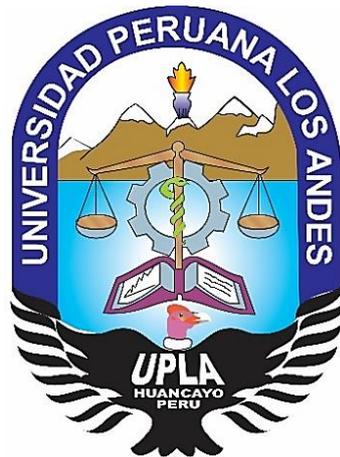


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INESTABILIDAD DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC E  
IMPLEMENTACION DE TALUDES CON ENROCADO,  
URBANIZACION PERU-SAN MARTIN DE PORRES**

**LINEA DE INVESTIGACION: NUEVAS TECNOLOGIAS Y PROCESOS**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. FERNANDEZ SALAZAR, MARCO ANTONIO**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**LIMA – PERU**

**2018**



**ASESORES:**

**Dr. GENARO SIU ROJAS**

**ING. GUIDO RUBEN BENIGNO PEBE**

**DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi Sra. Madre, Rosa Salazar Jara por ser mi fuente de inspiración para superarme cada día más, por creer en mi capacidad, por darme siempre palabras de superación.

A mi cuñada Edith Colán De la Cruz por darme siempre palabras de aliento para seguir adelante.

A mis familiares y hermanos por estar siempre pendiente de mí.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, que sin esperar nada a cambio me compartieron sus conocimientos para mejorar cada día más.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a dios ante todo, por darme las fuerzas y la perseverancia de continuar con mis metas.

Agradezco al Sr. Fredi Edmundo Sánchez Narváez, por su apoyo moral, por los consejos brindados.

Agradezco a todas las personas que creyeron en mí, en mi capacidad, en mi voluntad de seguir estudiando y superarme cada día más.

Agradezco a las personas que me impulsaron a seguir una carrera profesional.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

.....  
Dr. Casio Aurelio Torres López  
**Presidente**

.....  
Ing. Fernando Manuel Uchuypoma Montes  
**Jurado**

.....  
Mg. Gian Franco Pérez Garavito  
**Jurado**

.....  
Ing. Beder Felipe Ulloa Llerena  
**Jurado**

.....  
Mg. Miguel Angel Carlos Canales  
**Secretario docente**

## ÍNDICE

RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	13
INTRODUCCION.....	14
<b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>15</b>
1.1. Planteamiento del Problema.....	15
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	17
1.2.1. Problema general .....	17
1.2.2. Problema Específicos .....	17
1.3. Justificación .....	18
1.4. Delimitaciones .....	19
1.5. Limitaciones.....	20
1.6. Objetivos.....	21
1.6.1. Objetivo General.....	21
1.6.2. Objetivo(s) Específico(s).....	21
<b>Capitulo II: MARCO TEORICO .....</b>	<b>22</b>
2.1. Antecedentes (Nacionales e internacionales).....	22
2.2. Marco conceptual .....	27
2.2.1. Inestabilidad de Talud.....	27
2.2.2. Estabilización de Talud.....	27
2.2.3. Talud.....	28
2.2.4. Causas de inestabilidad de Talud.....	29
2.2.5. Clasificación de Taludes.....	29
2.2.6. Forma de Falla de la estabilidad de un talud. ....	30
2.2.7. Defensas ribereñas.....	32
2.2.7.1. Tipos de Defensas Ribereñas.....	33
2.2.7.1.1. Medidas Agronómicas .....	33
2.2.7.1.2. Medidas Estructurales .....	35
2.2.8. Fenómeno del Niño Costero.....	38
2.2.9. Río .....	40
2.2.9.1. Clasificación de Ríos .....	40
2.2.10. Los Cauces.....	41
2.2.11. Las Riberas.....	41
2.2.12. Fajas Marginales .....	42
2.2.13. Descripción general de la Cuenca .....	43
2.2.13.1. Ubicación Geográfica.....	43
2.2.13.2. Ubicación Política .....	44
2.2.13.3 Ubicación hidrográfica .....	46
2.2.13.4. Hidrología Fluvial .....	49
2.2.14. Hidrología del Río Rímac.....	49
2.2.15. Los Ríos del Perú: Panorama de su aprovechamiento y control .....	50
2.2.16. Análisis de peligros .....	51
2.2.16.1 Deslizamiento .....	51
2.2.16.2. Inundaciones .....	52
2.2.16.3. Parámetros de evaluación de la peligrosidad Del deslizamiento ..	52

2.2.17. Determinación de las condiciones de vulnerabilidad por exposición, fragilidad y resiliencia. ....	54
2.2.17.1. Vulnerabilidad .....	54
2.2.18. Análisis del Riesgo .....	56
2.2.19. Gestion de Riesgo de desastres .....	57
2.2.19.1 Mitigacion de Vulnerabilidad .....	57
2.2.19.2 Condiciones Sismicas .....	57
2.2.19.3. Microzonificacion Sismica del distrito de San Martin de Porres ....	57
2.3. Definición de términos .....	60
2.4. Hipótesis .....	61
2.4.1. Hipótesis General .....	61
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	61
2.5. Variables .....	62
2.5.1. Definición Conceptual de Variable .....	62
2.5.2. Definición Operacional de Variable .....	62
2.5.3. Operacionalizacion de la Variable .....	63
<b>Capítulo III: METODOLOGIA .....</b>	<b>64</b>
3.1. Método de Investigación .....	64
3.2. Tipo de investigación .....	64
3.3. Nivel de Investigación .....	64
3.4. Diseño de Investigación .....	64
3.5. Población y muestra. ....	65
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos. ....	66
3.6.1. Hidrología .....	66
3.6.1.1. Análisis de máximas avenidas en el rio Rímac .....	66
3.6.1.2. Análisis de la Información hidrométrica histórica .....	66
3.6.1.3. Análisis de frecuencia de caudales máximos .....	69
3.6.1.4. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno .....	72
3.6.1.5. Distribución de Caudales - TR 25 .....	72
3.6.1.6. Distribución de Caudales, TR 50 .....	73
3.6.1.7. Distribución de Caudales, TR100 .....	74
3.6.2. Características hidráulicas del río .....	75
3.6.2.1. Caudales de diseño .....	75
3.6.2.2. Evaluación hidráulica de río Rímac .....	75
3.6.2.3. Morfología fluvial .....	76
3.6.2.4. Caudal de diseño .....	77
3.6.3. Métodos de análisis para determinar las características hidráulicas del río Rímac .....	77
3.6.3.1. Calculo del ancho de equilibrio .....	81
3.6.4. Velocidad del flujo del agua .....	81
3.6.5. Caudales .....	83
3.6.6. Estudio de la socavación .....	84
3.6.6.1. Capacidad de transporte de sedimentos .....	84
3.6.6.2. Socavación potencial .....	84
3.6.6.3. Granulometría del material socavable .....	84
3.6.6.4. resultados de profundidad de socavación .....	84
3.6.7. Recopilacion de informacion de Estudio de Suelos. ....	87

	IX
3.6.7.1. Exploraciones realizadas .....	87
3.6.7.2. Informacion de ensayos estándar de laboratorio .....	88
3.6.7.3. Informacion de resultados de los ensayos obtenidos en laboratorio .....	88
3.6.8. Inclinación de los taludes.....	89
3.6.9. Características geométricas e hidráulicas .....	89
3.7. Proceso de Información.....	93
3.8. Técnicas y Análisis de Datos.....	93
<b>Capítulo IV: RESULTADOS.....</b>	<b>95</b>
4.1. Tablas de porcentaje y graficas estadísticas .....	95
<b>Capítulo V: DISCUSION DE RESULTADOS.....</b>	<b>115</b>
CONCLUSIONES.....	118
RECOMENDACIONES .....	119
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	120
ANEXOS	

### Índice de Tablas

Tabla N° 1.- Daños producidos por el fenómeno del niño costero 2017. ....	39
Tabla N° 2.- Área de influencia de provincias y distritos en la cuenca Rímac.....	44
Tabla N° 3.- Unidades hidrográficas en la cuenca del río Rímac .....	48
Tabla N° 4.- Determinación del Grado de Vulnerabilidad.....	55
Tabla N° 5.- Escala del nivel de Riesgo .....	56
Tabla N° 6.-Resumen de Zonificación Sísmica del Distrito. ....	58
Tabla N° 7.- Operacionalización de las Variables .....	63
Tabla N° 8.- Caudales Máximos del Rio Rímac .....	68
Tabla N° 9.- Caudales Instantáneos del Rio Rímac (m <sup>3</sup> /s).....	71
Tabla N° 10.- Caudal de diseño para un Período de 25 años.....	72
Tabla N° 11.- Caudal de diseño para un Período de 50 años.....	73
Tabla N° 12.- Caudal de diseño para un Período de 100 años.....	74
Tabla N° 13.- Resumen de Caudales para diferentes Períodos de Retorno .....	75
Tabla N° 14. - Método de Simons y Henderson .....	77
Tabla N° 15.- Valores de los factores de fondo (F <sub>b</sub> ) y de orilla (F <sub>s</sub> ).....	78
Tabla N° 16.- Valores de F <sub>b</sub> y F <sub>s</sub> .....	79
Tabla N° 17.- Valores de coeficiente de rugosidad de manning (n) .....	79
Tabla N° 18.- Valores de coeficiente de material del cauce (K) .....	80
Tabla N° 19. - Valores de coeficiente de material del cauce (m).....	80
Tabla N° 20.- Valores de ancho estable del cauce .....	80
Tabla N° 21.- Resumen de Caudales para diferentes Períodos de Retorno .....	81
Tabla N° 22. - Valores del Coeficiente de K <sub>s</sub> . ....	82
Tabla N° 23.- Valores del Coeficientes $\Phi$ .....	82
Tabla N° 24.- Caudales de diseño para Periodos de Retorno 25, 50 y 100 años ...	83
Tabla N° 25.- Resultado de Laboratorio de estudios Geotécnicos del Rio Rímac ...	89
Tabla N° 26.- Dimensiones del enrocado con periodo de retorno de 25 años .....	90
Tabla N° 27.- Dimensiones del enrocado con periodo de retorno de 50 años .....	91
Tabla N° 28.- Dimensiones del enrocado con periodo de retorno 100 años. ....	91
Tabla N° 29.- Tabulación.....	94
Tabla N° 30.- Tabulación de encuesta .....	95
Tabla N° 31.- Tabulación de encuesta .....	96
Tabla N° 32.- Tabulación de encuesta .....	97
Tabla N° 33.- Tabulación de encuesta .....	98
Tabla N° 34.- Tabulación de encuesta .....	99
Tabla N° 35.- Tabulación de encuesta .....	100
Tabla N° 36.- Tabulación de encuesta .....	101
Tabla N° 37.- Tabulación de encuesta .....	102
Tabla N° 38.- Tabulación de encuesta .....	103
Tabla N° 39.- Tabulación de encuesta .....	104
Tabla N° 40.- Tabulación de encuesta .....	105
Tabla N° 41.- Tabulación de encuesta .....	106
Tabla N° 42.- Tabulación de encuesta .....	107
Tabla N° 43.- Tabulación de encuesta .....	108
Tabla N° 44.- Tabulación de encuesta .....	109
Tabla N° 45.- Tabulación de encuesta .....	110
Tabla N° 46.- Tabulación de encuesta .....	111

Tabla N° 47.- Tabulación de encuesta .....	112
Tabla N° 48.- Tabulación de encuesta .....	113
Tabla N° 49.- Tabulación de encuesta .....	114
Tabla N° 50. - Contrastación de Hipótesis .....	115

**Índice de Figuras**

Figura N° 1.- Clasificación de Talud.....	29
Figura N° 2.- Caídas de Rocas .....	30
Figura N° 3.-Volcamiento de Trozos de rocas.....	31
Figura N° 4.-Centro de giro de la superficie de falla.....	31
Figura N° 5.- Deslizamiento traslacional de masa de suelo. ....	32
Figura N° 6.-Defensas vivas naturales.....	34
Figura N° 7.-Defensas vivas Forestadas.....	34
Figura N° 8.- Detalle de talud con enrocado. ....	37
Figura N° 9.- Eventos desencadenantes por el fenómeno del Niño Costero 2017. .	39
Figura N° 10.- Detalle del cauce, Rivera y Faja marginal.....	42
Figura N° 11.- Mapa de Ubicación de la Cuenca del río Rímac. ....	43
Figura N° 12.- Mapa de Ubicación Política de la Cuenca del río Rímac. ....	45
Figura N° 13.- Mapa delimitación hidrográfica del rio Rímac. ....	47
Figura N° 14.- Deslizamiento Típico.....	52
Figura N° 15.- Sección transversal del cauce. ....	52
Figura N° 16.- Mapa de Peligro de Deslizamiento .....	53
Figura N° 17.- Mapa de Vulnerabilidad del Malecón Rio Rímac. ....	55
Figura N° 18.- Mapa de Riesgo del Malecón Rio Rímac.....	56
Figura N° 19.- Mapa de Microzonificación Sísmica del Distrito .....	59
Figura N° 20.- Caudales Máximos del Rio Rímac. ....	71
Figura N° 21.- Sección típica del diseño de enrocado .....	93
Figura N° 22.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	95
Figura N° 23.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	96
Figura N° 24.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	97
Figura N° 25.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	98
Figura N° 26.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	99
Figura N° 27.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	100
Figura N° 28.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	101
Figura N° 29.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	102
Figura N° 30.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	103
Figura N° 31.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	104
Figura N° 32.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	105
Figura N° 33.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	106
Figura N° 34.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	107
Figura N° 35.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	108
Figura N° 36.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	109
Figura N° 37.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	110
Figura N° 38.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	111
Figura N° 39.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	112
Figura N° 40.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	113
Figura N° 41.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados .....	114

## RESUMEN

La presente investigación responde a la siguiente interrogante: ¿Por qué se produce la inestabilidad del talud en la margen derecha del río Rímac y cómo solucionar mediante la implementación con enrocado en la Urbanización Perú, del Distrito de San Martín de Porres?; el objetivo general es: Determinar que produce la inestabilidad del talud de la margen derecha del río Rímac y como solucionar mediante la implementación con enrocado en la Urbanización Perú, del distrito de San Martín de Porres, y la hipótesis general que debe verificarse es : “La inestabilidad del talud se produce por el incremento del caudal del río Rímac y su solución es mediante la implementación con enrocado”

El método de investigación es el científico y el método específico es el analítico-sintético, el tipo de investigación es aplicada, el nivel es Descriptivo-Explicativo y con un diseño No experimental; la población está conformada por las viviendas que se encuentran en la margen derecha del río Rímac; el tipo de muestreo es el probabilístico y aleatorio simple; su tamaño es de 100 viviendas de la Urbanización Perú del distrito de San Martín de Porres.

La conclusión fundamental de este estudio es que la inestabilidad de talud se produce por el incremento del caudal del río Rímac, por lo que una alternativa de solución es mediante la implementación con enrocado, lo que permitirá reducir el alto riesgo de deslizamiento (erosión); y que las entidades competentes puedan tomar acciones para mitigar o reducir los riesgos que se presentan en la zona de estudio.

**Palabras claves:** Inestabilidad del Talud, Implementación con Enrocado, incremento de caudal.

## ABSTRACT

The present investigation responds to the following question: Why is the instability of the slope on the right bank of the river Rimac and how to solve by implementing with castling in the Urbanization Peru, District of San Martin de Porres ?; The general objective is: To determine what produces the instability of the slope of the right bank of the Rímac river and how to solve it by means of the implementation with castling in the Urbanization Peru, of the district of San Martin de Porres, and the general hypothesis that must be verified is: " The instability of the slope is produced by the increase of the flow of the Rímac river and its solution is through the implementation with castling "

The research method is the scientific and the specific method is the analytical-synthetic, the type of research is applied, the level is Descriptive-Explanatory and with a non-experimental design; the population is conformed by the houses that are in the right margin of the river Rímac; the type of sampling is the simple random and probabilistic one; its size is 100 homes of the Urbanization Peru district of San Martin de Porres.

The fundamental conclusion of this study is that the slope instability is produced by the increase of the flow of the Rímac river, for which a solution alternative is by means of the implementation with castling, which will allow to reduce the high risk of landslide (erosion); and that the competent entities can take actions to mitigate or reduce the risks that arise in the study area.

**Keywords:** Slope Instability, Implementation with Castling, increase of flow

## INTRODUCCION

La presente tesis de investigación desarrolla diversos contenidos en relación a un problema identificado, en una determinada zona, debido a que en el año 2017, el fenómeno del niño costero, produjo peligros de deslizamientos ocasionando daños materiales. Para el efecto; esta investigación se ha estructurado en los siguientes capítulos:

**Capítulo I.-** En este capítulo se hace el planteamiento del problema, en donde se describe la formulación del problema, objetivos de la investigación y justificación.

**Capítulo II.-** En este capítulo se redacta el marco teórico, el cual es fundamental de un investigación; donde se redacta los antecedentes, bases teóricas y bases conceptuales, de la inestabilidad del Talud, con propuesta de implementación con enrocados. Además se detalla la hipótesis, variables, operacionalización de variables y definición de términos,

**Capítulo III.-** Se presenta la metodología de investigación, donde se presenta el nivel, tipo, diseño, población, muestra, técnicas e instrumentos de recopilación de datos y procedimientos de investigación.

**Capítulo IV.-** Se presenta los resultados de la inestabilidad del talud, con propuesta de implementación con enrocado, Asimismo el resultado de la encuesta y la tabulación, con su respectiva interpretación y gráficos.

**Capítulo V.-** En este capítulo se realiza la discusión y análisis de los resultados de la inestabilidad del Talud, con implementación de enrocado, que es generado por el incremento del caudal.

Finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones referencias bibliográficas y anexos de la tesis de investigación.

## Capítulo I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

#### 1.1. Planteamiento del Problema

El río Rímac por pertenecer a ríos de la sierra y costa tienen de ser muy caudalosos y torrentosos, porque cuentan con una pendiente muy alta, que en épocas de lluvias, aumenta el caudal, siendo un factor que provoca la inestabilidad del talud y que generan deslizamiento, por la socavación de la ribera, de la margen derecha del río Rímac.

Además, el río Rímac presenta una gran contaminación por el arrojado de relaves mineros, residuos sólidos y desmontes, estos factores provocan obstrucción en el cauce del río, provocando fuerza del agua que recae en las laderas del río; por lo tanto hay presencia de inestabilidad de talud siendo un peligro para las viviendas cercanas a las edificaciones en la Urb. Perú (Barrios marginales).

“La invasión del lecho del cauce por pobladores de San Martín de Porres, en los años 40, estrechó considerablemente el ancho del mismo. Como lo que le quitan en anchura, la corriente lo compensa aumentando en altura, y como el fondo es erosionable, se inició un proceso de profundización regresiva del lecho que creó un escalón de 17 m de altura al pie del Puente del Ejército, que amenazó esta vital estructura vial, así como la Avenida. Morales Duarez. Se tuvieron que realizar costosas obras para afianzar estas estructuras. El material de esta profundización fue transportado por la corriente colmatando el lecho en su desembocadura, lo que produjo severas inundaciones en el Callao”(Maisch Guevara, 2011).

Haciendo un comentario a lo mencionado líneas arriba, se puede decir que en la zona de estudio es considerado como zona crítica, que al tener un estrangulamiento en la ribera, hace que el flujo del agua socave, debilite las orillas y socave al cauce en gran magnitud, dando una altura de 5 a 6 m aproximadamente al nivel de las edificaciones existentes.

La margen del río Rímac, está constituido por material de suelo de relleno, no teniendo una estabilidad de terreno fijo, ya que el aumento del caudal de río y/o efectos de la fuerza de gravedad, involucra al suelo, rocas o ambos, siendo la causa del deslizamiento (erosión).

Las alteraciones que se produce en el río por el volumen del caudal, podría afectar el modo de vida a la población que está en la faja marginal.

Las autoridades locales, regionales y nacionales no hacen proyectos de sensibilización a la población para que ellos sean ojos y protejan las riberas del río, a que no arrojen basura o desmonte, y que se planifique una arborización en la margen derecha del río Rímac.

En consecuencia la inestabilidad del talud en la margen derecha del río Rímac genera peligros de deslizamiento (erosión), derrumbes e inundaciones que afectaría a las edificaciones que están al borde del río, además estos acontecimientos traerían problemas para la salud, la falta de agua potable y plagas en la urbanización Perú que comprende los barrios marginales.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Por qué se produce la inestabilidad del talud en la margen derecha del río Rímac y cómo solucionar mediante la implementación con enrocado en la Urbanización Perú del Distrito de San Martín de Porres?

### **1.2.2. Problema Específicos**

- a) ¿En qué medida la inestabilidad del talud en la margen derecha del río Rímac determina los riesgos que se presentaría por la falta de implementación con enrocado?
- b) ¿Cuál es la principal causa que produce la inestabilidad de talud en la margen derecha del río Rímac?
- c) ¿Qué periodo de retorno sería óptimo para la implementación del enrocado en la margen derecha del Río Rímac?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Práctica o Social**

La presente investigación asegura el bienestar personal, social y ambiental de las zonas urbanas que colindan con el Rio Rímac, que con este estudio de investigación sobre la inestabilidad del talud con propuesta de implementación con enrocado, se protegería a las viviendas, asimismo se trataría de conservar un recurso natural, ya que al hacer un enrocado, se podría implementar forestación en la estructura del enrocado dando una atracción turística al Distrito de San Martín de Porres.

Este estudio de investigación beneficia a la población de la Urbanización Perú que está conformada por los barrios marginales Jorge Chávez, Santa Rosa de Lima y San Pedro.

#### **1.3.2. Metodológica**

El instrumento por diseñarse y elaborarse para la investigación servirá para selección de información, asimismo para analizar los datos, los mismos que han sido guiado y orientados mediante el método Científico. La metodología utilizada servirá para investigaciones similares y con aplicación a otros temas de índole civil e hidráulica, por lo que se recomienda utilizar esta metodología como alternativa de solución implementado con enrocados.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Espacial**

El presente estudio se desarrolla en la margen derecha del río Rímac, correspondiente al tramo comprendido entre la Av. Camana y Jr. Huaraz, perteneciente a la Urbanización Perú del distrito de San Martín de Porres, en donde se encuentran los barrios marginales Jorge Chávez, Santa Rosa de Lima y San Pedro; teniendo una longitud de 1,180.00 ml. Esta zona es considerada como crítica, debido a que en el año 2017, el fenómeno del niño costero produjo daños materiales, con muy desagradables consecuencias.

### **1.4.2. Temporal**

En el presente estudio se realiza analizando, las causas de la inestabilidad del talud de la margen derecha del río Rímac dándose como una alternativa de solución la implementación con enrocados, para prevenir peligros de deslizamiento (erosión) e inundaciones. Estos peligros son causados por el incremento de lluvias en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo originando el aumento del caudal en el año 2017.

### **1.4.3. Económica**

El presente estudio de investigación está delimitado al autofinanciamiento del autor y no tiene apoyo económico del CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica) u otras instituciones afines.

## **1.5. Limitaciones**

### **1.5.1. Información**

Al no contar con información de las entidades competentes se hizo un reconocimiento de la zona, es decir un estudio de campo insitu, teniendo algunas limitaciones, ya que en la zona hay gente de mal vivir, (drogadictos, delincuentes) y por contar con equipos digitales (cámaras fotográficas) no se pudo tener alcance a algunas zonas del rio, para la toma fotográfica.

Para la realización de la encuesta también se tuvo algunas limitaciones ya que por ser zona cercana al rio Rímac, se tuvo problema de inseguridad, ya que no hay la presencia de seguridad ciudadana en la Urbanización Perú del distrito de San Martin de Porres.

### **1.5.2. Técnica**

La Municipalidad de San Martin de Porres, de la Sub gerencia de Catastro, no tienen información actualizada de los propietarios de los predios que se encuentran en la zona de estudio.

El área de Obras públicas en la Municipalidad de San Martin de Porres, no registra información técnica del río Rímac, como es estudio de suelos, topografía de la zona de estudio, estudios hidrológicos y otros que permitan tener una mejor visión del problema.

### **1.5.3. Económica**

El presente estudio de investigación está delimitado por el presupuesto, por lo que no se pudo realizar un levantamiento topográfico y los estudios de suelos.

Por la falta de presupuesto, no se pudo obtener información actualizada de los reportes del Caudal del Rio Rímac en la institución de SENHAMI.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar que produce la inestabilidad del talud en la margen derecha del rio Rímac y como solución la implementación con enrocado en la Urbanización Perú del Distrito de San Martin de Porres.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- a) Determinar el riesgo que produce la inestabilidad de talud en la margen derecha del rio Rímac para el diseño de implementación con enrocado.
- b) Identificar la causa que produce la inestabilidad del talud en la margen derecha del rio Rímac.
- c) Evaluar qué periodo de retorno seria óptimo para la implementación del enrocado en la margen derecha del rio Rímac.

## Capítulo II:

### MARCO TEORICO

#### 2.1. Antecedentes (Nacionales e internacionales)

##### Antecedentes nacionales:

a) Según Maldonado, (2016) en la monografía técnica titulado “Diseño de enrocados de protección de la relavera la esperanza-rio Tulumayo” fijo como objetivo: Diseño de enrocados de protección de la Relavera “La Esperanza” – Rio Tulumayo.

Finalmente fija como conclusiones: Se realizaron en total 2 modelamientos del río Tulumayo en la zona donde se encuentra en contacto con la plataforma del depósito de relaves “La Esperanza”, utilizando un periodo de retorno de 100 años que tiene un caudal de máximas avenidas de 124.2 m<sup>3</sup>/s; el primer modelamiento se realizó con el río en su forma inicial con ello se determinó las zonas donde ocurre el desbordamiento y el segundo se realizó con un dique de contención en las zonas de desbordamiento. Los modelamientos se realizaron utilizando el Software HEC RAS donde se obtuvieron parámetros hidráulicos como son: velocidad, tirantes y espejo de agua. En el tramo en donde se ubica la plataforma del depósito de relaves se encontraron velocidades que van desde 2.24 a 5.09 m/s y tirantes entre 1.1 y 4.24 m. Con el modelamiento del río Tulumayo se observaron las zonas en donde ocurre el desbordamiento del río, éstas se encuentran en la plataforma de la relavera “La Esperanza”.

De acuerdo a lo mencionado en el antecedentes líneas arriba se puede concluir que una defensa ribereña mientras más sea el periodo de retorno se tendría un buen diseño de enrocado, dando un vida más útil, preservando la vida de la población se encuentra cerca aun ribera del rio. Para este investigación se utiliza diferentes programas de defensas ribereñas, que ayudo a determinar el diseño de la defensas ribereña.

b) Según Olger (2014), Trabajo titulado “Diseño de enrocados de protección (riberas el rio Chili)”, Universidad Alas Peruanas que como

objetivo: Proteger la ribera del lecho a la erosión, así como áreas de cultivos, viviendas y sobre todo evitar pérdidas de vidas humanas, en caso de algún fenómeno natural.

Finalmente Fija como conclusiones: La protección se logra con revestimientos que se apoyan directamente sobre el talud de la orilla y se extienden hasta el fondo del cauce. Se construye con materiales que no pueden ser arrastrados por la corriente, generalmente enrocados. Entre estos materiales y los del cauce se suele colocar un filtro que impide que las partículas finas salgan entre los huecos de la protección debido a la turbulencia por la corriente y a las rápidas fluctuaciones de los niveles del agua. La implementación de talud con enrocado en la Urbanización Perú protege las viviendas e edificaciones están vulnerables al peligros de deslizamiento, siendo causados por el aumento del caudal, en donde se hará una uña, (base) que no permite la socavación del cauce.

Teniendo este antecedente y relacionando con nuestro tema de investigación se puede concluir que para poder diseñar una defensa ribereña se debe tener en cuenta el peligro de la erosión y también se menciona que con esta defensa ribereña se podría controlar las crecidas del río y del material de arrastres.

c) Según Álvarez Cárdenas, Robert Fernando (2015) en el curso de Hidráulica fluvial con título "Defensas ribereñas", Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, fijo como objetivos: El objetivo principal es dar a conocer la metodología de selección y cálculo del sistema de protección ribereña. Determinar la viabilidad técnica de la defensa ribereña con técnicas de defensa ribereñas como gaviones en la zona más propensa de perder superficie agrícola, en el curso del río.

Finalmente Fija como conclusiones: Se debe evaluar cuidadosamente la zona donde se construirá un controlador. Es preferible evitar franjas marginales de ríos, donde la falta de espacio jugará en contra del sistema de control y a largo plazo la presencia de este incrementará el peligro para la población que vive cerca. Para las construcciones en ríos de la selva se debe

recordar que es común que los flujos de las aguas puedan cambiar de dirección. Los estudios hidráulicos e hidrológicos deben cubrir este fenómeno. Para la evaluación económica de la construcción: hay un periodo de retorno que debe ser evaluado teniendo en cuenta los caudales máximos y eventos extraordinarios.

