

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**EFFECTOS DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LOS TALUDES DE LAS RIBERAS  
DEL RIO RÍMAC - DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**PRESENTADO POR:**

Bach. NINO YURI HUERTA RAMIREZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**LIMA - PERU**

**2018**

**ASESORES:**

Dr. GENARO SIU ROJAS

Ing. GUIDO RUBÉN BENIGNO PEBE

## DEDICATORIA

*A mi familia de la cual aprendí aciertos en momentos difíciles; a mis hermanos y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.*

*¡Gracias a ustedes!*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a todas las personas que me ayudaron durante el desarrollo de este trabajo, también agradezco a los asesores los cuales constantemente estuvieron revisando y corrigiendo este trabajo.*

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

.....  
**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**  
**PRESIDENTE**

.....  
**ING. FERNANDO MANUEL UCHOYPOMA MONTES**

.....  
**MAESTRO CARLOS JORDY PÉREZ GARAVITO**

.....  
**ING. BEDER FELIPE ULLOA LLERENA**

.....  
**MG. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO DOCENTE**

## INDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS.....	v
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCION .....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1 Planteamiento del Problema .....	3
1.2 Formulación y Sistematización del Problema.....	4
1.3 Problema General .....	4
1.4 Problema Específico .....	4
1.5 Justificación.....	5
1.5.1 Justificación Social .....	5
1.5.2 Justificación Teórica .....	5
1.5.3 Justificación Práctica. ....	5
1.6 Delimitaciones.....	6
1.6.1 Delimitación Espacial.....	6
1.6.2 Delimitación Temporal. ....	6
1.6.3 Delimitación Económica.....	6
1.7 Limitaciones. ....	6
1.8 Objetivos. ....	6
1.8.1 Objetivo General.....	7
1.8.2 Objetivos Específicos. ....	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	8

2.1	Antecedentes .....	8
2.1.1	Nacionales.....	8
2.1.2	Internacionales.....	9
2.2	Marco Conceptual .....	10
2.2.1	Erosión .....	10
2.2.2	Métodos de control de erosión.....	11
2.2.3	Hidráulica Fluvial .....	14
2.2.4	Tipos de flujo .....	15
2.2.5	Clasificación de los ríos .....	17
2.2.6	Talud.....	19
2.2.7	Análisis de estabilidad .....	19
2.2.8	Factor de seguridad.....	20
2.2.9	Equilibrio límite .....	21
2.2.10	Control de aguas superficiales y subterráneas.....	23
2.2.11	Drenaje superficial.....	23
2.2.12	Vulnerabilidad.....	24
2.2.13	Índice de vulnerabilidad social (IVS).....	26
2.2.14	Muro de contención .....	30
2.2.15	Tipos de Muros de Contención.....	30
2.2.16	Uso de controladores ribereños.....	31
2.3	Definición de términos.....	32
2.3.1	Período de Retorno .....	32
2.3.2	Resiliencia .....	32
2.3.3	Vulnerabilidad.....	32
2.3.4	Erosión del Suelo.....	33

2.4	Hipótesis .....	34
2.4.1	Hipótesis general .....	34
2.4.2	Hipótesis específica .....	34
2.5	Variables .....	34
2.5.1	Definición conceptual de la variable .....	34
2.5.2	Definición operacional de la variable .....	35
2.5.3	Operacionalización de la variable .....	35
CAPITULO III METODOLOGÍA.....		37
3.1	Método de Investigación .....	37
3.2	Tipo de Investigación. ....	37
3.3	Nivel de Investigación. ....	37
3.4	Diseño de Investigación .....	37
3.5	Población y Muestra.....	38
3.6	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	38
3.7	Procesamiento de la información .....	39
3.7.1	La cuenca del río Rímac. ....	39
3.7.2	Características geológicas.....	40
3.7.3	Geotecnia de la zona de estudio. ....	41
3.7.4	Características geomorfológicas.....	42
3.7.5	Parámetros de la red hidrográfica.....	44
3.7.6	Características Climatológicas.....	44
3.7.7	Caudales máximos .....	47
3.7.8	Caudales máximos mediante distribuciones probabilísticas. ....	47
3.7.9	Puntos críticos en el tramo urbano. ....	49
3.8	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	49



3.8.1	Ubicación.....	49
3.8.2	Topografía.....	50
3.9	Modelamiento hidráulico.....	50
3.9.1	Determinación de coeficientes de rugosidad de Manning.....	50
3.9.2	Datos hidrométricos.....	51
3.9.3	Pendiente del tramo en estudio.....	52
3.9.4	Simulación de flujo permanente.....	52
3.9.5	Simulación régimen no permanente.....	60
3.9.6	Simulación calidad de agua.....	63
3.9.7	Análisis por estabilidad global.....	64
CAPITULO IV RESULTADOS.....		66
CAPITULO V DISCUSIÓN.....		87
4.1	Discusión de resultados.....	87
4.1.1	Vulnerabilidad de las infraestructuras.....	87
4.1.2	Vulnerabilidad socioeconómica de los pobladores.....	87
4.1.3	Respecto a la Hidrografía del río Rímac.....	87
4.1.4	Respecto a la estabilidad del talud.....	88
4.1.5	Respecto a la construcción del muro.....	88
Conclusiones.....		89
Recomendaciones.....		90
Referencias bibliográficas.....		91
Anexos.....		92

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Agentes erosivos y tipos de erosión .....	10
Tabla 2 Vulnerabilidad Socioeconómica.....	28
Tabla 3 Vulnerabilidad Ambiental.....	29
Tabla 4 Vulnerabilidad Física .....	29
Tabla 5 Propiedades Físico-Mecánicas y Parámetros Geotécnicos .....	42
Tabla 6 Parámetros de forma del río Rímac - Subcuenca bajo río Rímac .....	43
Tabla 7 Parámetros de relieve del río Rímac .....	43
Tabla 8 Caudales máximos para distintos períodos de retorno.....	48
Tabla 9 Progresivas según su clasificación de secciones transversales.....	50
Tabla 10 Coeficiente de rugosidad de Manning para el tramo estudiado.....	51
Tabla 11 Caudales máximos para la simulación hidráulica .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de muros de contención .....	12
Figura 2 Muros de contención con vegetales .....	13
Figura 3 Muros de Contención Mixtos .....	13
Figura 4 Hidráulica fluvial .....	14
Figura 5 Gráfico de expresión de la energía .....	16
Figura 6 Esquema típico de Volumen de Control .....	17
Figura 7 Río rectilíneo .....	18
Figura 8 Río trenzado .....	18
Figura 9 Río meándricos .....	19
Figura 10 Método de las rebanadas .....	21
Figura 11 Principales tipos de muro de contención .....	31
Figura 12: Cuenca del río Rímac .....	39
Figura 13 Esquema de mecanismo de falla en Cantilever .....	41
Figura 14 Precipitación mensual en las estaciones de la cuenca del río Rímac ...	45
Figura 15 Temperatura media (°C) – Variación mensual de la cuenca del río Rímac .....	46
Figura 16 Humedad relativa (5) - Variación mensual en las estaciones de la cuenca del río Rímac .....	47
Figura 17 Datos históricos a las distribuciones probabilísticas .....	48
Figura 18 Simulación de inundación para periodo de retorno de 50 años - Flujo permanente .....	53
Figura 19 Simulación de inundación para periodo de retorno de 100 años - Flujo permanente .....	53
Figura 20 Simulación de inundación para periodo de retorno de 500 años - Flujo permanente .....	54
Figura 21 Cuadro de velocidades variables en la parte izquierda para 50, 100 y 500 años .....	55
Figura 22 Cuadro de velocidades variables en la parte central para 50, 100 y 500 años .....	55

Figura 23 Cuadro de velocidades variables en la parte derecha para 50, 100 y 500 años.....	56
Figura 24 Altura del agua para periodo de retorno de 50 años .....	57
Figura 25 Altura del agua para periodo de retorno de 100 años .....	57
Figura 26 Altura del agua para periodo de retorno de 500 años .....	58
Figura 27 Fuerzas cortantes para el margen izquierdo en 50, 100 y 500 años.....	59
Figura 28 Fuerzas cortantes para la parte central en 50, 100 y 500 años.....	59
Figura 29 Fuerzas cortantes para el margen derecho en 50, 100 y 500 años .....	60
Figura 30 Simulación de inundación para periodo de retorno de 50 años - Flujo no permanente .....	61
Figura 31 Cuadro de velocidades variables para 100 años.....	61
Figura 32 Fuerzas cortantes para 100 años.....	62
Figura 33 Altura de la superficie del agua para 100 años .....	62
Figura 34 Cantidad de concentraciones de Oxígeno disuelto .....	63
Figura 35 Cantidad de concentraciones de Nitritos .....	64
Figura 36 Cantidad de concentración de Nitratos .....	64

## RESUMEN

La presente investigación responde a la interrogante ¿Los efectos de la erosión hídrica inciden en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres?, el objetivo general es: Determinar en qué medida los efectos de la erosión hídrica inciden en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres, y la hipótesis general que debe verificarse es: “Los efectos de la erosión hídrica inciden en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres”.

En este estudio se utilizó el método científico, de tipo aplicada, de nivel descriptivo – explicativo, diseño no experimental, la población está conformada por 210 viviendas que se encuentran en la margen derecha del río Rímac, en el distrito de San Martín de Porres, el tipo de muestreo es el no probabilístico, dirigido o intencional y la muestra es el tramo: Puente del Ejército – Puente Dueñas, distrito de San Martín de Porres.

La conclusión final a la que podemos llegar es que: Los efectos de la erosión hídrica inciden en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres. Para la obtención de datos se utilizó la encuesta y se realizó una simulación para determinar las velocidades del flujo del río Rímac, encontrando valores entre 1.5 m/s a 4.00 m/s

Palabras claves: Efectos de la erosión hídrica, vulnerabilidad, taludes de las riberas, muro de mampostería

## **ABSTRACT**

The research entitled: Effects of water erosion on the banks of the banks of the river Rimac - district of San Martin de Porres, had as a general objective Study and evaluate the water erosion and its incidence in the vulnerability of the infrastructures located in the upper slopes of the banks of the Rímac river in the district of San Martín de Porres. Likewise, To diagnose the degree of water erosion produced in the slopes, to analyze the vulnerability of the banks of the banks to define a solution method designing a masonry wall.

This research thesis is a quantitative approach, longitudinal design descriptive, correlational and explanatory that arises before the effects of water erosion on the banks of the river Rimac.

Key words: Effects of water erosion, vulnerability, banks of the river banks, masonry wall

## INTRODUCCION

La presente investigación se desarrolló con los fines de prevenir los efectos de la erosión en las laderas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres, debido a que, en el verano del 2017 se presentó en la costa peruana el fenómeno natural de nominado niño costero. Durante este periodo muchas estructuras ubicadas en las riberas del río fueron afectadas, muchas de estas infraestructuras se perdieron por falta de prevención y por la falta de planificación urbana.

El río Rímac, perteneciente a la cuenca del pacifico ha sufrido muchas alteraciones morfológicas, el crecimiento poblacional, ha provocado que muchas personas invadan las riberas del río para edificar sus viviendas. Por lo cual el río Rímac ha sufrido cambios en la geometría que generan el fenómeno denomina erosión hídrica, y cuyos efectos traen como consecuencia la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en la parte superior del talud de las riberas del río. La vulnerabilidad de las viviendas provoca un alto riesgo de pérdida de vidas humanas de las personas que habitan la zona.

Para este estudio se eligió el tramo comprendido entre el puente del ejército y el puente Dueñas en el distrito de San Martín de Porres. Debido a que, estudios realizados por la Municipalidad Metropolitana de Lima y la Autoridad Nacional del Agua en el 2009, el nivel de socavación en esta zona es de alrededor de 5.67m para un período de retorno de 100 años y de 6.98m para 500 años. Debido principalmente a que la cuenca del río Rímac desarrolla cambios geomorfológicos bruscos y al material arrastrado que aumenta la carga de sedimentos.

Se ha organizado la tesis en cinco capítulos, siendo:

CAPÍTULO I. Trata del planteamiento del problema, formulación del problema, problema general y específicos, objetivo general y específicos, justificación y delimitación de la investigación.

CAPÍTULO II. Se presentan antecedentes del estudio, el marco teórico y bases teóricas, bases legales(normas), definición de términos básicos, planteamiento de la hipótesis general y específicos, las variables e indicadores y su matriz de consistencia.

CAPÍTULO III. Se expone la metodología de la investigación. Tipo de investigación, nivel de la investigación, método de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de los datos y análisis de datos.

CAPÍTULO IV. Se presenta el desarrollo y resultado de la investigación.

CAPÍTULO V. Se expone la discusión de resultados

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.



## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del Problema

En el Perú, el daño causado por el incremento de las aguas de los ríos en las temporadas de lluvias en la zona sierra, provocan la erosión de las laderas de los ríos, debido a ello los puentes, las viviendas, las carreteras y otras infraestructuras, son afectados. En los últimos años que se está presentando cada vez con más frecuencia la presencia de fuertes lluvias, las aguas de los ríos están incrementan sus volúmenes y debido a que, por falta de planificación urbanística en varios trayectos de los ríos, están causando algunos casos de colapso total de las estructuras, trayendo consigo grandes pérdidas económicas para el país.

Los problemas causados por la erosión debido al fenómeno del niño costero en el 2017 en las costas del Perú, trajo como consecuencia la perdida de varias estructuras, la interrupción del transporte terrestre, el colapso de los sistemas de alcantarillado; así también, debido a ello mucha parte de la población tuvo problemas de enfermedades.

Siendo el rio Rímac uno de los principales ríos de la ciudad de Lima, además que, en sus riberas correspondientes al distrito de San Martín de Porres se han edificado varias infraestructura que se han visto afectadas por la presencia del fenómeno denominado niño costero del 2017; esto debido a que, las aguas del rio han provocado lo que se llama la erosión hídrica de los taludes inferiores del río, provocando el daño irreparable de las edificaciones que se encuentran en la parte superior del talud.

El propósito de este estudio que se pretende realizar, consiste en la prevención del deslizamiento de los taludes del río Rímac, comprendidos en el tramo puente del Ejercito y puente Dueñas, ubicado en el distrito de San Martín de Porres, realizando el control de la erosión en el tramo indicado para la propuesta de una alternativa que pueda controlar el deslizamiento de los taludes para proteger las infraestructuras que se encuentran sobre ellos.

## **1.2 Formulación y Sistematización del Problema**

Debido a los fenómenos naturales ocurridos recientemente, y ante la poca preparación de la población y autoridades para mitigar los daños causados por estos los fenómenos naturales. Es importante evaluar los posibles los posibles daños que puede generar el fenómeno denominado erosión hídrica.

Según información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología asegura que son dos las lluvias y las altas temperaturas han causado la aparición del fenómeno Niño Costero. El incremento de las aguas, la sedimentación de los materiales que el río traslada, el acortamiento del cauce del río debido a la invasión de la población de las riberas del río provoca que las laderas del río Rímac sean erosionadas poniendo en peligro a las infraestructuras ubicadas en su parte superior del talud y en consecuencia también pongan en peligro la vida de los pobladores del lugar.

## **1.3 Problema General**

¿Los efectos de la erosión hídrica inciden significativamente en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres?

## **1.4 Problema Específico**

- ¿Existe riesgo socioeconómico en los pobladores por los efectos de la erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac sobre los pobladores ubicados en el distrito de San Martín de Porres?

- ¿Existe una propuesta de solución para atenuar los efectos de la erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres?

## **1.5 Justificación**

### **1.5.1 Justificación Social**

Se justifica realizar el estudio de investigación en los márgenes de las riberas del río Rímac; debido a que, en las temporadas de crecida del río, el incremento de las aguas afecta a los pobladores que se encuentran ubicados en la zona de influencia del río. El desborde de los taludes, la penetración del agua en las zonas urbanas, afecta a las viviendas, calles, parques y otras infraestructuras. Por ello es necesario desarrollar una alternativa de solución, con la finalidad de que pueda contener los efectos de la erosión hídrica y no afectar en su medio de vida a toda la población.

### **1.5.2 Justificación Teórica**

Es propicio la oportunidad en estos momentos, después de pasar una época de inundaciones y desborde de taludes en el sector de las riberas de río Rímac realizar una investigación con la finalidad de proponer una alternativa de solución para que los pobladores de la zona de influencia no se vean afectados por los efectos de la erosión hídrica, para ello proponemos desde el punto de vista económico, ecológico y social la construcción de muros. Llamamos a las autoridades locales a tomar los aportes de esta investigación para que se materialice dicho proyecto.

### **1.5.3 Justificación Práctica.**

Esta investigación se justifica porque existe la necesidad de elevar el conocimiento sobre la construcción de los muros en las riberas del río Rímac y así mitigar el problema que se origina todas las épocas de crecimiento del río en la zona de influencia. Los pobladores siempre están en constante riesgo de perder sus viviendas y demás pertenencias por lo que urgen la

necesidad de solucionar los problemas mediante la propuesta que se plantea en esta investigación.

## **1.6 Delimitaciones**

### **1.6.1 Delimitación Espacial.**

El presente proyecto de tesis se basa en el estudio de los efectos de erosión hídrica en las riberas del río Rímac comprendido desde el puente del Ejército hasta el puente Dueñas pertenecientes al distrito de San Martín de Porres, considerando parámetros y materiales disponibles para la zona.

### **1.6.2 Delimitación Temporal.**

La investigación se desarrollará en el periodo comprendido entre los meses de febrero – abril del año 2017, ya que en esta época el fenómeno de El Niño Costero se presentó con mayor intensidad en las costas de la provincia de Lima.

### **1.6.3 Delimitación Económica.**

La presente investigación se realizará con recursos propios, para contribuir de manera significativa a la comunidad de San Martín de Porres en mitigar la vulnerabilidad a la que están expuestos los pobladores.

## **1.7 Limitaciones.**

Existe limitaciones de acceso a las riberas del río Rímac, debido a la existencia de viviendas al contorno de las riberas. En cuanto a la información tenemos datos del Instituto Nacional de Estadística y Autoridad Nacional del Agua; asimismo, tenemos información de expedientes que han realizado estudio de mecánica de suelos, geológicos y geotécnicos, los cuales han permitido la elaboración del diseño del muro.

## **1.8 Objetivos.**

### **1.8.1 Objetivo General.**

Determinar en qué medida los efectos de la erosión hídrica inciden en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.

### **1.8.2 Objetivos Específicos.**

- Encontrar el nivel de riesgo socioeconómico en los pobladores por los efectos de la erosión hídrica en los taludes del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.
- Encontrar la propuesta de solución para atenuar los efectos de la erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Nacionales.

**Farroña P. (2017)** en su tesis “Propuesta de diseño de muros mixtos de gaviones y de mampostería de piedra para la defensa ribereña del río Rímac en los kilómetros 34-35 Lurigancho Chosica”, para la adquirir el título de ingeniero civil en la Universidad San Martín de Porres. Tuvo como objetivo de trabajo el diseño de muros mixtos de gaviones y muros de concreto ciclópeo para la defensa de los asentamientos humanos ubicados en el margen derecho del río Rímac, ubicados en los kilómetros 34-35 del distrito de Lurigancho – Chosica.

