenca Pedregal, donde se ubican las vías de la Av. Nicolás Ayllón, Calle Prolongación 28 de julio, calle Rivera, Calle Libertad.

- **Riesgo Alto**

Zonas inundables que están dentro de la faja marginal y cerca del cauce de la Subcuenca Pedregal. Estas zonas se encuentran en la Calle San Martin, Calle Simón Bolívar, Calle el Huayco, Av. José Santos Chocano.

- **Riesgo Medio**

Las zonas donde los muros de protección son altas en el cauce de la Subcuenca Pedregal, se tiene la Calle el Bosque, Calle Chosica, Calle los Olivos, Calle las Palmeras y calles S/N.

- **Riesgo Bajo**

Pertenece a las zonas que se encuentran alejadas del cauce de la Subcuenca Pedregal como el Centro Poblado San Antonio Alta.

Tabla N° 16: Cuadro de Descripción de las zonas de riesgo

Zonas	Descripción	Viviendas afectadas
Zona de Riesgo Muy Alto	Sectores críticos no mitigable donde debe ser la faja marginal de seguridad intangible, acciones e implementación de medidas de mitigación ante la inundación, reubicar a la población en zonas seguras y colapso de edificaciones.	430
Zona de Riesgo Alto	Sectores críticos donde se deben priorizar obras, realizar capacitación y simulacros a la población y autoridades, posibles colapsos de edificaciones en mal estado y dentro de la faja marginal del cauce.	547
Zona de Riesgo Medio	Zonas poco inundables, no generaría mucho riesgo, sin embargo existen el deslizamiento de rocas y la población debe implementar medidas de prevención, educación, capacitación, ubicación de locales donde se pueden refugiar o conseguir alimentación y crear un sistema de alerta temprana.	782
Zona de Riesgo Bajo	Zonas no inundables, no generaría mucho riesgo, sin embargo la población debe tener capacitación y ubicación de locales donde se pueden refugiar o conseguir alimentación y crear un sistema de alerta temprana.	1603
Total		3362

Fuente: Elaboración propia.

5.5. PROPUESTAS DE MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN DE INUNDACIÓN EN LA SUBUCUENCA PEDREGAL

5.5.1. PROPUESTA N° 1

Nombre de la Propuesta: Recolección de residuos y materiales rocosos en el Cauce

Ubicación: Desde el centro poblado San Antonio parte baja hasta centro poblado San Antonio parte alta y parte media de la Subcuenca.

Plazo del Cronograma : 6 meses

Fuente de Financiamiento : Inversión Pública.

Costo del Proyecto : S/. 227,000.00

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

Durante la etapa de campo se apreció que el cauce de la Subcuenca Pedregal está siendo utilizado como una zona donde pueden arrojar residuos municipales y de las actividades de construcción y demolición, además se pueden observar que hay rocas de gran tamaño que fueron arrastrados anteriormente por el caudal y depositados en el cauce, asimismo estos materiales solo permiten la pérdida del área de la sección favoreciendo la inundación, estos residuos y materiales afectan la calidad de vida de la población, generando pérdidas económicas y humanas.

Objetivos:

- Limpiar el cauce de la Subcuenca Pedregal, evitando la acumulación y arrastre de los residuos y materiales rocosos.
- Implementar manejo de residuos sólidos a la población de la Subcuenca Pedregal.

Actividades:

- **Limpieza de residuos y materiales rocosos.**
 - a. Capacitación y educación ambiental permanente a la población.
 - b. Establecimiento de contenedores para una mejor disposición de residuos.

- **Establecer un sistema para la recolección de material rocoso y de limpieza pública para el cauce de la Subcuenca Pedregal, desde su recolección, transporte y disposición final.**

Beneficiarios: Pobladores que habitan en la Subcuenca Pedregal.

Beneficios:

- Evitar la acumulación de residuos sólidos en el cauce.
- Mejorar las condiciones hidráulicas del cauce para evitar la inundación en los sectores vulnerables.
- Mejorar la condición de calidad de vida de la población.

Instituciones Participantes:

Gobierno Regional, Universidades, ONGs, Municipalidad Provincial de Lima y Distritales.

5.5.2. PROPUESTA N° 2

Nombre de la Propuesta: Forestación en la Subcuenca Pedregal

Ubicación: En la parte media y alta de la Subcuenca.

Plazo del Cronograma : 6 años

Fuente de Financiamiento : Inversión Pública.

Costo del Proyecto : S/. 9,044.00

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

Durante la etapa de campo se apreció que en la parte media y alta de la Subcuenca Pedregal, la inestabilidad y erosión del suelo es un factor que favorecía a la generación de deslizamiento de rocas, la forestación ayudaría a que el suelo tenga mejor estabilidad y tenga menor erosión, almacenamiento de agua, retención de escorrentía y sedimentos, además mejorara el comportamiento hidrológico de la Subcuenca.

Objetivos:

- Contribuir a la estabilización del suelo de alta pendiente.
- Reducir la erosión y deslizamiento de rocas por medio del empleo de especies forestales foránea y nativa.
- Favorecer el almacenamiento e infiltración de agua.