Este antecedente que se menciona líneas arriba nos menciona que hay tipos de defensas ribereñas como son los gaviones; que también ayuda a proteger las riberas del río.

#### **Antecedentes Internacionales:**

a) Según Elioska Galanton M, Liccett Romero M.( 2007) en la tesis de grado titulado “Descripción de las defensas Ribereñas”, Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui, Barcelona, fijo como objetivos: Describir los tipos de defensas que se deben utilizar para proteger estructuras cercanas al río.

Finalmente fija como conclusiones: El muro de gavión, es uno del más apropiado, ya que es una obra construida con materiales flexibles, que cumplen con las exigencias establecidas, y puede adecuarse a deformaciones que puedan producirse una vez puesta en funcionamiento. En muchos casos las estructuras de defensas ribereñas son dimensionadas con una falla conceptual, ya que quedan expuestas a la acción de la velocidad del agua en su base, lo cual provoca socavamiento y erosión al pie de la obra. Una solución adoptada para evitar este problema es la plataforma de deformación, que es compuesta por gaviones tipo colchón, son elementos flexibles posicionados en frente de la estructura, que al deformarse, acompañan la erosión del fondo, evitando así que esta alcance la base de la estructura y la destabilice. Las inundaciones registradas en el río Neverí, se debió a la gran pluviosidad de la cuenca trayendo como consecuencia un aumento anormal de niveles y el posterior colapso de los diques, lo que provocó el desbordamiento del caudal. Una solución para que no vuelva a suceder esta situación es mejorar los diques existentes y colocarlos a una distancia más alejada de los ríos, ya que estas zonas aluviales son

aprovechadas para la agricultura y también que la distancia es compensada con la altura, siempre y cuando se puedan alejar y no afecten la planificación de la ciudad.

El antecedente mencionado líneas arriba, describe los tipos de defensas ribereñas y nos habla de los gaviones, comparando con la investigación, tienes la misma función que es proteger la ribera del río, y que en zonas el agua natural es aprovechada para la agricultura. En nuestro tema de investigación y la zona tomada como zona crítica se encuentra en el casco urbano, por lo cual la implementación del enrocado con forestación ayudaría para un tema ambiental.

b) Según Pardo, (2014), en la tesis titulada “Influencia de la humedad inicial en la erosión hídrica de un talud”, Universidad del Bio-Bio, Concepción, fijó como objetivos: Analizar la influencia de la humedad inicial del suelo en la erosión hídrica de un talud en forma experimental.

Aplicando una metodología: experimental, Obtuvo los resultados siguientes: de este ensayo se obtendrá la escorrentía superficial y el material erodado. Finalmente fija como conclusiones: la humedad inicial tiene una influencia directa en la erosión hídrica de taludes, el material erodado presenta una tendencia exponencial a medida que aumenta la humedad inicial, obteniéndose aumentos de 0.5; 1.5 y 4 veces la cantidad de material erodado para rangos de 19%, 32% y 40% de humedad inicial respectivamente en comparación a un rango de 13%. Finalmente se puede afirmar que mientras mayor sea la escorrentía superficial provocara un aumento de material erodado de un talud.

El objetivo del antecedente mencionado líneas arriba, nos habla sobre la influencia de analizar la humedad del suelo en la erosión hídrica de un talud, que con respecto a la presente investigación se puede concluir que se debe tener en conocimiento sobre la humedad del suelo para poder determinar de cuanto es la erosión en porcentajes, causado por el incremento del caudal del río en las diferentes temporadas del año.

e) Alberti, Canales, Elizabeth (2006), tesis titulada: "Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos en taludes y su aplicación a un caso específico", universidad de el salvador, el Salvador que tiene como objetivo: Describir las diferentes técnicas de mitigación en taludes para el control de deslizamientos en taludes y aplicarlas para la solución de un problema específico.

Finalmente fija como conclusiones: Los deslizamientos en taludes son una problemática de importancia en nuestro país debido a los enormes daños humanos y materiales que ocasionan de manera casi periódica, por lo que resulta de gran importancia estudiar todos los factores que intervienen en la ocurrencia de este fenómeno para implementar las medidas de mitigación necesarias. 2. Las medidas de mitigación que pueden llevarse a cabo en los deslizamientos de taludes se clasifican en según su función en aquellas cuyo objetivo es incrementar las fuerzas resistentes al movimiento. Éstas últimas son las que más se implementan en el país. 3. La implementación de una medida de mitigación en un talud va encaminada a reducir los daños que producen los deslizamientos, ya que en ningún momento se pretende proporcionar una solución total a este problema el cual por ser de naturaleza muy cumple, no puede ser eliminado en su totalidad. El formato de evaluación de amenaza por deslizamientos en taludes presentado en este trabajo se propone solamente como una herramienta a alterna para la evaluación de amenaza por deslizamiento en taludes, y no sustituirá en ningún momento un análisis de estabilidad, ya que el formato permite obtener simplemente una idea preliminar de la estabilidad del talud y no cuantifica la estabilidad del mismo.

Cabe mencionar y concluir que lo que se busca con este antecedente es de reducir el peligro de deslizamientos, que refuerza nuestro tema de investigación ya que lo que se busca es reducir este peligro, tener un control y poder tomar medidas estructurales y no estructurales.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Inestabilidad de Talud.**

Según (Pantoja Prera, 2008, pág. 2) " Esta inestabilidad física, encontraría su estado teóricamente de equilibrio final, cuando las masas igualan sus energías, eliminando la diferencia de potencial inicial. Las fuerzas que causan la inestabilidad son la gravedad (peso de la masa) y las presiones neutras, como por ejemplo las generadas por un flujo".

En el río Rímac, la margen derecha tiene una inestabilidad de ribera, ya que el suelo es de material de relleno, y que el incremento del caudal de río, provoca una fuerza contra la ribera (Talud), teniendo como consecuencia la inestabilidad ya que la que predominara es la fuerza del flujo del río, por el suelo es de material suelto de relleno (material del río), produciendo los siguientes peligros como son el deslizamientos (erosión) o derrumbes e inundaciones.

Según Terzaghi (1950), citado por (Ospino Diazgranados, 2000, pág. 4) "un deslizamiento se puede detonar a causa de dos razones principales: Causas externas por el aumento de las fuerzas cortantes o a causas internas por una disminución de la resistencia al corte de los materiales del talud".

### **2.2.2. Estabilización de Talud**

Se define como..." Solución geotécnica integral que se implementa en un Talud, sea de terraplén, de excavación, de corte, natural u otros, capaz de incorporarle equilibrio suficiente y sostenible, que atienda los criterios gravitatorios y sísmicos, medidos por factores de seguridad, sin afectar negativamente a su entorno"...<sup>1</sup>

La estabilidad de talud del río pueden producir inestabilidad en el momento de realizar un proyecto ya sea del ámbito de la construcción de ingeniería civil, así mismo estos aspecto están relacionado a varios estudios de suelos siendo la ciencia la geotécnica. La inestabilidad de un talud en la margen de un río, puede

---

<sup>1</sup> Reglamento Nacional de Edificaciones; Norma Técnica Peruana CE – 020- "Estabilización de Suelos y Taludes

producirse por un pendiente (desnivel), por tal motivo se puede presentar por ciertas razones:

- Geológicas: laderas inestables, zonas de estrangulamientos en el río, socavación, meteorización, estratificación, etc.
- Nivel freático (variación): estaciones, obras ejecutadas por el hombre.
- Construcción de ingeniería: excavaciones o rellenos tanto de obras civiles, que se realizan en el ámbito de la minería.

### **2.2.3. Talud**

Perfil conseguido tras una excavación o terraplenado no necesariamente vertical, sino con cierto ángulo con la horizontal, llamado ángulo de talud.<sup>2</sup>

El talud constituye una estructura compleja de analizar, por el motivo de muchos aspectos, debido a que en su estudio coinciden los estudios de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable.

En la zona de estudio del margen derecha del río Rímac, se tiene un talud inclinado, en la cual se tiene una información de estudio de suelos que nos indica el tipo de material encontrado que es arena gravosos sueltos removidos por acciones antrópicas (movidas por el hombre), y se encuentra piedras de canto rodado de 3”.

Según (Alva Hurtado, 2011)” Los taludes en arenas finas, arenas limosas y limos son susceptibles a la erosión de las aguas superficiales; se deben instalar cunetas de drenaje, banquetas y plantar vegetación en dichos taludes para reducir la velocidad del agua de escorrentía y retardar la erosión. Los taludes saturados en materiales granulares están sujetos a licuación y flujo de tierra; los taludes secos a asentamientos y derrumbes. Se necesitan densidades relativas mayores del 50% para asegurar la estabilidad sísmica”.

---

<sup>2</sup> Reglamento Nacional de Edificaciones; Norma Técnica Peruana CE – 020- “Estabilización de Suelos y Taludes

#### 2.2.4. Causas de inestabilidad del Talud.

Las laderas o riberas de los ríos permanecen estables por varios años pero se pueden presentar fallas de forma imprevista debido a muchos cambios o factores topográficos, sismicidad, incremento de caudal de ríos, flujos de agua, variación de la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico (factor hombre) que modifiquen su estado natural de estabilidad, que sería en obras de ingenierías que alteran los suelos, mediante cortes a la superficie terrestre.

Para la estabilización de un Talud existente, es necesario que le profesional responsable establezca previamente situaciones de inestabilidad:

Talud colapsado, a ser reconstruido: Corresponde a los taludes afectados por la geodinámica externa asociado al derrumbe.<sup>3</sup>

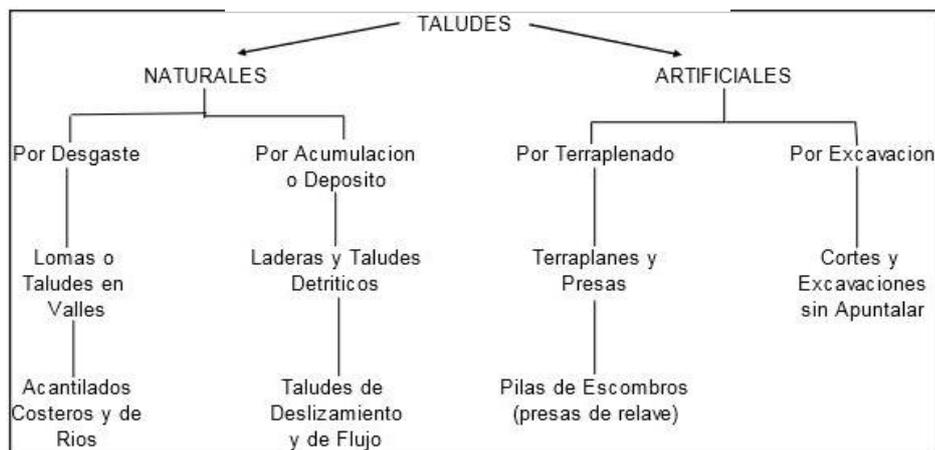
La solución geotécnica integral de estabilización del talud para esta situación mencionada, se incluirá la formulación y desarrollo del componente de evaluación de la condición de estabilidad del talud.

#### 2.2.5. Clasificación de Taludes

Naturales.- Laderas

Artificiales.- Cortes y Terraplenes.

Figura N° 1.- Clasificación de Talud



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala-Facultad de Ingeniería.

<sup>3</sup> Reglamento Nacional de Edificaciones; Norma Técnica Peruana CE – 020- “Estabilización de Suelos y Taludes

### 2.2.6. Forma de Falla de la estabilidad de un talud.

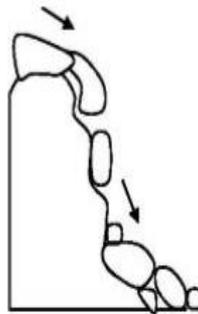
Los taludes y laderas generalmente son movimientos hacia abajo y hacia afuera de materiales que están conformados por roca, suelo natural o relleno o ambos. También otra forma de falla de estabilidad de talud es por factor antrópico (involucrado por acción del hombre).

Otra falla son por los movimientos que son causados por erosión o flujo y movimientos de masas, Estos segmentos de la ladera o riberas de los ríos pueden deslizarse por la gran capacidad de agua que puede presentar el rio en épocas de lluvias, por lo tanto esto produciría la inestabilidad del talud. En función al tipo de suelo y a los materiales que componen el talud podría presentar varios tipos de movimiento, produciendo la inestabilidad del talud, como son:

#### a) Caída

Son descenso de masas de rocas y suelos por caída libre, siendo la gravedad un factor muy importante, para esta falla, produciendo un gran deterioro del Talud. Para este tipo de falla es difícil poder ver el grado de amenaza expuesto al gran rango de rocas que pueden deslizarse.

**Figura N° 2.-** Caídas de Rocas



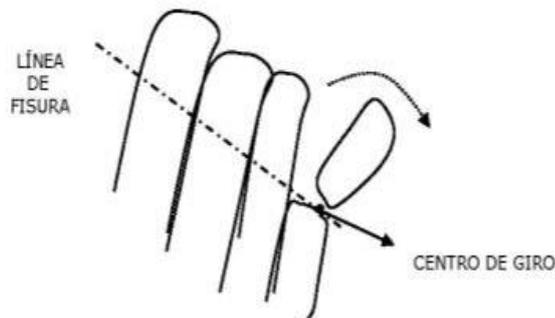
Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala-Facultad de Ingeniería

Según (Pantoja Prera, 2008, pág. 9) “El volumen de la falla depende de los diversos planos de discontinuidad y puede cubrir en un solo momento, varios planos (falla en escalera). La amenaza es difícil de predecir debido al gran rango de tamaños de bloques o piedras que pueden caer”.

### b) Volcamiento

Este movimiento es producido por la rotación e inclinación de las unidades litológicas sobre cierto pivote. Las características de esta falla son por la formación geológica y la forma y el grado de inclinación que presenta el talud. Este fenómeno se puede presentar en pequeñas zonas, o que también puede tener volúmenes en diferentes grados de material deslizado.

**Figura N° 18.-**Volcamiento de Trozos de rocas.

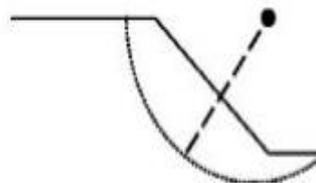


Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala-Facultad de Ingeniería.

### c) Deslizamiento rotacional

Este deslizamiento rotacional está formada por una curva, cuyo centro de giro, está por encima del centro de la gravedad del cuerpo en movimiento. Este deslizamiento presenta y posee unas series de agrietamientos que se direcciona en base al movimiento. Este movimiento causa un área inferior de deslizamiento y otra superior de hundimiento. Generando flujos de materiales por bajo del pie del deslizamiento.

**Figura N° 4.-**Centro de giro de la superficie de falla.



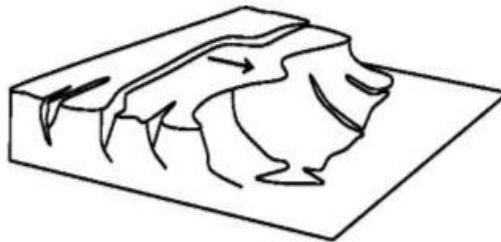
Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala-Facultad de Ingeniería

#### d) Deslizamiento traslacional

Este movimiento de masa se da hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos ondulada. Se manifiesta por roturas o fisuras que se encuentren paralelas a la superficie del talud.

En la mayoría de los caso esta falla son causados por masas de arenas o limos. Estas masas al ser deslizada o trasladada se desintegran durante la deformación.

**Figura N° 5.-** Deslizamiento traslacional de masa de suelo.



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala-Facultad de Ingeniería.

#### 2.2.7. Defensas ribereñas

Se entiende como defensa ribereña a la protección de la ribera del río por el curso o flujo del agua, nos previene de peligros de deslizamiento (erosión) e inundaciones.

También es aquella estructura construida dentro del cauce del río, cuya finalidad es encauzar, corregir o controlar el curso natural de agua.

Son utilizados para proteger y recuperar orilla erosionadas por cualquier evento presentado en la zona.

"Entendemos por defensa ribereña a las obras que protegen las márgenes o riberas de los ríos, de la acción erosiva y desborde de su flujo; construcciones que están hechas para evitar que las inundaciones destruyan la infraestructura productiva, las vías de comunicación, las propiedades públicas y privadas, las ciudades, la vida de las personas. Por lo general su trabajo es puesto a prueba en periodos de avenidas. El diseño de las estructuras para la defensa ribereña, tanto en el tamaño, ubicación y características hidráulicas, está normado dentro del marco de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y su reglamento. La Autoridad

Nacional del Agua (ANA), a través de sus organismos es la encargada de administrar, conservar y proteger los recursos hídricos de las diferentes cuencas del país, así como vigilar su aplicación y control correspondiente” (Teran, 2018)

La utilización de la protección para la estabilización de los cursos de agua naturales son necesaria para fijar el trazado del río, limitar las erosiones, proteger estructuras ribereñas (como: carreteras, ferrovías, instalaciones industriales, etc.).

Los procedimientos más comunes para proteger las márgenes de los ríos, sobre todo las exteriores de las curvas, son: los espigones, recubrimientos marginales y los diques marginales.

### **2.2.7.1. Tipos de Defensas Ribereñas**

Los tipos de defensa ribereña se tomaran de acuerdo a las medidas de prevención y control de la erosión en el cauce que se subdividen en medidas agronómicas y medidas estructurales

#### **2.2.7.1.1. Medidas Agronómicas**

Estas medidas se dividen en defensas vivas por el material que se utilizara como defensa ribereña:

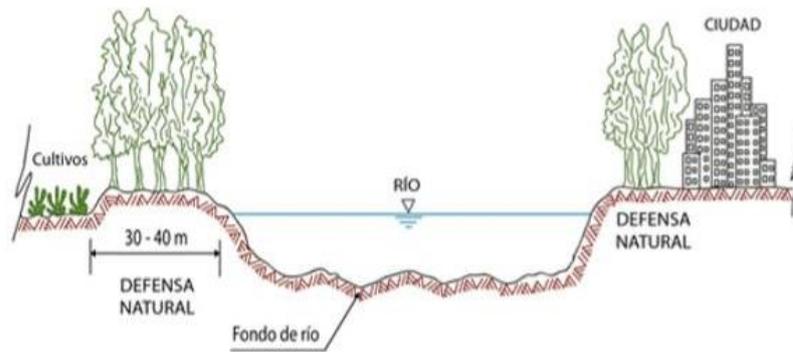
##### **a) Defensas vivas naturales**

...”Son las mejores defensas contra la inundación y la erosión del río. Constituido por variedades de árboles y arbustos de buena densidad dispuestos en ambas márgenes del lecho del río, manteniendo un ancho entre 30- 40 m. La acción del hombre, y la inadecuada explotación del área con fines de uso de madera, leña y otros, originan el debilitamiento de los cauces y riberas, ocasionando que el río se desborde provocando serios daños”...<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Manejo y Gestión de cuencas Hidrográficas – Universidad nacional agraria La Molina.

Figura N° 6.-Defensas vivas naturales.



Fuente: Manejo y Gestión de cuencas Hidrográficas – Universidad Nacional Agraria la Molina.

### b) Defensas vivas Forestadas

Esta defensa ribereña consiste en la plantación de arbustos y árboles de raíces profundas que se realiza una vez determinada la sección estable del río. La característica de esta defensa ribereña es que su densidad está en función de las de las especies. Estas plantaciones se efectúan en sectores críticos, o como complemento a las estructuras o defensa artificial. El ancho de la plantación varía en la margen de acuerdo al río que es en general de 10 a 30 m aproximadamente. Las especies de planta más usadas son huarango, el sauce, en los tipos de arbustos como el pájaro bobo, Guayaquil, carrizo, etc.

Figura N° 7.-Defensas vivas Forestadas



Fuente: Manejo y Gestión de cuencas Hidrográficas – Universidad Nacional Agraria la Molina.

### 2.2.7.1.2. Medidas Estructurales

...”Son aquellas medidas que controlan la erosión producto de la escorrentía superficial. Consisten en estructuras diseñadas sobre la base de los principios de la ingeniería. En el aspecto de diseño se toma en cuenta la hidrología e hidráulica fluvial”...<sup>5</sup>

En el estudio de la hidrología, se tiene que considerar los registros hidrológicos (descargas de los ríos) que implica tener los caudales de cada año por meses y tomar el caudal máximo y la frecuencia en la que puedan producirse en un determinado tiempo. Por lo general se recomienda 50 a 100 años de registros, anteriores al año de ejecución del proyecto de la defensa ribereña, para determinar el periodo de retorno y la descarga máxima de diseño; que a mayor periodo de retorno, tendrá más seguridad la defensa ribereña.

En el estudio de la hidráulica, se debe recabar información concerniente a pendiente, que será tomado mediando un levantamiento topográfico, sección estable, tirante, sedimentación, socavación, etc.; elementos básicos para realizar el diseño de la estructura (defensa ribereña).

Para determinar el diseño de la estructura también se hace un estudio de riesgo en la cual se trata de ver cuáles son los peligros que se presentarían en la zona de estudio, y ver si existe vulnerabilidad que están expuesto al peligro; por lo cual teniendo esta información se determina el grado de riesgo que son muy alto, alto, medio, bajo.

También el estudio de suelo también nos determinara que tipo de diseño de estructura se puede por el material que se encuentra en la zona de estudio, en el río Rímac de la margen derecha, hay un estudio de suelos de un proyecto que indica que el materiales areno gravosos sueltos removidos por acciones antrópicas.

Los tipos de estructuras de defensa ribereña para la prevención y control de la erosión de riberas son:

---

<sup>5</sup> Manejo y Gestión de cuencas Hidrográficas – Universidad nacional agraria La Molina.

## **a) Permanentes**

...”Son aquellas estructuras que se construyen utilizando concreto armado, ciclópeo, rocas y/o gaviones. Su diseño y ejecución requieren de conocimientos y experiencia especializados. Se emplean para prevenir y controlar la erosión hídrica de terrenos de cultivos y otros efectos, desviando el flujo del agua y encauzando el río en los sectores críticos. Estas estructuras son”...:<sup>6</sup>

Estas estructuras nos ayudan a la protección de las riberas del río Rímac por peligros que se presentaría por el incremento del caudal del río.

### **a.1) Enrocado de protección**

Los enrocados de protección son estructuras conformadas en base a material de río que son dispuestos en forma trapezoidal y revestido con roca pesada que son colocadas en la superficie del talud; pueden ser tramos priorizados o continuos donde se presenten flujos de agua de gran fuerza que actúen con gran poder erosivo contra la ribera del río.

Las rocas deben ser de buena calidad y las canteras deben estar ubicada a un determinada distancia, en la cual se recomienda que este los más cercano a la zona de trabajos

Las soluciones serán las típicas utilizadas en las obras viales y obras hidráulicas, entre las que destacan los enrocados pesados.

En este caso se desea proteger la margen del río ante la llegada de una avenida máxima de caudal y ante un alud, de acuerdo a la disponibilidad de materiales se procederá a la utilización de muros de enrocados tanto para proteger como para contener las estructuras antes mencionadas y evitar que se produzca daños a las edificaciones que se encuentra cerca al río.

El tipo de defensa ribereña tiene la ventaja de ser económica y de duración larga de vida, ya que el material del talud se hará con material propio de la zona, además las rocas que se colocara en la cara húmeda, son extraídas de otra zona.

---

<sup>6</sup> Manejo y Gestión de cuencas Hidrográficas – Universidad nacional agraria La Molina.

## a.2) Tipos de enrocados

Los enrocados pueden ser de dos clases:

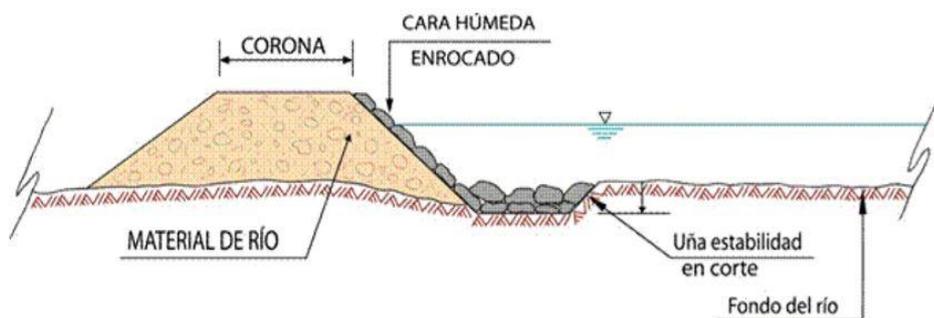
### a.2.1) Enrocados.

...”Se trata de la construcción de una estructura conformada por rocas colocadas o acomodadas con ayuda de equipos mecánicos como tractores, cargadores frontales, retro-excavador o grúas, con el objeto de proteger taludes evitando su deslizamiento (erosión) o desprendimiento”...<sup>7</sup>

Estas estructuras de enrocado tienen partes como son la uña que se realiza a nivel del cauce a 2 o 3 metros de profundidad aproximadamente para evitar la socavación y evitar el material de arrastre del talud, el talud es el revestimiento de rocas, para que cuando alcance un nivel de caudal no arrastre el material y el ancho de la corona.

Según (Vasquez et al, 2016, pág. 340) “Son estructuras revestidas con roca pesada al volteo o colocada en forma directa por los volquetes, pudiendo ser en forma parcial, sólo la cara húmeda o en forma total, uña y cara húmeda”.

**Figura N° 8.-** Detalle de talud con enrocado.



Fuente: Manejo y Gestión de cuencas hidrográficas – Universidad Nacional Agraria la Molina.

<sup>7</sup> Manejo y Gestión de cuencas Hidrográficas – Universidad nacional agraria La Molina.

### **a.2.2. Enrocado con roca colocada**

Según (Vasquez et al, 2016, pág. 340) “cuando la roca es colocada con la ayuda de un cargador frontal, excavadora o pala mecánica, en la uña y cara húmeda del terraplén. El volumen de roca empleada es menor y el talud que se logra es estable y guarda las especificaciones de diseño”.

Este tipo de enrocado es usado en caso de emergencia cuando se presente el peligro de deslizamientos (erosión) en las orillas del río.

### **2.2.8. Fenómeno del Niño Costero.**

Después de 20 años de la presencia del último Fenómeno el Niño de carácter extraordinario, nuevamente en el Perú se presentó el Niño Costero, con la ocurrencia de lluvias torrenciales que se inició en la cuarta semana del mes de diciembre de 2016 y se prolongó hasta el 31 de mayo de 2017, las cuales causaron huacos, inundaciones, deslizamientos, derrumbes, así como la ocurrencia de otros eventos propios de la emergencia como plagas y epidemias, las lluvias y los eventos asociados causaron diversos daños tanto a la vida y salud como daños materiales que afectó a la infraestructura pública.

El llamado Niño Costero, por la ubicación donde se desarrolló el evento (Costa Peruana), se puede calificar como extraordinario, ya que como es de conocimiento general, causó graves daños en muchos departamentos del Perú, por lo que el gobierno central declaró en emergencia 13 de los 24 departamentos y a la Provincia Constitucional del Callao.

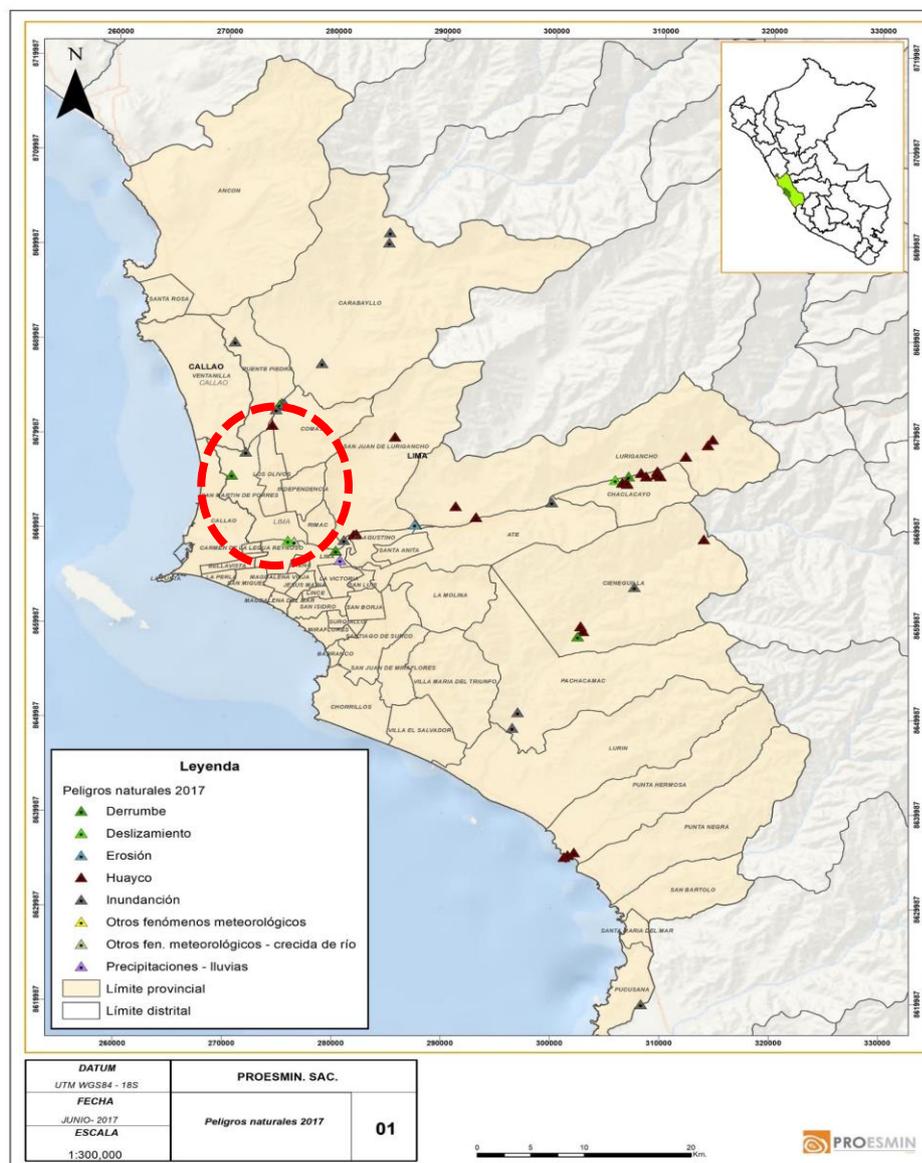
El fenómeno del niño costero afectó a lo largo del río Rímac, así como también la zona de estudio de investigación en la margen del río Rímac a la altura de la cuadra 31 y 32 de la Av. Malecón Rímac de la Urbanización Perú, produciendo deslizamiento y colapso de viviendas aledañas.