Este problema es constante, que es ocasionado por el Fenómeno del Niño. Como resultado, el diseño muros de concreto ciclópeo y muros en mampostería de piedra que redujera los riesgos de desborde y desastres naturales.

**Fernández J. (2015)** en su tesis “Propuesta de restauración del tramo urbano del río Rímac mediante la aplicación de Bioingeniería” para la adquirir el título de ingeniero civil en la Pontífice Universidad Católica del Perú, analizó y evaluó una propuesta de restauración del tramo urbano del río Rímac, aplicando una alternativa de bioingeniería. Estableció como medida de solución la implementación de una barrera vegetal en los márgenes del río Rímac con el propósito de la reducción de la velocidad de escorrentía, estabilización del terreno y por consiguiente el control de la erosión.

Con los resultados obtenidos en su trabajo propuso la utilización del vetiver como alternativa de bioingeniería, como barrera de vegetación en los márgenes del río. Asimismo, realizó modelamiento hidráulico y analizó la estabilidad de los taludes con su propuesta de solución.

**Aguilar D. (2016)** en su tesis “Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña” comparó dos tipos de revestimientos para los efectos de la erosión ribereña utilizando tres variables técnicas. Las dos soluciones comparadas fueron colchones de gaviones y geoceldas rellenas con concreto, utilizando como variables de comparación la resistencia y su durabilidad, la rugosidad de su superficie y la estabilidad de su superficie.

### 2.1.2 Internacionales.

**Rivera Y. (2009)** en su tesis “Estado del arte de la ingeniería geotécnica en estabilidad de taludes” realiza una recopilación teórica de los principios de la geotecnia y compara diferentes alternativas constructivas propuestas como solución para lograr la estabilidad en taludes. Asimismo, considera que con su trabajo “Estado del Arte de la Ingeniería Geotécnica en Estabilidad de Taludes”, se puede prevenir a tiempo problemas surgidos por los deslizamientos de taludes en áreas propensas a este efecto natural. podrá detectar y prevenir los posibles problemas en áreas propensas a deslizamientos. Menciona que, los deslizamientos son acontecimientos que no pueden ser predecir en su ocurrencia, por ello es necesario conocer los históricos en la ciudad de Cariamanga para poder prevenirlos haciendo oportunamente una evaluación.

**Alvares C., Caicedo G. y Moreno D. (2007)** en su tesis “Análisis de flujo del río negro en el km 20+100, vía Pacho – La Palma para establecer alternativas que mitiguen la socavación mediante la elaboración de un modelo hidráulico”, busca determinar y evaluar los riesgos que existen dentro de las ramas de la ingeniería civil, para proponer alternativas de solución que contribuyan a la mitigación o reducción de los posibles peligros que atenten contra la vida de los seres humanos, atenten contra las especies de flora y fauna, y también disminuir las pérdidas económicas.

## 2.2 Marco Conceptual

### 2.2.1 Erosión

La erosión es el proceso de desprendimiento, que traslada por la fuerza del fluido que circula el suelo o roca para un posterior acopio; La erosión es un fenómeno natural que puede ser generada tanto por el agua o por el viento (Suárez, 1998)

Según García-Chevesich (2008), el término “erosión” proviene del latín “erodere”, que significa roer; Asimismo, refiere que la erosión es el deterioro del suelo superficial por la acción del agua circulante o del viento.

Varios autores han clasificado la erosión por su origen en dos tipos: erosión natural y erosión antrópica (causada por el hombre).

El primer tipo de erosión se manifiesta principalmente en las cuencas, los valles y las playas. Mientras que la segunda se origina por el inadecuado uso de la tierra por parte del hombre.

*Tabla 1 Agentes erosivos y tipos de erosión*

Agente Erosivo	Tipo de Erosión
Agua	Erosión Hídrica
Viento	Erosión Eólica
Nieve	Erosión por fusión de la nieve
Hielo	Erosión Glaciar
Gravedad	Movimientos de masa
Fauna y Raíces	Erosión Biológica
Hombre + Agua	Erosión antropogénica



### ***Erosión Natural***

Viene hacer la actuación conjunta de dos elementos agua y viento, que desprenden y arrasan masas de suelo y humus. La erosión provocada por el efecto del agua se denomina erosión hídrica y la provocada por efectos del viento se denomina erosión eólica. Así mismo la erosión por efectos del agua puede ser pluvial o fluvial

Erosión pluvial: fenómeno natural producido por la acción circulante del agua de la lluvia.

Erosión fluvial: Es producido por las aguas circulantes, generalmente en los ríos donde el agua con su paso arrasa parte del suelo que se encuentra en la superficie de los taludes.

### ***Erosión antrópica***

Este tipo de erosión es provocada por las acciones humanas que provocan el debilitamiento del suelo ante la erosión. Las prácticas más habituales son la deforestación, las edificaciones en las orillas, la agricultura intensiva, el pastoreo excesivo, etc.

#### **2.2.2 Métodos de control de erosión.**

A continuación, se exponen los métodos de control de erosión que se han dividido en los siguientes grupos: medidas constructivas o estructurales, tratamientos químicos, métodos basados en el empleo de vegetación y métodos mixtos.

##### ***Medidas estructurales o constructivas***

Son aquéllas que utilizan la modificación de la geometría de la obra y/o los materiales usados propiamente en construcción para evitar la erosión del terreno. Controlan la estabilidad de las tierras y los flujos de agua, ya sean en forma de arroyada difusa, concentrada o de escorrentía subterránea, para conducirlos de manera ordenada y sin capacidad erosiva hasta el drenaje

natural de la zona en la cual se emplaza el proyecto. En este grupo se hallan los muros de contención clásicos, las terrazas, bajantes, alcantarillas, el modelado de taludes, etc.

Figura 1 Tipos de muros de contención

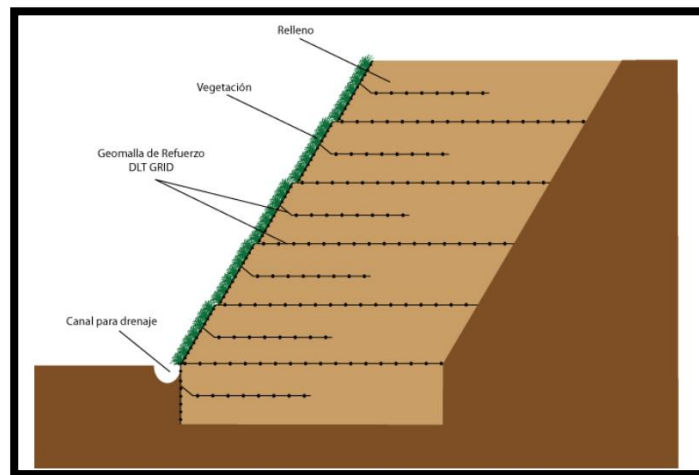


Fuente: Unión de Concreteras S.A

### ***Métodos basados en el empleo de vegetación***

Con este método se emplea plantas con el propósito de mejorar la resistencia del suelo. Las plantas a través de sus raíces absorben la humedad del terreno; asimismo las plantas generan un manto vegetal que controlan los desprendimientos de los materiales fino no cohesivos, que son atacados por la acción del viento. Existen plantas que además de generar barreras contra la erosión mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo.

Figura 2 Muros de contención con vegetales

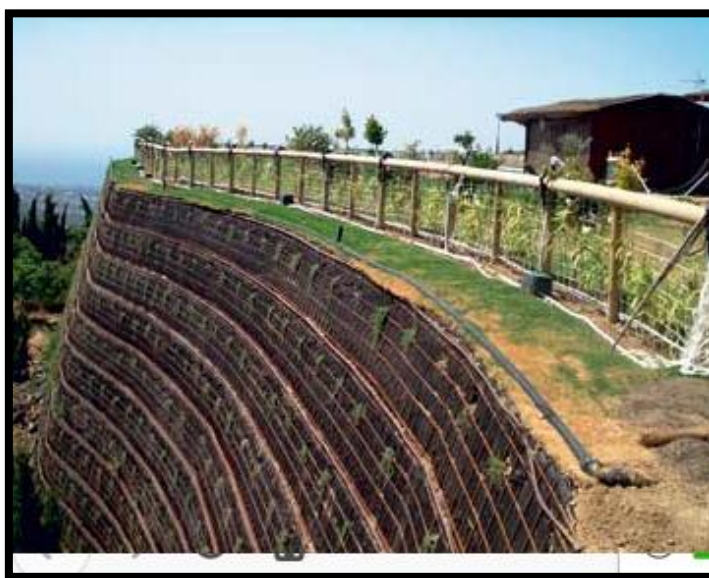


Fuente: Tejidos técnicos nonwovens geotextiles

### ***Métodos mixtos en el control de la erosión***

Consiste en la en utilizar métodos estructurales combinado con la utilización de medidas vegetales para para tratar de evitar la erosión hídrica. Por lo general las medidas estructurales se dan en las partes inferiores de los taludes y la parte vegetativa se realiza en la parte superior del talud, utilizando materiales biodegradables.

Figura 3 Muros de Contención Mixtos



Fuente: Difusión

### 2.2.3 Hidráulica Fluvial

La hidráulica fluvial se es una disciplina que se relaciona con las corrientes naturales y las edificaciones ubicadas dentro de su influencia de los ríos y lagos.

*Figura 4 Hidráulica fluvial*



Fuente: Difusión

“La Hidráulica Fluvial no puede comprenderse ni aplicarse aisladamente de una serie de disciplinas de ingeniería que le son complementarias. Así, la Hidráulica Fluvial se ubica dentro de la Hidráulica General y de la Hidráulica de Canales en particular. La Meteorología y la Hidrología resultan indispensables para el estudio de una de las fases del fenómeno fluvial. La Geología, la Geomorfología y disciplinas afines constituyen fundamento importante para la mejor comprensión del comportamiento fluvial. La teoría del Transporte de Sedimentos resulta indispensable e inseparable de la aproximación al problema. Toda la información que nos da la Hidráulica Fluvial tiene que traducirse en acciones concretas

para el diseño, construcción y operación de estructuras hidráulicas” (Rocha, 1999).

#### 2.2.4 Tipos de flujo

De acuerdo a la variación de su velocidad con respecto al tiempo se clasifican en dos tipos:

##### **Flujo permanente**

En este tipo de flujo las condiciones de velocidad no cambian en ningún punto con respecto al tiempo, o su cambio es tan pequeño que los valores pueden ser despreciados en la medida. Para calcular este tipo de flujo se basa en el principio de conservación de la energía, cuya ecuación es la siguiente:

$$Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 v_2^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

Donde:

$Z_1, Z_2$  = elevación del fondo del canal en las secciones 1 y 2

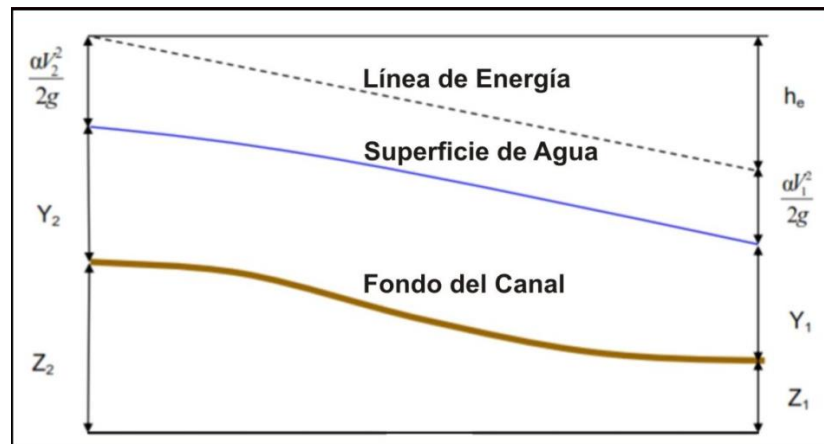
$Y_1, Y_2$  = altura de agua en las secciones 1 y 2

$V_1, V_2$  = velocidad media (caudal/área)

$g$  = aceleración de la gravedad

$a_1, a_2$  = coeficiente de variación de la velocidad en la sección transversal

Figura 5 Gráfico de expresión de la energía



Fuente: (US Army Corps of Engineers, 2010)

### Flujo no permanente

Las propiedades de un fluido y las características mecánicas del mismo serán diferentes de un punto a otro dentro de su campo, además si las características en un punto determinado varían de un instante a otro se dice que es un flujo no permanente.

El estudio del flujo no permanente en ríos adquiere gran importancia para el caso del diseño de obras hidráulicas. Con este método podemos calcular niveles de agua que se puede alcanzar en una sección.

El cálculo en régimen no permanente engloba ecuaciones diferenciales de Conservación de Masa (Continuidad) y el principio de Conservación de Momento.

### Ecuación de continuidad

Estable que la masa permanece constante en el tiempo.

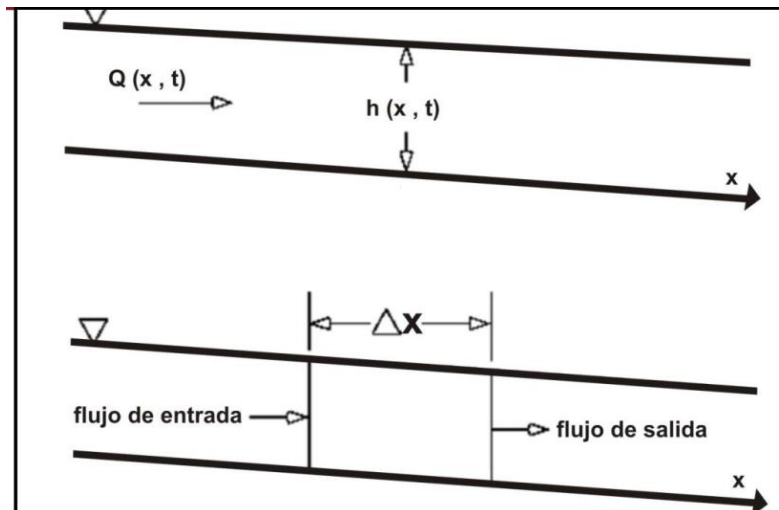
$$\frac{A_t}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_i = 0$$

## Ecuación de momento

Para el volumen de control presentado anteriormente, la conservación del momento plantea que el régimen neto de momento que entra al volumen más la suma de todas las fuerzas externas que actúan sobre este será igual a la rapidez de variación del momento, (Ahmed, 2008).

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q \cdot V}{\partial x} + g \cdot A \cdot \left( \frac{\partial Z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

Figura 6 Esquema típico de Volumen de Control



Fuente: US Army Corps of Engineers, 2010

### 2.2.5 Clasificación de los ríos

Según su geomorfología se clasifican en:

#### Ríos rectilíneos:

Estos ríos presentan un solo canal principal son muy inestables generalmente terminan transformándose y forman otro tipo de ríos. Por lo variable que son sus aguas son muy erosivas por el lugar por donde pasan.

*Figura 7 Río rectilíneo*



*Fuente: Difusión*

### **Ríos trezados:**

Su característica principal de estos ríos es que presenta diferentes canales, es por ello que tiene menor capacidad erosiva, debido a que tiene poca fuerza cuando encuentran obstáculos cambian su trayectoria con lo cual provocan inundaciones. Al transportar gran cantidad de sedimentos forman pequeñas islas dentro de su cauce, a medida que van creciendo estas islas pueden desarrollarse vegetación.

*Figura 8 Río trezado*





*Fuente: Difusión*

### **Ríos meándricos:**

Tiene un único canal principal presentando como característica un gran número de meandros durante su recorrido, son de forma sinusoidal. Los ríos meándricos son muy erosivos es por ello que transportan gran cantidad de sedimentos.

*Figura 9 Río meándricos*



*Fuente: Difusión*

### **2.2.6 Talud**

Es la inclinación del terreno respecto al plano horizontal (suelo) que adoptan los terrenos. Se denomina ladera cuando su formación se ha realizado en forma natural y cuando se han formado por la intervención del hombre se llaman cortes y terraplenes.

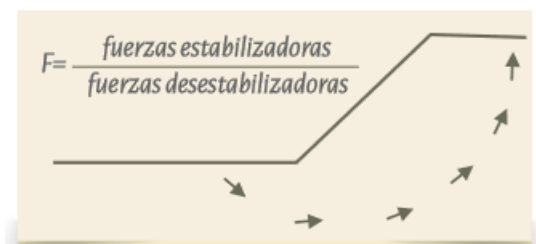
### **2.2.7 Análisis de estabilidad**

Para análisis de estabilidad de taludes es necesario determinar el factor de seguridad (FS). Para un buen diseño se deben de concebir la mayor cantidad de factores que afectan la estabilidad del talud. Dentro de estos factores debemos considerar la geometría del talud, presencia de grietas de tensión, parámetros geológicos, cargas dinámicas por acción de sismos, flujo de agua, propiedades de los suelos, etc. Sin embargo, nen un modelo

matemático no todos los factores que afectan la estabilidad de un talud se pueden cuantificar. En consecuencia, existirán ocasiones donde un enfoque matemático no producirán los resultados satisfactorios. A pesar de que existen debilidades en los modelos matemáticos para asumir todos los efectos posibles, determinando un factor de seguridad, permite al ingeniero tener una herramienta muy útil para la toma de decisiones de ellas.

### 2.2.8 Factor de seguridad

Viene hacer el cociente entre la carga ultima y la carga admisible, cuyo valor es unidimensiona.



En la siguiente tabla puede consultarse una recopilación de los factores según las diferentes normativas.