Actividades:

- Se realizara en diferentes terrenos de acuerdo a sus características que presenten, también se considera el relieve y grado de erosión del suelo. Las plantaciones se dará en las zonas que reúnen las condiciones edafoclimáticas a las exigencias de las especies: molle, tara y sauce, será determinado por la experiencia y criterio de un técnico forestal.

Beneficiarios: Pobladores que habitan en la Subcuenca Pedregal.

Beneficios:

- Disminuir la erosión de suelos y así también el deslizamiento de rocas que origina un alto riesgo para la población que habita en las laderas del cauce.

- La reforestación es una fuente de empleo masivo y mejoraría la belleza paisajística de la zona.

Instituciones Participantes:

Gobierno Regional, Universidades, ONGs, Municipalidad Provincial de Lima y Distritales.

5.5.3. PROPUESTA N° 3

Nombre de la Propuesta: Construcción de Andenes

Ubicación: En la parte media y alta de la Subcuenca.

Plazo del Cronograma : 1 año

Fuente de Financiamiento : Inversión Pública.

Costo del Proyecto : S/. 89,900.00

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

Durante la etapa de campo se apreció que en la parte media y alta de la Subcuenca Pedregal tiene una pendiente pronunciada y que esto generaría que el caudal tenga mayor velocidad y así arrastre el material rocoso generando graves daños a la población, la construcción de andenes ayudaría a disminuir la velocidad del caudal y también la erosión de sus laderas, el deslizamiento y arrastre del material rocoso.

Objetivos:

- Disminuir los riesgos generados por el material rocoso.

- Reducir el colmatamiento del cauce por los materiales que fueron arrastrados y depositados en ella por el caudal.

Actividades:

- Conociendo las características topográficas y edáficas de la parte media y alta de la Subcuenca se procederá a realizar los cálculos de diseño y el trazo respectivo. Se determinara el ancho del terraplén del andén que estará en función de los límites del terreno y de la profundidad. Para empezar a construir los andenes se harán zanjas, estas zanjas se harán dinamitando varias zonas, ya que el área de estudio es conocido como pedregal, es decir, zona de rocas de gran tamaño, para la disposición de los andes, estos se harán con las piedras del mismo lugar.

Beneficiarios: Pobladores que habitan en la Subcuenca Pedregal.

Beneficios:

- Disminuir la erosión de suelos y así también el deslizamiento de rocas que origina un alto riesgo para la población que habita en las laderas del cauce.
- Disminuye la pendiente en la parte alta y media.

Instituciones Participantes:

Gobierno Regional, Universidades, ONGs, Municipalidad Provincial de Lima y Distritales.

5.5.4. PROPUESTA N° 4

Nombre de la Propuesta: Sistema de alerta de peligro por Inundación

Ubicación: Centro Poblado San Antonio Parte Alta y Baja.

Plazo del Cronograma : 10 año

Fuente de Financiamiento : Inversión Pública.

Costo del Proyecto : S/. 30,000.00

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

En las épocas de lluvia y generación de avenida de caudal, la población debe estar preparada ante un desastre natural que se genere en su centro poblado, poner un centro de control en la parte media de la Subcuenca y que estén en constante comunicación para prevenir la ocurrencia de la inundación, avisando a la población y tomando las medidas necesarias para evitar daño y pérdidas humanas.

Objetivos:

- Reducir los riesgos de desastre monitoreando las precipitaciones y los caudales así como también los deslizamientos de rocas.
- Capacitar y educar a la población ante los desastres naturales que se pueden generar en la Subcuenca Pedregal.

Actividades:

- Establecimiento de un sistema de alerta para todo el centro poblado y estén comunicados con radios, reubicación temporal por el tiempo de alerta y la planificación de un mapa de alertar, zonas críticas, etc.

- Instalación de redes hidrometeorológicas o un sistema de colecta y transmisión de informaciones de tiempo e hidrología, para realizar el monitoreo de precipitación.
- Construir o destinar una zona donde el peligro es nulo, para que la población pueda resguardarse y proveerse de alimentación y agua.

Beneficiarios: Pobladores que habitan en la Subcuenca Pedregal.

Beneficios:

- Protección de la vida Humana.
- Trabajo en equipo y coordinación de la población para realizar actividades diversas.

Instituciones Participantes:

Gobierno Regional, INDECI, Universidades, ONGs, Municipalidad Provincial de Lima y Distritales.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La inundación en el distrito de Chosica durante los meses de precipitación genera daños a la población y afectan su calidad de vida, donde el aumento de precipitación es cada vez mayor y el caudal también se incrementa. La cual se han realizado diversos estudios de investigación poder determinar en qué tiempo se podría generar estos fenómenos y reducir los daños afectados a la población.