**Tabla N° 1.-**Estudio de línea de base de daños producidos por el fenómeno del niño costero 2017.

N°	Fenómeno	Longitud	Latitud	Provincia	Distrito	Fecha
01	Derrumbe	-77.04550	-12.03120	Lima	San Martin de Porres	19.05.2017
02	Inundación	-77.04550	-12.03120	Lima	San Martin de Porres	20.03.2013
03	Deslizamiento	-77.04550	-12.03120	Lima	San Martin de Porres	16.03.2017

Fuente: Elaboración de estudio de línea de base de los daños producidos por el fenómeno del Niño Costero 2017, Actualización de la evaluación del riesgo frente a peligros de sismos, inundaciones, tsunamis y de movimientos en masa en la provincia de Lima.

**Figura N° 9.-** Eventos desencadenantes por el fenómeno del Niño Costero 2017.



Fuente: Proesmin SAC.

### 2.2.9. Río

Corriente natural de agua que fluye permanente y nace de las montañas y desembocan en el mar.

...”La Fluviomorfología (Morfología Fluvial) estudia las formas fluviales y el mecanismo mediante el cual un río ha llegado a ellas. De acá es posible inferir el comportamiento futuro del río. Las formas que adopta un río pueden originarse en su propio comportamiento, ser una consecuencia de determinadas acciones externas, principalmente humanas, o una combinación de dichas posibilidades”...<sup>8</sup>

#### 2.2.9.1. Clasificación de Ríos

Los ríos se pueden dividir en dos tipos:

##### a) Ríos Aluviales

...”Los ríos aluviales, o de ancho indefinido, están cambiando constantemente de posición y forma. Su ancho es muy variable. No podemos perder de vista que los ríos que corren sobre un material aluvial tienen la tendencia a adquirir mediante un mecanismo que ha sido llamado de autoajuste, la pendiente, el ancho y el tirante correspondientes al gasto líquido. Resulta entonces claro que un río aluvial tiene tendencia a desplazamientos longitudinales y transversales y a desarrollar procesos fluviomorfológicos como erosión (degradación) y sedimentación (agradación)”...<sup>9</sup>

##### b) Ríos Confinados

Los ríos confinados no tienen la posibilidad de desplazamientos transversales (laterales). El confinamiento puede ser natural o artificial. El típico confinamiento natural se presenta cuando un río corre entre cerros. El confinamiento artificial ocurre cuando se ha construido defensas y el río está encauzado.

---

<sup>8</sup> Introducción a la Hidráulica de obras viales \_Instituto de la construcción y gerencia

<sup>9</sup> Revista técnica del Capítulo de Ingeniería Civil – Problemas en el manejo de ríos en áreas urbanas.

### **2.2.10. Los Cauces**

...”Es el “cauce por donde ordinariamente corren las aguas de un río o arroyo”, según la definición del DRAE. De acá viene la expresión “salirse de madre”, que significa salirse del cauce, “desbordarse un río”, lo que ocurre muchas veces”...<sup>10</sup>

En la ley de los recursos hídricos se mencionan los términos de riberas cauces y fajas marginales. El cauce de los ríos es un bien natural que pertenece al estado que es un dominio público, por eso las autoridades competentes son las que deben fijar en cada río, el tramo que es, para un determinado caudal que se pueden presentar en las máximas crecientes y por ello de determinar el ancho del cauce.

El presente reglamento usa las palabras “máximas Crecientes” en forma plural por que se refiere a la selección de un periodo de retorno, que está asociado a una determinada creciente, que aparece en un cierto tiempo.

Para fijar un ancho del cauce son varios modos, como son las características de un río e información de caudales en un determinado periodo.

### **2.2.11. Las Riberas**

Las riberas están contiguas a los cauces de ríos y arroyos cumplen con una variedad de funciones ecológicas, por lo que deben ser protegidas. Estas superficies han sido intervenidas por prácticas humanas, afectando tanto el medio ambiente como poniendo en peligro la integridad de las localidades vecinas a los ríos.

Las riberas de los ríos también son bienes naturales y esto se define en el reglamento de la ley de recursos hídricos.

...” Áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos y lagunas, comprendidas entre el nivel mínima de sus aguas y el nivel de su máxima creciente. Para su delimitación no se consideraran las máximas crecidas registradas par eventos extraordinarios, constituye un bien de dominio público hidráulico.”...<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Revista técnica del Capítulo de Ingeniería Civil – Problemas en el manejo de ríos en áreas urbanas.

<sup>11</sup> Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginal-Autoridad Nacional del Agua

### 2.2.12. Fajas Marginales

...”Es un área aledaña a los cauces naturales o artificiales, esta faja marginal su función es para la protección de la ribera del río...”Área inmediata superior al cauce o álveo de la fuente de agua, natural o artificial, en su máxima creciente, sin considerar los niveles de las crecientes por causas de eventos extraordinarios, constituye bien de dominio público hidráulico”...<sup>12</sup>

La faja marginal son áreas restringidas. Hay actividades que están prohibidas, no puede usarse el área para fines de asentamiento humano, es por ejemplo que no se puede construir viviendas.

El Ministerio de Agricultura, a través de sus órganos competentes establece los límites de la faja ribereña a ser respetadas como área de uso público.<sup>13</sup>

La autoridad nacional del Agua es la que autoriza para ejecución de obras de defensas ribereñas y la limpieza de los materiales ubicados en la faja marginal.

**Figura N° 10.-** Detalle del cauce, Rivera y Faja marginal.



Fuente: Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos de agua natural y artificiales- Autoridad nacional del Agua

---

<sup>12</sup> Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginal-Autoridad Nacional del Agua

<sup>13</sup> Reglamento Nacional de Edificaciones; Norma TH – 050- “Habilitaciones en riberas y laderas”

## 2.2.13. Descripción general de la Cuenca

### 2.2.13.1. Ubicación Geográfica

La cuenca del río Rímac está ubicada en las siguientes coordenadas geográficas 11°36'52" y 12°05'47" de latitud Sur y entre 76° 04' 36" de longitud oeste, esta información que es adquirida por el informe técnico que da la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Figura N° 11.- Mapa de Ubicación de la Cuenca del río Rímac.



Fuente: Autoridad Nacional del Agua.

### 2.2.13.2. Ubicación Política

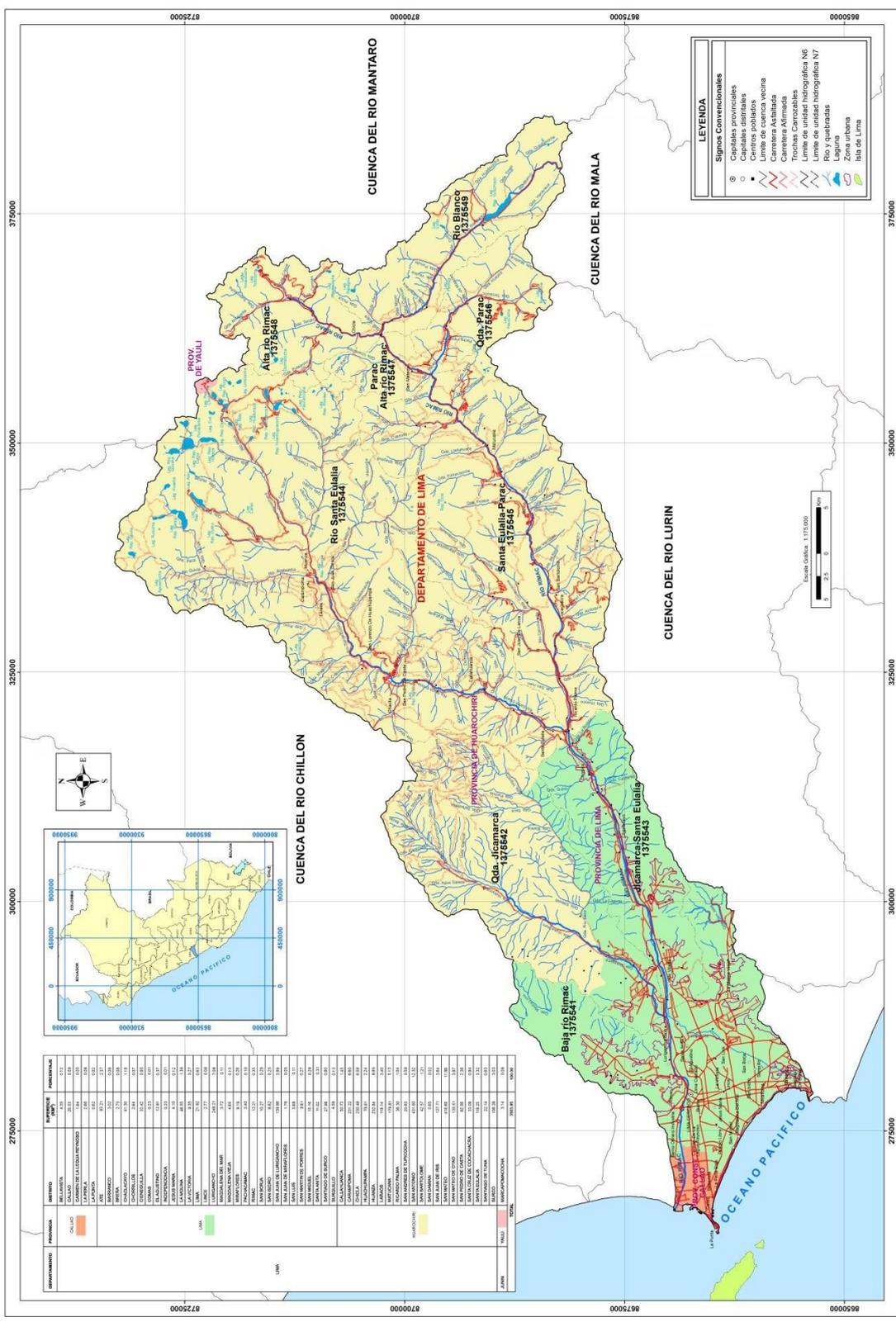
La cuenca del río Rímac está ubicada la mayor proporción en el departamento de Lima y en menor proporción en el departamento de Junín; enmarcándose en la provincia de Lima, Huarochirí y Yauli respectivamente.

**Tabla N° 2.-** Área de influencia de provincias y distritos en la cuenca Rímac

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SUPERFICIE(km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE
LIMA	CALLAO	BELLAVISTA	4.3	0.1
		CALLAO	20.5	0.6
		CARMEN DE LA LEGUA REYNOSO	1.8	0.1
		LA PERLA	2.9	0.1
		LA PUNTA	0.6	0
	LIMA	ATE	83.2	2.4
		BARRANCO	3	0.1
		BREÑA	2.8	0.1
		CHACLACAYO	41.3	1.2
		CHORRILLOS	2.6	0.1
		CIENEGUILLA	33.4	1
		COMAS	0.2	0
		EL AGUSTINO	12.9	0.4
		INDEPENDENCIA	0.3	0
		JESUS MARÍA	4.1	0.1
		LA MOLINA	48.6	1.4
		LA VICTORIA	9.4	0.3
		LIMA	21.9	0.6
		LINCE	2.8	0.1
		LURIGANCHO	248.2	7.1
		MAGDALENA DEL MAR	3.7	0.1
		MAGDALENA VIEJA	4.6	0.1
		MIRAFLORES	9.2	0.3
		PACHACAMAC	3.4	0.1
		RÍMAC	12.2	0.3
		SAN BORJA	10.3	0.3
		SAN ISIDRO	8.8	0.3
		SAN JUAN DE LURIGANCHO	139.9	4
		SAN JUAN DE MIRAFLORES	1.8	0.1
		SAN LUIS	3.7	0.1
		SAN MARTIN DE PORRES	9.6	0.3
		SAN MIGUEL	10.2	0.3
		SANTA ANITA	11	0.3
	SANTIAGO DE SURCO	28	0.8	
	SURQUILLO	4.6	0.1	
	HUAROCHIRI	CALLAHUANCA	50.7	1.4
		CAMPOMA	231.2	6.6
		CHICLA	230.5	6.6
		HUACHUPAMPA	78.6	2.2
		HUANZA	232.8	6.6
		LARAOS	119.1	3.4
		MATUCANA	179.8	5.1
		RICARDO PALMA	36.3	1
SAN ANDRES DE TUPICOCHA		20.6	0.6	
SAN ANTONIO		431.6	12.3	
SAN BARTOLOMÉ		42.6	1.2	
SAN DAMIÁN		0.9	0	
SAN JUAN DE IRIS		127.7	3.6	
SAN MATEO		416.7	11.9	
SAN MATEO DE OTAO		135.5	3.9	
SAN PEDRO DE CASTA		82.6	2.4	
SANTA CRUZ DE COCACHACRA		33.1	0.9	
SANTA EULALIA		116.3	3.3	
SANTIAGO DE TUNA		22.1	0.6	
SURCO	106.3	3		
JUNIN	YAULI	MARCAPOMACOCHA	3.1	0.1
<b>TOTAL</b>			<b>3503.9</b>	<b>100</b>

Fuente: Autoridad Nacional del Agua

Figura N° 12.- Mapa de Ubicación Política de la Cuenca del río Rímac.



Fuente: Autoridad Nacional del Agua.

### 2.2.13.3 Ubicación hidrográfica

La cuenca del Río Rímac pertenece hidrológicamente en la vertiente del pacífico; el río Rímac se inicia desde la cordillera central de los andes y su recorrido es perpendicular pasando por distritos y provincias hasta desembocar en el Océano Pacífico.

...”La cuenca del río Rímac tiene una extensión de 3503,95 km<sup>2</sup>, con una longitud de 127.02 km, la parte húmeda es aproximadamente 2303,1 km<sup>2</sup> que representa el 65,7% y corresponde a la parte alta de la cuenca”...<sup>14</sup>

Las consecuencias de las precipitaciones origina el escurrimiento original que se dan en la cuenca alta. En los meses de junio y noviembre, es una época de estiaje donde el caudal del río Rímac baja, de acuerdo a registros de la estación Chosica.

La presencia de nevados contribuye a que al descongelarse los nevados hacen que el caudal se eleve, en donde el valle aprovecha el agua del subsuelo, en la cual se puede utilizar mediante pozos.

La cuenca del río Rímac tiene una cantidad de lagunas que se encuentran en la parte alta de la cuenca. El embalse de la lagunas no son consideradas para ser utilizadas para tema del riego del valle, en la cual puede tomarse como proyecto de mejoramiento de riego de tierras cultivadas en las zonas de la sierra.

Las descargas del Río Rímac tiene las mismas características de los ríos de la costa del Perú, las descargas son irregulares.

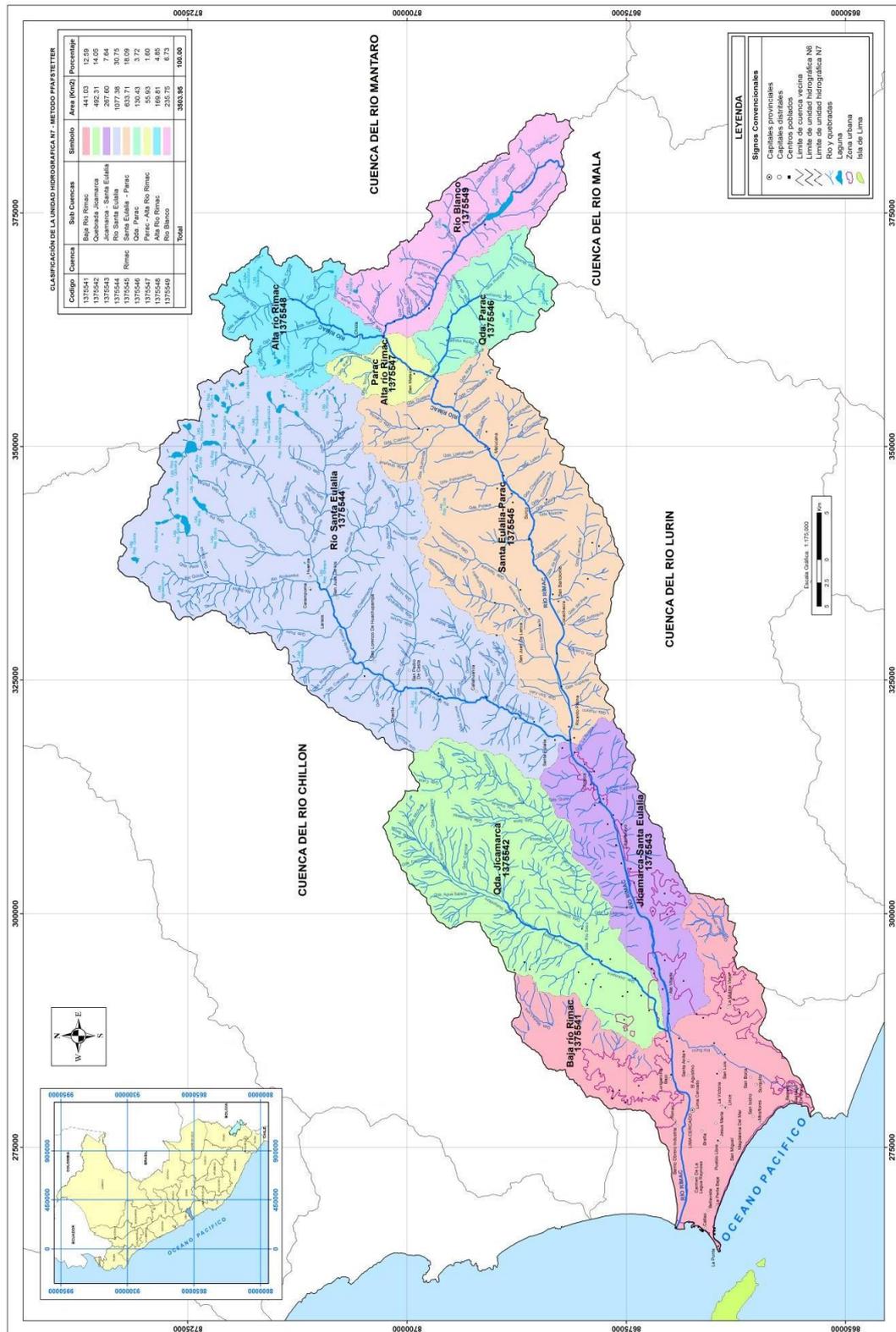
La cuenca del río Rímac se ha dividido en 09 unidades Hidrográficas esta delimitación ha sido realizado con el propósito en representar en mapas las fuentes de agua que está en dichas unidades.

Las unidades hidrográficas se muestran en la siguiente figura y cuadro siguiente:

---

<sup>14</sup> Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac

Figura N° 13.- Mapa delimitación hidrográfica del río Rímac.



Fuente: Autoridad Nacional del Agua.

Tabla N° 3.- Unidades hidrográficas en la cuenca del río Rímac

Cuenca	Unidades Hidrográficas	Superficie	
		Km <sup>2</sup>	(%)
Rímac	Bajo Rio Rímac	441.03	12.59%
	Quebrada Quicamarca	492.31	14.05%
	Jicamarca – Santa Eulalia	267.60	7.64%
	Rio San Eulalia	1077.38	30.75%
	Santa Eulalia – Parác	633.71	18.09%
	Quebrada Parác	130.43	3.72%
	Parác- Alto rio Rímac	55.93	1.60%
	Alto rio Rímac	169.81	4.85%
	Rio Blanco	235.75	6.73%
<b>Total</b>		<b>3503.95</b>	<b>100.00%</b>

FUENTE: Inventario de fuentes de aguas superficiales en la cuenca del Río Rímac.

Los orígenes del río Rímac nacen de los deshielos del nevado Uco que está en los 5100 msnm, que también se alimenta de las precipitaciones que caen en la parte alta de la cuenca. La forma de la cuenca es rectangular alargada en ella se encuentran ríos, lagunas, manantiales y quebradas, que disminuyen en los meses de julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre.

Según el informe final elaborado por el Ministerio de Agricultura y la Autoridad Nacional del Agua, indican que la topografía es muy variada entre los 1000 a 3000m, sin embargo en los 3500 msnm la topografía tiene una característica de terreno ondulada y su pendiente abarca entre los 10% y 30%.

El río Rímac cuenta con dos Sub cuencas que son la del Río Eulalia y el Río San Mateo que también tiene el nombre de Rímac, la unión de los ríos se dan en la localidad de Chosica.

#### **2.2.13.4. Hidrología Fluvial**

En la zona de estudio del malecón Rímac, el río Rímac ha presentado problemas en la margen derecha e izquierda, constituyéndose como zona crítica, para el presente estudio de investigación, en la cual se justifica la implementación del enrocado de 1180 ml, las huellas de máximas avenidas se aprecian en ambos márgenes y agua arriba del puente de la Av. Faucett, en esta zona crítica se aprecia que no se ha hecho trabajos de descolmatación y arrimado del material. El ancho del cauce establecido en la zona es aproximadamente de 10 m a 50 m.

En épocas de avenidas en los meses de diciembre a marzo el río Rímac presenta una socavación, ya que los caudales son mayores del año, donde se limpia en su totalidad el cauce del río, su pendiente es 0.00553% por encontrarse en zona baja de la cuenca.

#### **2.2.14. Hidrología del Río Rímac**

Según (Velasquez Diaz, 2011, pág. 4) “El cauce del río Rímac ha sufrido modificaciones importantes debido a la aproximación de la ciudad a este. Situación que ha dado lugar a la ocupación del cauce secundario y estrechamiento no técnicos en diferentes secciones del mismo entre la localidad de Chosica y su desembocadura”.

Según (Rocha Felices, 1998, pág. 16) “El tramo ciudadano del río Rímac, desde la fundación de la ciudad de Lima, ha sido objeto de diversas obras (puentes, bocatomas, encauzamientos, defensas) que no se han ejecutado dentro de un plan de desarrollo, que contemple el binomio río-ciudad. La consecuencia ha sido que la sucesiva construcción de obras ha alterado profundamente las condiciones naturales del río creando problemas serios”.

Es decir, se ha producido la respuesta fluvial frente a las obras realizadas. Una de las características de la ciudad de Lima es que todo el tramo ciudadano del río Rímac se encuentra desprovisto y desvinculado de un tratamiento que lo incorpore a la estética y funcionalidad de la ciudad. El río Rímac presenta problemas en casi todo su recorrido, pues el crecimiento de las ciudades ha invadido gran parte del cauce.

### **2.2.15. Los Ríos del Perú: Panorama de su aprovechamiento y control**

Los ríos en el Perú tiene diversas características, los hay de fuerte pendiente, de corto periodo, los de torrenciales, y estos desembocan al océano pacífico.

Según (Rocha Felices, 1998, pág. 12) “Las grandes civilizaciones preincaicas surgieron como consecuencia del aprovechamiento de las aguas superficiales, es decir, de la utilización de los ríos en obras de riego. Analizando lo mencionado líneas arriba, se puede decir, que esta investigación busca que la zona a estudiar ayude a concientizar a la población que los ríos son fuente natural y que hay que ser aprovechado al máximo, contribuyendo primero en no contaminar, como arrojando residuos sólidos y desmontes”.

Según (Teran, 2018) .”En su artículo menciona: Nuestras antiguas culturas pre-hispánicas eran excelentes en el manejo y administración del agua por cuencas, pues analizaron los extremos, como son las épocas de sequía y las crecientes o avenidas, con el propósito de controlar y evitar los daños. Eran expertos en obras hidráulicas, que dirigían desde el almacenamiento del agua en lagunas y cochas en las nacientes de los ríos hasta la conducción, en forma regulada, hacia el área productiva. Ejemplos: el canal “Taymi”, en Lambayeque y “La Achirana”, en Ica, etc. Machu-Picchu, es una joya mundial de la construcción urbana en laderas de cerros empinados y en zona lluviosa, estabilizadas con un sistema de drenaje pluvial y estructuras que maravillan al mundo”.

Los ríos son la única fuente de agua utilizable económicamente para el abastecimiento poblacional e industrial e irrigaciones.

Según (Rocha Felices, 1998, pág. 14) “Los ríos en general se caracterizan por su movilidad; siguen su camino por acción de la gravedad; el desnivel topográfico es la causa del desplazamiento del agua”.

## **2.2.16. Análisis de peligros**

### **2.2.16.1 Deslizamiento o erosión en cauces**

Los deslizamientos en laderas de ríos, son procesos de movilización lenta y rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por el incremento del caudal y por efecto de la fuerza de gravedad.

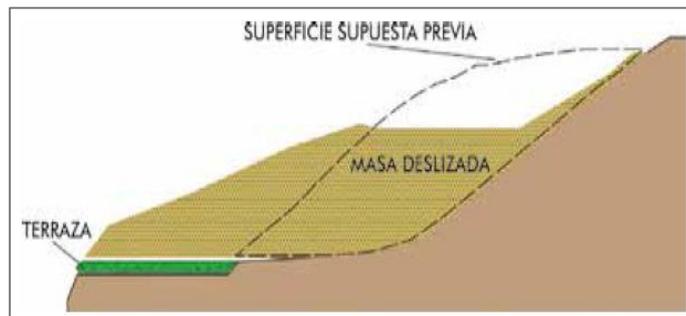
Los deslizamientos consisten en un descenso masivo de masas de terreno o relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente.

Hemos identificado que el deslizamiento del terreno cercano al río Rímac es causado por el aumento brusco del volumen y velocidad del caudal de agua en el río, erosionando las bases del talud en ambas márgenes.

Los deslizamientos que se presentaron en el año 2017 por el fenómeno del niño costero, se dio el peligro de deslizamiento (erosión) porque no cuenta con una protección en las riberas del río.

Dicho aumento del caudal, en la mayoría de los casos, es consecuencia de precipitaciones pluviales extraordinarias, donde el caudal aumenta en tales proporciones que no puede ser almacenado por el cauce del río, ocasionándose; en algunos casos, el desborde del caudal ocupando en consecuencia lechos mayores o también llamados llanuras aluviales. En otros casos se produce erosión del talud ante el aumento de la velocidad del caudal exacerbado por el material de arrastre con el consecuente deslizamiento del terreno erosionado.

Antrópicamente, las avenidas están condicionadas por la ocupación de áreas deslizables por erosión, debido a construcciones que modifican la circulación del flujo del cauce, rompiendo el equilibrio inicial existente entre los procesos de erosión y degradación. En tal sentido las características de drenaje y baja gradiente observados en el sector estudiado, permiten la acumulación de sedimentos que reducen, obstruyen y modifican el cauce de los ríos, conllevando al deslizamiento de las áreas aledañas a la margen izquierda y derecha del río Rímac.

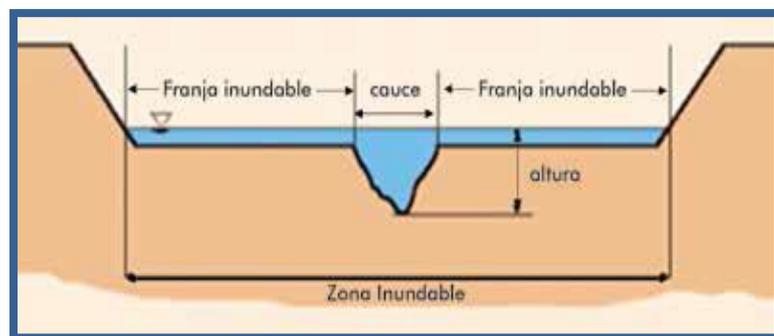
**Figura N° 14.- Deslizamiento Típico**

Fuente: MINAN

**2.2.16.2. Inundaciones**

Las inundaciones se causan cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes. Las llanuras de inundación (franjas de inundación) son áreas de superficie adyacente a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes.