*Ilustración 1 Coeficientes de seguridad a emplear en análisis de estabilidad*

Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes				
NORMATIVA	TALUD TEMPORAL		TALUD PERMANENTE	
	ESTÁTICA	SÍSMICA	ESTÁTICA	SÍSMICA
AASHTO LRFD	1,33-1,53	1,1	1,33-1,53	1,1
NAVFAC-DM7	1,3-1,25	1,2-1,15	1,5	1,2-1,15
FHWA-NHI-11-032	-	1,1	-	1,1
CE.020	-	-	1,5	1,25

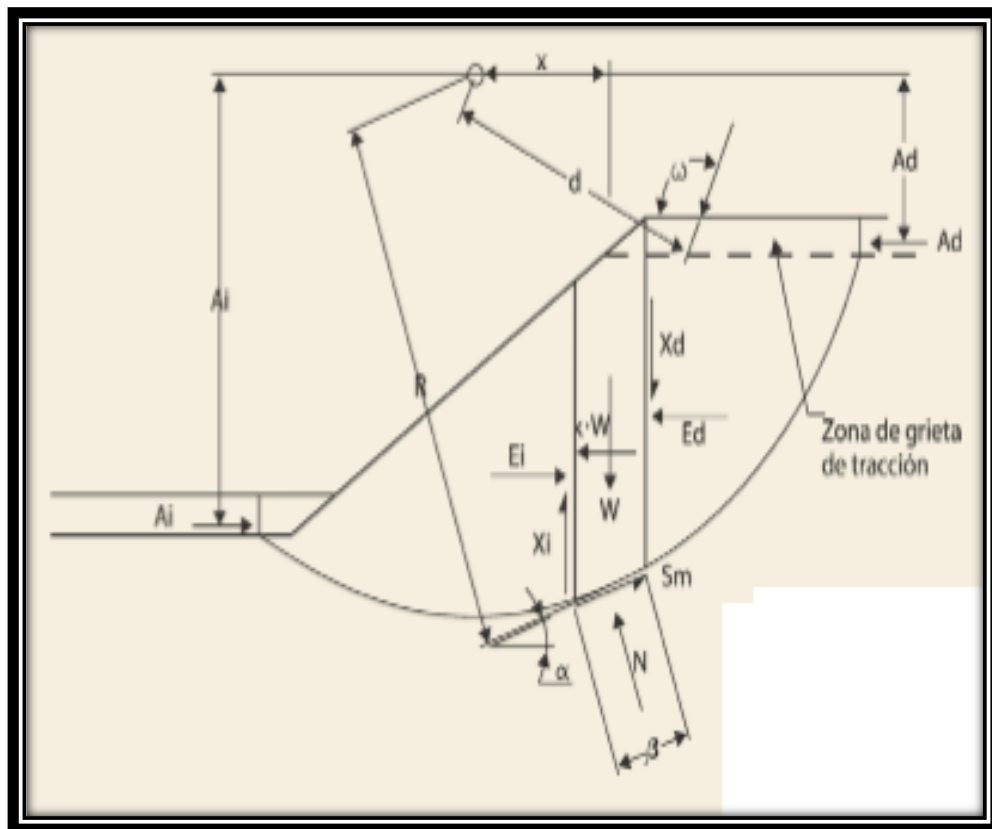
*Fuente: Difusión*

## 2.2.9 Equilibrio límite

Los modelos de equilibrio límite son los más utilizados, se basan en los principios de la estática, el equilibrio límite supone que las fuerzas de corte son una línea recta superficial al suelo.

Este método consiste en dividir la masa del terreno en pequeñas partes verticales denominadas dovelas, para luego calcular el equilibrio individual y posterior calculo total.

Figura 10 Método de las rebanadas



Fuente: Tomado de Armas-Zagoya, 2004.

### 2.2.9.1 Métodos de análisis

Existe varios métodos para obtener el Factor de Seguridad, a continuación, presentamos alguno de ellos.

- **Método ordinario o de Fellenius**

Este método también se conoce como el método sueco, a continuación se presenta la formula con la cual se calcula.

$$F.S. = \frac{\sum(C'b \sec \alpha + (W \cos \alpha - \mu b \sec \alpha) \tan \phi)}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

$\alpha$  = ángulo del radio del círculo de falla

W = Peso total de cada tajada

$\mu$  = Presión de poros

b = ancho de la tajada

C',  $\phi$  = parámetros de resistencia del suelo

- **Método de Bishop**

La solución de Bishop es muy compleja por tal motivo se utiliza una versión simplificada

$$F.S. = \sum \frac{(C'b + (W - \mu b) \tan \phi / ma)}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

$ma = \cos \alpha (1 + (\tan \alpha \cdot \tan \phi) / F.S.)$

$\alpha$  = ángulo del radio del círculo de falla

W = Peso total de cada tajada

$\mu$  = Presión de poros

b = ancho de la tajada

C',  $\phi$  = parámetros de resistencia del suelo

- **Método de Janbú**

Janbú establece para su diseño que las dovelas ejercen fuerzas horizontales y desprecia las fuerzas cortantes. Para Janbú las superficies de falla no necesariamente son circulares por lo que establece un factor

de corrección  $f_o$ . Este factor  $f_o$  dependerá de la curvatura de la superficial de falla. Los factores son simples aproximaciones que se basan de 30 a 40 casos.

El método de Janbú solamente satisface el equilibrio de esfuerzos y no satisface el equilibrio de momentos.

$$FS = \frac{f_o \sum \{ [C'b + (W - ub) \tan \phi] \frac{1}{\cos \alpha m a} \}}{\sum W \tan \alpha}$$

Donde:

$f_o$  = depende de la curvatura de la superficie de falla

$ma = \cos \alpha (1 + (\tan \alpha \cdot \tan \phi) / FS)$

$b$  = Ancho de la Dovela

$W$  = Peso de cada dovela

$C', \phi$  = Parámetros de resistencia del suelo.

$u$  = Presión de poros en la base de cada dovela =  $\gamma_w \gamma_w h_w h_w \times$

$\alpha$  = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.

### 2.2.10 Control de aguas superficiales y subterráneas

Existen métodos para el control de las aguas superficiales y subterráneas para evitar los deslizamientos, estos métodos resultan ser muy efectivos, es más reducen considerablemente la inversión económica que demandaría la construcción de obras. Esto consiste en la desactivación de los poros, los cuales son agentes principales de la desestabilización de los taludes. Al conseguir el drenaje del talud estamos reduciendo la masa y liberando las presiones.

### 2.2.11 Drenaje superficial

Es muy importante incorporar el drenaje superficial, pues mejora la estabilidad del talud memorando la infiltración y evitando la erosión. Las infraestructuras de recolección de las aguas superficiales deben ser captadas de la cuenca arriba del talud como del talud mismo y desembocar en un sitio

lejos del deslizamiento. Para ello debemos construir zanjas de coronación. Las aguas lluvias que caen sobre la superficie del talud directamente deben ser evacuadas lo más rápido con la finalidad de evitar daños considerables al talud por infiltración y erosión. Para evitar la infiltración de aguas en la superficie del talud se puede hacer sellado con de grietas con arcilla e imprimación con material bituminosos, recubriendo con matas de geosintéticos.

### **2.2.12 Vulnerabilidad**

El concepto de vulnerabilidad ha sido escrutado en varios campos de la conciencia como: la antropología, la sociología, la ecología política, las geociencias y la ingeniería.

Es por ello que, en este trabajo dentro de los enfoques de la ingeniería civil, se analizará que efectos de la erosión hídrica crea vulnerabilidad a los pobladores ubicados en las riberas del río Rímac.

En el Perú es constante las amenazas de destrucción por causa de los fenómenos naturales. Esto conlleva a desafíos de la población para lograr su subsistencia. En los últimos años, el crecimiento poblacional a causado que la aceleración de los fenómenos naturales como la erosión hídrica. La falta de planificación urbanística y los intereses políticos de las autoridades han causado que las riberas de los ríos sean tomadas por los pobladores para edificar sus viviendas. Esto ha provocado el estrechamiento del cauce de los ríos; es más, la falta de conciencia ambiental de la población hace que sus residuos sólidos y sus aguas servidas, sean depositadas en los ríos, provocando la interrupción de sus aguas y contaminación respectivamente.

Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio

natural o antrópico. Existen tres factores que determinan la vulnerabilidad y son: exposición, fragilidad y resiliencia

#### **A. Vulnerabilidad socioeconómica**

Se evalúa el nivel de organización y participación, relación con organizaciones gubernamentales, el acceso de servicios, empleo remunerado, entre otros, en los que se puede reflejar la capacidad de hacer frente a una desastre natural o producido por el hombre

#### **B. Vulnerabilidad ambiental**

La naturaleza ha creado su propia dinámica de ciclos que le permite ajustar de manera interna sus cambios. Estos ciclos han sido alterados por la intervención del hombre que inclusive ha destruido su medio ambiente. Un medio ambiente que ha sido debilitado merced a la acción directa o indirecta del ser humano es también un medio ambiente más vulnerable.

La vulnerabilidad ambiental es que la acción del ser humano sobre el medio ambiente que se basa en la dominación destructiva por parte del hombre hacia el medio ambiente. Si bien la relación entre el ser humano y el medio ambiente es contradictoria, no por ello es antagónica, ya que el ser humano no debe considerarse como un agente exógeno a la naturaleza.

#### **C. Vulnerabilidad en la salud**

En toda sociedad existe grupos poblacionales que tienen mayor probabilidad a sufrir enfermedades, morir o accidentarse. Ha este tipo de grupo se le denomina «vulnerables». Al existir mayor riesgo en este grupo poblacional corresponde determinar con mayor exactitud la medición del riesgo.

Para calcular el riesgo se debe dividir el número de individuos de una población que presentan un evento ( $nE$ ) entre el número total de individuos de la población ( $nP$ ).

$$Riesgo = \frac{nE}{nP}$$

### **La Exposición al Riesgo.**

Debido a la condición de pobreza de los países en desarrollo las zonas cercanas a los ríos son invadidas por los pobladores para poder vivir, estas zonas al encontrarse cercanas a las riberas son muy propensas a los deslizamientos debido a la alteración que sufren por parte de los pobladores (Cabrera 2009). Es por ello que, la ocurrencia de fenómenos naturales extremos expondrá a los pobladores a los riesgos provocados por las malas prácticas constructivos de estos.

### **Sensibilidad**

La sensibilidad es una medida de la susceptibilidad de la población ante los impactos de los fenómenos naturales. En este estudio se analizará aspectos de sensibilidad relacionados con economía, salud, educación e infraestructura.

Así también (Parmesan et al., 2000) señaló: “ Los eventos extremos pueden causar la mortalidad en masa de los seres vivos y constituyen significativamente a la determinación de la especies en los ecosistemas”.

### **2.2.13 Índice de vulnerabilidad social (IVS)**

El índice de vulnerabilidad social es una medida conjunta de ciertos parámetros que atentan a un grupo de pobladores limitándolos a valerse por si mismos.



El grupo Sociedad Hoy ha elaborado el siguiente cuadro para medir la vulnerabilidad de los pobladores de un cierto lugar.

*Cuadro 1 Puntuación de vulnerabilidad social*

Tipo de activo vinculado	Dimensión	Variable	Modalidad	Puntuación
Físico	Vivienda	1. Hacinamiento	1.1 Con hacinamiento	1
			1.2. Sin hacinamiento	0
		2. Saneamiento	2.1. Deficitarias	1
			2.2. Menos que regular	0,75
			2.3. Regular	0,5
			2.4. Aceptable	0,25
			2.5. Bueno	0
		3. Materialidad	3.1. Viviendas Deficitarias	1
			3.2. Viviendas Recuperables	0,75
3.3. Viviendas Aceptables	0,25			
3.4. Viviendas Buenas	0			
Financiero (Indirecto)	Pobreza	4. Condición de pobreza	4.1. Indigente	1
			4.2. Pobre	0,75
			4.3. No pobre	0

*Fuente: Sociedad HOY*

La valoración de la vulnerabilidad puede definirse como el nivel potencial de daño o grado de pérdida de un determinado elemento expresado en una escala de 0 a 1:

$$V = V_s \times V_t \times V_l.$$

**V<sub>s</sub>** = Probabilidad del impacto espacial del deslizamiento sobre el elemento.

**V<sub>t</sub>** = Probabilidad en el tiempo (donde se encuentre el elemento durante el impacto).

**V<sub>l</sub>** = Probabilidad de pérdida de vida o proporción del valor del elemento.

Para valorar la vulnerabilidad hay que tener en cuenta el tipo, distribución espacial y proximidad de la población vulnerable, la facilidad para poder atender un posible fenómeno, escala de una probable falla, nivel de prevención o alarma, velocidad del movimiento y su respuesta, además la posibilidad de secundarios efectos.

Finlay (1997) presento “un ejemplo de un enfoque directo donde los valores de vulnerabilidad son asignados directamente por referencia a los datos históricos, pero sin consideración de los diversos componentes que afectan la vulnerabilidad. Se asignan valores de 0 a 1 de acuerdo a la experiencia histórica que se tiene en el manejo de una determinada amenaza”.

Tabla 2 Vulnerabilidad Socioeconómica

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA		
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta
Nivel de Organización Población	Población totalmente organizada.	Población organizada	Población escasamente organizada
Grado de relación entre las instituciones	Fuerte relación	medianamente relacionados	Débil relación
Nivel de ingresos Alto nivel de	Alto nivel de ingresos	Suficientes niveles de ingresos	Ingresos inferiores para cubrir necesidades básicas.
Actividad Económica	Productos para el comercio exterior o fuera de la localidad	Productos para el comercio interior, a nivel local.	Sin productividad y nula distribución de recursos

Tabla 3 Vulnerabilidad Ambiental

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL		
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta
Condiciones Atmosféricas	Niveles de temperatura al promedio normales	Niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal	Niveles de temperatura superiores al promedio normal
Composición y calidad del aire y el agua	Sin ningún grado de contaminación	Con un nivel moderado de contaminación	Alto grado de contaminación
Condiciones Ecológicas	Conservación de los recursos naturales, crecimiento poblacional planificado, no se practica la deforestación y contaminación	Nivel moderado de explotación de los recursos naturales; ligero crecimiento de la población y del nivel de contaminación	Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y del nivel de contaminación.

Tabla 4 Vulnerabilidad Física

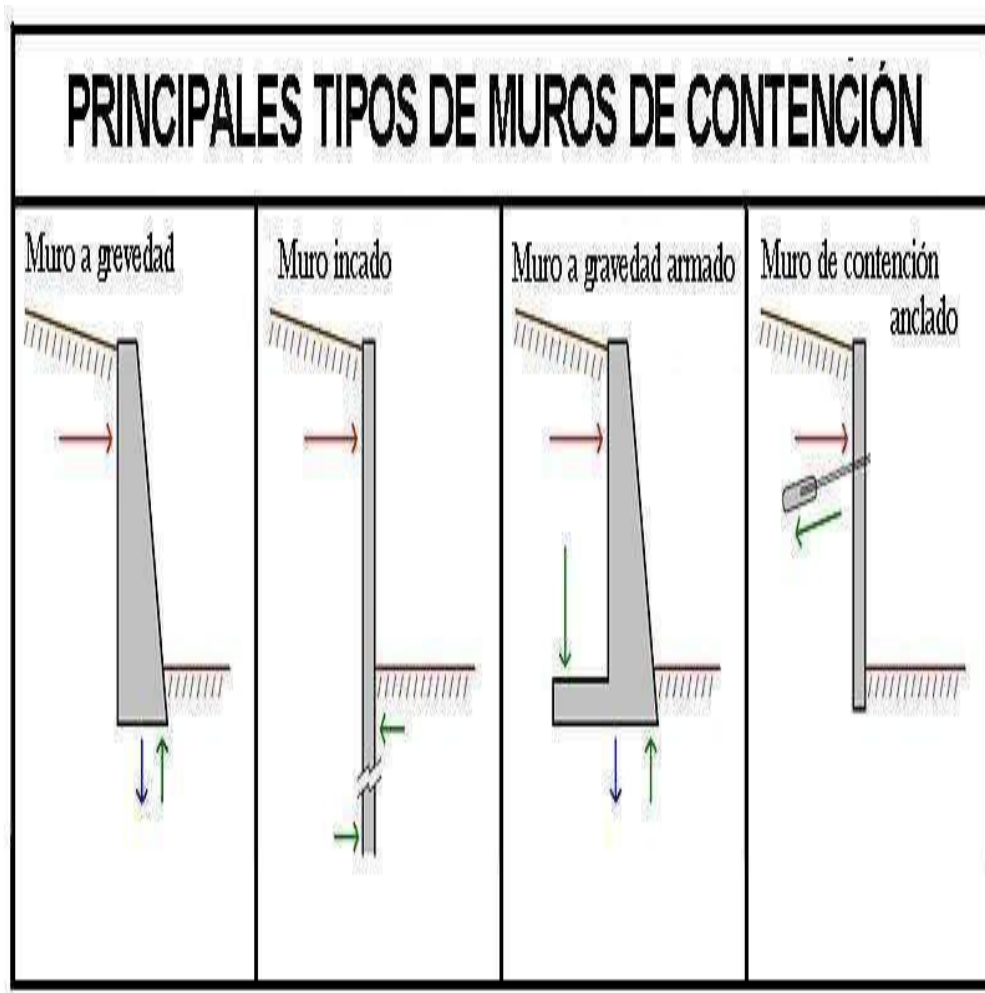
VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD FÍSICA		
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta
Material de construcción utilizada en viviendas	Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero)	Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva	Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales
Localización de viviendas	Muy alejada > 5 Km	Medianamente cerca 1 – 5 Km	Cercana 1 – 0 Km
Características geológicas, calidad y tipo de suelo	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante
Leyes existentes	Con leyes estrictamente cumplidas	Con leyes medianamente cumplidas	Con leyes sin cumplimiento

#### **2.2.14 Muro de contención**

Los muros de contención son elementos estructuras que tienen como principal objetivo sostener el empuje horizontal de la tierra; asimismo, sostienen fuerzas verticales estructuras que se apoyan sobre ellos. Existen varias formas de clasificación de los muros de contención como: gravedad, semi gravedad, voladizo y contrafuertes. Para la selección de un tipo de muro tenemos que analizar el tipo de realidad que amerita dicha edificación, como son la altura que necesitamos, características del suelo, materiales disponibles, entre otras.

#### **2.2.15 Tipos de Muros de Contención**

Figura 11 Principales tipos de muro de contención



### 2.2.16 Uso de controladores ribereños

Para defensas ribereñas los controladores dependen de la cuenca de construcción, Como es sabido la geomorfología de la región costa es diferente a la de la sierra o de la selva. Pero estas infraestructura están diseñadas para cumplir las mismas funciones:

- Disminuir la velocidad de la corriente próximas a la orilla.
- Variar la corriente próxima a la orilla para evitar desbordes.
- Evitar la erosión de las riberas de los ríos.
- Lograr mantener el ancho fijo para el río.

- Controlar el cauce fluvial.
- Contener la migración de meandros

## **2.3 Definición de términos**

### **2.3.1 Período de Retorno**

El (Ministerio de Transporte y Comunicaciones en su el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje 2008, p. 16) “El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, se le denomina Período de Retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años.

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factor es económicos, sociales, técnicos y otros”.

### **2.3.2 Resiliencia**

Es la capacidad que tiene el ser humano para poderse adaptar a las condiciones adversas. Capacidades escondidas del ser humana hasta que las circunstancias lo ameriten.

### **2.3.3 Vulnerabilidad.**

El (Ministerio de Transporte y Comunicaciones en su el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje 2008, p. 90) “La socavación es un fenómeno hidrodinámico que es la causa más frecuente de falla que afecta las cimentaciones de los puentes. Dicho fenómeno es una combinación de distintos procesos, unos que se producen a largo plazo y otros

transitorios por el paso de avenidas. El proceso de socavación en un puente se analiza como erosión potencial total y es de carácter estimativo, la cual combina la socavación producida en la sección del puente y sus inmediaciones, causada por el estrechamiento del cauce debido a su construcción y la socavación local que se produce en las inmediaciones de los pilares y estribos rodeados por la corriente del río. Sin embargo, cabe indicar que estos procesos de socavación son inherentes a la presencia del puente sobre el curso natural, porque existen otros procesos de socavación que ocurren de manera independiente a la presencia del puente y son la socavación general y la socavación en curvas que también deberán ser tomados en cuenta al momento de la estimación de la socavación potencial total”.

#### **2.3.4 Erosión del Suelo**

El (Ministerio de Agricultura y Riego, 2014, p. 3) La erosión es el desprendimiento y arrastre (lavado) del suelo de un lugar a otro causado por la lluvia, el viento, o por, malas prácticas que realiza el hombre en su chacra. Por estas pérdidas disminuye poco o poco la profundidad del suelo y hace que pierda su fertilidad.