Asimismo cabe mencionar que Martínez Vargas Luis (2004). Quien realizo una investigación de Zonificación del peligro en Subcuenca Quirio – Chosica. Utilizando el método hidrológico regional, el método hidráulico y el modelo de los caudales, además determino los parámetros geomorfológicos de la Subcuenca de Quirio, también utilizo las estaciones meteorológicas de Ñaña, Santa Eulalia, Matucana y Chosica, para poder determinar la precipitación máximas en 24 horas a diferentes tiempos de retorno 5, 10, 25 y 50 años, las precipitaciones máximas en 24 horas de la Subcuenca obtenidas son 14, 17, 22, 24 mm y también determinar los caudales máximos a diferentes tiempos de retorno 10, 25, 50 y 100 años, los caudales máximos obtenidos son $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$, $6 \text{ m}^3/\text{s}$, $7.9 \text{ m}^3/\text{s}$ y $12.4 \text{ m}^3/\text{s}$, igualmente utilizo la fórmula de Manning que es el gasto de la avenida máxima (caudal máximo), que incluye materiales sólidos, se determinó que su caudal es de $290 \text{ m}^3/\text{s}$.

Los datos y metodología utilizados en la investigación, referente a la determinación de precipitación máxima en 24 horas, los caudales máximos a diferentes tiempos de retorno y la utilización de la fórmula Manning. Asimismo realizando la comparación con nuestras metodologías evaluadas obtuvimos las precipitaciones máximas en el mismo tiempo de retorno respecto a los anterior son 21.7, 29.2, 38.8, 45.9 mm y los caudales máximos respecto a los otros tiempos de retorno mencionados son $12 \text{ m}^3/\text{s}$, $19 \text{ m}^3/\text{s}$, $23 \text{ m}^3/\text{s}$ y $28 \text{ m}^3/\text{s}$ y con la fórmula de manning obtuvimos un caudal de $34.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Sin embargo el realizo el método de regionalización utilizado varias estaciones meteorológicas, en mi caso yo utilice las estaciones más cercas a mi Subcuenca que son la estación de Chosica y Santa Eulalia aplicado el método de parciales para obtener las ecuaciones por el método gumbel, además los registros históricos de precipitación de mi investigación son mayores, teniendo como el ultimo años el 2017, donde el fenómeno del niño estaba afectado a nuestro país y así la precipitación es mayor respecto a los otros datos históricos de precipitación, por lo consiguiente mis datos precipitaciones obtenidas en los diferentes tiempo de retorno son mayores y por ende mis caudales también son mayores. Pero en el caso de la formula manning la deferencia de nuestros caudales obtenidos es mucho mayor.

Además la investigación Martínez Vargas Luis (2004). Quien realizo la investigación de Zonificación del peligro en Subcuenca Quirio – Chosica, nos indica un control de peligros por inundaciones, huaycos y estabilidad de taludes, donde el indica un tratamiento mecánico son los diques de regulación, una de sus funciones es retener parte del material

aluvional, sin embargo en mi investigación estos diques construidos anteriormente fueron destruidos y estas contribuyeron a que se retengan el material aluvial con agua, formando así varios sectores de la quebrada como pequeños almacenes de agua con material aluvional, para luego romperse los diques por la fuerza del caudal, así generar un mayor caudal denominado caudal de desembalse generando el desbordamiento del agua y daños hacia la población que se ubica en la parte baja de la Subcuenca Pedregal.

Todos los trabajos de investigación realizados, contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas e indica que cada lugar de estudio es muy diferente, ya que tiene diferentes características físicas, ambientales y sociales.

CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico ambiental de la Subcuenca Pedregal, también las características físicas, y se determinó que el área de la Subcuenca es de 11.2 Km², la longitud del cauce principal es 6.5 km, su tiempo de concentración es 0.75 horas y su Altitud Media es de 1468.6. También se determinó las precipitaciones en los periodos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100 años y son 21.7, 29.2, 33.5, 36.5, 38.8, 45.9, 52.9 mm respectivamente, además en la etapa se campo se apreció las características de la parte alta y media de la Subcuenca, asimismo el cauce se encuentra colmatado de residuos sólidos y de rocas que fueron arrastradas por los caudales anteriores y depositada por la población.
- Se determinó los caudales máximos para los tiempos de retorno 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100 años y son 8, 12, 15, 17, 19, 23, 28 m³/s, para obtener estos valores utilizamos estaciones meteorológicas, donde se utilizó los datos históricos de la precipitación, cuyos valores nos permitieron generar las ecuaciones de regionalización de los datos históricos de precipitación y reemplazarlos con la altura media de nuestra Subcuenca y obtener las precipitación de nuestra zona de estudio y luego poseer los caudales y determinamos los caudales mencionados anteriormente, asimismo estos caudales contribuyeron en el análisis de las zonas de mayor peligro realizando el mapa de inundación (Mapa N° 12), también las zonas de vulnerabilidad (Mapa N° 13) y luego realizar la estimación de riesgo (Mapa N° 14).