La zona de estudio también está propensa a este peligro, ya que si supera la altura de la ladera podría causar este peligro.

**Figura N° 15.- Sección transversal del cauce.**

Fuente: CENEPRED

**2.2.16.3. Parámetros de evaluación de la peligrosidad Del deslizamiento**

Para el presente trabajo se han considerado los siguientes parámetros de evaluación de la peligrosidad del sismo en el distrito de San Martín de Porres:

Factores condicionantes:

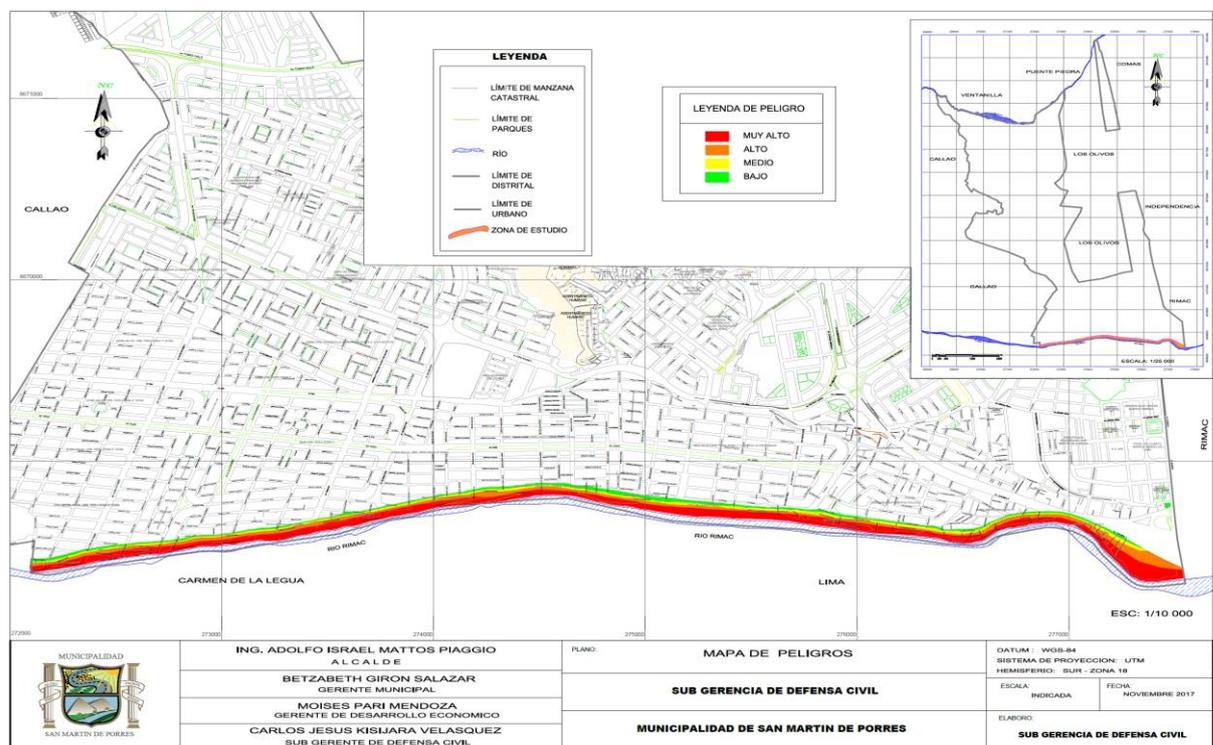
- Distancia de la fuente al punto
- Coeficientes de rugosidad (Coeficiente de Manning)
- Descargas máximas diarias ( $Q=M^3/s$ )

## Factores desencadenantes

- Precipitaciones máximas en 24 horas

Del Plan de Prevención y reducción del riesgo de Desastres (PPRD) elaborado por la municipalidad de san Martin de Porres se da como ALTO GRADO DE PELIGRO, dado por las ocurrencias que son motivados por el incremento del caudal del rio en épocas de avenidas.

**Figura N° 16.- Mapa de Peligro de Deslizamiento**



Fuente: Municipalidad Distrital de San Martín Porres.

La figura N° 16 indica los niveles de peligros por deslizamientos e inundaciones, el color rojo significa peligro muy alto

## **2.2.17. Determinación de las condiciones de vulnerabilidad por exposición, fragilidad y resiliencia.**

### **2.2.17.1. Vulnerabilidad**

Se debe determinar si los elementos expuestos son susceptibles a fenómenos de origen natural, si el elemento expuesto es susceptible pasa al análisis de la vulnerabilidad, si no lo es se desestima indicándolo en el estudio.

En el marco de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM) se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza<sup>15</sup>. Las vulnerabilidades se clasifican en dos: vulnerabilidad física y vulnerabilidad social.

#### **a.- Exposición**

La Exposición, está aludido a las decisiones y prácticas que están referidas al ser humano y a su contorno de vida social, en la zona de impacto del peligro presentado. La exposición se genera de una manera no apropiada con el ambiente que lo rodea, que se puede dar en el proceso migratorio que crece de forma desordenada y al proceso de urbanizaciones que no están planificados. A máxima exposición, máxima vulnerabilidad.

#### **b.- Fragilidad**

La Fragilidad, está referida a las condiciones que se presenta al ser humano de una manera de desventaja o debilidad y a sus medios de vida frente a un peligro. Por lo general, esto se centra en condiciones físicas de la población o sociedad, que es un de origen interno. Por ejemplo; construcción informal sin asesoramiento técnico por profesionales competentes como ingenieros y técnicos en construcción. A máxima fragilidad, máxima vulnerabilidad.

#### **c.- Resiliencia**

La Resiliencia, es referida a la asimilación o capacidad que toma el ser humano frente a la ocurrencia de un peligro. Esto se asocia a las condiciones sociales y

---

<sup>15</sup> Ley N° 29664 Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres y reglamento –D.S N° 048-2011-PCM

sobre todo a la organización de la población. A máxima resiliencia, mínima vulnerabilidad.

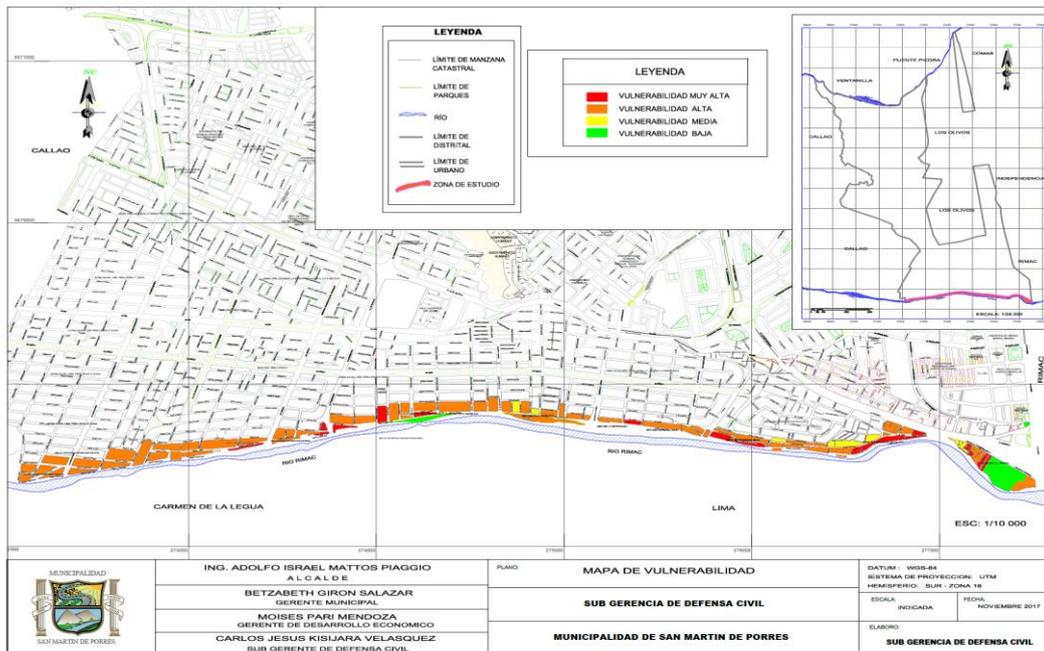
**Tabla N° 4.-** Determinación del Grado de Vulnerabilidad.

FACTOR DE VULNERABILIDAD	VARIABLE	Grado de Vulnerabilidad		
		Bajo	Medio	Alto
Exposición	(A) Localización del proyecto respecto de la localización de peligro			X
	(B) Características del terreno			X
Fragilidad	(C) Tipo de construcción			X
	(D) Aplicación de normas de construcción			X
	(E) Actividad económica de la zona			X
Resiliencia	(F) Situación de pobreza de la zona		X	
	(G) Integración institucional de la zona			X
	(H) Nivel de organización de la población			X
	(I) Conocimiento sobre ocurrencia de desastres por parte de la población		X	
	(J) Actitud de la población frente a la ocurrencia de desastres		X	
	(K) Existencia de recursos financieros para respuesta ante desastre	X		

Fuente: Municipalidad San Martín de Porres.

Del Plan de Prevención y reducción del riesgo de Desastres (PPRRD) elaborado por la municipalidad de San Martín de Porres se indica un ALTO GRADO DE VULNERABILIDAD, ante un incremento del caudal del río Rímac.

**Figura N° 17.-** Mapa de Vulnerabilidad del Malecón Río



Fuente: Municipalidad Distrital de San Martín Porres.

La figura N° 17 indica los niveles de vulnerabilidad de deslizamientos e inundaciones, el color naranja significa vulnerabilidad alto y el color rojo significa vulnerabilidad muy alto.

**2.2.18. Análisis del Riesgo**

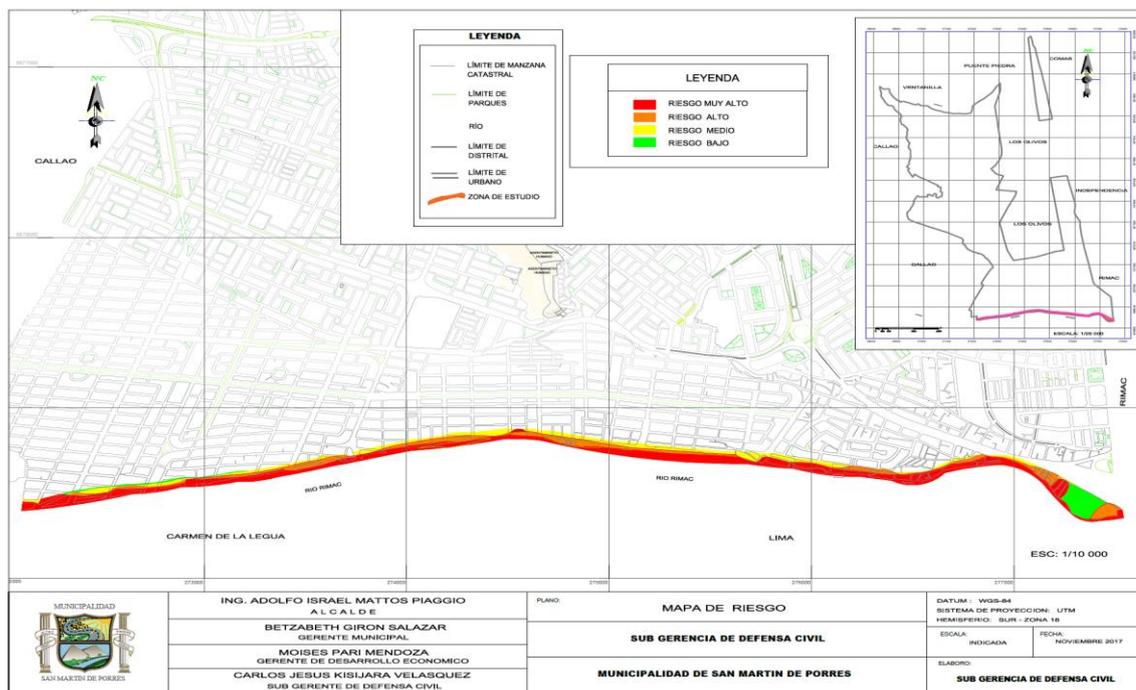
De acuerdo a los análisis desarrollados líneas arriba, en donde se conoció el nivel del peligro y el nivel de la vulnerabilidad, siendo esta una información que sirve para determinar el nivel del riesgo.

**Tabla N° 5.-** Escala del nivel de Riesgo

DEFINICION DE PELIGROS/VULNERABILIDAD	Grado de Vulnerabilidad			
	Bajo	Medio	Alto	
Grados de Peligro	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
	Medio	Bajo	Medio	Alto
	Alto	Medio	Alto	Alto

Fuente: Municipalidad Distrital de San Martín Porres.

**Figura N° 18.-** Mapa de Riesgo del Malecón Río Rímac



Fuente: Municipalidad Distrital de San Martín Porres.

La figura N° 18 indica los niveles de riesgo, el color rojo no dice que es un riesgo muy alto, el color naranja nos indica que es alto.

## **2.2.19. Gestión de Riesgo de Desastres**

### **2.2.19.1. Mitigación de Vulnerabilidad**

#### **a) Medidas estructurales**

Las medidas estructurales engloban todas aquellas construcciones que reducen o evitan el posible impacto de la inundación, incluyendo un amplio rango de obras de ingeniería civil.

#### **b) Medidas No estructurales**

Las medidas no estructurales incluyen políticas, concienciación, desarrollo del conocimiento, reglas de operación, así como mecanismos de participación pública e información a la población, de modo que puede reducirse el riesgo existente y los impactos derivados de la inundación. Buscan la reducción de la vulnerabilidad de la población en riesgo a partir del planeamiento y la gestión llevados a cabo antes, durante y después de los desastres.

### **2.2.19.2. Condiciones Sísmicas**

De las condiciones sísmicas, se puede resaltar que es necesario definir las condiciones de los suelos en Lima Metropolitana y especial del distrito de San Martín de Porres, pero las condiciones sísmicas expresadas en una clasificación de suelos, no expresa el tipo de suelo solamente, si es la integración de valores de periodos de vibración de suelo.

### **2.2.19.3. Microzonificación Sísmica del Distrito de San Martín de Porres.**

Las zonas geotécnicas sísmicas se determina con las características mecánicas y dinámicas determinadas de los suelos que conforman el terreno de cimentación del área de estudio, y las consideraciones dadas por el código de Diseño Sismoresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones ( Norma E - 030).

#### **a) Zona I**

Esta zona está conformada por los afloramientos rocosos, los estratos de grava potentes que conforman los conos de deyección de los ríos Rímac y Chillón, y los estratos de grava coluvial – aluvial de los pies de las ladera, que se encuentran a nivel superficial o cubiertos por un estrato

de material fino de poco espesor. Este suelo tiene un comportamiento rígido, con periodos de vibración natural determinados por las mediciones de micro trepidaciones que varían entre 0.1 y 0.3 s. Para la evaluación de peligros sísmico a nivel de superficie del terreno, se considera que el factor de ampliación sísmica por efecto local del suelo en esta zona es  $S= 1.0$  y el periodo natural del suelo es:  $T_s=0.4$  s, correspondiendo Suelo tipo S1 de la Norma Sismoresistente Peruana

#### b) Zona II

En esta zona se incluyen las áreas de terreno conformado por un estrato superficial de suelos granulares finos y suelos arcillosos, cuya potencias varían entre 3.00 y 10.0 m. Subyaciendo a estos estratos se encuentran la grava aluvial o grava coluvial. Los periodos predominantes del terreno determinados por las mediciones de micro trepidaciones en esta zona varían entre 0.3 y 0.5 s. Para la evaluación del peligro sísmico a nivel de superficie del terreno, se considera que el factor de ampliación sísmica por efecto local del suelo en esta zona es  $S= 1.2$  y el periodo natural del suelo es  $T_s= 0.6$  s, correspondiendo a un suelo S2 de la Norma Sismoresistente Peruana.<sup>16</sup>

**Tabla N° 6.-Resumen de Zonificación Sísmica del Distrito.**

Zonas Sísmicas	Nivel de Peligro	Periodos vibración natural( en segundos)	Factor de ampliación sísmica(S)	Periodo natural del Suelo (Ts)	Correspondencia con el Tipo de Suelo de la Norma SP
ZONA I	Bajo	0.1 a 0.3	1.0	0.4 s	S1
ZONA II	Medio	0.3 a 0.5	1.2	0.6 s	S2

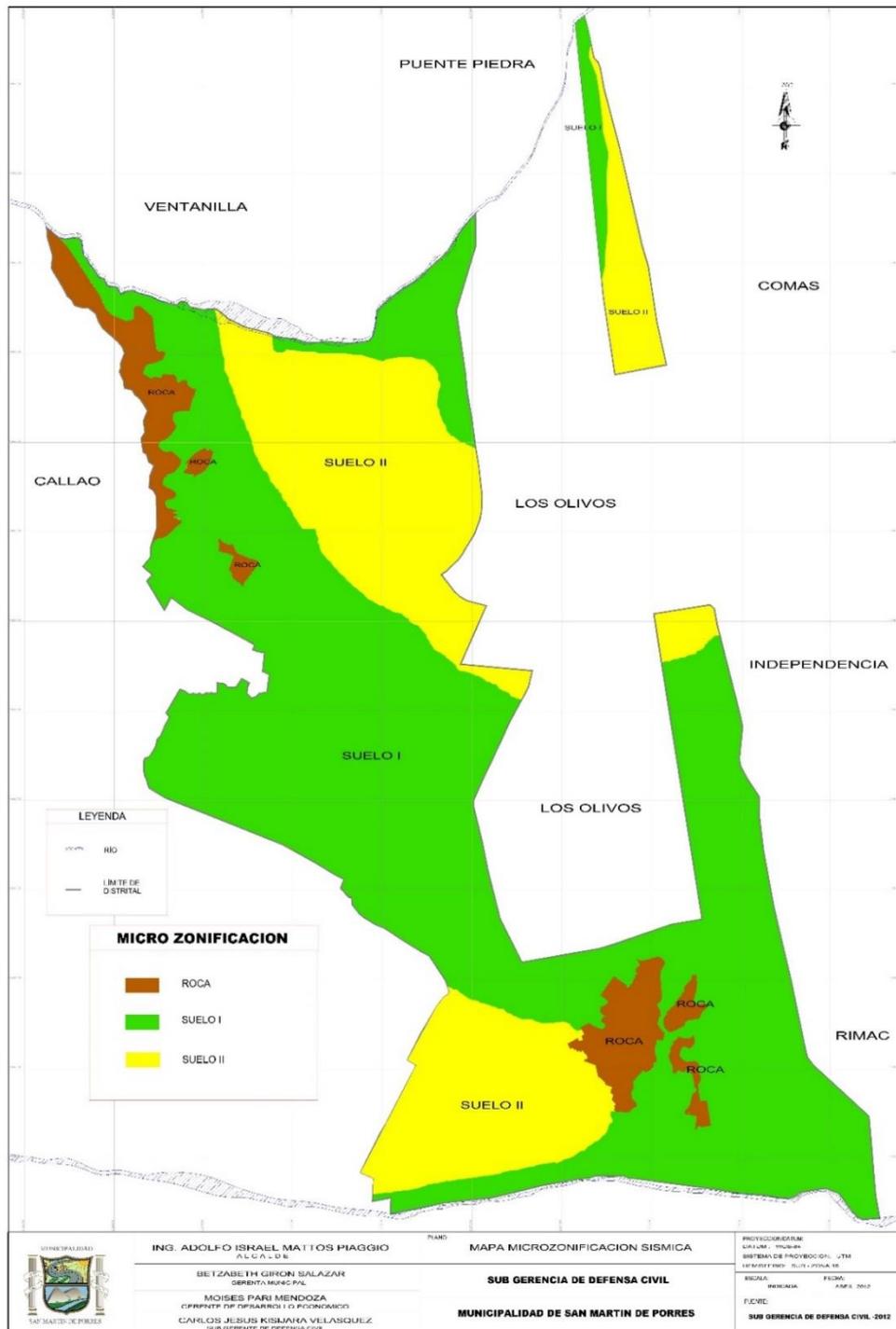
Fuente: CISMID

La información, se obtuvo del expediente: Estudio de Riesgo ante desastres con Informe N° 3- Informe final del diagnósticos de Peligros (sísmicos, Movimientos de Masas e Inundaciones) en el distrito de San Martín de Porres que fue elaborado por el Ing. Alfonso Díaz Calero en la fecha de Abril 2012. El mapa de microzonificación del distrito de San Martín de Porres no está actualizado por la

<sup>16</sup> Referencia de Informe final de peligros ( Sísmico, Movimiento de Masas e Inundaciones) del Distrito de San Martín de Porres del 2012

entidad; pero es la única información con que cuenta el distrito actualmente, hasta que se gestione un nuevo estudio de microzonificación.

Figura N° 19.- Mapa de Microzonificación Sísmica del Distrito.



Fuente: Municipalidad de San Martín de Porres.

### 2.3. Definición de términos

- **Dique.-** Puede ser de natural o construido por el hombre; estos diques ayudan a la protección del talud de la ribera del río; para prevenir deslizamientos e inundaciones.
- **Vulnerabilidad.-** es la capacidad de la persona o un grupo de personas para anticiparse, hacer frente a una amenaza o resistir los efectos causados por el hombre o también por los peligros naturales y poderse recuperar frente a estas causas.
- **Peligro.-** Situación que se asocia en la amenaza u ocasión de que ocurra un contratiempo o desgracia que afecta a una población o personas.
- **Riesgos.-** es la intersección de la vulnerabilidad que está expuesto por un peligro natural existente.
- **Deslizamiento.-** son procesos de movilización lenta y rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por el incremento del caudal y por efecto de la fuerza de gravedad.
- **Talud.-** Inclinación de un terreno que pueden clasificarse en natural como por ejemplo las laderas, y artificiales como por ejemplo cortes y terraplenes por obras civiles.
- **Faja marginal.-** Es una área contigua al cauce del río están conformadas por áreas superiores a la ribera de las fuentes del agua pueden ser natural o artificial.
- **Colmatación.-** Relleno de una cuenca sedimentaria con materiales detríticos arrastrados y depositados por el agua.
- **Descolmatación.-** Limpiar los fondos de los ríos o lagunas donde se han ido depositando residuos sólidos.
- **Estabilidad.-** Proceso físico o químico, mediante el cual se mejoran las condiciones mecánicas de un suelo.
- **Enrocado.-** Es un relleno con la parte natural superior más elevada que el suelo contiguo, para este relleno es de material de todos los tipos de rocas requerido.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

La inestabilidad del talud en la margen derecha del río Rímac, se produce por el incremento del Caudal del río y su solución es mediante la implementación con enrocado

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- a) La inestabilidad del talud en la margen derecha del Río Rímac, presenta riesgo muy alto, siendo una alternativa de solución la propuesta con la implementación con enrocado.
- b) Las causas principales que provocan la inestabilidad del talud en la margen derecha del río Rímac; son el incremento del caudal del río y la socavación del cauce.
- c) El periodo de retorno más óptimo para la implementación del enrocado en la margen derecha del río Rímac, es aproximadamente de 100 años.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición Conceptual de Variable**

#### **Variable dependiente (Y):**

##### **Inestabilidad del talud**

La inestabilidad de talud son originados por forma natural o artificial, por forma natural, son las laderas de los ríos, que por el incremento del caudal, se originan deslizamiento e erosión, originando estos peligros. Las fuerzas que causan la inestabilidad de talud son la gravedad (peso de la masa) y las presiones neutras, como por ejemplo las generadas por un flujo.

#### **Variable Independiente (X):**

##### **Implementación con enrocado:**

Se trata de la construcción de una estructura conformada por rocas colocadas o acomodadas con ayuda de equipos mecánicos como tractores, cargadores frontales, retro-excavador o grúas, con el objeto de proteger taludes evitando su deslizamiento (erosión) o desprendimiento.

### **2.5.2. Definición Operacional de Variable**

#### **Inestabilidad del Talud.-**

Para determinar la inestabilidad de talud, existen varios estudios que se pueden utilizar, como, el de suelos, el del volumen del caudal del río, el del clima siendo este último un factor determinante que solo varía en los meses de verano e invierno.

#### **Implementación con enrocado.-**

Para el análisis de implementación con enrocado, debemos tener conocimiento sobre los tipos de enrocado estructural que existen y asimismo considerar que el presupuesto, con este tipo de defensa ribereña, resulta mucho más rentable y proporciona la seguridad efectiva de lo que se busca.

### 2.5.3. Operacionalización de la Variable

Tabla N° 7.- Operacionalización de las Variables

Variables	Dimensiones		Indicadores	Código
Variable Dependiente (Y): <b>Inestabilidad de talud</b>	1	Tiempo	a) Verano	x-1-a
			b) Invierno	x-1-b
	2	Volumen	a)Máximo	x-2-a
			b)Mínimo	x-2-b
	3	Suelos	a)Grava	x-3-a
			b) Arenas	x-3-b
c)Finos			x-3-c	
Variable Independiente (X): <b>Implementación con enrocado</b>	1	Presupuesto	a) Alto	y-1-a
			b)Bajo	y-1-b
	2	Medidas Agronómicas	a)Defensas Vivas Naturales	y-2-a
			a)Defensas Vivas Forestadas	y-2-b
	3	Medidas Estructurales	a)Enrocados	y-3-a
			b)Enrocados con roca al Volteo	y-3-b
c)Estructura de concreto			y-3-c	

## Capítulo III

### METODOLOGIA

#### 3.1. Método de Investigación

En el presente trabajo de investigación se utilizó el Método Científico como método general; porque es la forma de aproximarse a la realidad, de estudiar los fenómenos de la naturaleza, la sociedad, con la finalidad de descubrir la existencia de los mismos y sus relaciones; adicionalmente se utilizó como método específico el analítico – sintético.

#### 3.2. Tipo de investigación

El tipo de estudio de la presente investigación es aplicada, porque se aplican los conocimientos teóricos a las realidades concretas para darles solución; utilizando para ello los resultados de las investigaciones básicas o puras. Están orientadas a la consecución de un logro u objetivo práctico determinado.

#### 3.3. Nivel de Investigación.

El nivel de la investigación es el Descriptivo – Explicativo; los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis y el explicativo busca relacionar la causa con el efecto fundamentalmente.

#### 3.4. Diseño de Investigación.

El diseño de estudio de la presente investigación es el no experimental, dado que su explicación señala que son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”.

### 3.5. Población y muestra.

#### 3.5.1. Población

En esta investigación la población está conformada por el distrito de San Martín de Porres de la ciudad de Lima, de la urbanización Perú, de la margen derecha del Río Rímac que comprenden entre las vías de Av. Camana y Jr. Huaraz. El Total de la población para esta zona es de 204 viviendas (aproximadamente); se trata de una población finita.

#### 3.5.2. Muestra

En este trabajo de investigación, el tipo de muestreo es el probabilístico y aleatorio simple (MAS), el tamaño de la muestra se determinó mediante la fórmula de "Arkin y Colton"; que es como sigue:

$$n = \frac{Z^2 * N(p)(q)}{(e^2) (N-1) + Z^2 (p)(q)} = n = \frac{3.84 * 204 (0.25)}{0.0025 * (203) + 0.25 (3.84)}$$

$$n = 100$$

Donde:

Z = Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza (NC) (Z=1.96)

γ = nivel de confianza (95%)

e = Margen de error (5% = 0.05)

p= Porcentaje de la población que tiene atributo deseado (p=0.5)

q= Porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado (q=0.5)

N= Tamaño de la población (N=204)

n = Tamaño óptimo de la muestra.

### **3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.**

En primer lugar, se tiene en cuenta el análisis documental, donde se considerará las fichas bibliográficas, de resumen, de textual; que nos servirán para estructurar el marco teórico referencial y conceptual de la presente investigación. Además la encuesta que nos sirve para hallar las opiniones de los sujetos del problema. Así mismo se darán cálculos para determinar el máximo caudal, y así tener el diseño del enrocado.

#### **3.6.1. Hidrología**

##### **3.6.1.1. Análisis de máximas avenidas en el río Rímac**

En el río Rímac, cuenta con información hidrométrica, consistente en caudales máximos diarios del periodo de 1912-2009 (datos con un período de 84 años), ésta información se ha utilizado para el análisis de máximas avenidas, empleando los métodos probabilísticos se obtendrá los caudales máximos para diferentes periodos de retorno.

##### **3.6.1.2. Análisis de la Información hidrométrica histórica**

Al contar con registros de aforo representativos para el lugar de estudio, se consideró el siguiente procedimiento:

- Uso de valores de Caudales máximos diarios mensuales.
- Conversión de los caudales máximos medios diarios a instantáneos mediante la aplicación del Método de Fuller.
- Procesamiento de las distribuciones de frecuencia más usuales y obtención de la distribución de mejor ajuste a los registros históricos.
- Análisis estadístico de caudales máximos para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años.