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

Los efectos de la erosión hídrica inciden significativamente en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.

### **2.4.2 Hipótesis específica**

- 1 Es alto el riesgo socioeconómico en los pobladores por los efectos de la erosión hídrica en los taludes del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.
- 2 Existe una propuesta de solución que atenúa los efectos de la erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres

## **2.5 Variables**

### **2.5.1 Definición conceptual de la variable**

#### **Efectos de la Erosión hídrica**

Pidwirny (2006) define “la erosión como la degradación de los suelos, los sedimentos, el regolito, los fragmentos de roca y el paisaje, a través de distintos medios externos como el viento, el hielo y el agua”.

#### **Vulnerabilidad de las infraestructuras**

(Clichevsky, 2002) definió “El concepto de Vulnerabilidad, se refiere a la propensión a sufrir daño ante la presencia de una determinada fuerza o energía potencialmente destructiva; representando la incapacidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio a su ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio”.



## 2.5.2 Definición operacional de la variable

### Erosión hídrica

La medición de la erosión hídrica es variable, existen límites permisibles de erosión por lugares, esto depende de las profundidades, tipo de formación y granulometría del suelo. Así mismo, el clima es un factor muy determinante en la erosión hídrica.

Existen métodos empíricos para determinar la erosión hídrica, una de ellas es el modelo de la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo (EUPS).

### Vulnerabilidad social.

Para el análisis de definición de vulnerabilidad social tenemos que tener conocimiento detallado de la infraestructura, densidad de población, actividades económicas y los efectos de un determinado fenómeno sobre estos elementos en riesgo.

Para realizar un estudio de vulnerabilidad es necesario analizar la densidad de la población, la infraestructura y las actividades económicas y los efectos de un determinado fenómeno natural sobre estos.

## 2.5.3 Operacionalización de la variable

### Variable: Efectos de la Erosión Hídrica

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desborde de talud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caudal</li> </ul>
<b>Y: Efectos de la Erosión hídrica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporte de suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Socavación</li> <li>Intensidad</li> </ul>

### Variable: Vulnerabilidad de las Infraestructuras

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE	<ul style="list-style-type: none"><li>Socioeconómico</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Baja</li><li>Media</li><li>Alta</li></ul>
<b>Y: vulnerabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ecológica</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Baja</li><li>Media</li><li>Alta</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>Salud</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Baja</li><li>Media</li><li>Alta</li></ul>

## **CAPITULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 Método de Investigación**

El presente trabajo corresponde al método científico. Según (Gonzales Castellanos, & Curiel Lorenzo, 2003, p. 11). “El método científico es la forma de abordar la realidad, de estudiar los fenómenos de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento, con el propósito de descubrir la esencia de los mismos y sus relaciones. Ejemplo el experimento y la observación”. En el presente trabajo titulado “Efectos de la erosión en los taludes de las riberas del río Rímac – distrito de San Martín de Porres”, conocimos la realidad de la población afectada por el fenómeno natural denominado erosión.

### **3.2 Tipo de Investigación.**

El tipo de estudio de la presente trabajo de investigación es aplicativo “en estos estudios se deben determinar y definir previamente las variables, luego se formulan hipótesis, los mismos que deben probarse por métodos estadísticos, trabajándose con muestras representativas y llegando al final a las conclusiones”.

### **3.3 Nivel de Investigación.**

El nivel de estudio de la presente investigación es el explorativo descriptivo. La investigación de tipo exploratoria porque se abordará, lo que nos permita “familiarizarnos” con algo que hasta el momento desconocíamos y descriptivo porque consiste en plantear lo más relevante de un hecho o situación concreta.

### **3.4 Diseño de Investigación**

El diseño de la investigación es no experimental de corte transversal, debido a que las variables no fueron manipuladas ni se sometió a prueba. Es transversal por qué debido a que se miden las variables en un espacio y tiempo

único. “Es como tomar una fotografía de algo que sucede” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.155).

### 3.5 Población y Muestra.

Para este trabajo se consideró 80 viviendas que están ubicadas en las laderas del río Rímac ubicadas dentro del distrito de San Martín de Porres.

#### Muestra:

$$n = \frac{Z^2 N(p)(q)}{e^2(N - 1) + Z^2(p)(q)}$$

Donde:

Z = Desviación Estándar según el nivel de confianza (Z = 1.96)

n = Tamaño de la muestra

N = Población (210 viviendas)

e = Error de muestreo 5%

p = probabilidad de ocurrencia de los casos (p=0.1)

q = probabilidad de no ocurrencia de los casos (q=0.9)

$$n = \frac{(1.96)^2 210(0.1)(0.9)}{0.05^2(210 - 1) + (1.96)^2(0.1)(0.9)} = 160$$

Por lo tanto, el tamaño de nuestra muestra consiste en 160 viviendas.

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

En primer lugar, se tiene en cuenta el análisis documental, donde se considerará información de las entidades públicas tales como: La Municipalidad Provincial de Lima, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua entre otros. Asimismo, se tomó información de otros estudios similares a este trabajo tales como tesis, estudios, informes y otros. Los cuales nos sirvieron para estructurar el marco teórico referencial y conceptual de la presente investigación.



### **3.7.2 Características geológicas.**

#### **3.7.2.1 Geología.**

Según los estudios realizados por el INGEMMET en la cuneca del río Rímac afloran rocas sedimentarias (calizas, limonitas, conglomerados lutitas arcillas), metamórficas (cuarcita, pizarra, esquistos), intrusivas (granitos, granodioritas, dioritas, tonalitas, pegmatitas, etc.) y volcánicas (tufos aglomerados, andesitas, etc.), que comprenden los períodos del Jurásico y Cuaternario reciente. la zona de estudio (subcuenca bajo río Rímac), el Batolito de la costa es la falla con mayor influencia en la subcuenca. Presenta formaciones de diques andesíticos y rocas como pizarras, cuarcitas y mármoles (CISMID, 2007).

#### **3.7.2.2 Geodinámica Externa – Procesos morfodinámicos.**

Los flujos turbulentos y la dinámica torrencial de la cuenca del río Rímac, presenta los principales procesos:

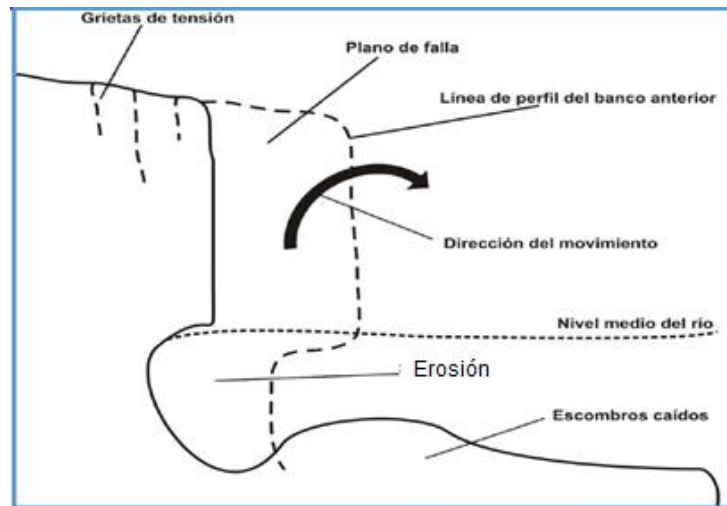
#### **3.7.2.3 Desprendimientos.**

A lo largo de las laderas del cauce del río se desprenden fragmentos rocosos a estos se le denomina desprendimientos; debido a la desestabilización del material por efectos de movimientos sísmicos, acción erosiva de la precipitación o la alteración de la morfología por la invasión del lecho por parte de los pobladores.

#### **3.7.2.4 Falla cantiléver.**

Colapso de un bloque en la ladera de un canal, producido por la erosión del margen del río. La causa principal es el lavado de la matriz de arena y eliminación de finos de una capa de estrato de grava a lo largo del margen del río. Los parámetros que influyen en su ocurrencia son relacionados a la geometría que presenta el canal, así como las condiciones de flujo (Reckendorf, 2010). (ver figura N° 01)

Figura 13 Esquema de mecanismo de falla en Cantilever



Fuente: (Talukdar, 2012).

### 3.7.2.5 Inundaciones.

Ocasionadas por la alteración de las de la morfología del lecho del río, ocasionadas por la invasión de la población en las laderas del río. Se definen como el desborde del caudal del cauce del río y su posterior invasión a las superficies contiguas.

### 3.7.2.6 Sismicidad.

La cuenca del río Rímac está ubicada en una zona de alta actividad sísmica, y en particular el área en estudio (subcuenca bajo río Rímac). La Norma Sismorresistente E.030, lo ubica a la subcuenca en la Zona 4 con un factor de zona  $Z=0.45g$ . En cuanto a las condiciones geotécnicas, el tipo de suelo es considerado S1 y S2, con factores respectivos de  $S= 1.0$  y  $1.2$ , y periodos predominantes  $T_p$  de  $0.4$  y  $0.6$ , respectivamente.

### 3.7.3 Geotecnia de la zona de estudio.

La Autoridad Nacional del Agua realizó investigaciones geotécnicas en puntos específicos a lo largo de la cuenca del río Rímac. Para intereses propios de la investigación se trabajó con la información correspondiente al puente del ejército, distrito de San Martín de Porras.

Según el (ANA 2012), el material predominante es la grava mal gradada (GP), que presenta un índice de plasticidad de cero, considerándose un suelo no plástico. Por lo general, este tipo de terreno es excelente para el apoyo de cimentaciones ya que su capacidad de carga es alta.

*Tabla 5 Propiedades Físico-Mecánicas y Parámetros Geotécnicos*

<b>Propiedades Físico-Mecánicas y Parámetros Geotécnicos</b>	
SUCS GP	(Grava mal gradada)
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice Plástico	---
Gravas (%)	78.02
Arenas (%)	21.35
Finos (%)	0.29
D50 (mm)	16.2
Permeabilidad (cm/seg)	>9-3
Máximo peso unitario (Ton/m <sup>3</sup> )	1.79 – 2.10
Ángulo de Fricción Interna (°)	35
Capacidad Portante (kg/cm <sup>2</sup> )	2.00 -4.00
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	0.35

*Fuente: elaboración propia basados en datos de la ANA.*

### **3.7.4 Características geomorfológicas.**

#### **3.7.4.1 Parámetros de forma.**

Los parámetros principales de forma que describen a una cuenca son el área, perímetro, longitud del río principal, coeficiente de compacidad, entre otros. En la tabla N°01 se presentan los valores de estos parámetros.



Tabla 6 Parámetros de forma del río Rímac - Subcuenca bajo río Rímac

Parámetro	Unidad de medida	Cuenca Rímac	Subcuenca bajo río Rímac
Área de la cuenca	km <sup>2</sup>	3503.95	441.03
Perímetro de la cuenca	km	419.50	156.24
Longitud del río principal	km	134.00	22.92
Ancho promedio	km	26.15	19.24
Coeficiente de compacidad	---	2.00	2.10
Rectángulo equivalente	L <sub>mayor</sub>	km	193.10
	L <sub>menor</sub>	km	18.15

Fuente: ANA 2012

### 3.7.4.2 Parámetros de relieve.

El relieve de la cuenca es el factor más importante sobre la escorrentía. La pendiente juega un rol significativo en el tiempo de concentración de las aguas de los afluentes al curso principal. para describir el relieve se utiliza los parámetros de altitud media, altitud de frecuencia media, pendiente media, entre otros. La Tabla N°02 describe algunos parámetros del relieve de la cuenca.

Tabla 7 Parámetros de relieve del río Rímac

Parámetro	Unidad de medida	Cuenca Rímac	Subcuenca bajo río Rímac
Altitud media de la cuenca	msnm	2939.87	363.75
Altitud de frecuencia media	msnm	3372.41	209.71
Pendiente media de la cuenca	m/m	0.0293	0.0303

Fuente: Subcuenca bajo río Rímac (MINAG, 2010).

### **3.7.5 Parámetros de la red hidrográfica.**

Nos muestran las cualidades del drenaje o recorrido del agua. Los parámetros dan a conocer la morfología, la cantidad de agua que circula y los materiales del suelo. Estos parámetros son:

#### **3.7.5.1 Pendiente media del río principal (Sm).**

La pendiente nos proporciona la velocidad de escorrentía superficial de un río. El valor de la pendiente del río Rímac es de 0.0445 m/m, y en la subcuenca bajo río Rímac este presente un valor de 0.096 m/m (MINAG, 2010).

#### **3.7.5.2 Tipo de corriente.**

El río Rímac tiene un tipo de corriente intermitente, caracterizado porque generalmente lleva agua en casi todo el año, con mayor cantidad en épocas de lluvia y disminuye notablemente en épocas de sequías (SENAMHI, 2015).

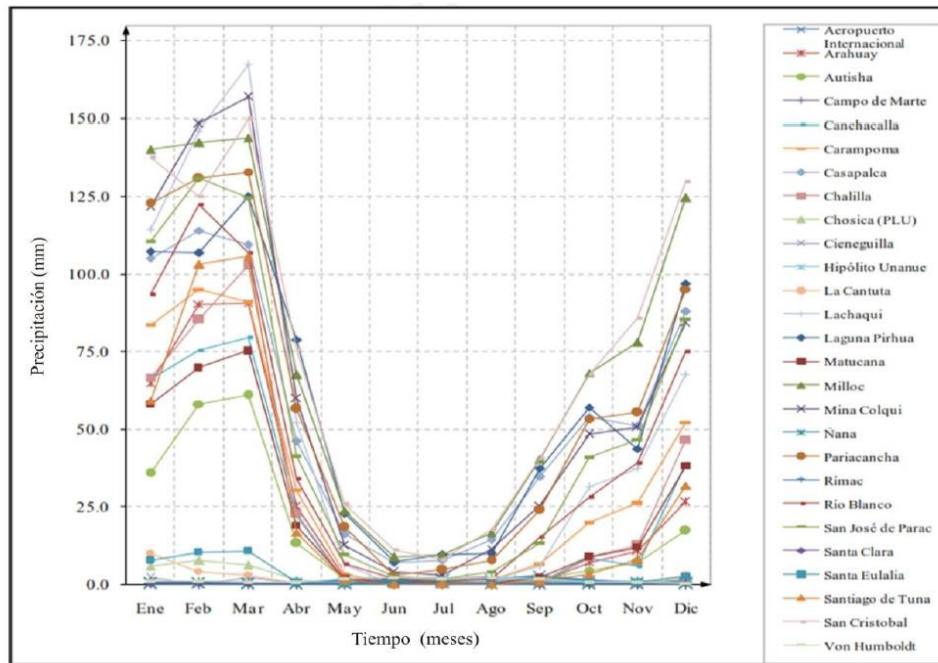
### **3.7.6 Características Climatológicas.**

Los registros de distintas estaciones meteorológicas instalados en la cuenca del río Rímac, nos permite describir a continuación los parámetros que definen el clima.

#### **3.7.6.1 Precipitación.**

Los periodos de los meses diciembre a marzo son periodos de lluvias de mayor magnitud con el 72.52%, el periodo entre los meses de mayo y septiembre son secos con valores de precipitación que alcanzan 7.15%, los meses de octubre a noviembre y abril tienen una precipitación que llegan en promedio al 20.33% de las precipitaciones totales anuales. Datos proporcionados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2012).

Figura 14 Precipitación mensual en las estaciones de la cuenca del río Rímac

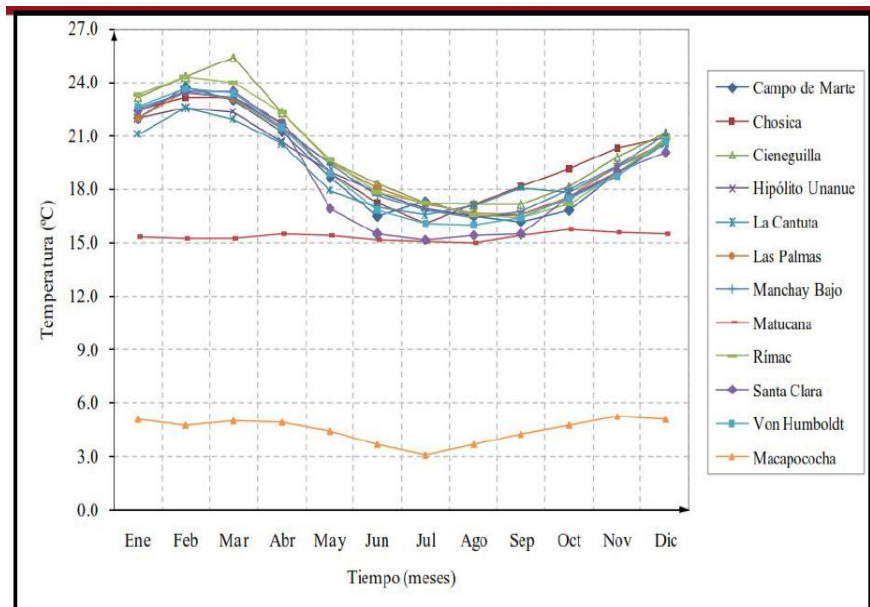


Fuente: (MINAG, 2010).

### 3.7.6.2 Temperatura.

De la Figura N°15 se desprende que la temperatura más alta se registra entre los meses de noviembre a marzo, siendo el mes de enero el que tiene el valor más elevado. En otro orden, en el mes de julio se presentan las temperaturas medias más bajas (MINAG, 2010).

Figura 15 Temperatura media (°C) – Variación mensual de la cuenca del río Rímac

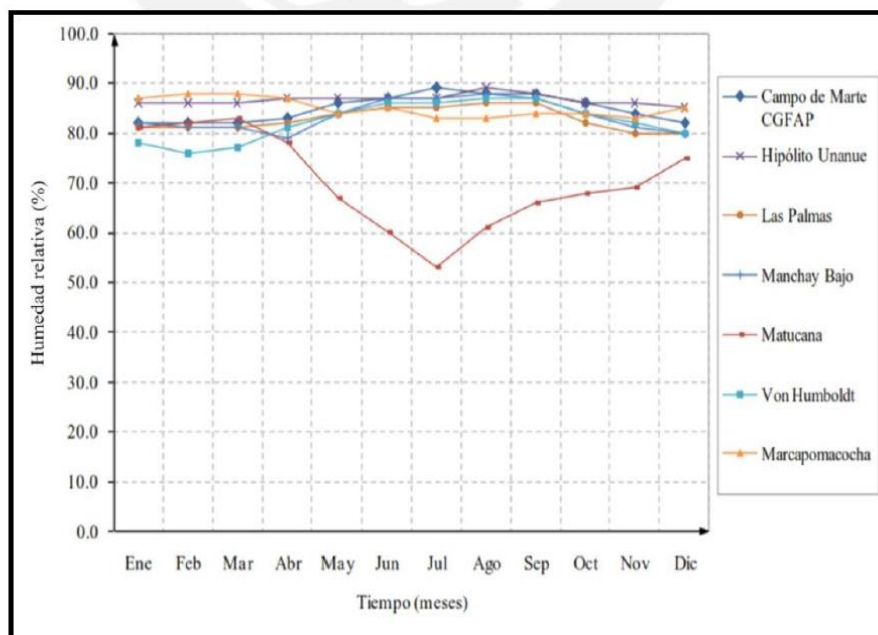


Fuente (MINAG, 2010).