- Se formularon 4 propuestas de prevención de inundación en la Subcuenca Pedregal, se propuso la recolección de residuos y materiales rocosos en el cauce, forestación en la Subcuenca Pedregal, construcción de andenes y sistema de alerta de peligro por inundación, con una estimación de su presupuesto de S/. 227,000.00. S/. 9,044.00. S/. 89,900.00. S/. 30,000.00 respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Realizar otros estudios que complemente a este, para poder determinar con más precisión la vulnerabilidad y riesgo de la zona de estudio.
- No realizar obras en el cauce que podrían generar un almacenamiento de la precipitación y para luego esta obra sea destruida por la fuerza del caudal y forjaría el incremento del caudal afectando más a la población.
- Fomentar y concientizar a la población sobre los peligros que se generarían por el vertido de residuos al cauce de la Subcuenca Pedregal.
- Desarrollar programas de forestación o reforestación y también que tengan un adecuado uso, manejo y conservación de suelos, orientas a prevenir los efectos de la erosión hídrica y la velocidad del caudal, además tener la estabilización de las laderas por medio de la reforestación.
- Se recomiendo la reubicación de las viviendas que se asientan en la faja marginal y la zona donde el peligro de inundación es muy alto.
- Prohibir la construcción de viviendas en las fajas marginal de la Subcuenca Pedregal, amenazadas por la inundación y otros fenómenos naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de superficie*. Recuperado de http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_-_Aparicio.pdf

Camile, E., Carrasco, M., Zapata, J., Morales, C., y Tapia, J. (1987). *El huaico de 9 de marzo de 1987 en Chosica*. Lima. Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/7878/8157>

Chávez Jiménez, A. (2009). *Aplicación del método de regionalización para la determinación de caudales en el puente Carrasquillo* (Tesis de maestría) Universidad de Piura, Perú. Recuperada de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1858/MAS_ICIH_001.pdf?sequence=1

Chow Ven T., Maidment D., y Mays L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/157120498/Hidrologia-Aplicada-Ven-Te-Chow>

Comisión Nacional Del Agua. (2011). *Manual el control de inundaciones*, Coyoacán. Recuperado de <http://www.fanmexico.net/sites/freshwateraction.net/files/SGT-1-11Manual-para-el-control-de-inundaciones.pdf>

Enjo Álvarez, M. (2000). *Análisis regional de frecuencia aplicado a las precipitaciones máximas y avenidas* (Tesis Doctoral) Universidad de Santiago de Compostela, España. Recuperada de ftp://ceres.udc.es/master_en_ingenieria_del_agua/master%20antiguo_antes%20del%202012/Primer_Curso/Regulacion_del_Recurso_Y_Gestion_de_Situaciones_Extremas/Clase%20Manuel%20Alvarez/TESIS%20AN%C3%81LISIS%20REGIONAL/Tesis_1.pdf

Gamba, D., y Gonzáles, G. (2015). *Curvas de rendimiento de caudales máximos instantáneos asociados a diferentes periodos de retorno en Colombia, caso de estudio río magdalena*. (Tesis de pregrado) Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, Colombia. Recuperada de <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0067426.pdf>

García, M., Contreras C., Sánchez F., Marín R., Guzmán H., Hernando J., Olaya G., Cañas H., Vargas O., Domínguez E., Rodríguez G., y Niño R. (1999). *Sistema de Información Componentes Hidrológico Redes, Mediciones, Observaciones y Procesos Básicos*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaia/fulltext/ideam.pdf>

García, R., y Conesa, C. (2011). Estimación de caudales de avenidas y delimitación de áreas inundables mediante métodos hidrometeorológicos e hidráulicos y técnicas S.I.G., estudio aplicado al litoral sur de la región de Murcia. *Red de Revistas*

Científicas de America Latina y el Caribe, España y Portugal, 107-123.

Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40721572008>

Gobierno Regional de Lambayeque. (2013). *Estudio de precipitación, temperatura y humedad relativa año 2013*, Chiclayo, Perú. Recuperado de <https://edoc.site/precipitaciones-lambayeque-peru-pdf-free.html>

Gonzales. J., y Carmona M. (2003). *Salvemos el Huatanay: Una prioridad para la vida en el Valle del Cusco. Centro Huamán Poma de Ayala*. Perú. Recuperado de <http://catalogo.ibcperu.org/cgi-bin/koha/opac-ISBDdetail.pl?biblionumber=11983>

Gómez Lora, J. W. (2000). *Gestión de Inundaciones del Río Rímac*. (Tesis de Maestría) Universidad Nacional de Federico Villarreal, Lima, Perú.

Gómez Lora J. W. (2004). Balance Hídrico de la Cuenca del Rio Pativilca. *Revista de Investigación del Agua “Yachay Yacu”*, p. 6 y 15. Lima.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México. Recuperado de https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

Instituto Nacional De Defensa Civil. (2005). Mapa de peligros y *plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres ciudad de Chosica*, Lima. Perú. Recuperado de http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Lima/lima/chosica_R.pdf

Instituto Nacional De Estadística y Geografía (2014). *Sistemas de Información Geográfica*, México. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>

Instituto Nacional De Defensa Civil. (2006). *Manual Básico para la Estimación de Riesgos*, Lima, Perú. Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe/objetos/secciones/Mg==/MTY=/ODE=/lista/NDcz/1201012081402181.pdf>

Instituto Geofísico del Perú. (2010). *Mapa geológicos del Perú*. Recuperado de http://intranet.igp.gob.pe/biblioteca/#b_mapas