La información faltante en el registro de caudales máximos promedios diarios del río Rímac, se ha completado y extendido al período 1912-2009 correlacionando con los caudales medios naturalizados del río Rímac estación Chosica.

La información del SENAMHI, es decir los caudales máximos del río Rímac, son caudales máximos promedios diarios, significa, promedio de tres o cuatro valores o lecturas diarias, y por lo tanto no son datos instantáneos, es por eso que se ha realizado la conversión de los caudales máximos medios diarios a instantáneos mediante la aplicación del Método de Fuller, que se fundamenta en función del área de la cuenca, y ésta información de datos instantáneos es la que sirve para el análisis de máximas avenidas.

Fórmula de Fuller:

$$Q_{inst} = Q_{m\acute{a}x} \left( 1 + \frac{2.66}{A^{0.33}} \right)$$

Donde:

$Q_{inst}$  = caudal máximo instantáneo (m<sup>3</sup>/s).

$Q_{m\acute{a}x}$  = caudal máximo medio diario (m<sup>3</sup>/s).

A = área de la cuenca de interés (km<sup>2</sup>).

Se reemplaza el área de la cuenca del río Rímac 2318.22 km<sup>2</sup>, área a la estación hidrométrica, se obtiene un factor de 1.26 aproximadamente y por lo tanto la ecuación queda así:

$$Q_{inst} = 1.26 Q_{m\acute{a}x}$$

Para el diseño de estructuras hidráulicas, la información hidrométrica deben ser valores máximos instantáneos, no los valores medios diarios, sabiendo que una estructura hidráulica construida en el río debe soportar a la máxima avenida instantánea.

La metodología que se ha empleado para el análisis de máximas avenidas son funciones de distribución de probabilidades usados en el análisis de eventos extremos, tales como la distribución Log Normal de 2 parámetros, Log Normal de 3 parámetros, Gumbel y Log Pearson Tipo III.

El análisis de caudales máximos fue analizado según el método de Momentos Indirectos, mediante información hidrométrica de la estación del SENAMHI HLG-Chosica.

Tabla N° 8.- Caudales Máximos del Rio Rímac

Año	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Anual	Caudal Maximo
1912	71.260	49.910	72.660	59.650	22.150	25.830	23.130	17.540	13.710	13.360	23.870	45.120	36.516	72.660
1913	83.640	94.590	195.970	138.390	27.730	17.930	17.120	15.730	17.610	26.190	41.660	39.930	59.708	195.970
1914	46.050	70.460	87.910	29.680	26.070	13.010	12.700	11.380	12.190	14.180	19.100	44.020	32.229	87.910
1915	19.350	127.710	88.500	81.060	20.600	19.330	18.910	22.050	21.540	30.720	36.520	64.290	45.882	127.710
1916	129.270	185.690	136.280	92.570	50.930	34.710	17.940	15.990	17.630	14.970	15.770	41.040	62.733	185.690
1917	107.790	62.840	111.130	66.640	34.310	12.970	19.210	14.040	13.240	18.100	32.140	33.380	43.816	111.130
1918	152.210	128.260	143.830	32.680	36.040	21.350	28.040	16.840	17.400	15.270	17.710	70.720	56.696	152.210
1919	23.170	73.560	92.650	117.640	21.770	16.740	18.130	21.580	19.840	17.080	23.790	35.360	40.109	117.640
1920	101.290	73.350	111.210	58.100	31.430	13.000	10.820	15.430	13.070	18.240	18.240	28.700	41.073	111.210
1921	55.200	85.900	95.000	61.400	33.540	18.240	14.360	16.950	20.230	13.070	16.950	36.500	38.945	95.000
1922	32.400	63.300	99.000	69.200	45.600	11.200	11.780	10.610	13.070	16.950	20.230	62.600	37.995	99.000
1923	68.000	64.000	97.000	74.000	35.800	16.300	13.720	11.200	18.240	19.550	24.850	55.200	41.488	97.000
1924	54.500	58.800	90.500	62.620	24.850	16.950	11.200	13.720	16.300	18.900	18.900	23.870	34.259	90.500
1925	47.500	56.600	78.000	90.360	27.600	7.400	10.500	11.800	15.800	18.530	18.160	39.880	35.178	90.360
1926	59.800	115.800	187.090	57.400	35.200	17.180	11.400	12.190	14.800	14.730	19.700	50.960	49.688	187.090
1927	51.600	88.700	137.600	88.700	35.200	25.190	9.100	10.200	15.730	15.760	18.700	37.700	44.515	137.600
1928	49.700	111.220	183.490	50.600	40.300	14.000	12.100	12.100	13.190	13.100	14.700	27.500	45.167	183.490
1929	99.600	139.800	137.500	98.400	18.900	7.500	10.000	13.000	15.600	18.900	45.000	40.800	53.750	139.800
1930	81.750	55.800	320.100	42.500	67.800	35.400	12.900	14.730	11.880	15.800	20.000	18.930	58.133	320.100
1931	89.630	53.680	97.630	42.500	25.000	19.500	13.800	9.870	12.830	14.920	21.620	73.000	39.498	97.630
1932	84.750	315.000	106.500	62.500	34.000	14.520	12.270	13.450	12.670	19.200	25.690	35.400	61.329	315.000
1933	50.700	105.000	225.000	86.000	66.800	20.690	13.840	13.000	12.660	12.660	13.050	42.600	55.167	225.000
1934	83.500	160.000	200.000	71.900	41.000	25.690	18.230	12.660	12.270	15.200	14.520	13.840	55.734	200.000
1935	105.000	101.200	250.000	55.800	57.500	15.520	13.050	13.050	13.840	13.050	13.840	98.800	62.554	250.000
1936	65.500	47.400	60.500	39.600	22.190	15.200	13.050	13.050	13.050	13.050	13.050	16.230	27.656	65.500
1937	40.300	35.400	105.000	38.200	25.690	14.180	12.270	13.050	13.050	17.260	17.260	32.380	30.337	105.000
1938	96.600	175.000	130.000	65.500	35.400	15.000	13.050	13.050	13.050	13.050	13.050	20.190	50.245	175.000
1939	40.300	146.450	205.000	157.800	22.650	15.200	12.660	13.050	13.050	13.050	13.050	53.450	58.809	205.000
1940	96.600	57.500	254.500	70.800	23.110	14.180	13.050	13.050	13.050	13.050	16.230	22.270	50.616	254.500
1941	62.500	290.100	325.000	28.620	14.180	12.270	12.270	12.270	13.050	17.230	26.480	76.300	74.189	325.000
1942	184.600	315.800	125.500	42.600	28.050	14.520	13.840	13.840	13.050	13.050	13.050	27.480	67.115	315.800
1943	58.500	261.000	138.000	203.000	26.290	13.050	12.970	13.080	13.480	16.700	25.000	44.500	68.798	261.000
1944	71.900	130.000	127.300	38.500	24.700	15.000	13.040	13.050	13.030	14.500	14.300	18.500	41.152	130.000
1945	63.500	94.500	83.600	57.500	25.000	15.500	13.080	13.000	12.050	16.000	24.500	73.400	40.969	94.500
1946	134.000	105.000	185.000	113.000	35.000	17.500	14.000	13.000	14.000	15.500	32.400	53.600	61.000	185.000
1947	64.000	78.500	130.000	43.000	31.000	17.000	12.000	13.500	13.100	22.000	15.400	33.000	39.375	130.000
1948	130.000	90.000	128.000	62.000	33.000	23.000	18.000	14.000	13.150	51.000	34.000	22.600	51.563	130.000
1949	47.000	55.500	108.000	56.500	21.000	15.000	15.500	15.500	13.500	14.500	21.000	14.000	33.083	108.000
1950	80.000	98.500	79.500	55.000	33.000	17.500	14.800	13.000	13.500	13.500	18.000	58.500	41.233	98.500
1951	71.000	195.000	316.000	108.000	21.000	20.000	15.500	13.500	14.500	22.640	45.000	70.000	76.012	316.000
1952	115.000	132.000	164.000	109.000	33.000	19.000	17.000	14.000	18.000	15.000	33.000	45.000	59.500	164.000
1953	70.000	175.000	130.000	79.000	24.000	20.000	17.000	14.500	16.500	21.000	42.000	66.000	56.250	175.000
1954	72.000	202.000	180.000	42.000	24.000	20.000	16.000	15.000	14.500	18.000	36.000	28.000	55.625	202.000
1955	115.000	164.000	320.000	59.000	31.000	20.500	18.000	14.500	14.500	16.000	13.800	21.000	67.275	320.000
1956	39.000	142.000	155.000	68.000	36.000	15.000	12.700	13.200	14.800	13.800	12.400	13.100	44.583	155.000
1957	36.500	100.000	71.000	63.000	24.000	11.500	10.500	13.100	13.400	12.600	15.100	19.000	32.475	100.000
1958	40.000	99.800	94.800	27.900	21.000	11.250	12.150	11.200	12.500	15.900	16.620	14.300	31.452	99.800
1959	15.500	175.000	135.000	106.000	20.000	14.500	13.750	13.500	13.950	21.650	19.900	36.400	48.763	175.000
1960	60.900	69.000	77.400	28.100	16.000	14.100	13.850	15.000	14.300	16.800	18.200	16.850	30.042	77.400
1961	59.500	70.500	65.400	70.400	26.600	16.400	14.250	13.750	13.800	14.050	30.300	53.900	37.404	70.500
1962	84.000	76.600	84.100	49.700	28.150	15.300	15.250	16.000	15.100	14.950	16.300	29.000	37.038	84.100
1963	69.400	74.000	92.200	52.800	25.800	17.700	15.600	15.200	15.950	17.650	32.800	63.700	41.067	92.200
1964	26.700	78.800	72.500	77.300	31.800	17.700	15.600	16.000	16.450	16.950	18.200	21.740	34.145	78.800
1965	26.060	108.100	95.700	27.000	20.800	13.300	12.700	12.500	13.350	15.500	15.200	31.800	32.668	108.100
1966	72.000	54.090	100.600	30.200	24.900	15.800	17.700	14.600	15.800	30.600	27.800	42.000	37.174	100.600
1967	44.300	91.200	100.500	43.200	26.600	20.100	21.200	19.500	22.900	32.500	24.100	33.100	39.933	100.500
1968	39.900	30.100	46.400	35.500	18.900	17.300	15.600	18.900	16.750	21.800	35.800	39.400	28.029	46.400
1969	32.200	51.000	81.400	50.200	22.600	18.100	18.100	17.600	18.100	21.200	21.200	81.400	36.092	81.400
1970	158.000	58.200	88.000	57.700	41.000	23.700	20.800	19.200	22.800	22.200	19.400	55.800	48.900	158.000
1971	71.000	101.000	139.000	53.300	24.300	25.300	22.100	21.700	21.800	21.800	17.700	54.300	47.775	139.000

1972	93.000	138.000	210.000	119.000	38.600	19.200	18.200	17.300	15.300	20.400	20.000	45.100	62.842	210.000
1973	108.000	115.000	110.000	98.200	33.700	15.600	14.300	14.300	12.200	18.300	18.000	52.600	50.850	115.000
1974	59.500	67.700	79.100	49.200	19.800	14.200	11.400	15.100	19.200	17.000	17.000	15.100	32.025	79.100
1975	32.300	63.600	144.000	55.500	38.800	27.500	24.400	24.900	23.800	25.500	26.100	33.800	43.350	144.000
1976	69.000	116.000	91.100	51.100	26.100	22.800	18.000	18.000	19.000	19.400	21.000	23.400	41.242	116.000
1977	28.700	162.000	94.000	60.000	42.600	22.200	22.800	22.800	21.600	21.000	46.200	57.400	50.108	162.000
1978	98.800	151.000	61.300	46.200	21.000	20.400	20.400	19.900	18.500	20.400	22.200	51.100	45.933	151.000
1979	28.700	140.400	144.000	61.300	20.040	20.040	17.920	19.010	20.000	20.330	19.670	20.330	44.312	144.000
1980	91.500	40.110	82.400	85.000	20.510	20.510	18.400	19.050	21.650	23.940	28.560	29.400	40.086	91.500
1981	83.000	216.000	200.000	70.480	27.320	24.440	24.000	24.000	28.500	20.400	27.400	57.000	66.878	216.000
1982	57.500	72.200	65.200	58.400	41.400	38.500	32.550	35.100	27.000	30.400	47.800	33.600	44.971	72.200
1983	48.800	46.600	72.000	108.000	31.500	21.920	33.400	27.520	27.000	30.400	47.800	33.600	44.045	108.000
1984	39.000	103.500	82.800	50.700	28.700	38.080	33.600	31.040	27.840	31.920	42.560	72.000	48.478	103.500
1985	46.700	74.000	118.000	80.000	50.200	67.120	56.890	68.970	29.190	29.000	36.630	86.590	61.941	118.000
1986	164.180	154.510	158.350	98.190	113.000	32.060	29.350	34.100	26.190	26.190	26.430	54.960	76.459	164.180
1987	81.820	133.820	168.500	78.570	41.150	24.870	23.910	23.910	31.550	34.170	29.420	34.030	58.810	168.500
1988	57.770	67.630	43.400	83.000	35.400	24.520	31.400	36.680	23.600	25.280	22.400	58.560	42.470	83.000
1989	43.430	57.120	58.140	53.910	26.410	19.360	18.520	17.700	17.700	19.360	21.430	18.110	30.933	58.140
1990	35.120	21.020	26.820	18.920	16.860	15.020	13.900	11.100	13.900	31.950	38.580	38.840	23.503	38.840
1991	31.650	32.510	66.980	40.820	33.870	21.330	18.460	15.310	18.060	21.300	24.980	20.820	28.841	66.980
1992	27.520	25.570	32.880	24.720	16.290	14.850	16.380	15.180	15.510	17.300	13.630	16.880	19.726	32.880
1993	95.460	114.490	88.560	55.400	33.450	18.620	17.430	18.710	18.200	21.380	57.990	88.120	52.318	114.490
1994	85.110	133.960	132.450	76.390	47.290	27.130	25.650	24.910	24.790	28.440	25.970	36.110	55.683	133.960
1995	40.470	33.920	60.350	41.980	23.150	23.770	20.970	23.250	22.590	23.930	26.870	37.600	31.571	60.350
1996	81.320	108.930	80.360	69.790	26.880	28.240	31.500	26.180	25.250	22.910	20.830	30.740	46.078	108.930
1997	44.550	76.350	47.690	21.550	19.440	20.540	18.920	19.560	19.600	22.400	26.800	77.370	34.564	77.370
1998	109.170	120.610	92.060	74.150	50.940	29.660	27.870	24.530	27.360	31.640	32.130	32.440	54.380	120.610
1999	49.470	125.490	107.730	74.720	46.170	25.190	26.430	25.310	29.310	29.780	32.090	50.930	51.885	125.490
2000	76.650	93.880	108.580	87.770	49.920	28.910	25.370	23.900	23.700	30.680	26.840	64.590	53.399	108.580
2001	91.080	89.140	108.650	88.840	40.200	29.450	28.550	28.110	28.210	27.910	44.110	36.700	53.413	108.650
2002	41.670	65.490	76.080	65.830	29.050	21.730	22.700	23.870	29.120	31.950	43.250	45.410	41.346	76.080
2003	75.830	82.680	128.610	77.550	41.900	30.160	29.950	31.270	51.210	63.110	58.120	79.530	62.493	128.610
2004	17.760	82.000	46.500	42.590	31.980	18.100	15.170	19.000	22.280	27.510	36.310	71.730	35.911	82.000
2005	50.520	72.570	51.400	67.280	28.400	31.510	31.000	20.750	40.770	28.400	41.760	48.430	42.733	72.570
2006	42.530	71.390	101.400	118.890	43.380	29.940	43.210	24.990	25.380	17.980	28.630	53.680	50.117	118.890
2007	63.020	82.440	79.660	121.140	42.350	35.000	28.410	36.080	34.590	35.480	39.570	33.750	52.624	121.140
2008	71.480	47.790	78.640	32.730	21.190	14.690	12.620	11.230	16.170	21.910	29.220	43.270	33.412	78.640
2009	67.750	125.520	139.170	48.550	19.110	10.700	10.470	12.110	18.080	20.090	23.340	38.930	44.485	139.170
Prom	68.6811	104.0219	120.1562	66.89357	31.83551	20.29245	18.44469	18.01816	18.53214	21.0602	25.85633	42.70286	46.3746	136.0679
Desve	33.538	58.215	62.470	30.421	13.438	8.109	7.723	8.037	6.756	8.019	10.641	19.605	12.099	66.723
Max	184.600	315.800	325.000	203.000	113.000	67.120	56.890	68.970	51.210	63.110	58.120	98.800	76.459	325.000
Min	15.500	21.020	26.820	18.920	14.180	7.400	9.100	9.870	11.880	12.600	12.400	13.100	19.726	32.880

Fuente: SENAMHI

### 3.6.1.3. Análisis de frecuencia de caudales máximos

Se basa en diferentes distribuciones de frecuencia usadas en análisis de eventos hidrológicos máximos. Las distribuciones de frecuencia más usuales, en el caso de eventos máximos son:

- Distribución de Gumbel.
- Distribución de Log-Normal tipo II.
- Distribución de Levediev (Log Pearson Tipo III)

### **a) Distribución de Gumbel**

Una familia importante de distribuciones usadas en el análisis de frecuencia hidrológico es la distribución general de valores extremos, la cual ha sido ampliamente utilizada para representar el comportamiento de crecientes y sequías (máximos y mínimos).

### **b) Distribución Log Normal Tipo II**

Esta distribución es muy usada para el cálculo de valores extremos por ejemplo  $Q_{m\acute{a}x}$ ,  $Q_{m\acute{i}n}$ ,  $P_{max}$ ,  $P_{m\acute{i}n}$ . Tiene la ventaja que  $X > 0$  y que la transformación Log tiende a reducir la asimetría positiva ya que al sacar logaritmos se reducen en mayor proporción los datos mayores que los menores

### **c) Distribución de Log Levediev (Log Pearson Tipo III)**

Esta distribución ha sido una de las más utilizadas en hidrología. Como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas, se utiliza para ajustar la distribución de frecuencia de variables tales como crecientes máximas anuales, Caudales mínimos, Volúmenes de flujo anuales y estacionales, valores de precipitaciones extremas y volúmenes de lluvia de corta duración.

Su uso del análisis de frecuencia, es para predecir el comportamiento futuro de los caudales en un sitio de interés, a partir de la información histórica de caudales. Es un método basado en procedimientos estadísticos que permite calcular la magnitud del caudal asociado a un período de retorno.

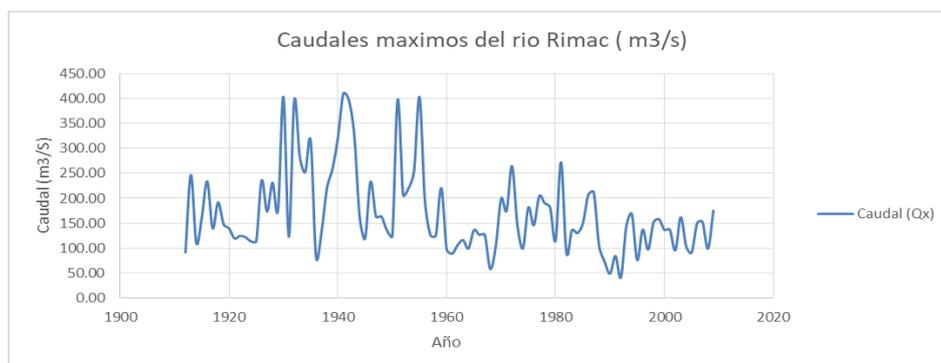
Para el análisis probabilístico, se ha basado en la información de la serie de caudales máximos instantáneos del río Rímac del período 1912-2009 (datos de 98 años). En el presente estudio, para realizar el análisis de frecuencia de las descargas máximas instantáneas del río Rímac, se ha utilizado el Software Hidrológico de River, es un programa que permite calcular las descargas máximas para diferentes períodos de retorno, considerando las funciones de distribución como: La Log-Normal de 2 parámetros, Gumbel I y Log-Pearson III y el Método de Fuller.

Tabla N° 9.- Caudales Instantáneos del Rio Rímac (m3/s)

Año	Caudal (Qx)	Año	Caudal (Qx)
1912	91.55	1961	115.36
1913	246.92	1962	311.12
1914	110.77	1963	139.57
1915	160.91	1964	202.75
1916	233.97	1965	294.80
1917	140.02	1966	176.43
1918	191.78	1967	241.65
1919	148.23	1968	186.77
1920	140.12	1969	176.56
1921	119.70	1970	150.82
1922	124.74	1971	157.17
1923	122.22	1972	154.00
1924	114.03	1973	143.68
1925	113.85	1974	143.46
1926	235.73	1975	297.02
1927	173.38	1976	218.45
1928	231.20	1977	291.31
1929	176.15	1978	221.95
1930	403.33	1979	508.19
1931	123.01	1980	155.00
1932	396.90	1981	500.09
1933	283.50	1982	357.21
1934	252.00	1983	317.52
1935	315.00	1984	396.90
1936	82.53	1985	103.99
1937	132.30	1986	166.70
1938	220.50	1987	277.83
1939	258.30	1988	325.46
1940	320.67	1989	404.04
1941	409.50	1990	515.97
1942	397.91	1991	501.36
1943	328.86	1992	414.36
1944	163.80	1993	206.39
1945	119.07	1994	150.03
1946	233.10	1995	293.71
1947	163.80	1996	206.39
1948	163.80	1997	206.39
1949	136.08	1998	171.46
1950	124.11	1999	156.38
1951	398.16	2000	501.68
1952	206.64	2001	260.37
1953	220.50	2002	277.83
1954	254.52	2003	320.70
1955	403.20	2004	508.03
1956	195.30	2005	246.08
1957	126.00	2006	158.76
1958	125.75	2007	158.44
1959	220.50	2008	277.83
1960	97.52	2009	122.88

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 20.- Caudales Máximos del Rio Rímac.



Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.1.4. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno

De acuerdo al análisis de frecuencia, da como resultado la serie de caudales máximos instantáneos del río Rímac se ajusta mejor a la Distribución Gumbel (método de máxima verosimilitud), por mostrar menor porcentaje de error estándar que otras distribuciones. Pero para el presente estudio se ha considerado los resultados de la distribución de probabilidad de LogNormal de 2 parámetros – método de máxima verosimilitud, por ser más conservador de la información. Se muestran los caudales máximos instantáneos de diseño para diferentes periodos de retorno.

### 3.6.1.5. Distribución de Caudales - TR 25

El caudal de diseño para el presente proyecto es de 346.00 m<sup>3</sup>/s, calculado con el programa RIVER para un periodo de retorno de 25 años, se detalla en el anexo de cálculos hidráulicos.

Se tomó de la estación Chosica, se consideró de los de 1912 al 2009 para los cálculos de diseño del caudal.

**Tabla N° 10.-** Caudal de diseño para un Período de 25 años

Año	Nº	Caudal	T. R.	QNor	QGum	QPear
1912	1	409.50	98.00	450.21	434.15	462.69
1913	2	403.33	49.00	396.60	388.25	404.54
1914	3	403.20	32.67	365.94	361.25	371.67
1915	4	398.16	24.50	344.44	342.00	348.79
1916	5	397.91	19.60	327.88	326.98	331.28
1917	6	396.90	16.33	314.40	314.65	317.09
1918	7	328.86	14.00	303.05	304.16	305.18
1919	8	320.67	12.25	293.22	295.03	294.91
1920	9	315.00	10.89	284.56	286.92	285.89
1921	10	283.50	9.80	276.81	279.63	277.83
1922	11	272.16	8.91	269.80	273.00	270.56
1923	12	264.60	8.17	263.39	266.91	263.93
1924	13	258.30	7.54	257.49	261.27	257.84
1925	14	254.52	7.00	252.01	256.02	252.19
1926	15	252.00	6.53	246.90	251.10	246.93
1927	16	246.92	6.13	242.10	246.48	242.01

CAUDAL DE DISEÑO - Metodos Estadisticos			
Nombre del Proyecto:		Estacion:	
EN DERECHA DEL RIO RIMAC SAN MARTIN DE PORRES		CHOSICA	
Tempo Retorno:	Registro-Año Inicio:	Registro-Años Final:	
25.00	1912	2009	
Parametros Estadisticos			
Suma de Registros	16764.00	Numero Registros	
		98	
Media	171.061	Media-Log	
		5.03435	
Desviacion Estandar	84.299	Log-Desviacion Estandar	
		0.46377	
Coficiente Asimetria	1.298	Log-Coficiente Asimetria	
		0.08096	
Coficiente Variacion	0.493	Log-Coficiente Variacion	
		0.09212	
Caudal de Diseño (m3/s)			
Met. Log.Normal	Met. Gumbel	Met. Pearson	Qdiseño
345.940	343.355	350.388	345.94
Coficiente R2			Q Diseño
0.99329	0.99285	0.99404	
RIVER-001			

### 3.6.1.6. Distribución de Caudales, TR 50

El caudal de diseño para 50 Años de período de retorno, para el río Rímac, según el Programa RIVER, es de 398.00 m<sup>3</sup>/seg, el que mejor se ajusta a la serie de datos de los caudales máximos instantáneos es la Distribución Gumbel, por mostrar menor porcentaje de error estándar que otras distribuciones. Pero para el presente estudio se ha considerado los resultados de la distribución de probabilidad de Log Normal de 2 parámetros – método de máxima verosimilitud, por ser más conservador de la información.

Tabla N° 11.- Caudal de diseño para un Período de 50 años

CAUDAL DE DISEÑO - Metodos Estadisticos						
ARCHIVOS METODOS PROCESOS						
Nombre del Proyecto: EN DERECHA DEL RIO RIMAC SAN MARTIN DE PORRES						Estacion: CHOSICA
		Tiempo Retorno:	Registro-Año Inicio:	Registro-Años Final		
		50.00	1912.00	2009.00		
<b>Parametros Estadisticos</b>						
Suma de Registros	16763.98	Numero Registros	98			
Media	171.061	Media-Log	5.03435			
Desviacion Estandar	84.299	Log-Desviacion Estandar	0.46377			
Coefficiente Asimetria	1.298	Log-Coefficiente Asimetria	0.08096			
Coefficiente Variacion	0.493	Log-Coefficiente Variacion	0.09212			
<b>Caudal de Diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>						
Met. Log.Normal	398.144	Met. Gumbel	389.588	Met. Pearson	406.200	Qdiseño
						398.144
<b>Coefficiente R2</b>						<b>Q Diseño</b>
	0.99329		0.99285		0.99404	
RIVER-001 - Existe						
Año	Nº	Caudal	T. R.	QNor	QGum	QPear
1941	1	409.50	98.00	450.21	434.15	462.69
1930	2	403.33	49.00	396.60	388.25	404.54
1955	3	403.20	32.67	365.94	361.25	371.67
1951	4	398.16	24.50	344.44	342.00	348.79
1942	5	397.91	19.60	327.87	326.98	331.27
1932	6	396.90	16.33	314.40	314.65	317.09
1943	7	328.86	14.00	303.05	304.16	305.18
1940	8	320.67	12.25	293.22	295.03	294.91
1935	9	315.00	10.89	284.56	286.92	285.89
1933	10	283.50	9.80	276.81	279.63	277.83
1981	11	272.16	8.91	269.80	273.00	270.56
1972	12	264.60	8.17	263.39	266.91	263.93
1939	13	258.30	7.54	257.48	261.27	257.83
1954	14	254.52	7.00	252.01	256.02	252.19
1934	15	252.00	6.53	246.90	251.10	246.93
1913	16	246.92	6.13	242.10	246.48	242.01

### 3.6.1.7. Distribución de Caudales, TR100

El caudal de diseño para 100 Años de período de retorno, para el río Rímac, según el Programa RIVER, es de 452.00 m<sup>3</sup>/seg, el que mejor se ajusta a la serie de datos de los caudales máximos instantáneos es la Distribución Gumbel, por mostrar menor porcentaje de error estándar que otras distribuciones. Pero para el presente estudio se ha considerado los resultados de la distribución de probabilidad de Log Normal de 2 parámetros – método de máxima verosimilitud, por ser más conservador de la información.