### 3.7.6.3 Humedad Relativa.

En las zonas más cerca al litoral del mar se registra mayores porcentajes de humedad, estos valores decrecen a medida que se nos vamos acercando a las zonas más altas (ver Figura N°05). Es preciso remarcar que en las noches debido al descenso de la temperatura los valores de la humedad se presentan altos, esto en comparación del día donde desciende la humedad.

Figura 16 Humedad relativa (5) - Variación mensual en las estaciones de la cuenca del río Rímac



Fuente: (MINAG, 2010).

### 3.7.7 Caudales máximos

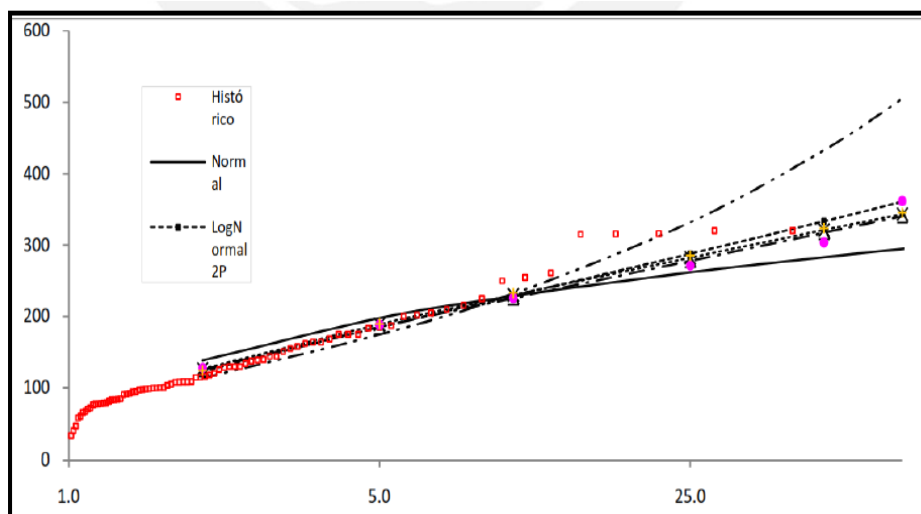
Es necesario introducir los caudales máximos para realizar una simulación hidráulica. En el 2012 la Autoridad Nacional del Agua (2012) estudió una serie de caudales históricos de la estación hidrométrica de Chosica comprendidos entre los años 1920 al 2011 para una cantidad de 84 años, la cual es administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

### 3.7.8 Caudales máximos mediante distribuciones probabilísticas.

Según el estudio "Tratamiento del cauce del río Rímac y principales quebradas tributarias para mitigar efectos de eventos hidrológicos extremos" (ANA, 2012). Para determinar los caudales máximos se utilizó el software HidroEsta. Donde se evaluaron 8 modelos, donde consideraron un nivel de significancia de 5%, método de estimación de parámetros, momentos lineales y pruebas de bondad de ajuste por Kolmogorov.

Las funciones con mejor ajuste que se encontraron fueron la Normal, LogNormal 2 parámetros, LogNormal 3 parámetros, Gumbel, LogGumbel, Gamma 2 parámetros y Gamma 3 parámetros. Esto porque la data histórica presentó buena aproximación con la distribución Log Normal 2 parámetros (ver Figura 3-05), la ANA optó por emplear los caudales obtenidos por esta función. En la Tabla 3-04 se presentan los caudales máximos calculados por la ANA (2012).

Figura 17 Datos históricos a las distribuciones probabilísticas



Fuente: (ANA, 2012).

Tabla 8 Caudales máximos para distintos períodos de retorno

T.R. (años)	Q max (m <sup>3</sup> /s)
2	122.9
5	185
10	229.1
25	287.7
50	333.3
75	360.7
100	380.5
200	429.5
500	497.4
1000	551.4

Fuente: (ANA, 2012)

### 3.7.9 Puntos críticos en el tramo urbano.

Por causa de las inundaciones y los efectos erosivos se identificaron zonas de alto riesgo. Entre el tramo del Puente del Ejército (Cercado de Lima) y el Puente de la Avenida Universitaria (San Martín de Porres) se pudo identificar que de manera progresiva se presenta la falla denominada cantiléver. Por lo cual se han presentado daños a las viviendas y a las infraestructuras de servicios cercanas al cauce del río que se tiene que tener presente en la propuesta de solución con muros de contención.

## 3.8 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### 3.8.1 Ubicación.

El presente trabajo de investigación y desarrollo de la propuesta se realizó en el tramo comprendido entre el puente del Ejército y el puente de la Av. Universitaria en una longitud de 3,040 mts. aguas abajo del río Rímac. Esta zona está comprendida entre los distritos de Cercado de Lima y San Martín de Porres. (ver Figura 5).

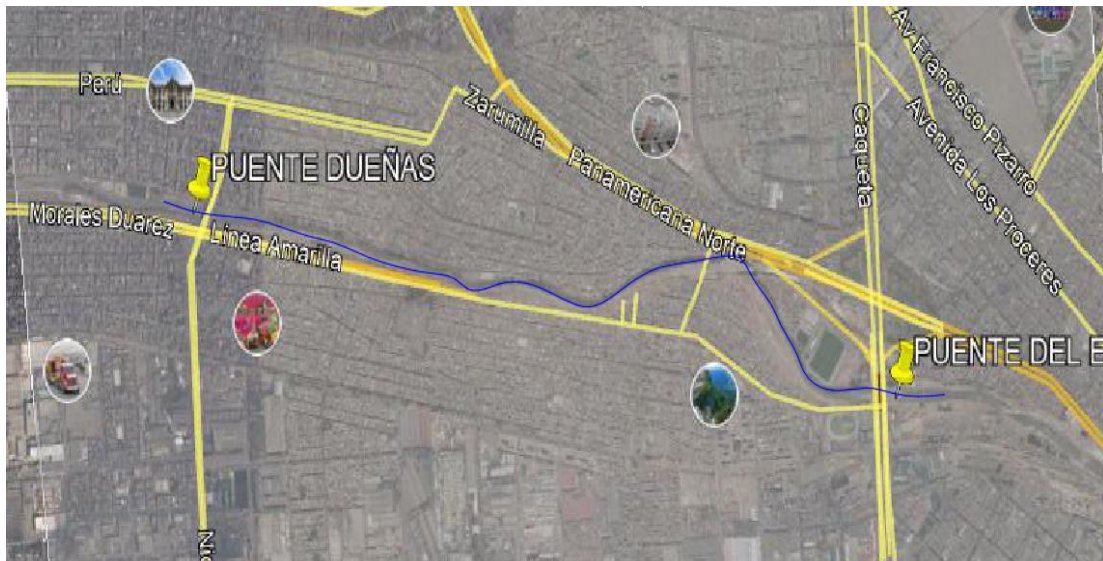


Figura 5: Tramo en estudio Puente del Ejército – Av. Universitaria

### 3.8.2 Topografía.

Toda la información topográfica fue elaborada por la empresa consultora **INGECOMIN S.A.C** en el año 2018. (ver **Anexo N° XX**). La información comprende el levantamiento batimétrico, perfil longitudinal y secciones transversales cada 20 mts. así como las principales estructuras presentes.

De acuerdo Rosgen (1994) la zona aguas abajo del puente del ejército, es una sección típica transversal de forma rectangular denominada zona de atrincheramiento profundo (tramo de estrangulamiento antrópico). En la Tabla 05 se presentan las progresivas con su respectiva clasificación de sección transversal.

*Tabla 9 Progresivas según su clasificación de secciones transversales*

<b>Clasificación</b>	<b>Progresivas</b>
Sector Puente del Ejército	0+000 - 0+505
Zona de atrincheramiento profundo	0+505 - 0+570
Zona de atrincheramiento poco profundo	0+570 - 3+340

### 3.9 Modelamiento hidráulico.

#### 3.9.1 Determinación de coeficientes de rugosidad de Manning

Para el estudio hidráulico es muy importante determinar el coeficiente de rugosidad de Manning. Puesto que, este parámetro sirve para determinar la altura del nivel del agua, luego de recorrer el caudal de máximas avenidas de diseño; en la zona de estudio podemos deducir que existe diferentes rugosidades, además debemos tener en cuenta que en el lecho del río Rímac. La fricción es determinante para la resistencia al flujo, cuyo valor es denominado coeficiente de Manning ( $n$ ). Elegir el valor del coeficiente depende de las características que presenta el terreno, las condiciones actuales, se encuentran diversos tipos de material predominantemente



material suelto, desmonte y rocas de diámetro considerable que por el momento brindaban estabilidad a los taludes del río.

De acuerdo a lo señalado en las tablas en el libro de Ven Te Chow (ver Tabla 10), y según lo encontrado in situ se puede considerar un coeficiente de rugosidad equivalente a 0.045.

Tabla 10 Coeficiente de rugosidad de Manning para el tramo estudiado

Corrientes naturales	Mínimo	Normal	Máximo
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150

*Fuente:* (CHOW, 1994).

### 3.9.2 Datos hidrométricos.

Los caudales máximos que se registraron en estación Chosica se muestran en la tabla 11, para este caso en la simulación hidráulica se ha tomado en cuenta los periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, respectivamente.

Tabla 11 Caudales máximos para la simulación hidráulica

TR (años)	Q máx. (m3/seg.)
50	333.3
100	380.5
500	497.4

Fuente: (ANA 2012)

### 3.9.3 Pendiente del tramo en estudio.

Es necesario afinar el modelo, para ello es necesario conocer las condiciones de contorno aguas abajo del tramo en estudio. Para la simulación se empleó las pendientes definidas por la geometría del cauce. Para el caso de la sección aguas abajo el valor de la pendiente es de **1.26%, respectivamente (ANA, 2012).**

### 3.9.4 Simulación de flujo permanente.

La simulación hidráulica mediante flujo permanente gradualmente variado unidimensional, se realizó mediante el programa HEC RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System). versión 5.0.4, para las 20 secciones transversales, El programa nos permite calcular evaluar el tramo bajo condiciones de caudales normales o eventos extremos, donde se podrán obtener profundidades, niveles de superficie de agua, velocidades, zonas de inundaciones, entre otros. Para la simulación es necesario definir las condiciones iniciales. A continuación, se presentan los mapas de inundación, valores de velocidad, elevación de la superficie de agua y valores esfuerzo cortante para los períodos de retorno de 50, 100 y 500 años, respectivamente.

Figura 18 Simulación de inundación para periodo de retorno de 50 años - Flujo permanente



Figura 19 Simulación de inundación para periodo de retorno de 100 años - Flujo permanente



Figura 20 Simulación de inundación para periodo de retorno de 500 años - Flujo permanente



En la Figura 16 se observa que no existe zonas inundadas en periodo de retorno de 50 años.

En la Figura 17, se observa que presentan zonas inundadas en la progresiva 0+850, 1+050. Las inundaciones se evidencian solo en el margen derecho.

Referente Figura 18, para un periodo de retorno de 500 años, se observa que la superficie de agua tiene un crecimiento significativo.

Figura 21 Cuadro de velocidades variables en la parte izquierda para 50, 100 y 500 años

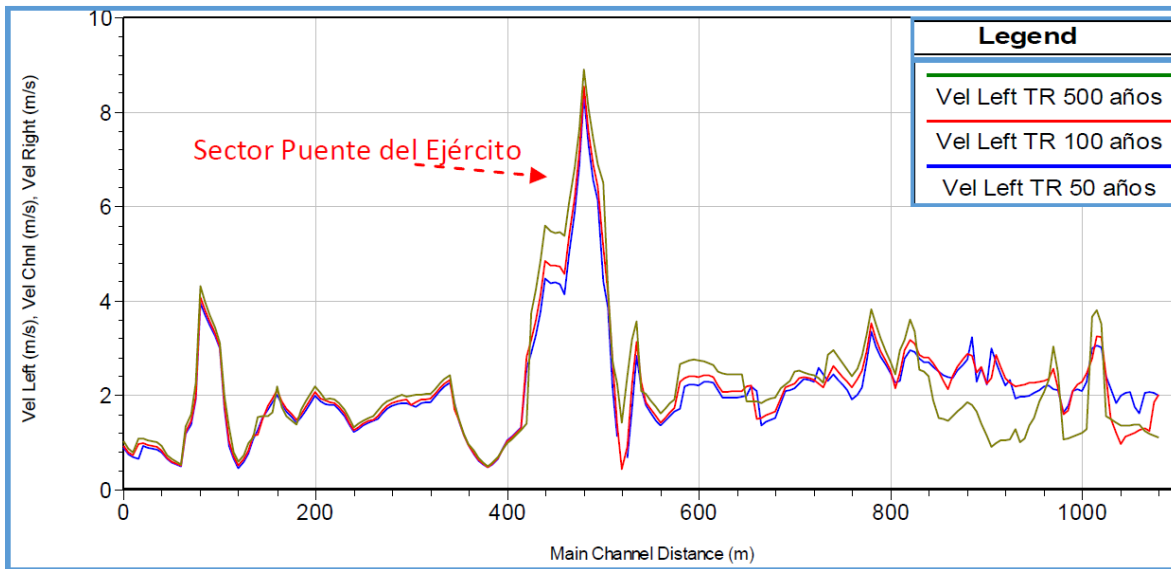


Figura 22 Cuadro de velocidades variables en la parte central para 50, 100 y 500 años

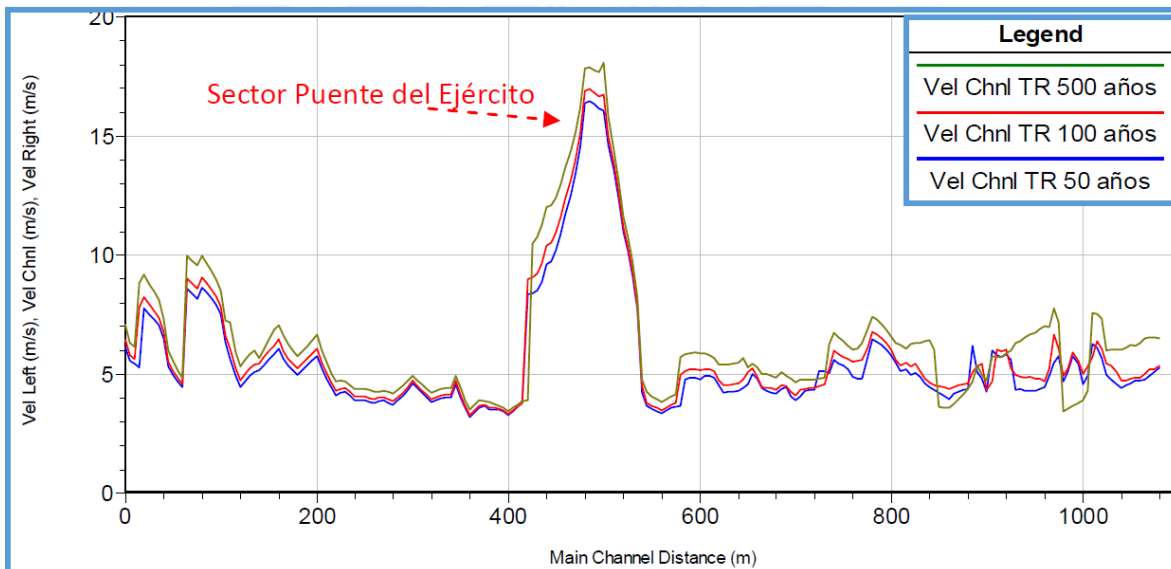
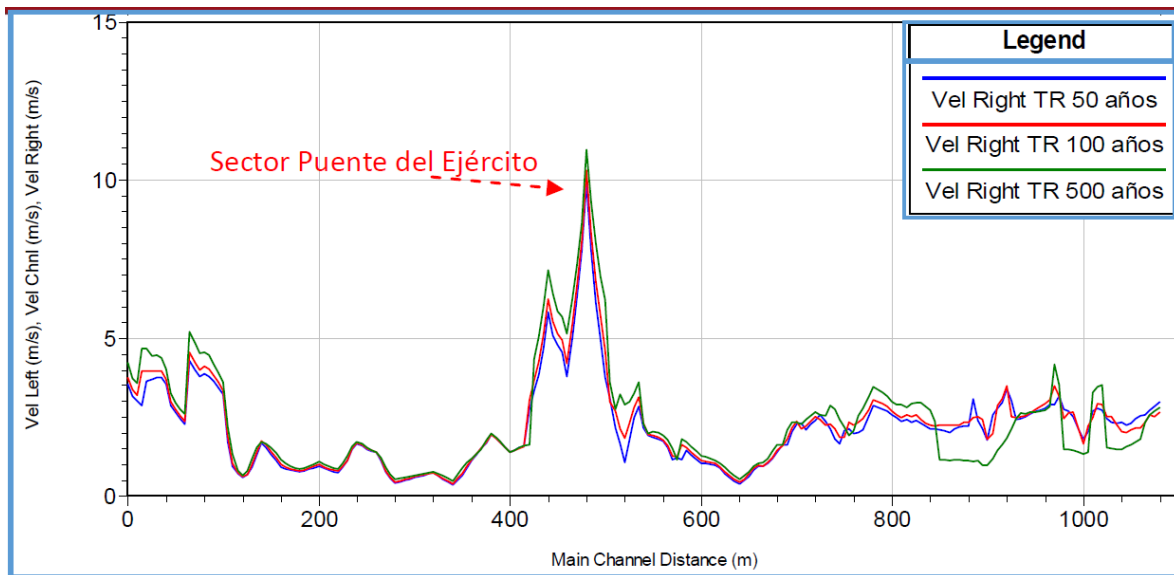


Figura 23 Cuadro de velocidades variables en la parte derecha para 50, 100 y 500 años



En las Figuras del 19 al 21, de la zona de estudio hay mayores valores de velocidad en los tres márgenes (izquierdo, derecho y central), esto se debe a la morfología que presenta esta zona.