Instituto Geofísico del Perú. (2010). *Mapa de suelos del Perú*. Recuperado de http://intranet.igp.gob.pe/biblioteca/#b_mapas

Katherine Camacho Zorogastúa (2012). *Evaluación de la Erosión Hídrica por efecto de la precipitación máxima en la Subcuenca del río Cumbaza*. (Tesis para optar el

título de Ingeniero Ambiental) Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

Katherine Camacho Zorogastúa (2014). *Erosión hídrica por lluvias máximas en diferentes tiempos de retorno en la Subcuenca del río Cumbaza – Región San Martín*. (Tesis de Maestría) Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

Martínez Vargas, L. (2004). *Zonificación del peligro en Subcuenca Quirio – Chosica*. (Tesis para la optar el título de ingeniero geógrafo) Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa geomorfológico del Perú*. Recuperado de <http://geoservidor.minam.gob.pe/>

Mora Palacio Jesisson (2016). *Modelo de Sistema de Información Geográfica para la Identificación de los Peligros y la Valoración de los Riesgos en la Seguridad y Salud en el Trabajo basado en la GTC 45*. Recuperado del sitio de Internet de la Corporación Universitaria Minuto de Dios:

[http://repository.uniminuto.edu:8080/xmlui/bitstream/handle/10656/4326/UVDT
SO_MoraJeisson_2016.pdf?sequence=1](http://repository.uniminuto.edu:8080/xmlui/bitstream/handle/10656/4326/UVDT_SO_MoraJeisson_2016.pdf?sequence=1)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2009).

Análisis de sistemas de gestión del riesgo de desastres, Roma. Recuperado de
<http://www.fao.org/3/a-i0304s.pdf>

Orosco de la Cruz, Jorge Eduardo (2015). *Criterios de diseño de la bocatoma “El Vado” en el río arma con fines de riego - Provincia de Condesuyos – Arequipa*. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil en la Facultad de Ingeniería. Lima: Universidad Ricardo Palma.

Puelles Maza, J. C. (2015). *Estudio hidráulico e hidrológico de la cuenca alto Perú y el porvenir en el asentamiento humano las mercedes alto Perú, distrito de la oroya, provincia de Yauli - Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes provocado por la crecida de río, mediante el uso de los moles matemáticos HEC-HMS y HEC-GEORAS* (Tesis de Pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú. Recuperada de
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620953/PUELL
ES_MJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620953/PUELL_ES_MJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Quincho Jerónimo, G. (2015). *Gestión de inundación por caudales máximos en la Subcuenca baja de la quebrada del río Huaycoloro – río Rímac* (Tesis para optar

el grado de Ingeniero Ambiental) Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

Ramakrishna, B. (1997). *Estrategias de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias*. Recuperado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9786e/A9786e.pdf>

Sedano Cruz, R. K. (2012). *Gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia* (Trabajo de la obtención de Máster) Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27223/TFM_Gesti%C3%B3n_%20Inundaciones_Colombia_Karime_Sedano.pdf?sequence=1

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2017). *Mapa Climático del Perú, según el Sistema de Clasificación del Método de Thornthwaite*, Perú. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

Solano, T., y Vintimilla, N. (2013). *Estudio fluviomorfológico del río Vinces y determinación de las áreas de inundación de la zona de influencia del proyecto Pacalori aplicando HEC-GEORAS*. (Tesis de Pregrado) Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Recuperada de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4628>

Ulate Quesada, C. A. (2011). *Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica*. (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Forestal) Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Recuperado de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3005/Informe_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villagómez, H., Mendoza E., y Bowen E. (2009). *Estudios de Prefactibilidad para la construcción de una mediana Central Hidroeléctrica aprovechando las aguas del río Toachi Grande*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Recuperada de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/13520/D-42652.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo N° 1: Encuesta dirigido a la población de la quebrada pedregal

Nombre del encuestado _____ Edad ()

1. ¿Cuántos años habita en la zona? _____

2. ¿Usted recibió algún apoyo por parte de las autoridades después del desastre?

A	Si	
B	No	

3. ¿Cuál considera usted que se debería implementar para prevenir y mitigar los desastres naturales?

A	Planes de contingencia	
B	Construcción de gaviones o barreras	
C	Construcción de diques	
D	Reubicación	
E	Construcción de canales o alcantarillados en las calles	
F	Otros	

4. ¿Qué problema ocasionó los desastres naturales anteriormente?

A	Problemas para la salud de las personas y afectación al ambiente	
B	Problemas de acceso y salida a la ciudad	
C	Problemas de agua potable y luz	
D	Afecta al turismo y otras actividades económicas	
E	Pérdidas humanas	
F	Todas las anteriores	

5. ¿Cuál cree usted que es la principal causa que motiva la generación de estos desastres?

A	Desinterés de la municipalidad	
B	Desinterés de las autoridades locales	
C	Desinterés de la municipalidad, autoridades locales y la población	
D	Desinterés de la población	
E	otros	

6. ¿Cuánto fue su pérdida económica que genero los desastres naturales?