**Tabla N° 12.-** Caudal de diseño para un Período de 100 años

CAUDAL DE DISEÑO - Metodos Estadisticos						
ARCHIVOS METODOS PROCESOS						
Nombre del Proyecto:			EN DERECHA DEL RIO RIMAC SAN MARTIN DE PORRES			Estacion:
						CHOSICA
		Tiempo Retorno:	Registro Año Inicio:	Registro Años Final:		
		100.00	1912.00	2009		
Año	Nº	Caudal	T. R.	QNor	QGum	QPear
1912	1	409.50	98.00	450.21	434.15	462.69
1913	2	403.33	49.00	396.60	388.25	404.54
1914	3	403.20	32.67	365.94	361.25	371.67
1915	4	398.16	24.50	344.44	342.00	348.79
1916	5	397.91	19.60	327.88	326.98	331.28
1917	6	396.90	16.33	314.40	314.65	317.09
1918	7	328.86	14.00	303.05	304.16	305.18
1919	8	320.67	12.25	293.22	295.03	294.91
1920	9	315.00	10.89	284.56	286.92	285.89
1921	10	283.50	9.80	276.81	279.63	277.83
1922	11	272.16	8.91	269.80	273.00	270.56
1923	12	264.60	8.17	263.39	266.91	263.93
1924	13	258.30	7.54	257.49	261.27	257.84
1925	14	254.52	7.00	252.01	256.02	252.19
1926	15	252.00	6.53	246.90	251.10	246.93
1927	16	246.92	6.13	242.10	246.48	242.01

Parametros Estadisticos			
Suma de Registros	16764.00	Numero Registros	98
Media	171.061	Media-Log	5.03435
Desviacion Estandar	84.299	Log-Desviacion Estandar	0.46377
Coficiente Asimetria	1.298	Log-Coficiente Asimetria	0.08096
Coficiente Variacion	0.493	Log-Coficiente Variacion	0.09212

Caudal de Diseño (m3/s)			
Met. Log. Normal	451.800	Met. Gumbel	435.480
		Met. Pearson	464.426
		Qdiseño	451.800
Coficiente R2			
	0.99329	0.99285	0.99404

RIVER-001

Como resultado de los cálculos hidrológicos de la Cuenca en estudio, tenemos que el Caudal Máximo de Avenidas, para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años, calculados con los diferentes métodos con el Programa RIVER, los resultados se muestran en el cuadro que a continuación se muestra.

**Tabla N° 13.-** Resumen de Caudales para diferentes Períodos de Retorno

Cuenca	Período de Retorno (años)	Métodos Hidrológicos		
		Log Normal	Gumbel	Person III
		Q (m <sup>3</sup> /s)		
	25	346	343	350
Río Rímac	50	398	390	406
	100	452	435	464

### 3.6.2. Características hidráulicas del río

#### 3.6.2.1. Caudales de diseño

El diseño de las obras de protección en el tramo crítico del río Rímac, se llevara a cabo de acuerdo a los criterios de las normas técnicas establecidas, teniendo en cuenta los resultados del tratamiento estadístico de la información del estudio hidrológico del mismo río; el caudal máximo de diseño calculado, se ha analizado para eventos extraordinarios de avenidas para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años los cuales son:  $Q_{25} = 346$  m<sup>3</sup>/Seg,  $Q_{50} = 398$  m<sup>3</sup>/Seg y  $Q_{100} = 452$  m<sup>3</sup>/Seg respectivamente.

#### 3.6.2.2. Evaluación hidráulica de río Rímac

En la zona de estudio de ambas márgenes del río de acuerdo con la forma de las secciones transversales del río Rímac en el sector crítico, variables e irregulares la simulación del flujo en el río, y evaluación de las referentes magnitudes hidráulicas, se ha llevado a cabo por medio del paquete de programas computarizados "River Análisis System".

El programa consiste en la solución de la ecuación energética de Bernoulli, cuya forma se detalla más adelante, la solución de la ecuación indicada se lleva a cabo por medio de la evaluación de las pérdidas energéticas (AE), tanto lineales, por rozamiento y locales, debidos a las formas de la sección transversal del río.

En función de las propiedades geológicas de los contornos del cauce, se ha realizado la evaluación de las pérdidas energéticas lineales, habiéndose considerado el coeficiente rugosidad de Manning para ambas márgenes y el cauce central en situación sin proyecto y en situación con proyecto en el cauce natural por las condiciones de los materiales a utilizar en la instalación de la infraestructura de protección.

### **3.6.2.3. Morfología fluvial**

Teniendo en consideración la clasificación morfológica, el río tiene ciertos brazos ligeramente separados por islas fluviales sumergibles, en general es inestable y afecta con mayor incidencia a los terrenos colindantes a ambas márgenes, los cuales se encuentra inadecuadamente o parcialmente protegido en el tramo en estudio por piedras regadas en la ribera y rocas en los pilotes del Puente de la Av. Elmer Faucett.

Estas propiedades morfológicas en general se deben a los siguientes factores naturales a lo largo del curso del río:

- En el sector se presenta un lecho móvil con una pendiente longitudinal del cauce, por encima de 0.553 o/o.
- El flujo es torrencioso y muy erosivo en este sector, especialmente durante las crecidas.
- Irregular régimen hidrológico y enorme diferencia entre el régimen de escorrentías de las temporadas de avenidas y de estiaje.
- Ilimitada alimentación con los sólidos gruesos, tanto de las orillas como del fondo, lo que se debe a la composición de las formaciones geológicas del Valle y las propiedades litológicas del cauce.

Por lo indicado, el principal problema del Río Rímac en su curso está constituido por la inestabilidad de sus orillas y el fondo de su cauce, que afecta tanto los terrenos colindantes, como las obras ubicadas en las márgenes del río.

### 3.6.2.4. Caudal de diseño

Del análisis en el estudio hidrológico, para el cálculo de máximas avenidas del río Rímac, mediante los métodos estadísticos: Log. Normal, Gumbel, Log. Pearson y Fuller; se ha determinado que los caudales máximos instantáneos los cuales son: 346, 398 y 542 m<sup>3</sup>/s para períodos de retorno de 25, 50 y 100 años respectivamente, según el método de Log Normal Tipo II por ser el más conservador; el mismo que muestra el mejor ajuste y consistencia.

### 3.6.3. Métodos de análisis para determinar las características hidráulicas del río Rímac

Para el desarrollo de los métodos de la hidráulica fluvial que han aportado varios investigadores en esta temática, para determinar los valores de las características hidráulicas del río Rímac, se ha teniendo en cuenta la pendiente en m/m y el caudal para el cálculo del ancho estable del cauce (B), los cuales son cinco métodos que a continuación se detalla:

**i) Método de Petits**, esta fórmula está en función del caudal de diseño.

$$B = 4.44Q^{0.5}$$

B = Ancho estable (m)

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

**ii) Método de Simons y Henderson**, está basado en la teoría de régimen estable y está en función del caudal de diseño y de las condiciones de fondo del río. Se debe acceder a la tabla de valores a la siguiente tabla.

**Tabla N° 14.** - Método de Simons y Henderson

B = K <sub>1</sub> Q <sup>1/2</sup>	
Fondo y Orillas de Arena	K <sub>1</sub> = 5.70
Fondo Arena y Orillas de Material Cohesivo	K <sub>1</sub> = 4.20
Fondo y Orillas de Material Cohesivo	K <sub>1</sub> = 3.60
Fondo y Orillas del Cauce de Grava	K <sub>1</sub> = 2.90
Fondo Arena y Orillas de Material No Cohesivo	K <sub>1</sub> = 2.80

Incluye condiciones del tipo de fondo y orilla del río. Obtenemos un cálculo final del ancho "B"

### Fórmula de Simons y Henderson

$$B = K Q^{1/2};$$

B = Ancho estable (m)

K = Condiciones de fondo de río (2.9 fondo y orillas del cauce de grava).

iii) **Método de Blench y Altunin**, basado en la teoría de régimen estable y en función del caudal de diseño, factor de fondo (Fb) y en el factor de orilla (Fs).

Fb y Fs, tienen en cuenta la concentración del material transportado en suspensión, el diámetro de las partículas de fondo y la resistencia de las orillas a ser erosionada.

Un factor de orilla (Fs) puede tomar los siguientes valores:

- Orilla de barro y arena toma el valor de Fs: 0.1.
- Orilla de barro, arcilla, fangosa toma un valor de Fs: 0.2.
- Orilla de material muy cohesivo, toma un valor de fs: 0.3.
- El factor de fondo Fb, es evaluado mediante las expresiones siguientes:

Si el canal arrastra poco sedimento y el fondo es arenoso, emplear la siguiente:

Expresión:  $Fb = 1.9 \sqrt{D}$ , donde "D" es el diámetro medio de las partículas, en mm.

Si existe arrastre de sedimentos y el fondo es arenoso, emplear la siguiente expresión:

$$Fb = 1.9\sqrt{D}(1 + 0.012Cs) \quad \text{o} \quad Fb = (d_{50})^{1/3}$$

Los valores recomendables de Fb y Fs, se usarán los valores apropiados:

**Tabla N° 15.-** Valores de los factores de fondo (Fb) y de orilla (Fs)

B = 1.81(Q FB/FS) <sup>1/2</sup>	
Factor de fondo (fb)	Factor de orilla (Fs)
0.80 – Materiales Finos (DM<0.50 MM)	©0.10 – Materiales Suelos
© 1.20 – Materiales Gruesos (DM>0.50MM)	0.20 – Materiales Ligeramente Cohesivos
	0.30 – Materiales Cohesivos

**Fórmula de Blench Altunin (basado en un régimen estable)**

Se aplica la formula  $B= 1.81 (Q F_b/F_s)^{1/2}$ . Dónde:

B = Ancho estable (m)

Q = Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

F<sub>b</sub> = Factor de fondo de cauce de río (ver Tabla)

F<sub>s</sub> = Factor de orilla de cauce de río (ver Tabla)

**Tabla N° 16.- Valores de F<sub>b</sub> y F<sub>s</sub>**

<b>FACTOR DE FONDO</b>	<b>F<sub>b</sub></b>
Material fino	0.8
Material grueso	1.2
<b>FACTOR DE ORILLA</b>	<b>F<sub>s</sub></b>
Material suelto (Barro y arena)	0.1
Materiales ligeramente cohesivos (barros)	0.2
Materiales cohesivos	0.3

**iv) Método Manning y Strickler**, basado en la teoría de régimen estable y en función del caudal de diseño, pendiente del tramo en estudio (m/m), coeficiente de rugosidad (n) y coeficiente de material de cauce (k) y el coeficiente de tipo de río (m) se puede tomar los siguientes valores:

**Tabla N° 17.- Valores de coeficiente de rugosidad de manning (n)**

Descripción	n
Cauce con fondo solido sin irregularidades	0.025
Cauces de rio con acarreo irregular	0.030 - 0.029
Cauces de ríos con Vegetación	0.033 - 0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	0.033
Cauces de Rio con fuerte transporte de acarreo	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.040 - 0.036
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	0.045 - 0.050

**Tabla N° 18.-** Valores de coeficiente de material del cauce (K)

Descripción	K
Material de cauce muy resistente	3 a 4
Material fácilmente erosionable	16 a 20
Material aluvial	8 a 12
Valor practico	10

**Tabla N° 19. -** Valores de coeficiente de material del cauce (m)

Descripción	m
Para ríos de montaña	1.0
Para cauces arenosos	0.7
Para cauces aluviales	0.5

**Fórmula de Manning y Strickler (basado en un régimen estable)**

Se aplica la formula  $B = (Q^{1/2} / S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$ .

Dónde: B = Ancho estable (m)

Q = Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

S = Pendiente de tramo del río (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad (ver Tabla)

K = Coeficiente de rugosidad del material del río (ver Tabla)

m = Coeficiente de rugosidad del tipo de río (ver Tabla)

**v) Recomendación práctica,** esta opción está en función del caudal para acceder utilizamos la tabla de valores siguientes:

**Tabla N° 20.-** Valores de ancho estable del cauce

Recomendación Práctica	
Q (m <sup>3</sup> /s)	Ancho estable de cauce (B)
3000.00	200.00
2400.00	190.00
1500.00	120.00
1000.00	100.00
500.00	70.00
<b>452</b>	<b>70</b>

### 3.6.3.1. Calculo del ancho de equilibrio

Se ha determinado el ancho de equilibrio del río Rímac, teniendo como base las propiedades hidráulicas y sedimentarias del cauce de una corriente equilibrada, que nos muestra las tendencias, tanto de erosión y socavación, como de colmatación, existen relaciones fuertes que se pueden expresar por medio de ecuaciones matemática explícitas.

Se ha calculado el ancho estable del río Rímac, para el sector de estudio en el malecón del río Rímac en la margen derecha, cuya aplicación ha sido con el Programa RIVER, el cual se muestra en el cuadro.

**Tabla N° 21.-** Resumen de Caudales para diferentes Períodos de Retorno

Periodo de Retorno ( Años)	Caudal ( m3/s)	Ancho Estable (m)
25	346	27.00
50	398	27.64
100	452	28.23

### 3.6.4. Velocidad del flujo del agua

#### a) Cálculo del tirante de Método de Manning y Strickler

Finalmente se podrá apreciar los valores del ancho estable del río “B”, mediante los 4 métodos. Sección teórica del cauce, comprende calcular el tirante (Y), ancho (T), área (A), Perímetro, velocidad y N° Fraude; mediante el método de Manning y Strickler.

$$V = K_s R^{2/3} S^{1/2}$$

$$Y = (Q / (K_s * b * S^{0.5}))^{3/5} \text{ m}$$

$$F = V / (g * A / T)^{1/2}$$

Donde:

Ks, Inversa del coeficiente de rugosidad,

V, Velocidad en m/s,

R, Radio hidráulico,

S, Pendiente

Y, Tirante hidráulico,

Q, Caudal en m3/s,

b, Ancho medio de la sección estable

A, Área mojada (m<sup>2</sup>)

Valores para Ks

**Tabla N° 22.** - Valores del Coeficiente de Ks.

Descripción	Ks
Lechos naturales de río con fondo sólido sin irregularidades	40
Lechos naturales de río con acarreo regular	33-35
Lechos naturales de río con vegetación	30-35
Lechos naturales de río con derrubio e irregularidades	30
Lechos naturales de río con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con derrubios gruesos (piedras = 0.20m con acarreo inmóvil)	25-28
Torrentes con derrubio grueso con acarreo móvil	19-22

Fuente: ACI-UNI, diseño de obras hidráulicas, 1994

Antes del procesamiento, el programa pide ingresar los siguientes datos:

Ancho del Cauce "B", por defecto se tiene el promedio de los métodos anteriores.

Talud (Z).

**Tabla N° 23.-** Valores del Coeficientes  $\Phi$

Caudal Máximo m <sup>3</sup> /s		
3,000.00	4,000.00	2
2,000.00	3,000.00	1.7
1,000.00	2,000.00	1.4
500.00	1,000.00	1.2
100.00	500.00	1.1

Fuente: ACI-UNI, diseño de obras hidráulicas, 1994

**b) Cálculo del tirante:**

$$t = (Q / (K_s b S^{0.5}))^{3/5m}$$

DONDE:

t = Tirante

b = Ancho estable

Ks = Coeficiente de rugosidad que depende del lecho del río S = Pendiente del río

Ks: 33 y que corresponde a ríos con acarreo irregular, según STRICKLER.

**c) Calculo del Borde libre (BI):**

$$BL = \phi (v^2 / 2g) \text{ m.}$$

DONDE:

$\phi$  = Coeficiente en función de la máxima recarga

v = Velocidad media del agua

$$V = KsR^{2/3} S^{1/2}$$

Dónde:

Ks= Rugosidad

R= Radio Hidráulico S= Pendiente V=velocidad

V=velocidad=  $Ks v^{2/3} s^{1/2}$  V=velocidad

g = gravedad

BL =  $\varnothing (v^2 / 2g) = BL$

De acuerdo a las recomendaciones prácticas se considera un borde libre de 0.80 m.

#### d) Altura de Encauzamiento

H = t + BL

DONDE:

H = Altura de encauzamiento

Bl= Borde Libre

Las alturas encauzamiento del diseño de los diques enrocados en la zona de estudio, se asume dichas alturas de 4.3 m, 4.6 m, y 4.90 m por existir pendientes bajas en el tramo y el sector es de alta colmatación y seguridades de la repetición de fenómenos del niño, para los períodos de retorno de 25, 50 y 100 años.

#### 3.6.5. Caudales

El presente estudio considera el análisis del flujo en régimen permanente es decir, el caudal no varía con el tiempo, por ello, los efectos de laminación de avenidas no es representativo en el modelo, el tramo a simular para el presente estudio tiene una longitud de 1,810 ml.

**Tabla N° 24.-** Caudales de diseño para diferente Periodos de Retorno 25, 50 y 100 años

Cuenca	Período de Retorno (años)	Caudales de diseño Q (m3/s)	Obra
Río Rímac	25	346	Defensa Ribereña
	50	398	
	<b>100</b>	<b>452</b>	

### **3.6.6. Estudio de la socavación**

#### **3.6.6.1. Capacidad de transporte de sedimentos**

El transporte de sedimentos, para el caso del río Rímac, tiene una capacidad de gran arrastre de piedra y catos rodados mal gradada con diámetro medio de 1.6 mm del material de lecho y su pendiente muy moderada genera colmatación del tramo en estudio.

#### **3.6.6.2. Socavación potencial**

Estudio de socavación potencial general y local, se realizó a lo largo de la defensa ribereña proyectada; en base a granulometría del cauce. Para la estimación de la profundidad de socavación potencial no se ha tenido en cuenta la interacción flujo – estructura; en general, si el sector tiene los diques retirados del cauce no hay interacción, sólo se tendría que considerar la agradación del cauce (materiales erodados del cauce).

#### **3.6.6.3. Granulometría del material socavable**

Para la zona en estudio se han encontrado partículas, tales como cantos rodados, guijarros, gravas, y en mínimo los finos, diámetros de las partículas que varían de 450 mm a 0.07 mm, los ensayos de laboratorio de granulometría no se han realizado a este nivel de estudio por no ser indispensable, pero se han tomado estudios realizados por instituciones públicas, considerado para estimar la socavación.

#### **3.6.6.4. Resultados de profundidad de socavación**

##### **a) Profundidad de Socavación:**

La estimación de la socavación general se aplicó la metodología de Lichtvan-Lebediev.

$H_s = t_s - t$  DONDE:

Q = Caudal de diseño

t = Tirante normal B = Coeficiente que depende de la frecuencia de la avenida (B=0.97; para una probabilidad del 5%) Según el cuadro de coeficientes B para socavación de Picandex Kreimer.

bo = Sección estable

$t_s$  = Tirante que corresponde a la profundidad que desea evaluar la velocidad erosiva.

$D_m$  = Diámetro medio ( $D_m = 1.60\text{mm}$ )  $x = \text{exp.}$  Para material no cohesivo  $x = 0.316$ ;  $1/(1+x) = 0.76$  suelos no cohesivos de  $D = 21.88 \text{ mm}$ ; según Picandex Kreimer).  $a = Q / t_s^{5/3}$  bo  $t_s = (a t_s^{5/3}) / (0.68 * D_m^{0.28} * B)^{1 / (X+1)}$

Según estudio de la granulometría del cauce.

Profundidad de Socavación:

$H_s = t_s - t$

Los resultados obtenidos de las profundidades de socavación son: 1.73 m, 1.82 m y 1.89 m. para los períodos de retorno de 25, 50 y 100 años respectivamente, se muestran en los cuadros de cálculo presentado líneas arriba con aplicación del programa River.

### **b) Profundidad de La Uña:**

De acuerdo a los resultados y por seguridad se ha seleccionado las profundidades de socavación de 1.80 m, 1.90 m. y 2.00 m. para los eventos extraordinarios de avenidas de 25, 50 y 100 años.

### **c) Diseño del dique enrocado**

#### **c.1) Ancho de la Base de la Uña y Ancho de corona del Prisma**

El ancho de la base de la uña se aproxima con la siguiente relación:

$A_u = 1.5 \times H_s$

Dónde:

$A_u$  = Ancho de la base de la uña.

$H_s$  = Profundidad de socavación.

Los resultados del cálculo del ancho de base de uña para los períodos de retorno de 25, 50 y 100 años, se muestran en los cuadros de cálculo líneas arriba con aplicación del programa river, en el capítulo la metodología de análisis de las

características hidráulicas del río Rímac los cuales son: 2.70 m, 2.80 m, y 3.00 m. respectivamente.

### c.2) Ancho de Corona del Prisma

$$C = \frac{HS}{5} + 4.0 \text{ (Ancho mínimo)}$$

Remplazando datos se tiene  $C = 4.09 \text{ m} \rightarrow 4.00 \text{ m}$

### d) Diseño del Dique Enrocado

Se aplicará el método de las velocidades y se basa en el siguiente principio: El peso o el tamaño de las piezas individuales requeridas para resistir la fuerza de la corriente y evitar que sean arrastradas la determinaremos tomando como base la fórmula de S.B.Isbach.

$$V_{\text{lim}} = kx \left( \frac{2gx Dx (Y_r - Y_w)}{Y_w} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

$V_{\text{lim}}$  = Velocidad límite para inicio de arrastre (m/s)

$D$  = Diámetro de una esfera equivalente a la roca (m)

$K$  = Coeficiente que para rocas redondeadas varía de 0.86 a 1.20, para velocidades mínima y máxima respectivamente

$Y_R$  = Peso específico de las rocas (Kg/m<sup>3</sup>), 2600 Kg/m<sup>3</sup>

$Y_W$  = Peso específico del agua (Kg/m<sup>3</sup>), 1000 Kg/m<sup>3</sup>

Remplazando el valor de  $K$

$$V_{\text{lim}} = kmx \left( \frac{2gx Dx (Y_r - Y_w)}{Y_w} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\left( \frac{3.03}{1.20} \right)^2 = \left[ (19.62 \times Dx (2600 - 1000) / 1000)^{1/2} \right]^2$$

$$(2.53)^2 = \left[ (19.62 \times Dx (2600) / 1000)^{1/2} \right]^2$$

$$6.40 = \left[ (19.62 \times Dx 2.6)^{1/2} \right]^2$$

$$6.40 = 19.62 \times D \times 2.6$$

$$D = \frac{6.40}{34.335}$$

$$D = 0.13 \text{ m}$$

Por seguridad  $D = 3.3 \times 0.13 = 0.41 \rightarrow D = 0.8 \text{ m}$ .

$$V = \frac{4 \pi x D^3}{3} = \frac{3.1416 x (0.8)^3}{3} = 0.26 \text{ m}^3 \rightarrow V = 0.8 \text{ m}^3 \text{ por estabilidad de roca.}$$

Para lograr una labor de disipación de energía máxima, considerando que la fuerza de empuje es función del cuadrado de la velocidad y esto es un máximo en el tercio inferior, considerando un factor de seguridad, este valor lo asumiremos en 3.0 veces el valor de su volumen, obteniendo un volumen unitario mínimo de 0.8 m<sup>3</sup> (D = 0.61) y un peso mínimo de 0.8 Toneladas. Las características de esta roca se colocarán en la uña de cimentación y el tercio inferior del Dique.

### **3.6.7. Recopilación de Información de Estudio de Suelos.**

La información de estudios de suelos se consiguió del proyecto: "Instalación de los servicios de protección contra inundaciones en ambas márgenes del río Rímac, sector boulevard - progresiva 5+271 a 7+011 distrito Carmen de la legua Reynoso, provincia constitucional del callao, región callao".

Los trabajos realizados en el presente estudio aludido en el cual se exploró la zona, consistió en la excavación de calicatas (Norma ASTM D-420) y muestreo de materiales, así como la inspección de trincheras existentes adyacentes a la zona de trabajo a fin de tener una correlación adecuada de los diferentes materiales que conforman el terreno que han de servir como suelo de fundación.

#### **3.6.7.1. Exploraciones realizadas**

Cabe señalar que de la evaluación física a través de una calicata o perfil estratigráfico de la ribera del río, se observó mezclas de materiales areno gravosos sueltos removidos por acciones antrópicas, bajo la cual tenemos boleos sub angulosos y cantos rodados mayores a 3" poco consolidados, es decir en su mayoría constan de conglomerados sueltos compuestos por cantos rodados, boleos de buen tamaño que no pueden ser ensayados mediante tamizados por tratarse de diámetros bastante grandes, motivo por el cual se tienen únicamente porciones pequeñas del material ensayable.

### **3.6.7.2. Información de Ensayos estándar de laboratorio**

Se recopiló información de los siguientes ensayos realizados por la Autoridad nacional del Agua:

- Contenido de Humedad (ASTM D2216 – El total de las muestras fueron extraídas por debajo del nivel freático, por lo cual estaban en completo estado de saturación por tratarse de suelos sumergidos)
- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422).
- Límites de Consistencia (ASTM D424 – Las muestras en casi su totalidad contienen pocas cantidades de finos ya que el agua intersticial lavo los finos de los suelos por debajo de la napa freática)
- Clasificación SUCS (ASTM D2487)
- Análisis de Corte Directo (ASTM D – 3080).
- Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso (ASTM C – 127)

### **3.6.7.3. Información de Resultados de los ensayos obtenidos en laboratorio**

Se presenta los cuadros a continuación, en el cual podemos apreciar los resultados de los porcentajes aproximados de materiales componentes de los suelos estudiados con relación al área del proyecto, es decir los resultados de los ensayos obtenidos en laboratorio practicados a las porciones en análisis de los estudios geotécnicos realizados por las instituciones públicas e investigadores que se describen líneas abajo, como se muestran en el cuadro.

**Tabla N° 25.-** Resultado de Laboratorio de estudios Geotécnicos del Rio Rímac

Propiedades física-Mecánicas y Parámetros Geotécnicos	
SUCS	GP (Grava mal gradada)
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice Plástico	---
Grava (%)	76.01
Arenas (%)	23.65
Finos (%)	0.34
D50 (mm)	16.2
Permeabilidad (cm/seg)	> 10 <sup>-2</sup>
Máximo peso unitario (Tom/m <sup>3</sup> )	
Ángulo de Fricción Interna (*)	36
Capacidad Portante (Kg/cm <sup>2</sup> )	2
Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.4

### 3.6.8. Inclinación de los taludes

Para definir la estabilidad de los componentes del Dique, referido al prisma de anclaje y del propio cuerpo, se ha diseñado con taludes de estabilidad comprobada en inclinaciones de taludes menores de 39° (37°26' el más usado) para el enrocado, cumplen satisfactoriamente los requerimientos de estabilidad. El ángulo de reposo del material de río o del llenado del prisma, conserva una estabilidad con un talud de 1V:1 H para el enchape o enrocado el talud exterior o expuesto a la corriente del agua debe ser 1V:1 H. Estas inclinaciones de los taludes que obedecen a observaciones reales, se comparan mediante los análisis de estabilidad.

### 3.6.9. Características geométricas e hidráulicas

La ejecución de la defensa ribereña con enrocado y para el encauzamiento se usará diferentes materiales de procedencia local, así como: roca de las canteras de San Benito y Torre Blanca en el distrito de Carabayllo, materiales sueltos

disponibles en el cauce del río, arena, y materiales homogéneos para el relleno del dique en una longitud de 1180 ml.

Para el éxito de esta defensa ribereña con enrocado y garantizar su función específica, es necesario protegerlas adecuadamente contra la erosión y socavación, especialmente el talud húmedo que se encuentra en contacto con el flujo turbulento.

El ancho estable necesario del cauce de río, de acuerdo con el régimen hidrológico del río.

- Propiedades topográficas y morfológicas del actual cauce de la corriente.
- Materiales disponibles para la construcción del dique y para su protección de la erosión y socavación y otros impactos del flujo de agua.