Figura 24 Altura del agua para periodo de retorno de 50 años

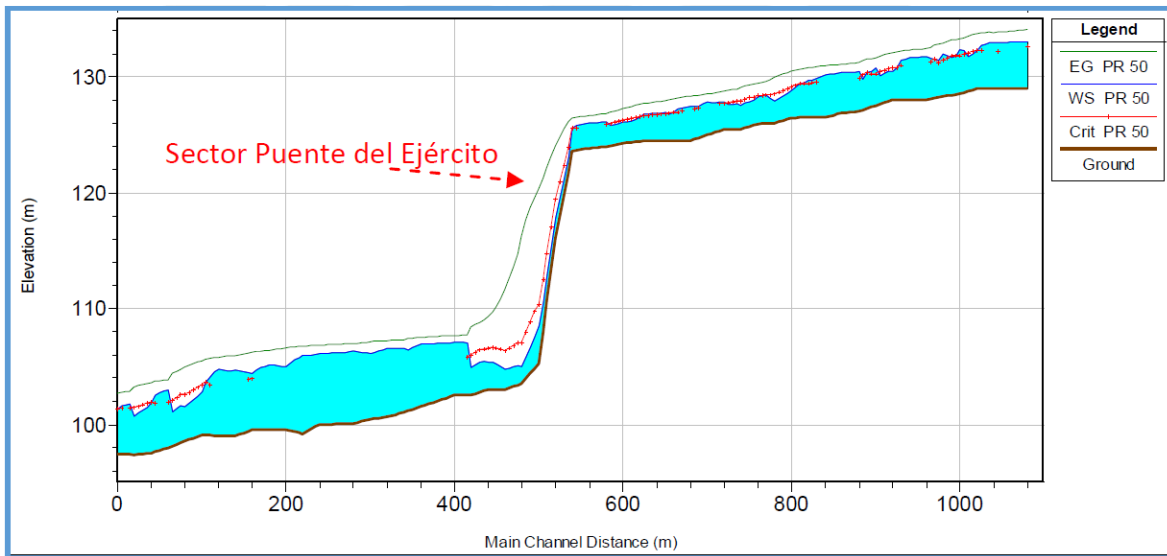


Figura 25 Altura del agua para periodo de retorno de 100 años

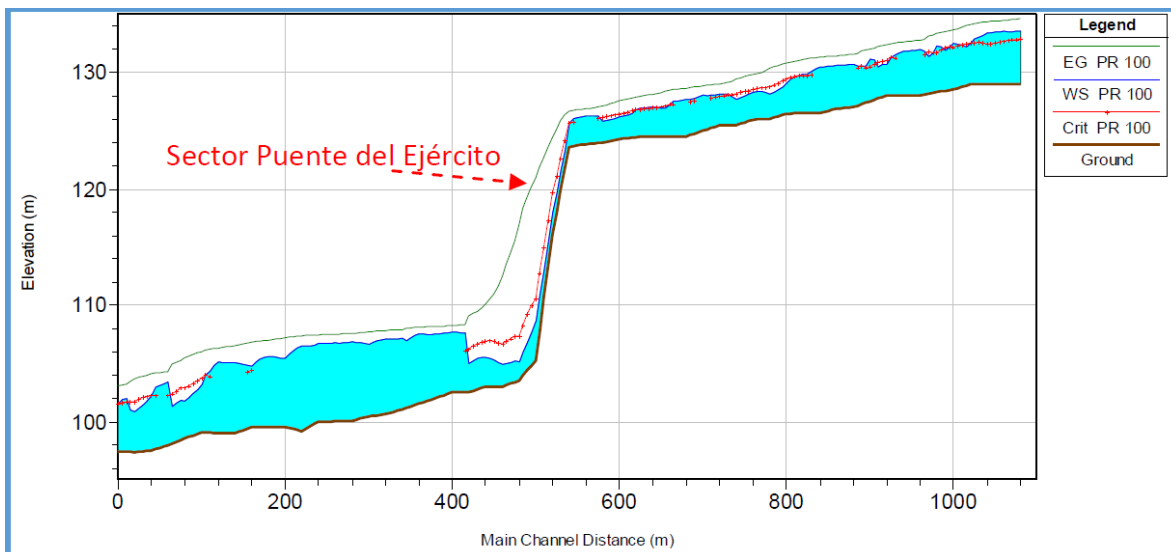
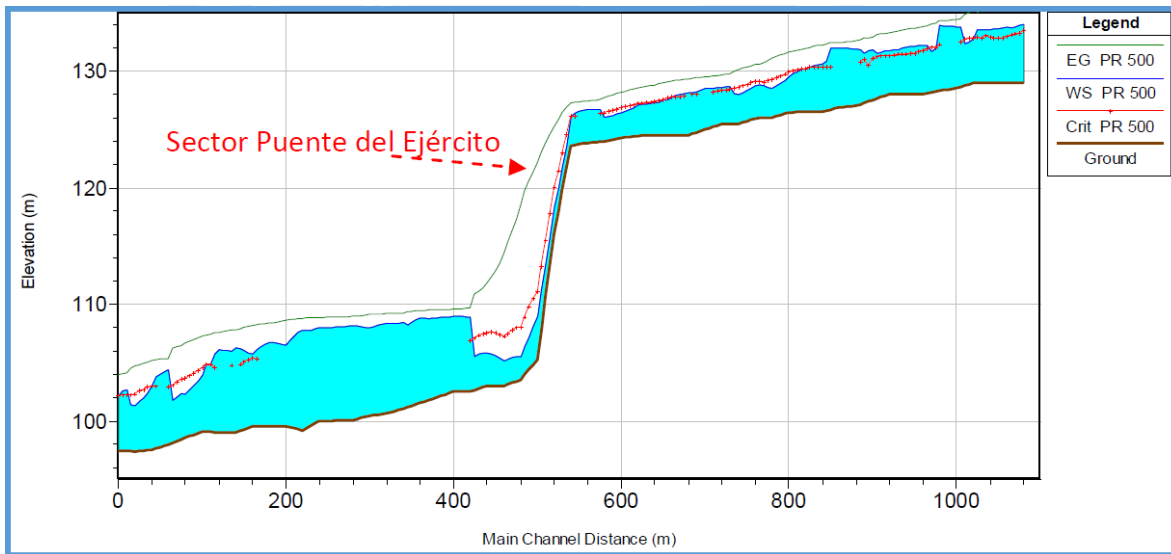


Figura 26 Altura del agua para periodo de retorno de 500 años



De la observación de las figuras del 22 al 24 se observan las variaciones de la elevación longitudinal de la superficie de agua con incremento de sus tirantes aguas debajo de inicio de la zona de estudio



Figura 27 Fuerzas cortantes para el margen izquierdo en 50, 100 y 500 años

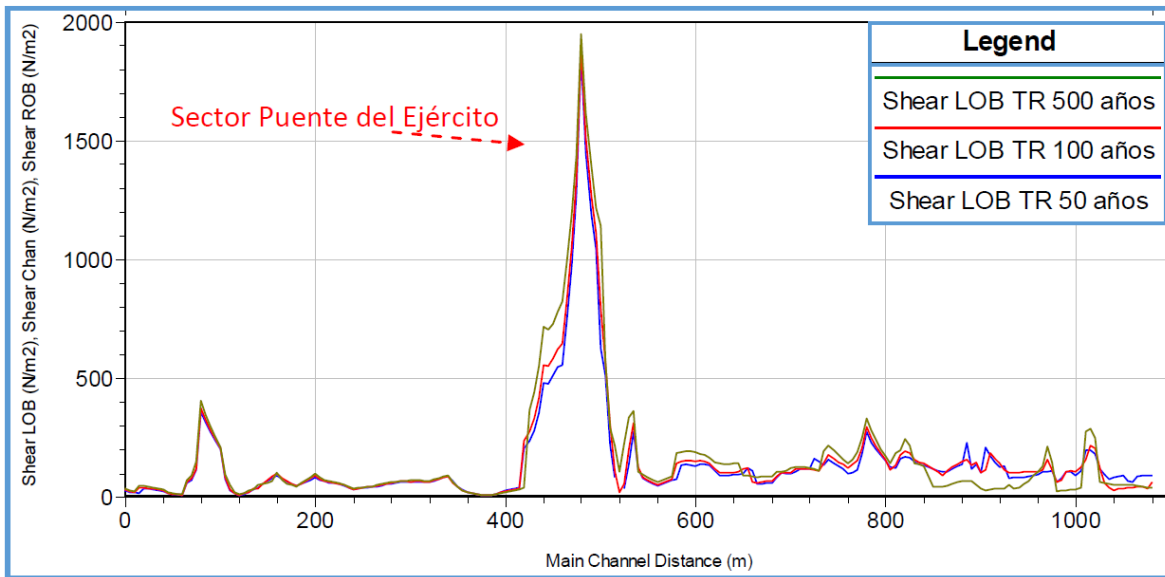


Figura 28 Fuerzas cortantes para la parte central en 50, 100 y 500 años

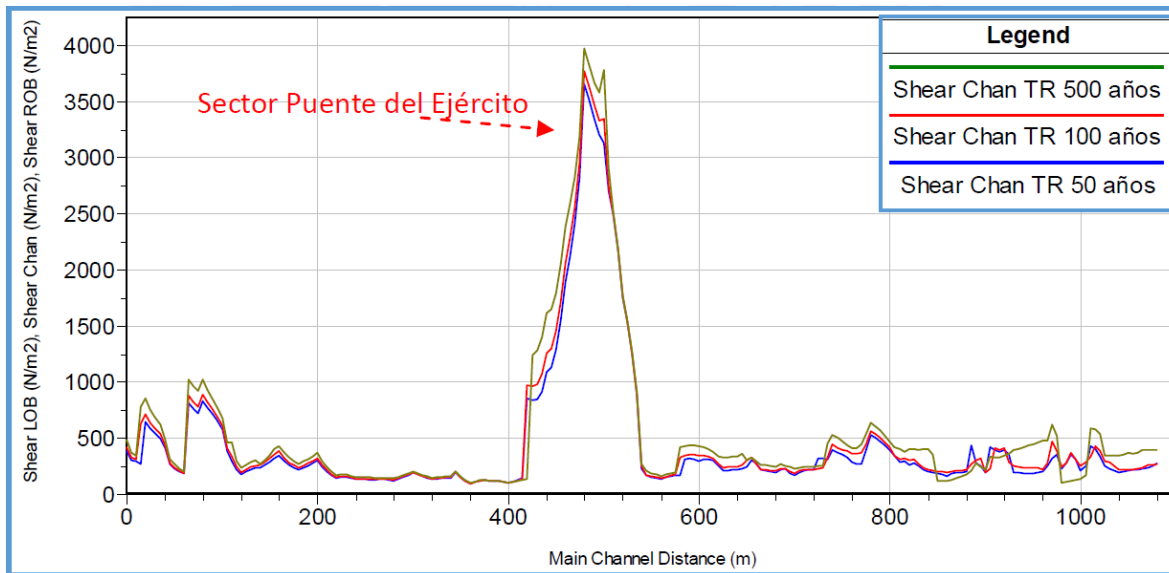
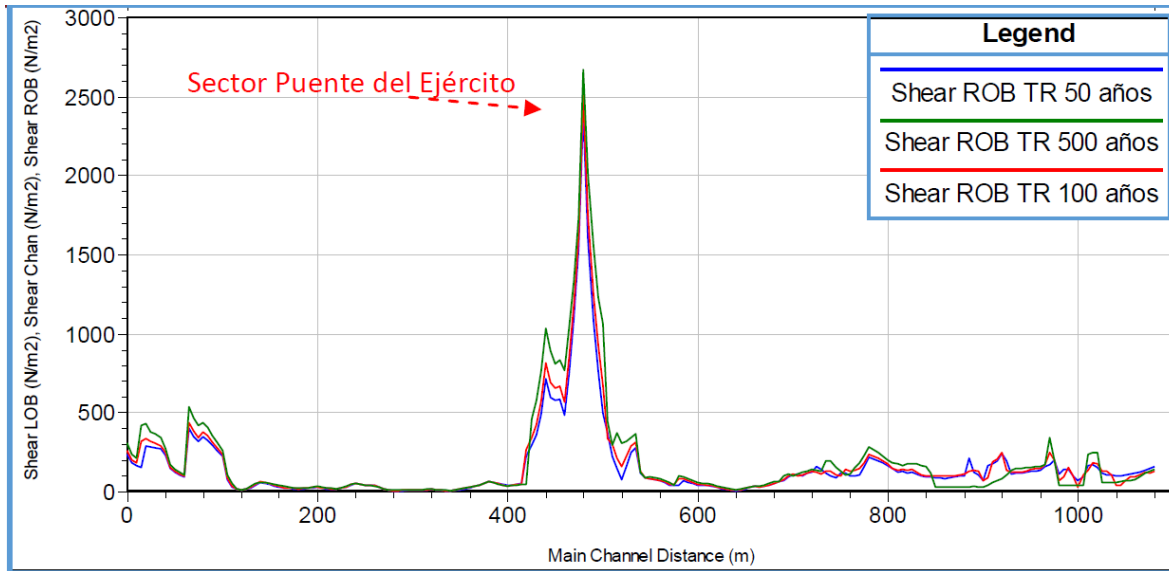


Figura 29 Fuerzas cortantes para el margen derecho en 50, 100 y 500 años



De lo observado en las Figuras 25, 26, y 27 establecemos que los valores de la esfuerzo tiene picos más elevados en la zona del inicio.

### 3.9.5 Simulación régimen no permanente.

Para la simulación del régimen no permanente se necesitó contar con a la información de hidrogramas de flujo. Para ello se contó con datos proporcionados por el Sanamhi.

Figura 30 Simulación de inundación para periodo de retorno de 50 años - Flujo no permanente



Figura 31 Cuadro de velocidades variables para 100 años

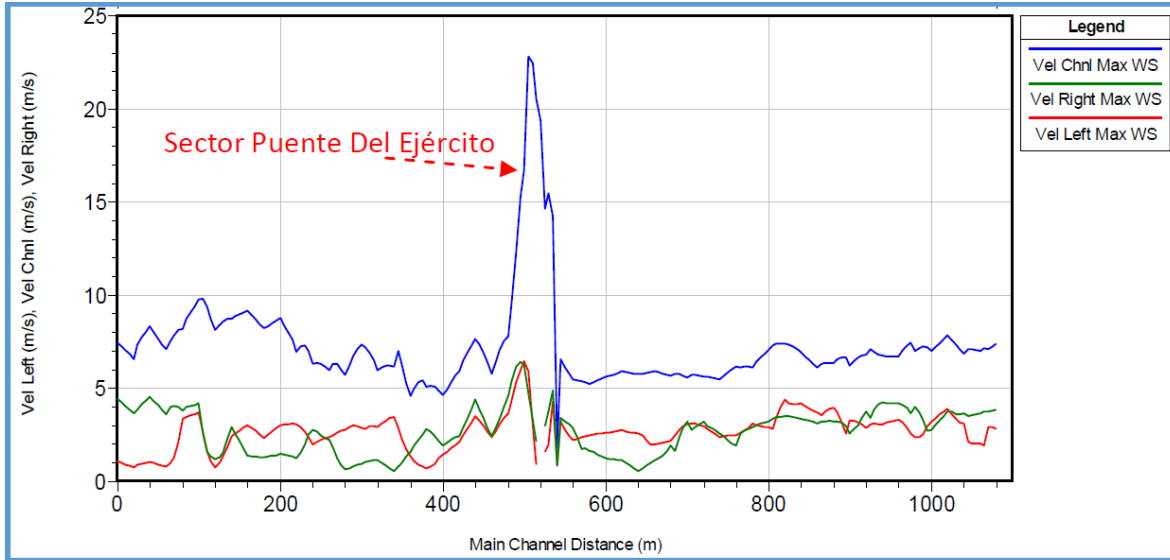


Figura 32 Fuerzas cortantes para 100 años

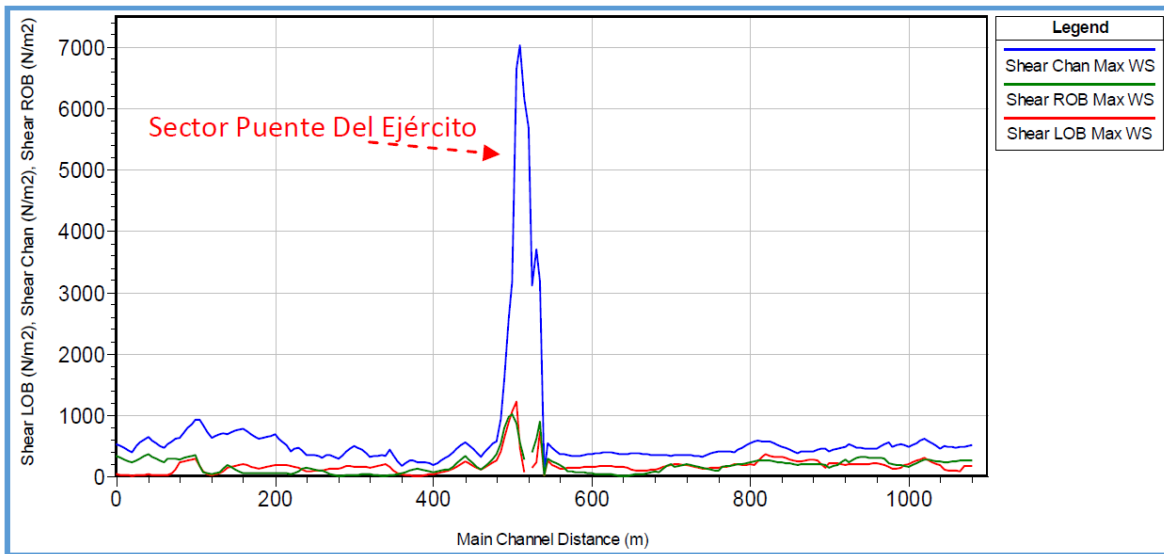
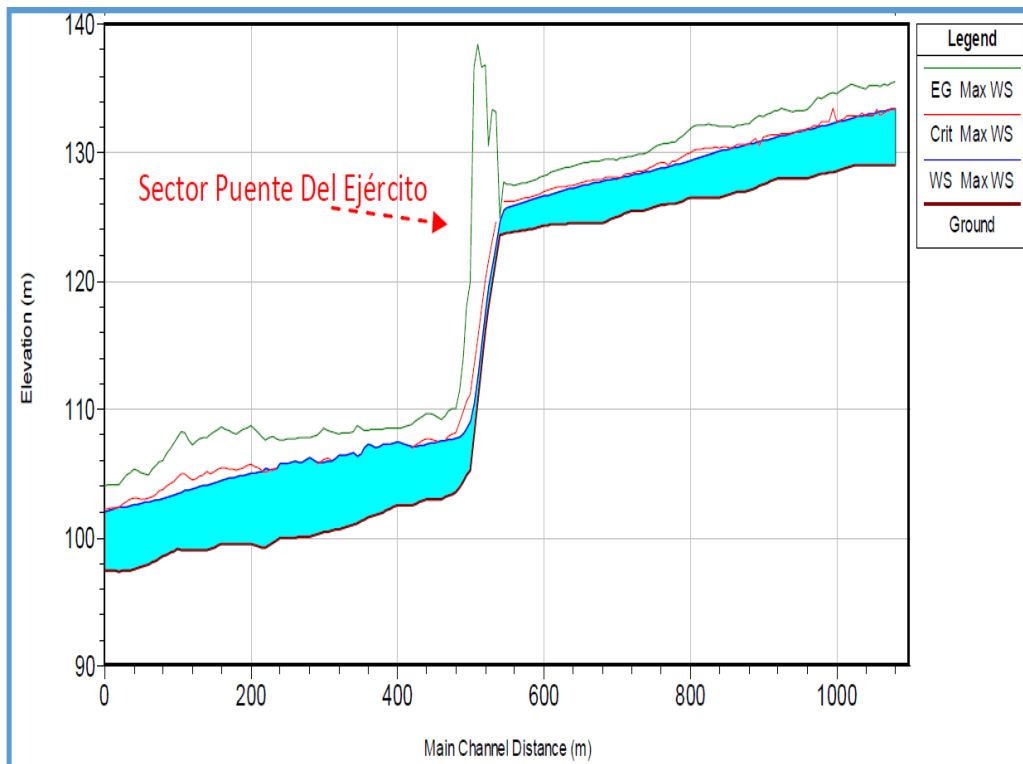


Figura 33 Altura de la superficie del agua para 100 años



En la Figura 16 se puede observar pequeñas zonas de inundación aguas arriba en el margen derecho. También se puede observar que los valores de velocidad y esfuerzo cortante mantienen sus picos alto en el sector Puente del Ejército, como se aprecia en la Figura 17 y 18. Del mismo, en la Figura 19 para el escenario de máxima superficie de agua se perciben valores altos de elevación del gradiente de energía en el sector Puente del Ejército.