A	Baja	
B	Media	
C	Alta	

7. ¿Usted formaría parte de un comité en su centro poblado para realizar un plan de contingencia (capacitaciones, alerta temprana entre otros) que sirve como prevención para reducir el impacto social, económico y ambiental que genere el desastre natural?

A	Si	
B	No	

8. ¿Estaría dispuesto a pagar una tarifa mensual por la prevención y mitigación ante los desastres que genera la precipitación?

A	Si	
B	No	

Anexo N° 2: Estación Chosica

ESTACIÓN: CHOSICA /151209/DZ04		ALT: 867 MSNM					LONG: 76°41'23.09"							
PARÁMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS		LAT: 11°55'47.48"					DPTO: LIMA							
Codigo	Año	01_ENE	02_FEB	03_MAR	04_ABR	05_MAY	06_JUN	07_JUL	08_AGO	09_SET	10_OCT	11_NOV	12_DIC	
151209	1989	S/D	S/D	4.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
151209	1990	2.8	0	2.2	0	0.8	0.1	0	0	0	0.2	1	3.2	
151209	1991	0.2	2	3.7	0.7	0.3	0	0	0	0	1	0	0.5	
151209	1992	0.3	2.3	0.6	0.3	0.8	S/D	0	0.4	0	0	0	1	
151209	1993	0	0.8	1.8	2.4	0	0	0	0	0.2	0	1.2	1.2	
151209	1994	16	2.5	3	1.8	0.4	0	0	0	1	0	0.4	1.5	
151209	1995	3	0.5	2.5	1.2	2.2	0	0	0	0.5	0.3	1.4	0	
151209	1996	5	5	5.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	
151209	1999	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0	
151209	2000	6	4.5	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
151209	2001	5.2	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0.6	0	
151209	2002	1	30.7	1	0	0	0	0.6	0	0.5	0	0	0	
151209	2003	1.5	2.5	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	
151209	2004	0.8	0.5	0.7	0.5	0	0	0	0	0	0	0	1.6	
151209	2005	1.2	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
151209	2006	5.6	4	4.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	
151209	2007	2.2	3	1.8	7.7	0	0	0	0	0	0	0	0	
151209	2008	3.6	S/D	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
151209	2009	3	6.6	8	1.6	0	S/D	0	0	0	0	0	0	
151209	2010	0	0.3	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
151209	2011	4.7	5.7	1	1.1	0	0	0	0	0	0	2.5	5.1	
151209	2012	6.4	9.6	2.1	37	0	0	0	0	0	1	0.5	1.1	
151209	2013	0	2.3	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	
151209	2014	2.1	1.5	6.2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	1.4	
151209	2015	1.2	9.5	18.3	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	
151209	2016	1	5.3	0.5	4	0	0	0	0	0	0	0	0.2	
151209	2017	19.5	8.5	13.4	0	0	0	0	0	0	0	0	S/D	

S/D: sin dato

Anexo N° 3: Estación Santa Eulalia

ESTACIÓN: SANTA EULALIA /155213/DZ04		ALT: 970 MSNM					LONG: 76°39'59.9"						
PARÁMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS		LAT: 11°55'12"					DPTO: LIMA						
Codigo	Año	01_ENE	02_FEB	03_MAR	04_ABR	05_MAY	06_JUN	07_JUL	08_AGO	09_SET	10_OCT	11_NOV	12_DIC
155213	1963	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0	0	1.1	0.3
155213	1964	1.3	5.4	4.1	1.9	S/D	S/D	0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
155213	1965	S/D	S/D	S/D	0.2	0.3	0	0	0	0	1.1	0.6	1.2
155213	1966	26	0.3	25	0	1.5	0	0	S/D	0	10.2	0	0
155213	1967	10.5	29.8	26	0	0	0	0	0	0.2	S/D	S/D	S/D
155213	1969	6	2.8	10.6	0	0	0	0	0	0	0.2	0.9	5
155213	1970	30.8	5	10	0	0	0	0	0	10	1.5	1.5	0
155213	1971	0	13	14.5	0	0	0	0	0	0	0	0	3.6
155213	1972	6.8	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	3
155213	1973	19.2	0	12.2	0	0	0	0	0	2	0.5	0	5
155213	1974	3	5.8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8
155213	1975	2.8	8.8	14.5	0	0	0	0	0	0	0	2	3.5
155213	1976	3	30	5.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	5.3
155213	1977	5	5.3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155213	1978	5	S/D	6.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155213	1979	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155213	1980	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155213	1981	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S/D
155213	1982	S/D	5.2	2.5	1.7	0	0	0	0	0	0	0	5.6
155213	1983	S/D	S/D	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155213	1984	0	10.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155213	1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
155213	1986	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	S/D
155213	1987	S/D	S/D	S/D	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0
155213	1988	9.7	4.5	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	4
155213	1989	4.3	27.6	S/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0