**Tabla N° 26.-** Dimensiones del enrocado con periodo de retorno de 25 años

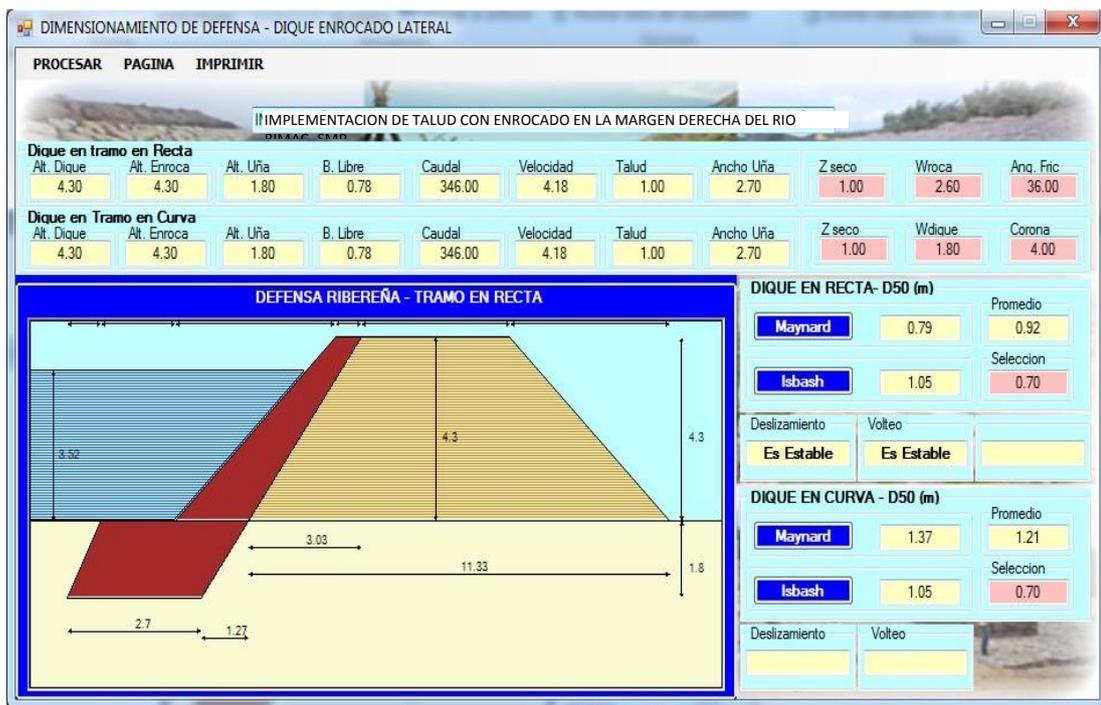


Tabla N° 27.- Dimensiones del enrocado con periodo de retorno de 50 años

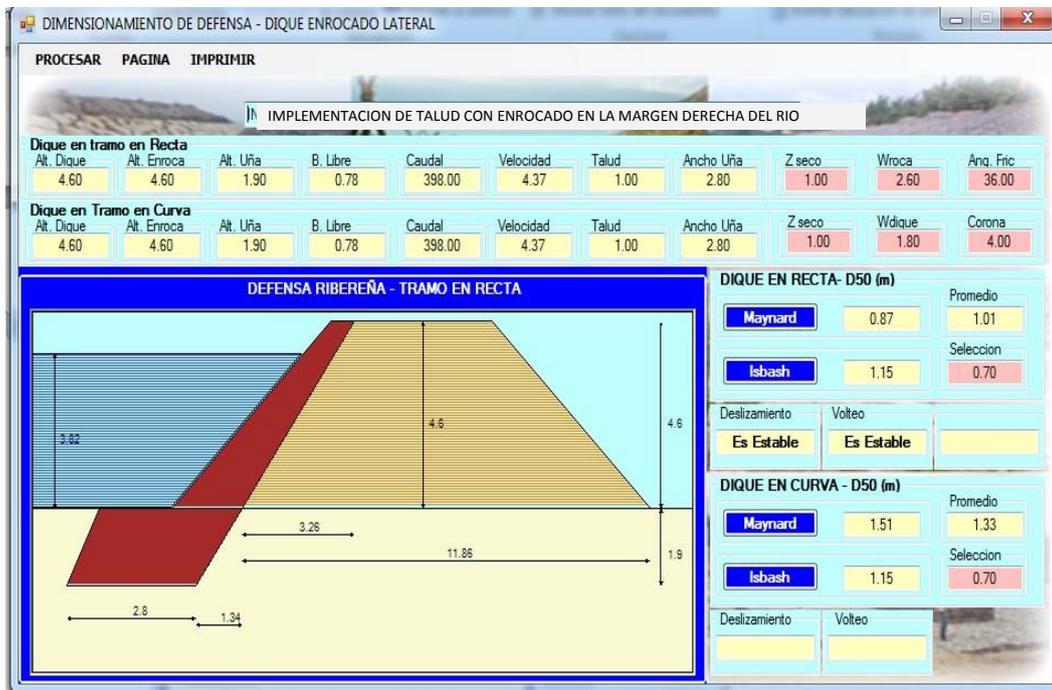
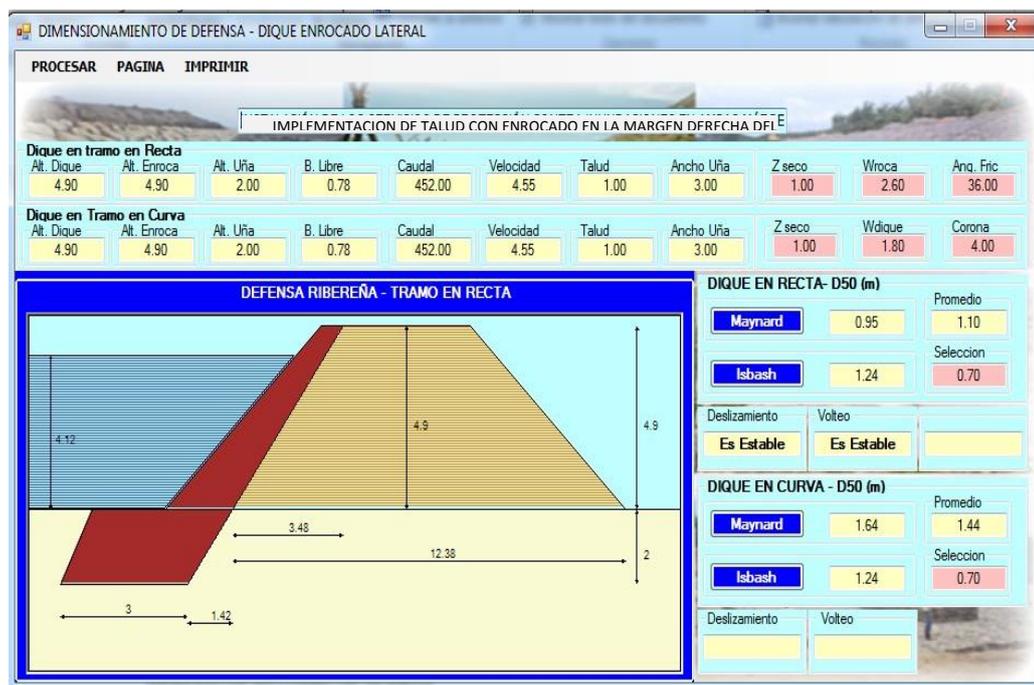


Tabla N° 28.- Dimensiones del enrocado con periodo de retorno 100 años.



### e) Diques con Protección de Talud Húmedo con enrocado

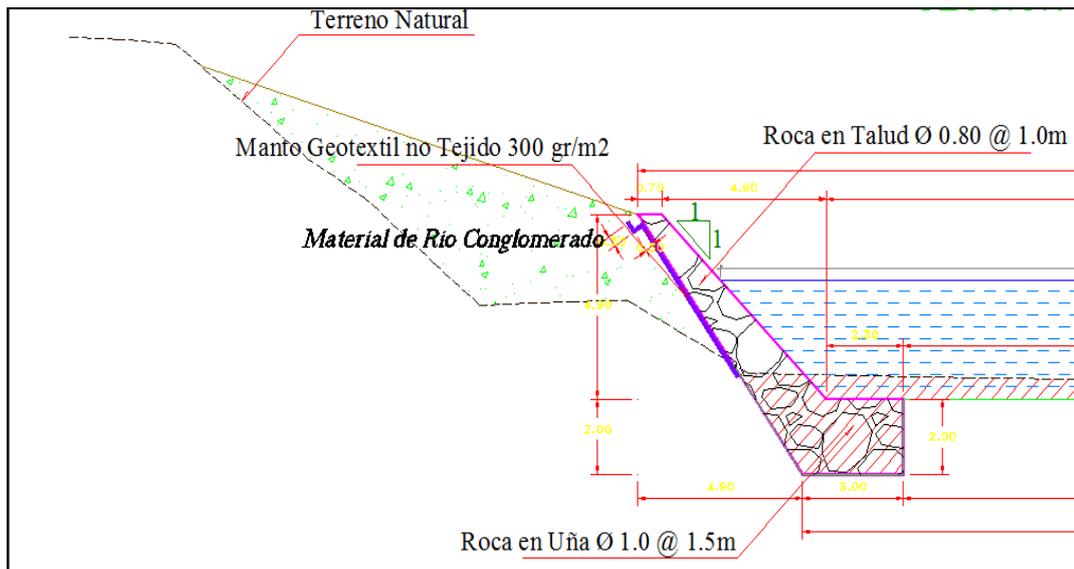
La protección de enrocado en la margen derecha del río Rímac, donde la morfología del río ingresa con curva ligera, el inicio del tramo en estudio, se enrocará 1180 ml aguas arriba el puente Faucett, la zona de mayor riesgo. Por la margen derecha, se encuentra la zona urbana de los distritos de San Martín de Porres y Callao, se ubican unidades productoras de servicios. Generando de esa manera una direccionalidad del flujo en el eje central de río; las ventajas de este tipo de estructura se detalla a continuación:

- Permite el tratamiento del río para mantener el alineamiento de la ribera.
- Protección de los terrenos adyacentes contra la erosión.
- Protección de los diques de defensa contra inundaciones.
- Enrocado de protección al pie del talud, el cual evita que el talud protegido falle, debido a los efectos de socavación general.
- Alta resistencia a la erosión, socavación, fuerzas de volteo y deslizamiento.
- Largo tiempo de vida útil (perdurabilidad en el tiempo).
- Diseños y cálculo de estructuras (en tierra, roca), bien conocidos y documentados.
- Alta resistencia de las estructuras, a los impactos.

#### 3.6.10. Costos

Los costos de la defensa ribereñas con enrocado son de **S/ 6, 813,058.03** aproximadamente, correspondientes a los costos directos que incluye expediente técnico, las obras civiles, la forestación y capacitación en prevención de riesgos y mantenimiento de obras de protección.

**Figura N° 21.-** Sección típica del diseño de enrocado



### 3.7. Proceso de Información

Para la elaboración y procesamiento de datos se utilizarán los modelos tabulares numéricos y gráficos.

Se utilizó el programa Excel para los cálculos del caudal máximo.

Se utilizó el programa RIVER para los cálculos de diseños del caudal, como lo tres métodos que se menciona líneas arriba, y también para el diseño del enrocado, donde se calculó el ancho del cauce por 5 métodos, cálculo de la profundidad de socavación y el dimensionamiento del enrocado y el programa representa gráficamente para poder visualizar la estructura con sus dimensiones del dique del enrocado, nos permite verificar la estabilidad de la estructura al deslizamiento y al volteo.

### 3.8. Técnicas y Análisis de Datos

Según **SIERRA, Restituto (1995:47)** “el instrumento la encuesta es “un conjunto de preguntas, preparados cuidadosamente sobre los hechos y aspectos que interesan en una investigación sociológica para su contestación por la población o su muestra a que se extiende el estudio emprendido”. Por lo que se presenta la tabulación final de las respuestas de las muestras en la siguiente tabla:

Tabla N° 29.- Tabulación

N°	Ítems	Si	No	Desco noce	%
1	¿Usted conoce de los riesgos de vivir en zonas cercanas al río Rímac?	94	1	5	94
2	¿Usted conoce los peligros se presentarían en la margen derecha del río Rímac por el aumento del caudal?	90	8	2	90
3	¿Usted sabe en qué temporadas del año hay aumento del caudal del río Rímac?	94	2	4	94
4	¿Sabe o desconoce sobre el peligro de deslizamiento en la zona?	77	10	13	77
5	¿Cree usted que la implementación de una defensa ribereñas con enrocado sería muy difícil de gestionar?	64	20	16	64
6	¿Usted sabe qué vivir en zonas cercana a la ribera del río Rímac es peligroso?	79	8	13	79
7	¿Usted conoce sobre alguna eventualidad de desastres naturales que se haya presentado en la ribera del río Rímac?	75	17	8	75
8	¿Usted cree que el arrojado de materiales de residuos sólidos y desmonte causaría deslizamiento en las riberas del río Rímac?	77	13	10	77
9	¿Cree usted, que la defensas ribereñas con enrocado, es la única alternativa para dar protección a la ribera del río Rímac?	62	17	21	62
10	¿Considera usted la importancia de la implementación de un enrocado para la ribera del río Rímac?	67	17	16	67
11	¿Usted ha recibido capacitación sobre el riesgo de desastres naturales en las riberas del río Rímac?	17	73	10	73
12	¿Usted cree que la defensa ribereña con enrocado ayudaría en la protección de la ribera del río Rímac?	71	20	9	71
13	¿Usted conoce tipos de defensas ribereñas para la implementación de protección en la ribera del río Rímac?	17	74	9	74
14	¿Usted conoce la delimitación de la faja marginal de la ribera del río Rímac?	21	63	16	63
15	¿Cree usted que la implementación de defensa ribereña con enrocado ayudaría a proteger las viviendas que se encuentran cerca de la ribera del río Rímac?	74	13	13	74
16	¿Cree usted que el fenómeno del niño costero causaría daños en la ribera del río Rímac?	70	9	21	70
17	¿Usted sabe las consecuencias por la falta defensa ribereña en la ribera del río Rímac?	70	24	6	70
18	¿Usted conoce las partes de una defensa ribereña con enrocado para la ribera del río Rímac?	19	73	8	73
19	¿Usted sabe cómo actuar frente a un desastre natural en la ribera del río Rímac?	9	76	15	76
20	¿Usted cree que es importante el plan de sensibilización y concientización para la prevención y preparación ante una ocurrencia en la ribera del río Rímac?	84	12	4	84

## Capítulo IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Tablas de porcentaje y graficas estadísticas

A continuación se muestra las tablas con las respectivas preguntas y respuestas:

Tabla N° 30.- Tabulación de encuesta

1.- ¿Usted conoce de los riesgos de vivir en zonas cercanas al rio Rímac?	
Si	94%
No	1%
Desconoce	5%

Figura N° 22.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



1.- La muestra respondió 94 % que SI sabe sobre los riesgos de vivir en zonas cercanas al rio Rímac.

2.- La muestra respondió el 1% que NO sabe sobre los riesgos de vivir en zonas cercanas al rio Rímac

3.- La muestra respondió el 5% que desconoce sobre los riesgos de vivir en zonas cercanas al rio Rímac.

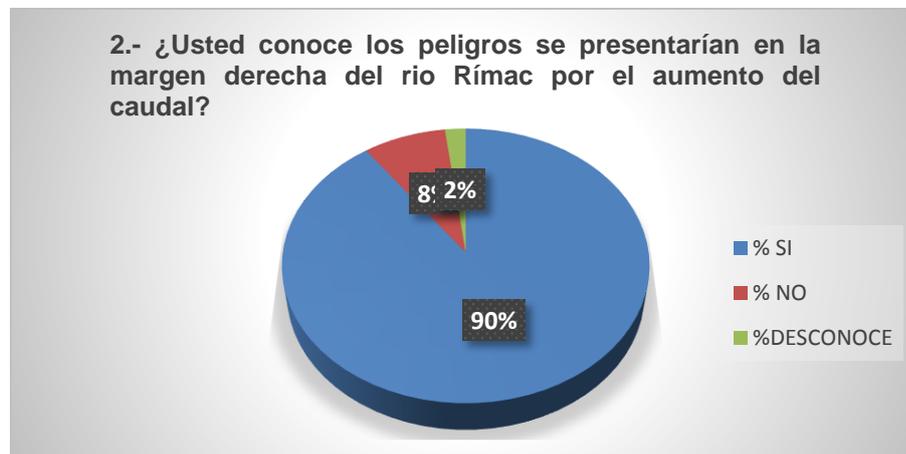
#### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra conoce los riesgos de vivir en zonas cercanas al rio Rímac, en un 94 % que está ratificando la Hipótesis específica.

Tabla N° 31.- Tabulación de encuesta

2.- ¿Usted conoce que peligros se presentarían en la margen derecha del río Rímac por el aumento del caudal?	
Si	90 %
No	8 %
Desconoce	2 %

Figura N° 23.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 90 % SI que conoce los peligros que se presentarían por el aumento del caudal.
- 2.- La muestra respondió el 8% que NO sabe los peligros que se presentaría por el aumento del caudal.
- 3.- La muestra respondió el 2% que desconoce sobre los peligros que se presentarían por el aumento del caudal.

### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra conoce los peligros que se presentarían en la margen derecha en el río Rímac, por el aumento del caudal del río, en un 90 % que está ratificando el objetivo general.

Tabla N° 32.- Tabulación de encuesta

3-¿Usted sabe en qué temporadas del año hay aumento del caudal del río Rímac?	
Si	94 %
No	2 %
desconoce	4 %

Figura N° 24.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 94 % que SI sabe en qué temporadas del año hay aumento del caudal del río Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 2% que NO sabe en qué temporadas del año hay aumento del caudal del río Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 4% que desconoce en qué temporadas del año hay aumento del caudal del río Rímac.

### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra conoce que temporadas del año hay aumento del caudal en el río Rímac, en un 94 % que está ratificando la Hipótesis.

Tabla N° 33.- Tabulación de encuesta

4.- ¿Sabe o desconoce sobre el peligro de deslizamiento en la zona?	
Si	77 %
No	10 %
Desconoce	13 %

Figura N° 25.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 77 % que SI conoce sobre el peligro de deslizamiento en la zona.
- 2.- La muestra respondió el 10 % que NO conoce sobre el peligro de deslizamiento en la zona.
- 3.- La muestra respondió el 13% que desconoce sobre el peligro de deslizamiento en la zona.

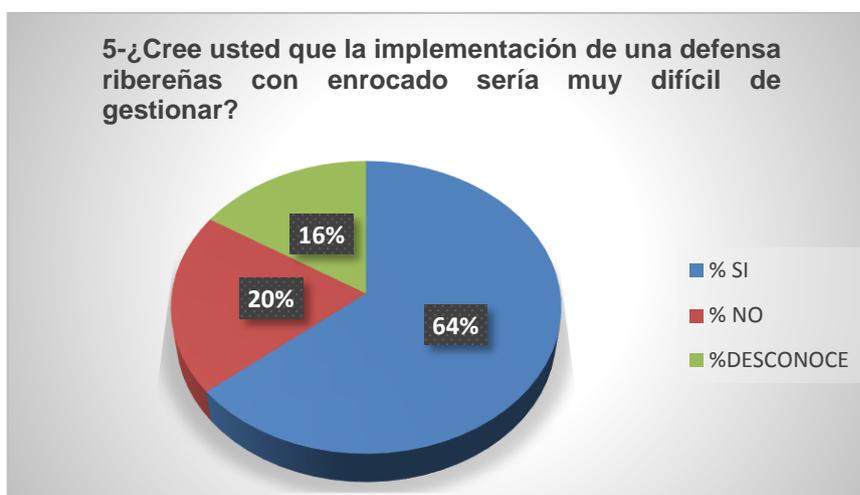
### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra conoce los peligros de deslizamiento de deslizamiento en la zona del rio Rímac, en un 77 % que está ratificando la variable (x).

Tabla N° 34.- Tabulación de encuesta

5-¿Cree usted que la implementación de una defensa ribereñas con enrocado sería muy difícil de gestionar?	
Si	64 %
No	20 %
desconoce	16 %

Figura N° 26.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 64 % que SI la implementación de una defensa ribereña con enrocado sería difícil de gestionar.
- 2.- La muestra respondió el 20% que No la implementación de una defensa ribereña con enrocado sería difícil de gestionar.
- 3.- La muestra respondió el 16% desconoce la implementación de una defensa ribereña con enrocado sería difícil de gestionar.

### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra cree que la implementación de una defensa ribereña con enrocado es muy difícil de gestionar, en un 64 % que está ratificando la hipótesis.

Tabla N° 35.- Tabulación de encuesta

6-¿Usted sabe qué vivir en zonas cercana a la ribera del rio Rímac es peligroso?	
Si	79 %
No	8 %
Desconoce	13 %

Figura N° 27.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 79 % que SI sabe que vivir en zonas cercana a la ribera del rio Rímac es peligroso.
- 2.- La muestra respondió el 8 % que No sabe que vivir en zonas cercana a la ribera del rio Rímac es peligroso.
- 3.- La muestra respondió el 13 % desconoce que vivir en zonas cercana a la ribera del rio Rímac es peligroso.

### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra sabe que vivir en zonas cercanas a la ribera del rio Rímac es muy peligroso, en un 90 % que está ratificando a la Variable (x).

Tabla N° 36.- Tabulación de encuesta

7-¿Usted conoce sobre alguna eventualidad de desastres naturales que se haya presentado en la ribera del rio Rímac?	
Si	75%
No	17 %
Desconoce	8 %

Figura N° 28.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 75 % que SI conoce alguna eventualidad de desastres naturales que se haya presentado en la ribera del rio Rímac
- 2.- La muestra respondió el 17 % que No conoce alguna eventualidad de desastres naturales que se haya presentado en la ribera del rio Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 8 % desconoce de alguna eventualidad de desastres naturales que se haya presentado en la ribera del rio Rímac.

### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra conoce sobre alguna eventualidad de desastres naturales que se ha presentado en la ribera del rio Rímac, en un 75% que está ratificando a la variable (x).

Tabla N° 37.- Tabulación de encuesta

<b>8-¿Usted cree que el arroj de materiales de residuos sólidos y desmonte causaría deslizamiento en las riberas del rio Rímac?</b>	
Si	77 %
No	13 %
Desconoce	4 %

Figura N° 29.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 77 % que SI cree que el arroj de materiales de residuos sólidos y desmonte causaría deslizamiento en las riberas del rio Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 13 % que No cree que el arroj de materiales de residuos sólidos y desmonte causaría deslizamiento en las riberas del rio Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 4 % desconoce que el arroj de materiales de residuos sólidos y desmonte causaría deslizamiento en las riberas del rio Rímac.

### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra cree que el arroj de materiales de residuos sólidos y desmontes causaría deslizamiento en las riberas del rio Rímac, en un 77 % que está ratificando a la variable (x).

Tabla N° 38.- Tabulación de encuesta

9-¿Cree usted, que la defensas ribereñas con enrocado, es la única alternativa para dar protección a la ribera del rio Rímac?	
Si	62 %
No	17 %
Desconoce	21 %

Figura N° 30.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 62 % que SI cree que la defensas ribereñas con enrocado es la única alternativa para dar la protección a la ribera del rio Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 17 % que No cree que la defensas ribereñas con enrocado es la única alternativa para dar la protección a la ribera del rio Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 21 % desconoce que la defensas ribereñas con enrocado es la única alternativa para dar la protección a la ribera del rio Rímac.

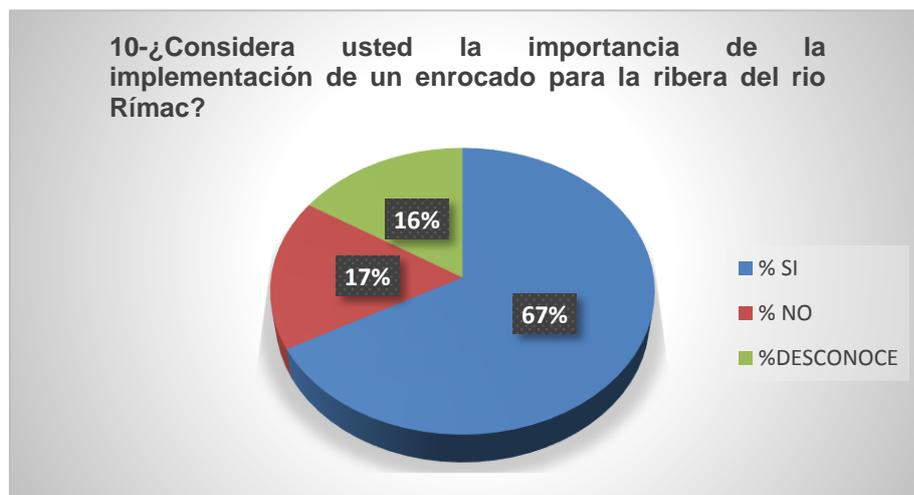
### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra cree que las defensas ribereñas con enrocado es la única alternativa para dar protección a la ribera del rio Rímac, en un 62 % que está ratificando a la hipótesis.

Tabla N° 39.- Tabulación de encuesta

10-¿Considera usted la importancia de la implementación de un enrocado para la ribera del río Rímac?	
Si	67 %
No	17 %
Desconoce	16 %

Figura N° 31.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 67 % que SI es importante la implementación de un enrocado para la ribera del río Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 17 % que No es importante la implementación de un enrocado para la ribera del río Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 16 % desconoce la importancia de la implementación de un enrocado para la ribera del río Rímac.

### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra considera que si es importante de la implementación de un enrocado para la ribera del río Rímac, en un 67 % está ratificando a la variable (y).

Tabla N° 40.- Tabulación de encuesta

11-¿Usted ha recibido capacitación sobre el riesgo de desastres naturales en las riberas del rio Rímac?	
Si	17 %
No	73 %
Desconoce	10 %

Figura N° 32.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 17 % que SI ha recibido capacitación sobre el riesgo de desastres naturales en las riberas del rio Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 73 % que No ha recibido capacitación sobre el riesgo de desastres naturales en las riberas del rio Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 10 % desconoce que ha recibido capacitación sobre el riesgo de desastres naturales en las riberas del rio Rímac.

### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra no ha recibido capacitación sobre los riesgos de desastres naturales en la ribera del rio Rímac, en un 73 % que está ratificando a la hipótesis específica.

Tabla N° 41.- Tabulación de encuesta

12-¿Usted cree que la defensa ribereña con enrocado ayudaría en la protección de la ribera del río Rímac?	
Si	71 %
No	20 %
Desconoce	9 %

Figura N° 33.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 71 % que SI cree que la defensa ribereña con enrocado ayudaría en la protección de la ribera del río Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 20 % que No cree que la defensa ribereña con enrocado ayudaría en la protección de la ribera del río Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 9 % desconoce que la defensa ribereña con enrocado ayudaría en la protección de la ribera del río Rímac.

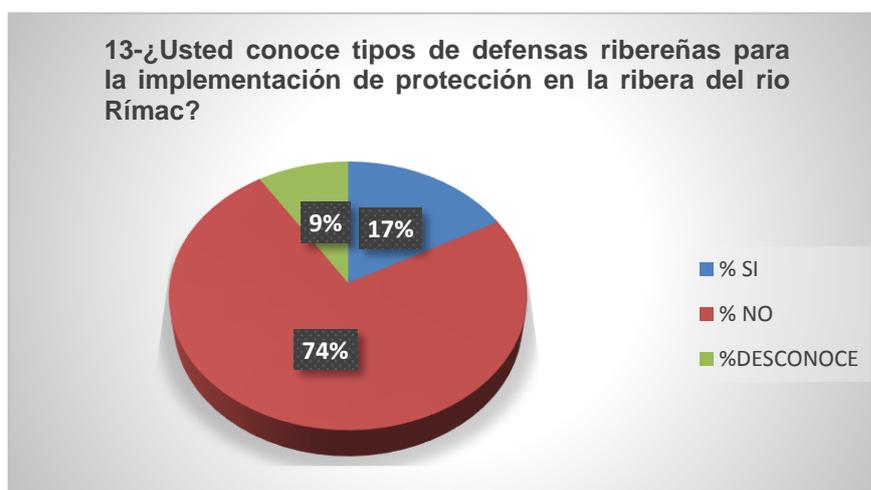
### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra si cree en que la defensa ribereña con enrocado ayudaría en la protección de la ribera del río Rímac, en un 71 % que está ratificando a la variable (y).

Tabla N° 42.- Tabulación de encuesta

13-¿Usted conoce tipos de defensas ribereñas para la implementación de protección en la ribera del río Rímac?	
Si	17 %
No	74 %
Desconoce	9 %

Figura N° 34.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 17 % que SI conoce los tipos de defensas ribereñas para la implementación de protección en la ribera del río Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 74 % que No conoce los tipos de defensas ribereñas para la implementación de protección en la ribera del río Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 9 % desconoce sobre los tipos de defensas ribereñas para la implementación de protección en la ribera del río Rímac.

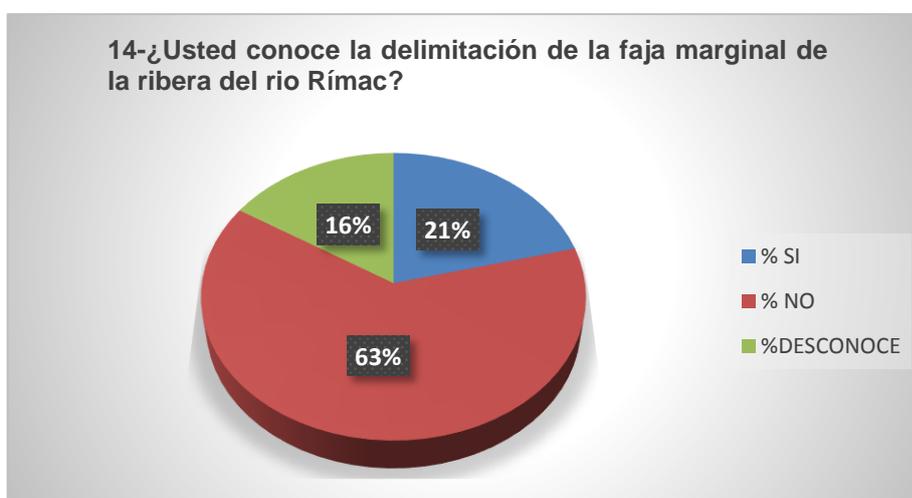
### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra no conoce los tipos defensas ribereñas para la implementación de protección en la ribera del río Rímac, en un 74 % que está ratificando a la variable (y).

Tabla N° 43.- Tabulación de encuesta

14-¿Usted conoce la delimitación de la faja marginal de la ribera del rio Rímac?	
Si	21 %
No	63 %
Desconoce	16 %

Figura N° 35.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 21 % que SI conoce la delimitación de la faja marginal de la ribera del rio Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 63 % que NO conoce la delimitación de la faja marginal de la ribera del rio Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 16 % desconoce sobre la delimitación de la faja marginal de la ribera del rio Rímac.