### 3.9.6 Simulación calidad de agua.

Para la simulación de la calidad de agua, también se ha aplicado el software HEC-RAS empleando un desarrollo de un modelo simple de calidad de agua. Con el objetivo de facilitar la predicción del comportamiento hidrológico del agua y su calidad en un sistema de corrientes (Guano & Velastegui, 2014). Para la simulación fue indispensable contar con la información geométrica e hidrodinámica, datos meteorológicos y de calidad de agua. El análisis se realizó con flujo permanente para un periodo de retorno de 100 años, esto con base a las recomendaciones del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2012).

Figura 34 Cantidad de concentraciones de Oxígeno disuelto

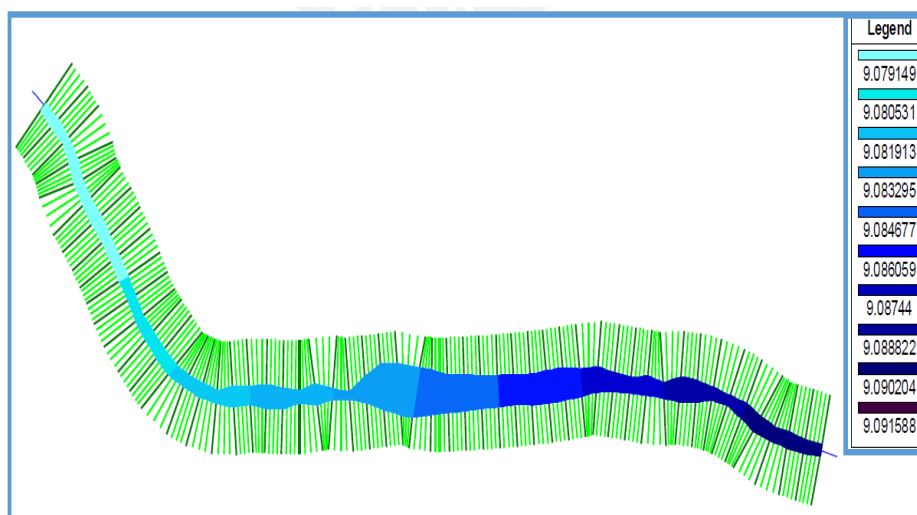


Figura 35 Cantidad de concentraciones de Nitritos

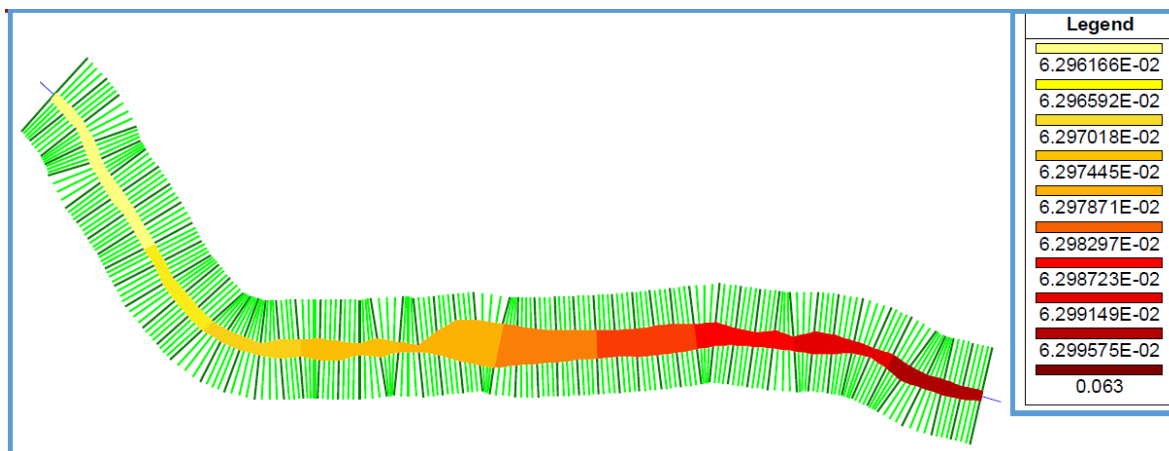
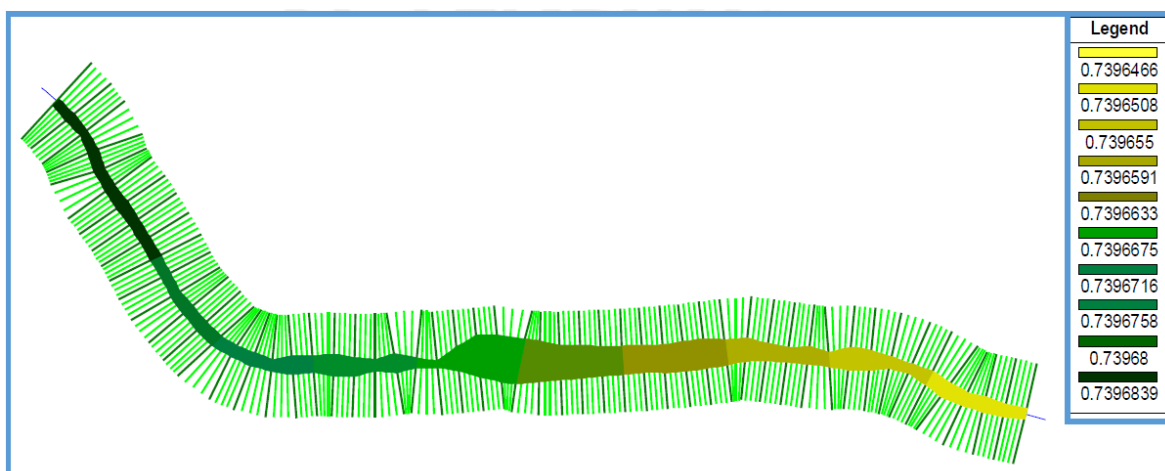


Figura 36 Cantidad de concentración de Nitratos



### 3.9.7 Análisis por estabilidad global.

Para la evaluación de las condiciones actuales que tienen los taludes de los márgenes del tramo en estudio, se ha realizado un análisis por estabilidad global. Para ello se ha utilizado el programa de cálculo SLIDE V5.0 (Slope Stability Analysis).

El SLIDE V5.0 permite realizar las fallas circulares y planares tanto globales como locales; para ello utiliza el concepto de equilibrio límite (ANDEX, 2013). Los parámetros de inicio que se utilizaron fueron las propiedades geotécnicas

del tramo en estudio (ángulo de fricción interna, peso unitario y cohesión). Estos valores están contemplados en las Propiedades Físico-Mecánicas y Parámetros Geotécnicos, expuestas.

## CAPITULO IV RESULTADOS

### Respecto a la Hipótesis General

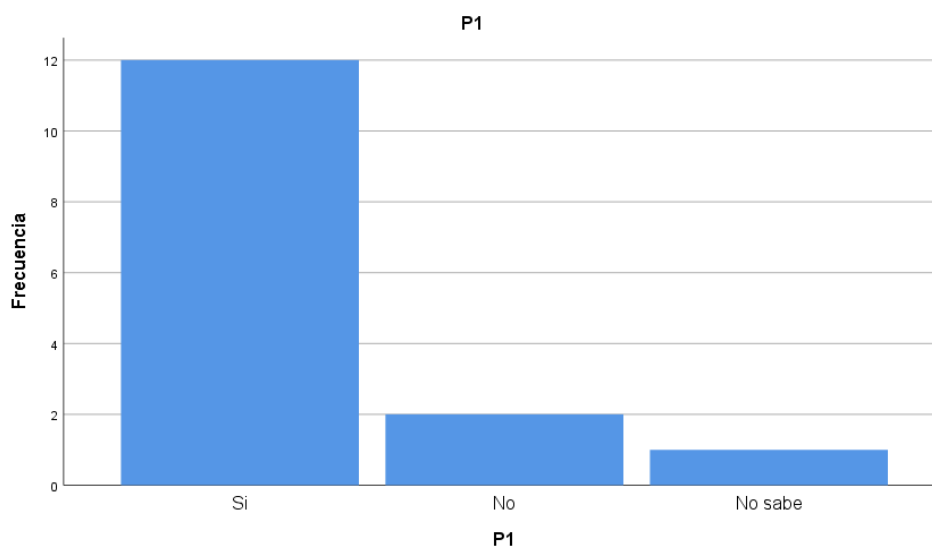
La erosión hídrica incide en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.

### Pregunta 01:

¿Usted tiene información acerca de la problemática de la vulnerabilidad de los taludes de las riberas del río Rímac por efectos de la erosión hídrica?

**P1**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	12	80,0	80,0	80,0
	No	2	13,3	13,3	93,3
	No sabe	1	6,7	6,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



El 80% de la población está informada acerca del problema de la erosión hídrica y su incidencia en la vulnerabilidad de los taludes de las riberas del río



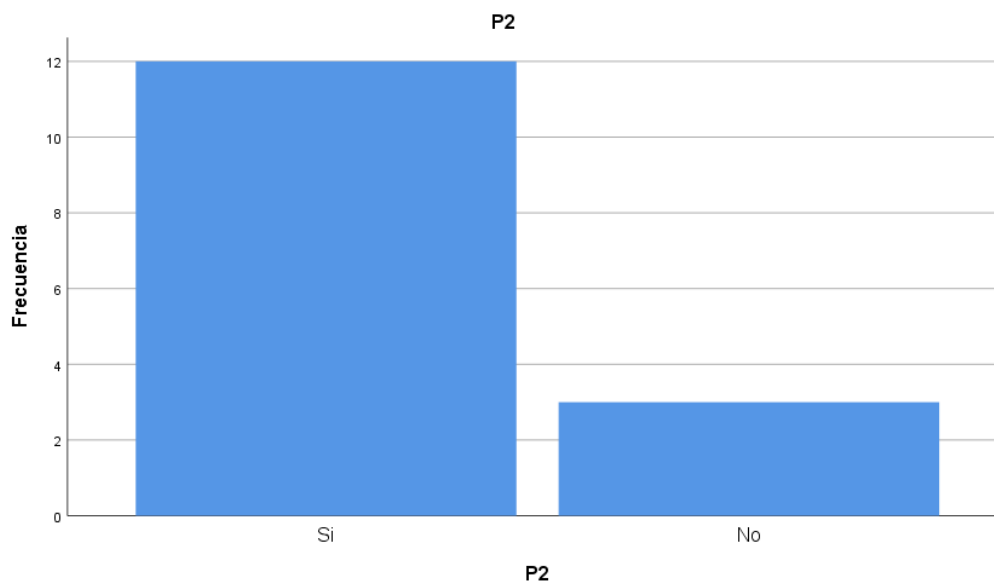
Rímac, el 13,3% de los encuestados lo desconoce y el 6,7% no opina. Es decir que la gran mayoría de los encuestados tiene información que existe vulnerabilidad de los taludes de las riberas del río Rímac.

**Pregunta 02:**

¿Tiene conocimiento que por efectos de la erosión hídrica en las laderas del río Rímac se han producido desbordamiento de talud que han causado daños a las infraestructuras ubicadas alrededor del talud?

**P2**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	12	80,0	80,0	80,0
	No	3	20,0	20,0	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

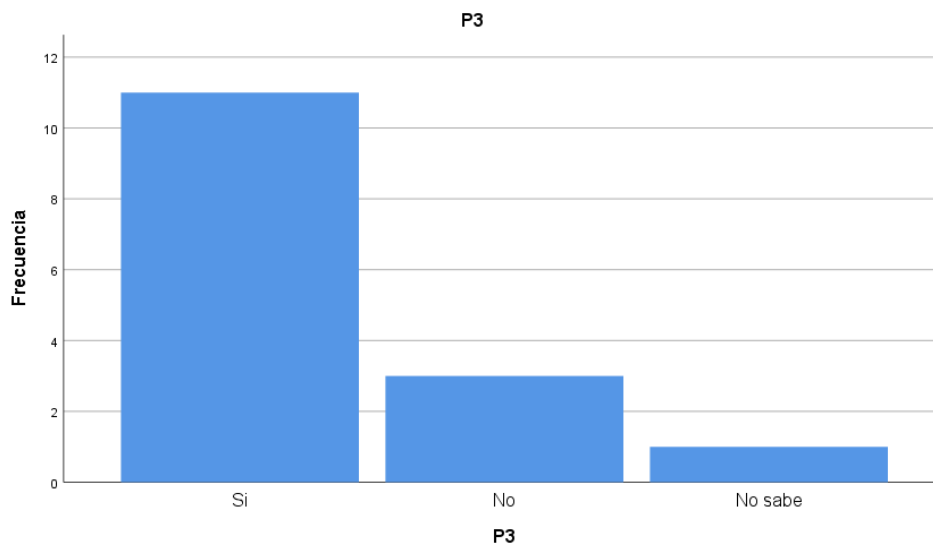


El 80% de la población considera que, por efectos de la erosión hídrica en las laderas del río Rímac se han producido desbordamiento de talud que han causado daños a las infraestructuras ubicadas alrededor del talud, el 20% de los encuestados lo desconoce y el 6% no opina. Es decir que la gran mayoría de los encuestados considera que las infraestructuras ubicadas en las laderas del río Rímac han sufrido daños.

### Pregunta 3

¿Considera usted que los habitantes cercanos a las riberas del río Rímac son vulnerables ante los efectos de la erosión hídrica?

		P3			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	11	73,3	73,3	73,3
	No	3	20,0	20,0	93,3
	No sabe	1	6,7	6,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



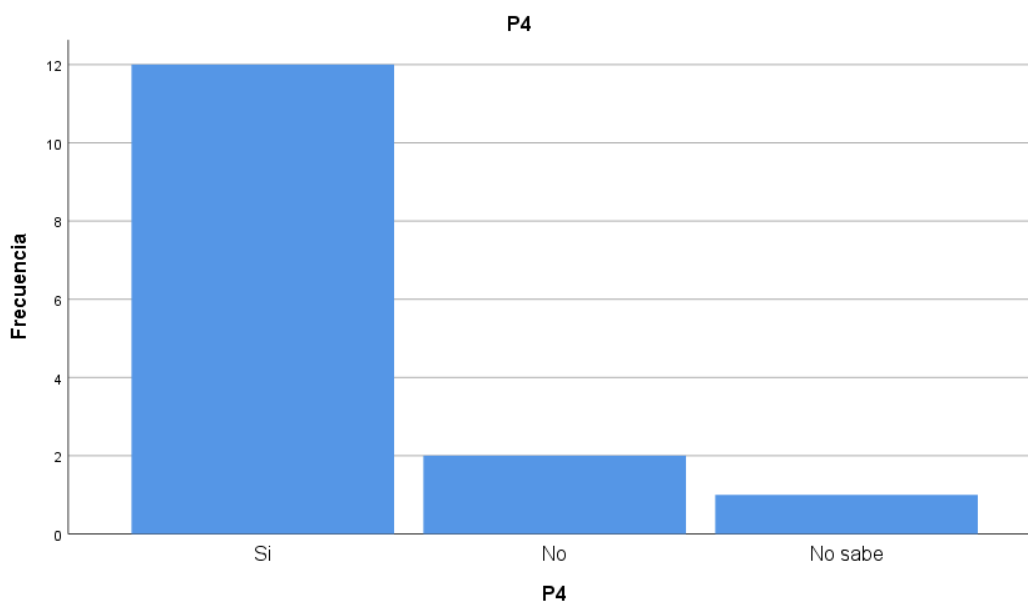
El 73.30% de la población considera que, los habitantes cercanos a las riberas del río Rímac son vulnerables a los efectos de la erosión hídrica, el 20% de los encuestados no lo considera y el 6.70% no opina. Es decir que la gran mayoría de los encuestados considera que la población está en riesgo ante los efectos de la erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac.

#### Pregunta N° 04

¿Considera usted que existen infraestructuras edificadas en las riberas del río Rímac se encuentran totalmente vulnerables ante los efectos de la erosión hídrica?

**P4**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	12	80,0	80,0	80,0
	No	2	13,3	13,3	93,3
	No sabe	1	6,7	6,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



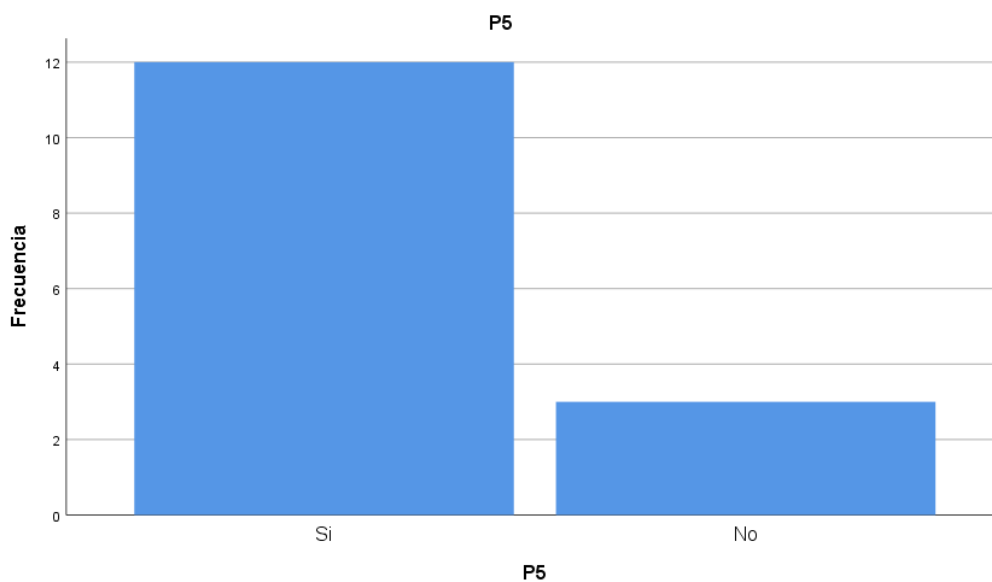
El 80% de la población considera que, existen infraestructuras en las riberas del río Rímac que se encuentran totalmente vulnerables a los efectos de la erosión hídrica, el 13.30% de los encuestados no lo considera y el 6.70% no opina. Es decir que la gran mayoría de los encuestados considera que existe grave peligro de infraestructuras edificadas en las riberas del río Rímac.

#### Pregunta N° 05

¿Considera usted que su propiedad se encuentra vulnerable ante los efectos de la erosión hídrica?