S/D: sin dato

155213	1990	3	0	6.5	0	0	0	0	0	0	0	1	3
155213	1991	0	1.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155213	1992	0	0.5	0	0	S/D	0	0	0	0	0	0	0
155213	1993	0.5	1.6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155213	1994	13.5	2.9	0	0	3.9	0	0	0	0.3	0	0	0.7
155213	1995	3.8	0	2.5	0.5	0.4	0	0	0	0.2	0.7	1.3	0
155213	1996	3	4.5	4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.5
155213	1997	2.2	2.6	0.4	0	0	0.2	0	0	0	0.6	0.6	4.9
155213	1998	6	5.3	5	0	0	0	0	0	0	0	0.2	2.2
155213	1999	3.7	14.7	0.5	0.3	0	0	0	0	0.2	0.1	0	0.8
155213	2000	6.4	3.8	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
155213	2001	8	7.6	3.7	1.3	0	0	0	0	0	0.1	1	0
155213	2002	0.7	25.9	1.1	0.1	0.3	0	0	0	0.1	S/D	0.2	S/D
155213	2003	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0	0	0	0	4.1
155213	2004	0	2.5	2.4	2.1	0	0	0	0	0.5	0	0	1.8
155213	2005	1.2	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1
155213	2006	6.3	7.8	4.6	S/D	0	0	0	0	S/D	0.2	0.5	2.7
155213	2007	2.8	2.8	2.7	4.1	0	0	0	0	0	0	0.6	1
155213	2008	3	3.5	5.3	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0.8
155213	2009	4.4	11.2	4.3	0.8	0	0	0	0	0	1.1	0.6	1.1
155213	2010	4.5	0.7	1.8	0	0	0	0	0	0.4	0.6	0	3
155213	2011	5	5.5	2.1	1.3	0	0	0	0	0	0	2.5	5
155213	2012	0	12.5	3.1	8.3	0	0	0	0	0	1.4	0.5	1.5
155213	2013	0	4.2	1	0	0.5	0	0	0	0	0	0	8.5
155213	2014	3.5	2.2	1.2	0.6	0	0	0	0	0	0	0.7	1.3
155213	2015	2	4.7	17.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
155213	2016	0.5	5.5	0.7	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5
155213	2017	21.6	1.6	14.6	0	0	0	0	0	0	0	0	S/D

S/D: sin dato

Anexo N° 4: Registro fotográfico del área de estudio

Se realizó la salida de campo en la Subcuenca Pedregal, apreciando los diversos aspectos físicos, sociales y ambiental que tiene la quebrada para poder analizar cómo influyen en la inundación, también se observó que dicha zona es propensa a generarse desprendimiento de rocas y piedras, está ocasionando el colmatamiento del cauce de la parte media y baja, para luego producirse la inundación en el centro poblado pedregal.

Fotografía N° 9: Muros destruidos



Se aprecia la parte baja de la Subcuenca Pedregal, donde los muros que colocaron fueron devastados por los caudales, estos median 3 metros de altura y generando daños e inundación en dicho sector, además se puede observar que el cauce tiene presencia de residuos sólidos arrojados por la población y piedras que fueron arrastradas por los fuertes caudales, asimismo las viviendas se ubican en la faja marginal de cauce - 2017.

Fotografía N° 10: Vivienda afectada por el caudal



Se aprecia la parte baja de la Subcuenca Pedregal, donde los muros que colocaron fueron destruidos por el caudal, estos median 3 metros de altura y generando daños e inundación en dicho sector, además las viviendas están al borde del cauce, también se observan rocas que fueron arrastrados y golpearon los muros derrumbándolos - 2017.

Fotografía N° 11: Residuos de construcción que obstaculizan el cauce



Se aprecia la parte baja de la Subcuenca Pedregal en el mismo cauce tienen presencia de residuos sólidos arrojados por la población y piedras que fueron arrastradas por los fuertes caudales - 2017.

Fotografía N° 12: Construcción de muros en el cauce



Se aprecia muros de una altura de 7 metros, también podemos notar la presencia de rocas que fueron arrastrados por el caudal de la parte media y alta de la Subcuenca, además se puede observar que la población realizo construcciones de sus viviendas en las laderas del cauce, sin respetar la faja marginal y sus viviendas tienen 3 pisos de altura, asimismo se puede ver en la parte izquierda del cauce un depósito de rocas, la población indico que estas rocas fueron arrastrados por la lluvia conocido como huayco, igualmente dijeron que el caudal desbordo del cauce generándose inundación en dicha zona - 2017.

Fotografía N° 13: Vivienda afecta por el arrastre de rocas



Se aprecia que los muros que construyeron no soportaron las fuerza del caudal y que esta arrastro rocas que fueron desprendidas en la parte alta del cauce, como se puede observar todo el muro fue destruida y el poblador coloco un cartel indicando que es damnificado, asimismo el poblador construyo su vivienda al lado de la ladera del cauce sin respetar la faja marginal que debe tener esta – 2017.

Fotografía N° 14: Rocas de gran dimensión que fueron depositadas en el cauce



Fotografía N° 15: Dique destruido por la fuerza de caudal y el arrastre de rocas



Se aprecia la construcción de diques que fueron destruidas por la fuerza del caudal y el arrastre de rocas, además se observa una carretera que pasa por el cauce - 2017.