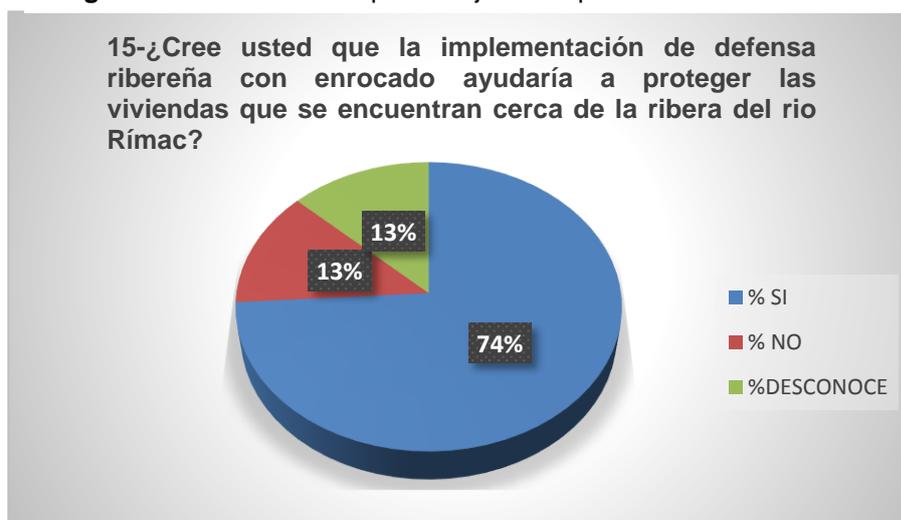
### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra no conoce la delimitación de la faja marginal de la ribera del rio Rímac, en un 63 % que está ratificando a la variable (x).

Tabla N° 44.- Tabulación de encuesta

<b>15-¿Cree usted que la implementación de defensa ribereña con enrocado ayudaría a proteger las viviendas que se encuentran cerca de la ribera del río Rímac?</b>	
Si	74 %
No	13 %
Desconoce	13 %

Figura N° 36.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió el 74 % que SI cree que la implementación de defensa ribereña con enrocado ayudaría a proteger a las viviendas cerca de la ribera del río.
- 2.- La muestra respondió el 13 % que NO cree que la implementación de defensa ribereña con enrocado ayudaría a proteger a las viviendas cerca de la ribera del río.
- 3.- La muestra respondió el 13 % desconoce de la implementación de defensa ribereña con enrocado ayudaría a proteger a las viviendas cerca de la ribera del río.

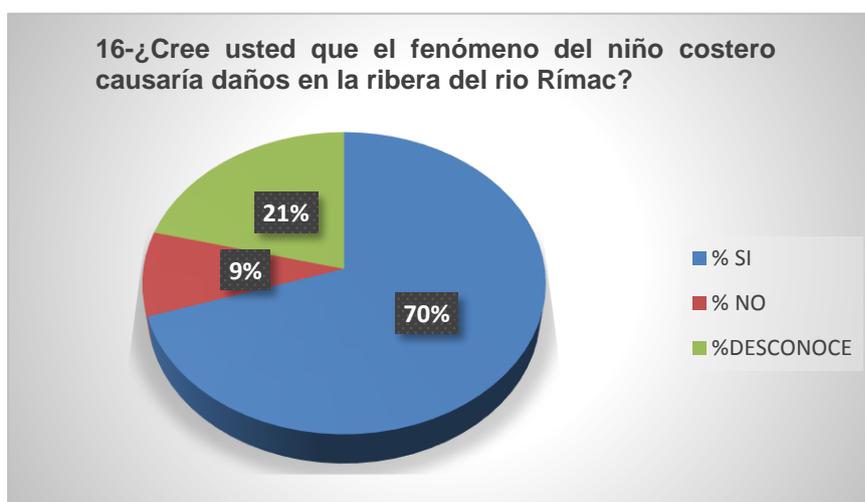
### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra si cree que la implementación de defensa ribereñas con enrocado ayudaría a proteger las viviendas que se encuentran cerca de la ribera del río Rímac, en un 74 % que está ratificando a la hipótesis.

Tabla N° 45.- Tabulación de encuesta

16-¿Cree usted que el fenómeno del niño costero causaría daños en la ribera del rio Rímac?	
Si	70 %
No	9 %
Desconoce	21 %

Figura N° 37.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 70 % que SI cree que el fenómeno del niño costero causaría daños en la ribera del rio Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 9 % que NO cree que el fenómeno del niño costero causaría daños en la ribera del rio Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 21 % desconoce que el fenómeno del niño costero causaría daños en la ribera del rio Rímac.

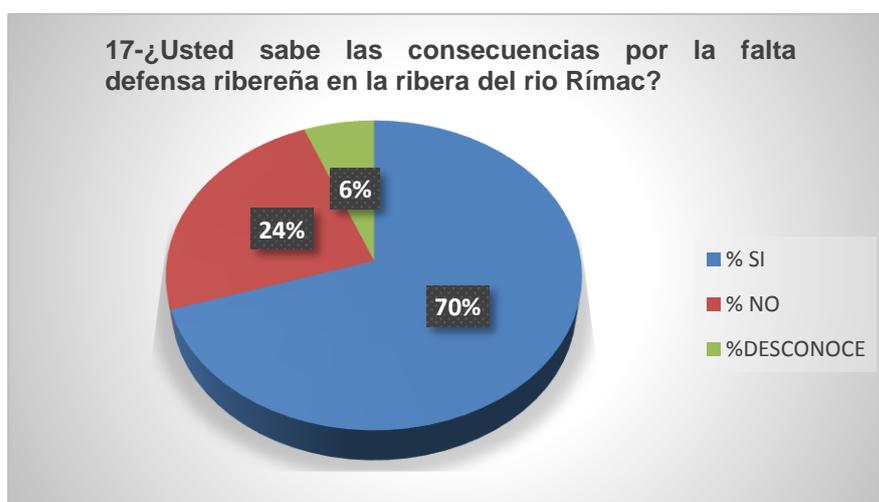
### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra si cree que el fenómeno del niño costero causaría daños en la ribera del rio Rímac, en un 70 % que está ratificando a la variable (x).

Tabla N° 46.- Tabulación de encuesta

17-¿Usted sabe las consecuencias por la falta defensa ribereña en la ribera del rio Rímac?	
Si	70 %
No	24 %
Desconoce	6 %

Figura N° 38.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 70 % que SI sabe las consecuencias por la falta de defensa ribereña en la ribera del rio Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 24 % que NO sabe las consecuencias por la falta de defensa ribereña en la ribera del rio Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 6 % que desconoce las consecuencias por la falta de defensa ribereña en la ribera del rio Rímac.

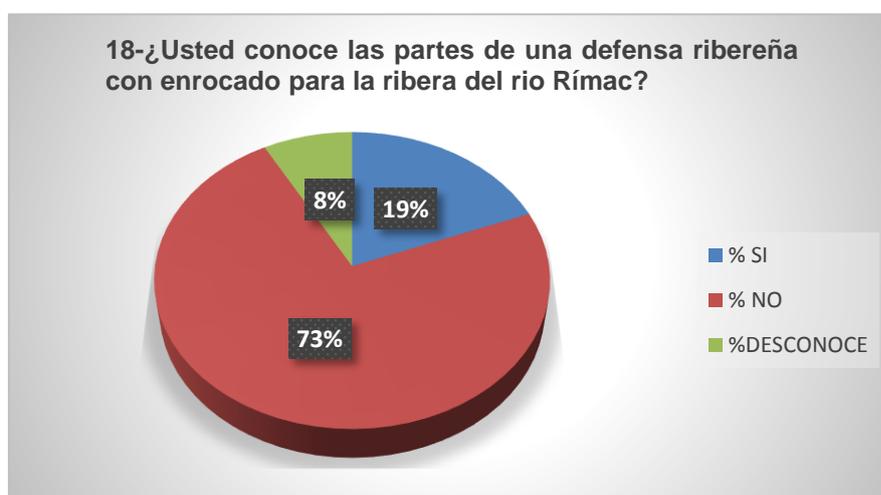
### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra si sabe las consecuencias por la falta de defensa ribereña en la ribera del rio Rímac, en un 70 % que está ratificando a la hipótesis.

Tabla N° 47.- Tabulación de encuesta

18-¿Usted conoce las partes de una defensa ribereña con enrocado para la ribera del rio Rímac?	
Si	19 %
No	73 %
Desconoce	8 %

Figura N° 39.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 19 % que SI conoce las partes de una defensa ribereña con enrocado para la ribera del rio Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 73 % que NO conoce las partes de una defensa ribereña con enrocado para la ribera del rio Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 8 % que desconoce las partes de una defensa ribereña con enrocado para la ribera del rio Rímac.

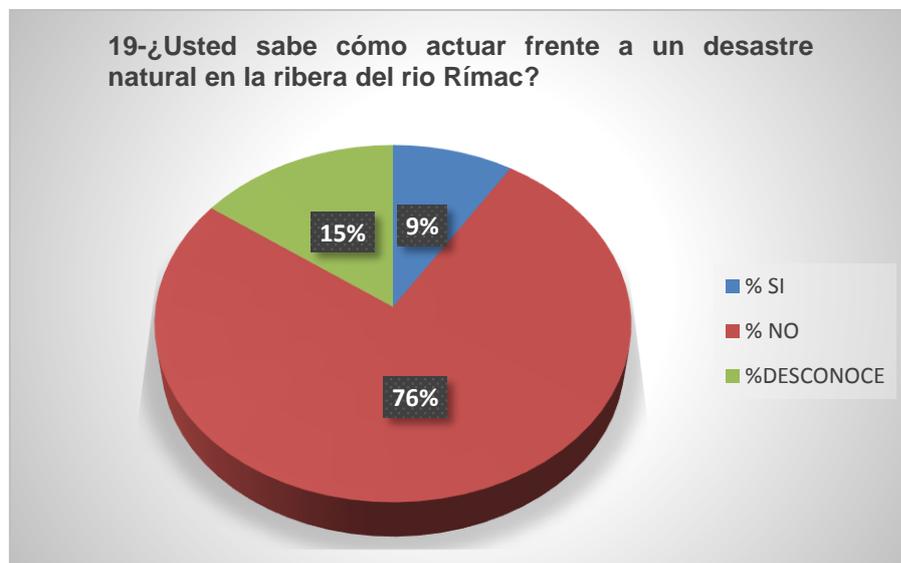
### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra no conoce las partes de una defensa ribereña con enrocado para la ribera del rio Rímac, en un 73 % que está ratificando a la variable (x).

Tabla N° 48.- Tabulación de encuesta

19-¿Usted sabe cómo actuar frente a un desastre natural en la ribera del río Rímac?	
Si	9 %
No	76 %
Desconoce	15 %

Figura N° 40.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 9 % que SI sabe cómo actuar frente a un desastre natural en la ribera del río Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 76 % que NO sabe cómo actuar frente a un desastre natural en la ribera del río Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 15 % que desconoce cómo actuar frente a un desastre natural en la ribera del río Rímac.

### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra no sabe cómo actuar frente a un desastre natural en la ribera del río Rímac, en un 76 % que está ratificando a la variable (x).

Tabla N° 49.- Tabulación de encuesta

20-¿Usted cree que es importante el plan de sensibilización y concientización para la prevención y preparación ante una ocurrencia en la ribera del rio Rímac?	
Si	84 %
No	12 %
Desconoce	4 %

Figura N° 41.- Grafico de porcentaje de respuesta de los encuestados



- 1.- La muestra respondió 84 % que SI cree que los planes de sensibilización y concientización para la prevención y preparación ante una ocurrencia en la ribera del rio Rímac.
- 2.- La muestra respondió el 12 % que NO cree que los planes de sensibilización y concientización para la prevención y preparación ante una ocurrencia en la ribera del rio Rímac.
- 3.- La muestra respondió el 4 % que desconoce sobre los planes de sensibilización y concientización para la prevención y preparación ante una ocurrencia en la ribera del rio Rímac.

### Interpretación

Se ha confirmado que la muestra SI cree que los planes de sensibilización y concientización para la prevención y preparación ante una ocurrencia en la ribera del rio Rímac, en un 84 % que está ratificando a la hipótesis.

## Capítulo V: DISCUSION DE RESULTADOS

De los resultados de la encuesta y otras técnicas se tabulo los porcentajes más altos que confirma la validez de los instrumentos y finalmente se ha contrastado la hipótesis, con una validez de. 75.35 %en la tabla N°50

**Tabla N° 50. - Contrastación de Hipótesis**

N <sup>o</sup>	ITEM	HIPOTESIS / VARIABLES	%	Evalua ción
1	¿Usted conoce de los riesgos de vivir en zonas cercanas al río Rímac?	Hipótesis específicas	94	OK
2	¿Usted conoce los peligros que se presentarían en la margen derecha del río Rímac por el aumento del caudal?	Objetivo general	90	OK
3	¿Usted sabe en qué temporadas del año hay aumento del caudal del río Rímac?	Hipótesis	94	OK
4	¿Sabe o desconoce sobre el peligro de deslizamiento en la zona?	Variable (X)	77	OK
5	¿Cree usted que la implementación de una defensa ribereñas con enrocado sería muy difícil?	Hipótesis	64	X
6	¿Usted sabe qué vivir en zonas cercana a la ribera del río Rímac es peligroso?	Variable (X)	79	OK
7	¿Usted conoce sobre alguna eventualidad de desastres naturales que se haya presentado en la ribera del río Rímac?	Variable (X)	75	OK
8	¿Usted cree que el arrojo de materiales de residuos sólidos y desmonte causaría deslizamiento en las riberas del río Rímac?	Variable (X)	77	OK
9	¿Cree usted, que la defensas ribereñas con enrocado, es la única alternativa para dar protección a la ribera del río Rímac?	Hipótesis	62	X
10	¿Considera usted la importancia de la implementación de un enrocado para la ribera del río Rímac?	Variable (Y)	67	X
11	¿Usted ha recibido capacitación sobre el riesgo de desastres naturales en las riberas del río Rímac?	Hipótesis específicas	73	OK
12	¿Usted cree que la defensa ribereña con enrocado ayudaría en la protección de la ribera del río Rímac?	Variable (Y)	71	OK
13	¿Usted conoce tipos de defensas ribereñas para la implementación de protección en la ribera del río Rímac?	Variable (Y)	74	OK
14	¿Usted conoce la delimitación de la faja marginal de la ribera del río Rímac?	Variable (X)	63	X
15	¿Cree usted que la implementación de defensa ribereña con enrocado ayudaría a proteger las viviendas que se encuentran cerca de la ribera del río Rímac?	Hipótesis	74	OK
16	¿Cree usted que el fenómeno del niño costero causaría daños en la ribera del río Rímac?	Variable (X)	70	OK
17	¿Usted sabe las consecuencias por la falta defensa ribereña en la ribera del río Rímac?	Hipótesis	70	OK
18	¿Usted conoce las partes de una defensa ribereña con enrocado para la ribera del río Rímac?	Variable (Y)	73	OK
19	¿Usted sabe cómo actuar frente a un desastre natural en la ribera del río Rímac?	Variable (X)	76	OK
20	¿Usted cree que es importante el plan de sensibilización y concientización para la prevención y preparación ante una ocurrencia en la ribera del río Rímac?	Hipótesis	84	OK
<b>Total</b>			75.35	OK

Además se realizó la entrevista al especialista en evaluación de riesgo y al funcionario Sub Gerente De Defensa Civil de san Martín de Porres en la cual se le hizo dos cuestionario de preguntas, para reforzar los resultados de la encuesta, en la que se detalla a continuación:

Entrevistado: Ing. Manuel Cahuas Pérez con CIP. 45053 con especialidad de estimador de riesgos. Se le realizó un cuestionario de tres preguntas.

Pregunta N° 1.- *¿Usted como especialista cree que una defensa ribereñas con enrocado es viable para la protección de la ribera del río Rímac?* En la cual nos contestó lo siguiente: Si es viable y necesarios ya que las riberas de los ríos tienen una inestabilidad de talud y están propensos a peligros de derrumbes o de erosiones permanentes que se presentan en los cauces de los ríos.

Pregunta N° 2.- *¿Usted como especialista en estimación de riesgos que recomendaciones nos daría para evitar los peligros?*; contesto lo siguiente: bueno para un tema de prevención y evitar los deslizamientos en la zona de investigación se recomendaría que se evite el arrojado de materiales sólidos y desmontes en la margen derecha del río Rímac, Prohibir las construcciones de viviendas cerca de la ribera del río Rímac, construir defensas ribereñas que sirva de protección al talud, capacitar a la población para que tomen conciencia que estamos en un cambio climático, debido a la contaminación ambiental, evitar que se arrojen aguas servidas al río, que las autoridades competentes tomen acciones de control, supervisión, fiscalización para proteger y mejora las fuentes naturales y reducir progresivamente la contaminación del río Rímac,

Pregunta N° 3.- *¿Algunas recomendaciones si se implementa la defensa ribereña con enrocado?* contestó lo siguiente: la implementación de la defensa ribereña con enrocado debe realizarse el mantenimiento, limpieza y descolmatación del cauce. Y agregó que la defensa ribereña con enrocado hace que no perdamos este ámbito natural

Además se entrevistó al Sub Gerente de Defensa civil del distrito de san Martin de Porres, El Sr Carlos Kisijara en la cual se le hizo un cuestionario de dos preguntas:  
Pregunta N° 1.- *¿Qué medidas usted está tomando sobre los peligros que se presentan en el rio Rímac, en la zona de Urb. Perú distrito de San Martin de Porres?*

Contesto: Bueno se está tomando muchas medidas, una que se está elaborando el plan de Prevención y reducción del riesgo de desastres, se ha elaborado el informe preliminar de Evaluación de Riesgo del Malecón Rio Rímac.

Pregunta N° 2.- *¿Usted como funcionario está gestionando proyectos para defensas ribereñas en la ribera del rio Rímac?* Contesto: bueno si se está coordinando con la autoridad nacional del agua y Fondes, para los proyectos de defensas ribereñas, también se está coordinando con los distritos que abarcan al rio Rímac, para ver si hay la posibilidad de uniformizar un proyecto general para ambas márgenes del rio.

## CONCLUSIONES

1.- El incremento del caudal del río, que se produce en los meses de verano, genera inestabilidad del talud en la margen derecha del río Rímac; por lo que la mejor alternativa de solución es mediante la implementación con el enrocado.

2. La inestabilidad de talud en la margen derecha del río determina altos riesgos y que mediante la implementación con enrocado se reduciría en gran medida estos riesgos, determinando menos zozobra; reduciendo costos sociales y económicos a la población de la zona.

3- Las causas principales que provocan la inestabilidad del talud en la margen derecha de río, son el incremento del caudal del río y la socavación del cauce.

4.- El periodo de retorno más óptimo y viable para la implementación del enrocado en la margen derecha del Río Rímac es de 100 años, pues, este periodo de retorno se utiliza para mostrar la probabilidad de que se presente el caudal máximo y mínimo del periodo mencionado, dando un factor de seguridad viable en el diseño del enrocado.

## RECOMENDACIONES

1. Que las entidades competentes como la Autoridad Nacional del Agua y la Municipalidad de San Martín de Porres implementen el hidrómetro que sirve para medir el incremento del caudal del río y a su vez se monitoree para evitar los desastres naturales.
2. Es necesario implementar la defensa ribereña con enrocado; para reducir la inestabilidad del talud, asimismo dar protección a la población del lugar; y a su vez la ejecución de la limpieza, mantenimiento y descolmatación del cauce del río Rímac.
3. Que la autoridad nacional del Agua (ANA) realice estudios de suelos en tiempos determinados, para saber el nivel de profundidad de socavación en la zona de estudio.
4. Las entidades nacionales como el Senamhi, la Autoridad Nacional de Agua, y la Municipalidad de San Martín de Porres, crucen información sobre los eventos ocurridos, que es el máximo y mínimo caudal de río; para así poder desarrollar proyectos hidráulicos y que se trabajen con periodos de retornos verídicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **Bibliográficas**

1. Absalón Vásquez y otros (2016), Manejo y gestión de cuencas hidrográficas – Universidad Nacional Agraria la Molina.
2. Ing. Rubén Terán A. (2007), Diseño y construcción de defensas ribereñas.
3. Arturo Rocha Felices (2013), Instrucción a la hidráulica de obras viales – 3era edición.
- 4.-Ley de recursos hídricos N° 29339.
- 5.-Roberto Hernández Supiere y otros (2010) Metodología de la investigación-5ta edición
- 6.-Roberto A. Gonzales Castellanos (2003), metodología de la investigación Científica para las Ciencias técnicas
- 7.- Norma Técnica Peruana CE – 020- “Estabilización de Suelos y Taludes- Reglamento Nacional de Edificaciones;

- **Revistas**

1. Revista técnica de capítulo de ingeniería civil- CIP(2011)- problema en el manejo de ríos en zonas urbanas

- **Páginas web**

- 1.-Agronoticias (2017) obtenido de <http://www.agronoticias.pe/como-construir-defensas-riberenas/>
- 2.-El comercio (2017) obtenido de <https://elcomercio.pe/lima/caudal-río-rimac-amenaza-casas-ubicadas-riberas-163810>

# **ANEXOS**

**Anexo 1:**

**Matriz de Consistencia**

<b>INESTABILIDAD DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC E IMPLEMENTACION DE TALUDES CON ENROCADO, URBANIZACION PERU –SAN MARTIN DE PORRES</b>						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	Variable dependiente (Y): Inestabilidad en el Talud	1.- Tiempo	a) verano b) Invierno	Metodo General: Cientifico Metodo Especifico: Analitico - Sintetico
¿Por qué se produce la inestabilidad del talud en la margen derecha del rio Rímac y cómo solucionar mediante la implementación con enrocado en la Urbanización Perú del Distrito de San Martín de Porres del 2017?	Determinar que produce la inestabilidad del talud en la margen derecha del rio Rímac y como solucion la implementación con enrocado en la Urbanización Perú del Distrito de San Martín de Porres.	La inestabilidad del Talud en la margen derecha del rio Rímac, se produce por el incremento del Caudal del rio, y su solucion es mediante la implementacion con enrocado.		2.Volumen	a) Máximo b) Mínimo	Tipo de investigación: Aplicada
				3. Suelos	a)Grava b) Arenas c) Finos	Nivel de Investigación : Descriptivo-Explicativo Diseño de Investigacion: no experimental
<b>Problema Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>	Variable Independiente (X): Implementación con enrocado	1.Presupuesto	a) Alto b) Bajo	Población: Viviendas ubicadas en la margen derecha del Rio Rímac de la Urb Perú del distrito de San Martín de Porres que son 204 viviendas
a) ¿En qué medida la inestabilidad del Talud en la margen derecha del rio Rímac determina los riesgos que se presentaría por la falta de implementación con enrocado?	a) Determinar el riesgo que produce la inestabilidad del Talud en la margen derecha del rio Rímac para el diseño de implementación con enrocado.	a) La inestabilidad del talud en la margen derecha del Rio Rímac, presenta riesgo Muy Alto, siendo una alternativa de solución la propuesta de implementación con enrocado.		2.- Medidas Agronómicas	a)Defensas Vivas Naturales b)Defensas Vivas Forestadas	Muestra: Probabilistico y aleatorio simple; conformada por n= 100 viviendas
b) Cual es la principal cauda qe produce la inestabilidad del talud en la margen derecha del rio Rimac?	b) Identificar la causa que produce la inestabilidad del Talud en la margen derecha del rio Rimac.	b) Las causas principal que provocan la inestabilidad del talud en la margen derecha del rio Rímac; son el incremento del caudal del rio y la socavacion del cauce.		3.-Medidas Estructurales	a)Enrocados b)Enrocados con roca al Volteo	Técnicas de recolección de Datos: - Encuestas - Cuestionarios - Reportes del Incremento del Caudal del Rio. - Calculo del diseño del enrocado
c) ¿Qué periodo de retorno seria óptimo para la implementación del enrocado en la margen derecha del Rio Rímac?	c) Evaluar qué periodo de retorno seria óptimo para la implementación del enrocado en la margen derecha del rio Rímac.	c) El periodo de retorno mas optimo para la implementacion del enrocado en la margen derecha del rio Rimac, es aproximadamente de 100 años				

Anexo 2:

Encuesta

Encuesta realizada a la muestra para la presente investigación, que busca mejorar el servicio de protección con las defensas ribereñas con enrocado.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - ENCUESTAS 001-16-03-2018

- 12- ¿Usted cree que la defensa ribereña con enrocado ayudaría en la protección de la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 13- ¿Usted conoce los tipos de defensas ribereñas para la implementación de protección en la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 14- ¿Usted conoce la delimitación de la faja marginal de la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 15- ¿Cree usted que la implementación de defensa ribereña con enrocado ayudaría a proteger las viviendas que se encuentran cerca de la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 16- ¿Cree usted que el fenómeno del niño costero causaría daños en la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 17- ¿Usted sabe las consecuencias por la falta de defensa ribereña en la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 18- ¿Usted conoce los partes de un enrocado para la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 19- ¿Usted sabe cómo actuar frente a un desastre natural en la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 20- ¿Usted cree que es importante el plan de sensibilización y concientización para la prevención y preparación ante una ocurrencia en la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce

Gracias.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - ENCUESTA.001-01-04-2018  
 TALLER DE CAPACITACIÓN DE TESIS

ENCUESTA N° ( )

INSTRUCCIONES: Sírvase marcar con una X la alternativa que considere correcta, la presente investigación busca mejorar el servicio de protección con las defensas ribereñas con enrocado para la margen derecha del río Rímac.

- 1- ¿Usted conoce de los riesgos de vivir en zonas cercanas al río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 2- ¿Usted conoce que peligros se presentarían en la margen derecha del río Rímac por el aumento de caudal?  
 Si  No  Desconoce
- 3- ¿Usted sabe en qué temporadas del año hay aumento del caudal del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 4- ¿Sabe o desconoce sobre el peligro de deslizamiento en la zona?  
 Si  No  Desconoce
- 5- ¿Cree usted que con la implementación de una defensa ribereña con enrocado sería muy difícil de gestionar?  
 Si  No  Desconoce
- 6- ¿Usted sabe qué vivir en zonas cercanas a la ribera del río Rímac es peligroso?  
 Si  No  Desconoce
- 7- ¿Usted conoce sobre alguna eventualidad de desastres naturales que se haya presentado en la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 8- ¿Usted cree que el arrojamiento de materiales de residuos sólidos y desmonte causaría deslizamiento en las riberas del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 9- ¿Cree usted, que la defensas ribereñas con enrocado, es la única alternativa para dar protección a la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 10- ¿Considera usted la importancia de la implementación de un enrocado para la ribera del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce
- 11- ¿Usted ha recibido capacitación sobre el riesgo de desastres de las riberas del río Rímac?  
 Si  No  Desconoce

**Anexo 3:****Cuestionario N° 1**

Pregunta N° 1.- ¿Usted como especialista cree que una defensa ribereñas con enrocado es viable para la protección de la ribera del rio Rímac?

Pregunta N° 2.- ¿Usted como especialista en estimación de riesgos que recomendaciones nos daría para evitar los peligros?

Pregunta N° 3.- ¿Algunas recomendaciones si se implementa la defensa ribereña con enrocado?

**Cuestionario N° 2**

Pregunta N° 1.- ¿Qué medidas usted está tomando sobre los peligros que se presentan en el Rio Rímac, en la zona de Urb. Perú distrito de San Martin de Porres?

Pregunta N° 2.- ¿Usted como funcionario se está gestionando proyectos para defensas ribereñas en la ribera del rio Rímac?

## Anexo 4:

## Panel Fotográfico



**Fotografía N° 1.-** Se observa las viviendas afectadas por el fenómeno del Niño Costero.



**Fotografía N° 2.-** Se observa en el tipo de suelo que son mezclas de materiales areno gravoso sueltos y canto rodado de 3" poco consolidados.



**Fotografía N° 3.-** Se observa el peligro de deslizamiento, y vivienda en estado de riesgos de colapso.



**Fotografía N° 4-** Se observa la inestabilidad de Talud de la margen derecha del rio Rímac.



**Fotografía N° 5-** Se observa colapso del centro educativo inicial



**Fotografía N° 6-** Se observa viviendas cerca de la margen derecha del rio Rímac



**Fotografía N° 7-** Se observa rajadura por el peligro de deslizamientos.



**Fotografía N° 7-** Se observa residuos sólidos y desmontes en la margen derecha del rio Rímac.



**Fotografía N° 8-** Se observa que la margen derecha del rio Rímac es de material de relleno.



**Fotografía N° 9-** Se observa el talud de la margen derecha del río Rímac, donde hay un gran grado de inestabilidad.



**Fotografía N° 10- 11.-** Realizando la encuesta a la muestra en la Urb. Perú del distrito de San Martín de Porres.



**Fotografía N° 11.-** Se observa la infraestructura, que es vulnerable al peligro de deslizamiento (erosión)



**Fotografía N° 12.-** Se observa que las margen derecha (Distrito de San Martín), hay viviendas en gran vulnerabilidad.