Fotografía N° 16: Otro dique destruido de la misma manera



Se aprecia la construcción de diques que fueron destruidas por la fuerza del caudal y el arrastre de rocas, asimismo se podría deducir que esta retuvo rocas y el caudal generando un pequeño almacenamiento de agua, para luego romperse y generar que el caudal incremente y que esta arrastre más rocas ocasionándose así más daño a la población - 2017.

Fotografía N° 17: Malla N° 1 ubicado en el cauce como medida de prevención



Se aprecia la colocación de mallas esta es la N° 1 que estancarán las rocas que son arrastrados por el caudal como se observa en la fotografía. - 2017

Fotografía N° 18: Malla N° 2



Se aprecia la malla N° 2 que estancarán las rocas que son arrastrados por el caudal, como se observa en la fotografía esta malla fue casi completamente satura y el gobierno de la localidad está realizando la colmatación de dicha malla, pero que ocurrirá si la precipitación aumentaría y esta malla no fuera capaz de soportar la fuerza del caudal, el daño que se generaría a la población seria mayor - 2018.

Fotografía N° 19: Malla N° 3



Se aprecia la malla N° 3 que estancarán las rocas que son arrastrados por el caudal, se observa que esta malla no estanco rocas - 2018.

Fotografía N° 20: Malla N° 4



Se aprecia la malla N° 4 que estancarán las rocas que son arrastrados por el caudal, como se observa en la fotografía esta malla fue descolmatada y están realizando el reforzamiento de esta - 2018.

Fotografía N° 21: Una ramificación del cauce principal en la parte alta se encuentra saturada de rocas



Se aprecia en la parte alta de la Subcuenca Pedregal, que un afluente al río principal de la Subcuenca investigada está saturada de rocas que fueron se desprendieron de los cerros por la erosión de las precipitaciones, también la presencia de estas rocas es por el arrastre que genero el caudal aguas arriba - 2018.

Fotografía N° 22: Cauce con pendiente pronunciada



Se aprecia uno de las zonas que vimos en el google earth que se opinaba que era unos pequeñas áreas donde se almacenaban agua y así se generaba más caudal, pero no fue así, son zonas donde la roca es de gran dimensión y está en el mismo cauce, asimismo la pendiente es pronunciada, es decir, el caudal cuando descienda este tendrá mayor fuerza y velocidad - 2018.

Fotografía N° 23: Parte alta de la Subcuenca con pendiente pronunciada



Se aprecia que el cauce en la parte alta tiene una pendiente pronunciada que indica que el caudal que proviene descende con mayor fuerza y velocidad arrastrando rocas y piedras que encuentre en su camino - 2018.

Fotografía N° 24: Zona donde se pensaba que se almacenaba agua de las lluvias



Se aprecia uno de las zonas que vimos en el google earth que se creía que era unas pequeñas áreas donde se almacenaban agua y así se generaba más caudal, pero lo observado en campo se determinó que no era ninguna área que almacene agua - 2018.

Fotografía N° 25: Costales en las vías para que las viviendas no sean inundadas por las precipitaciones



Se aprecia que los pobladores colocaron costales llenos de tierra como medida de protección cuando se generara una máxima precipitación en la Subcuenca Pedregal - 2017.

Fotografía N° 26: Vecina participando en la encuesta



Durante la etapa de campo realice varias a encuestas a pobladores de Pedregal, donde indica los daños que sufrieron y si el gobierno regional o la municipalidad realizo alguna obra de prevención – 2017.

Fotografía N° 27: Laderas del cauce erosionadas y riesgo de derrumbarse



Se puede apreciar que las laderas del cauce fueron erosionadas y estas son producidas por el caudal, tienen una altura de 2 metro a más generando el desprendimiento de las rocas que se encuentran en la parte alta - 2018.

Fotografía N° 28: Rocas que sufren meteorización y con fracturación



Se puede apreciar que las rocas sufren la meteorización y estas generan la fracturación de las rocas y así desprendiéndose, deslizándose al cauce para luego ser arrastrados por el caudal que se genere en tiempo de lluvias, de esta manera dañando a la población - 2018.

Fotografía N° 29: Vista de la parte alta de la Subcuenca con cobertura vegetal escasa



Se puede observar en la parte alta de la Subcuenca que esta es una zona rocosa donde estas son susceptibles para deslizarse con la erosión del agua y del viento como también ser arrastradas por el caudal y así generar daños a la población y al ambiente - 2018.

Fotografía N° 30: En la Parte baja de la Subcuenca se aprecia residuos y las viviendas dentro de la faja marginal



Se puede observar en la parte baja de la Subcuenca Pedregal donde limita con el Río Rímac que las viviendas están construidas encima de los muros - 2017.

Fotografía N° 31: Presencia de rocas donde desemboca la Subcuenca Pedregal



Se puede observar donde desemboca la Subcuenca Pedregal que hay presencia de rocas que fueron arrastradas por el caudal o también se puede suponer que fueron descolmadas del cauce y llevadas a dicha zona con maquinarias pesadas, colmatando el curso del Río Rímac - 2017.

Anexo N° 5: Mapas