**P5**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	12	80,0	80,0	80,0
	No	3	20,0	20,0	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



El 80% de la población considera que, existen infraestructuras en las riberas del río Rímac que se encuentran totalmente vulnerables a los efectos de la erosión hídrica, el 13.30% de los encuestados no lo considera y el 6.70% no opina. Es decir que la gran mayoría de los encuestados considera que existe grave peligro de infraestructuras edificadas en las riberas del río Rímac.

### **Referente a la hipótesis específica 1**

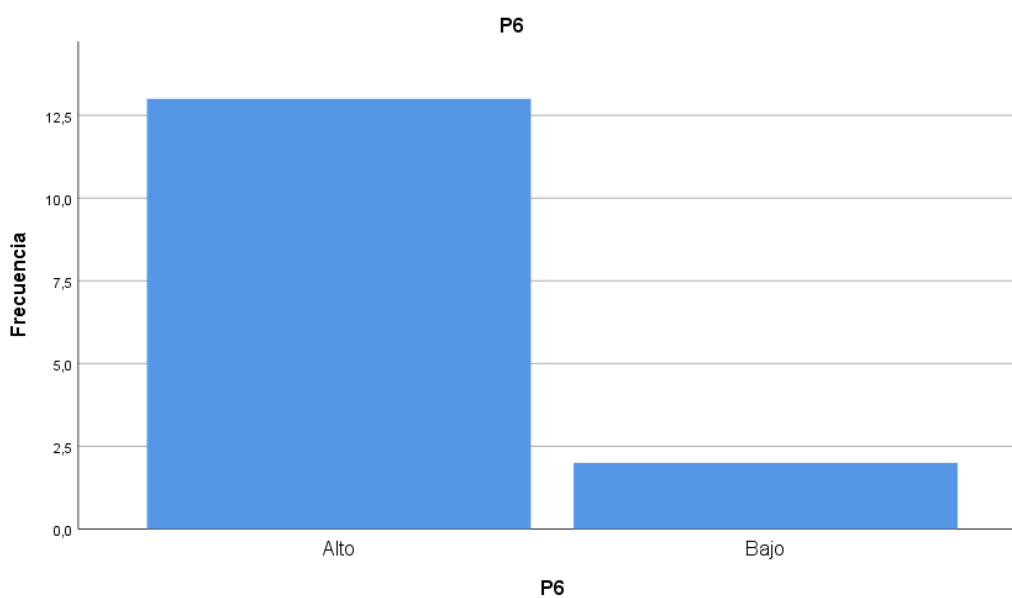
Es alto el grado de erosión hídrica que presentan los taludes de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.

### **Pregunta N° 06**

¿Como considera usted el grado de erosión hídrica respecto a su zona de influencia?

## P6

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	13	86,7	86,7	86,7
	Bajo	2	13,3	13,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



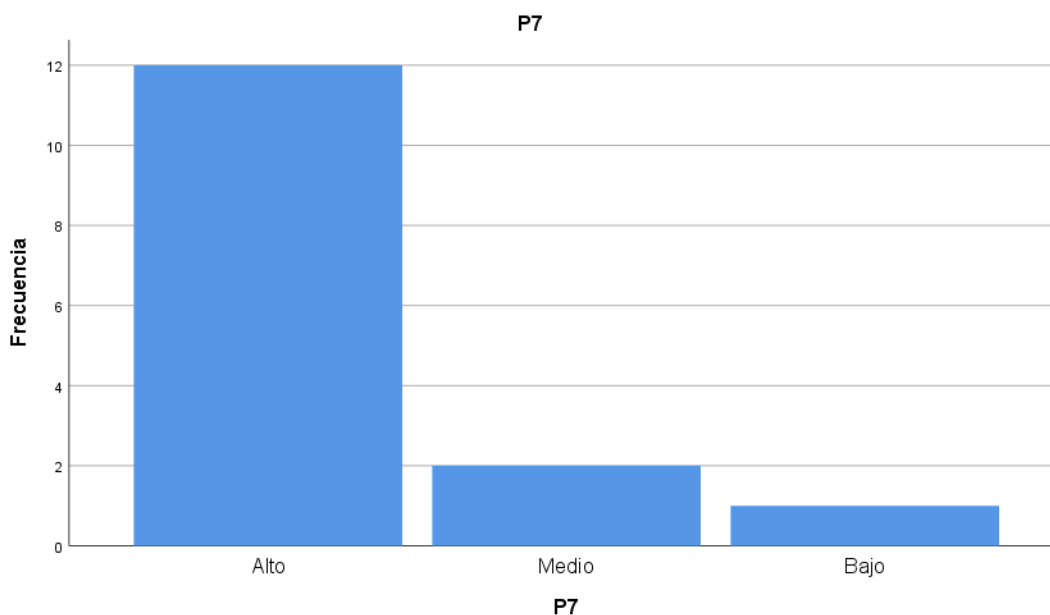
El 86.7% de la población considera que, es alto el grado erosión respecto al área de influencia, el 13.30% considera que es medio. Es decir que la gran mayoría de los encuestados considera que es alto el grado de erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac.

**Pregunta N° 07**

¿En qué grado ha afectado su vivienda la erosión hídrica?

**P7**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	12	80,0	80,0	80,0
	Medio	2	13,3	13,3	93,3
	Bajo	1	6,7	6,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



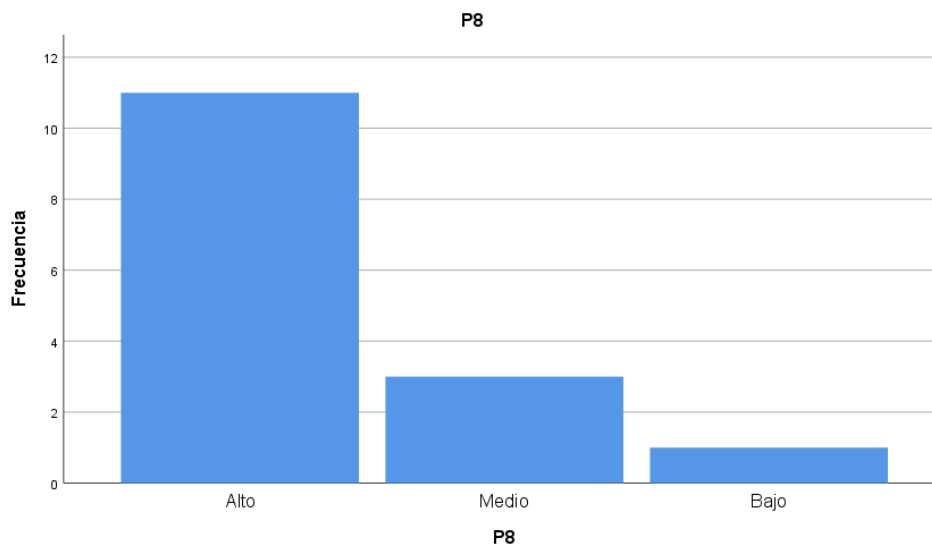
El 80% de la población considera que, es alto el grado en que la erosión ha afectado su vivienda, el 13.30% considera que es medio el grado en que ha afectado su vivienda y 6.70% considera bajo. Es decir que la gran mayoría de los encuestados considera que es alto el grado en que la erosión hídrica ha afectado su vivienda.

**Pregunta N° 08**

¿En qué grado cree usted que su vivienda está en peligro ante los efectos de la erosión hídrica?

**P8**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	11	73,3	73,3	73,3
	Medio	3	20,0	20,0	93,3
	Bajo	1	6,7	6,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	



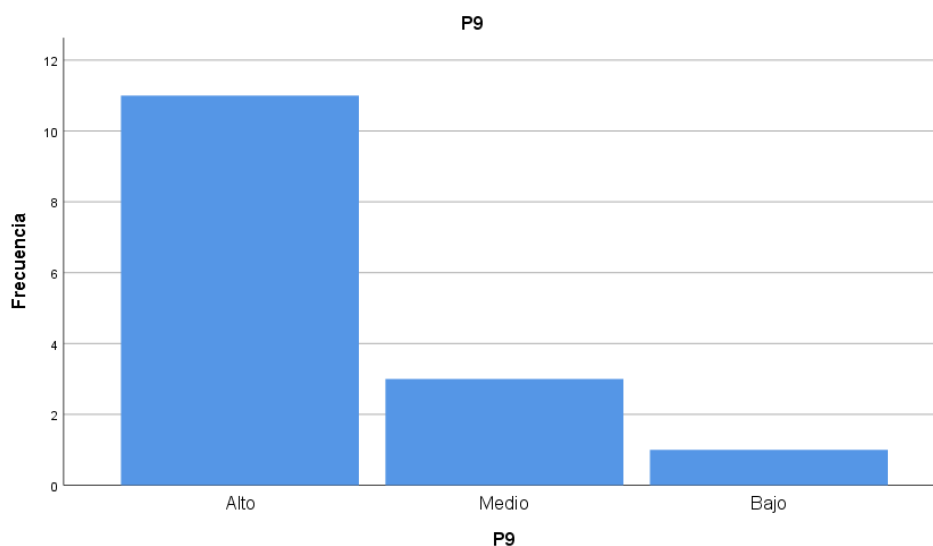
El 73.30% de la población considera que, su vivienda está en peligro ante los efectos de la erosión hídrica, el 20% considera que es medio el grado de peligro que se encuentra su vivienda y 6.70% considera bajo. Es decir que la gran mayoría de los encuestados que su vivienda está en peligro por efectos de la erosión hídrica.



### **Pregunta N° 09**

¿En qué grado cree usted que su terreno tiene riesgo para poder ampliar la construcción de su vivienda?

		<b>P9</b>			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	11	73,3	73,3	73,3
	Medio	3	20,0	20,0	93,3
	Bajo	1	6,7	6,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

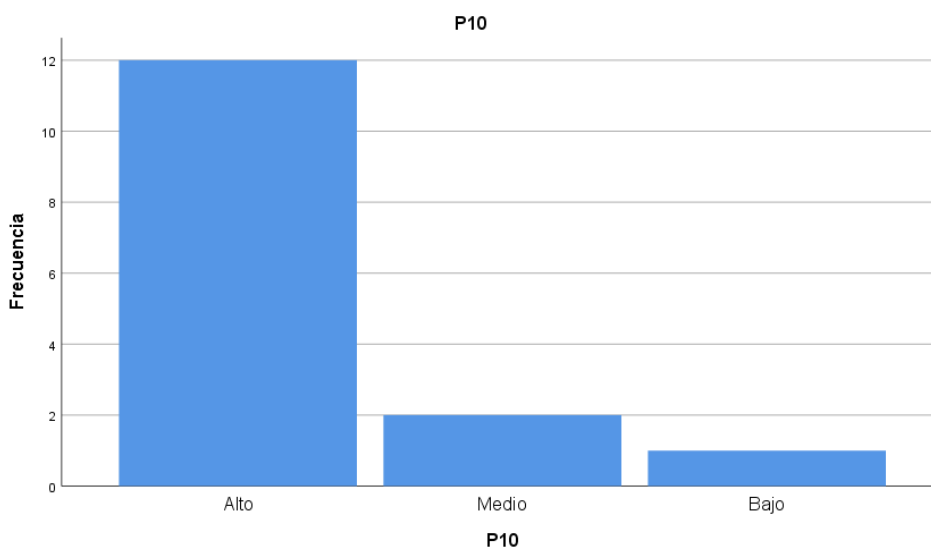


El 73.30% de la población considera que, su vivienda está en alto riesgo para ampliar la construcción, el 20% considera que es medio el grado de peligro que se encuentra su vivienda y 6.70% considera bajo. Es decir que la gran mayoría de los encuestados cree que su vivienda está en peligro para ser ampliado.

### **Pregunta N° 10**

¿En qué grado cree usted que las personas que habitan en su domicilio se sienten inseguros ante los efectos de la erosión hídrica?

		<b>P10</b>			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	12	80,0	80,0	80,0
	Medio	2	13,3	13,3	93,3
	Bajo	1	6,7	6,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

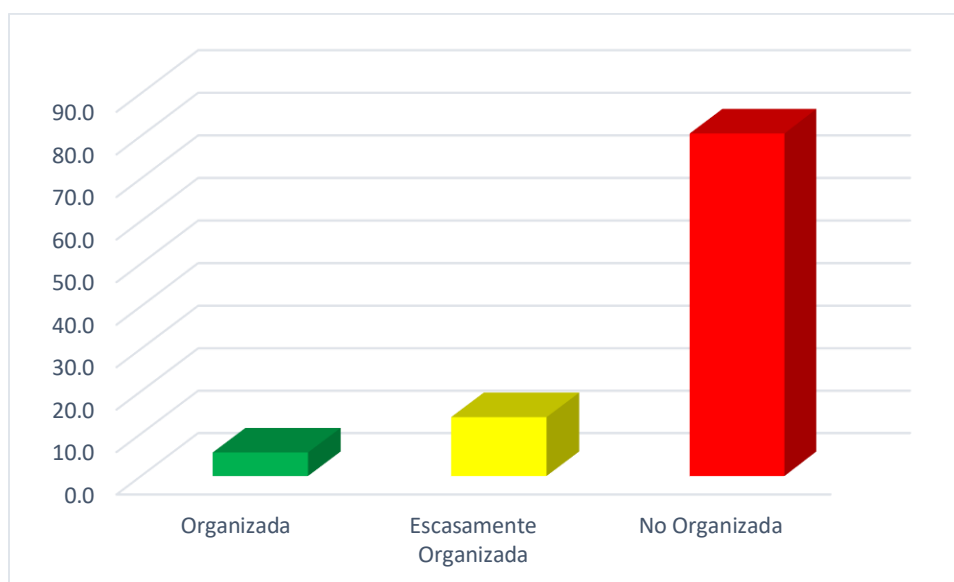


El 80% de la población considera que, es alto el grado de inseguridad de las personas que habitan en el domicilio del encuestado están inseguros, el 13.30% considera que es medio el grado de inseguridad y 6.70% considera bajo. Es decir que la gran mayoría de los encuestados cree que las personas que habitan en su domicilio se encuentran inseguras en su vivienda.

### **Referente a la hipótesis específica 2**

**¿En qué nivel considera que la población se encuentra organizada para afrontar efectos de la erosión hídrica?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Organizada	4	5,6	5,6	5,6
	Escasamente Organizada	10	13,9	13,9	19,4
	No Organizada	58	80,6	80,6	100,0
	Total	72	100,0	100,0	



De los encuestados el 80.6% considera que la población no está organizada para afrontar efectos de la erosión hídrica, el 13.90% considera que la población está escasamente organizada y el 5.60% considera que está organizada.

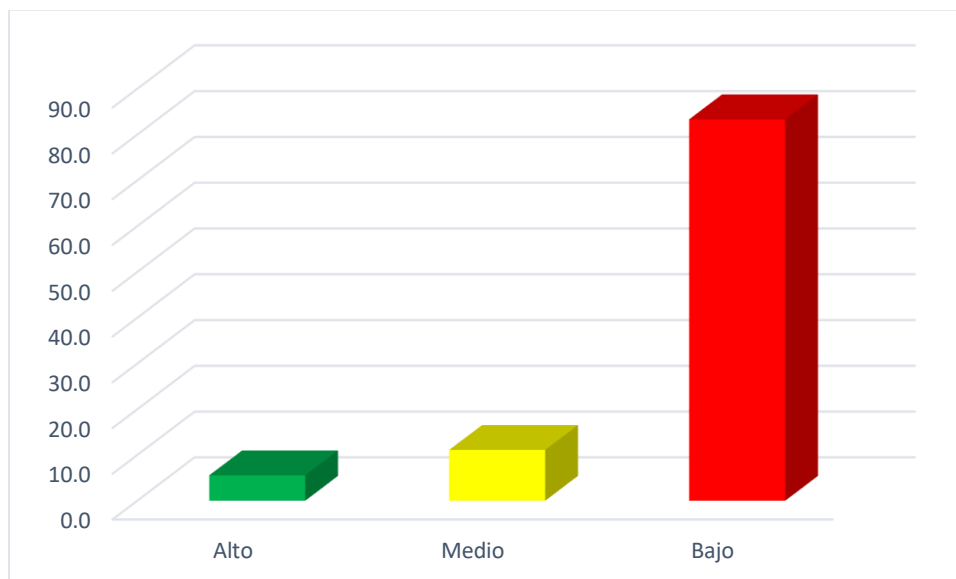
Interpretación:

De acuerdo a los resultados establecemos que la población se encuentra con vulnerabilidad alta en lo socioeconómico respecto a organización.

**¿En qué nivel considera la relación entre la población y las autoridades para afrontar fenómenos naturales?**

Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
------------	------------	-------------------	----------------------

Válido	Alto	4	5,6	5,6	5,6
	Medio	8	11,1	11,1	16,7
	Bajo	60	83,3	83,3	100,0
	Total	72	100,0	100,0	



De los encuestados el 83.3% considera que la relación entre las autoridades y la población para afrontar fenómenos naturales es baja, el 11.10% considera que la relación es media y el 5.6% considera que es baja.

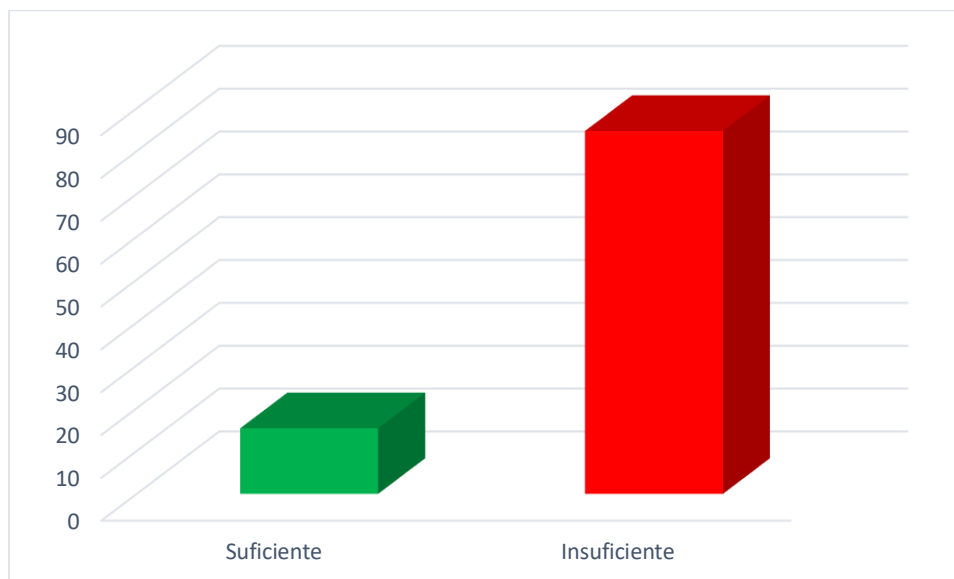
Interpretación:

De acuerdo a los resultados establecemos que la población se encuentra con vulnerabilidad alta en lo socioeconómico respecto a la relación con las autoridades.

**¿Con los ingresos que usted percibe considera que puede cubrir las necesidades de su hogar de manera?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Suficiente	11	15,3	15,3	15,3
	Insuficiente	61	84,7	84,7	100,0

Total	72	100,0	100,0
-------	----	-------	-------



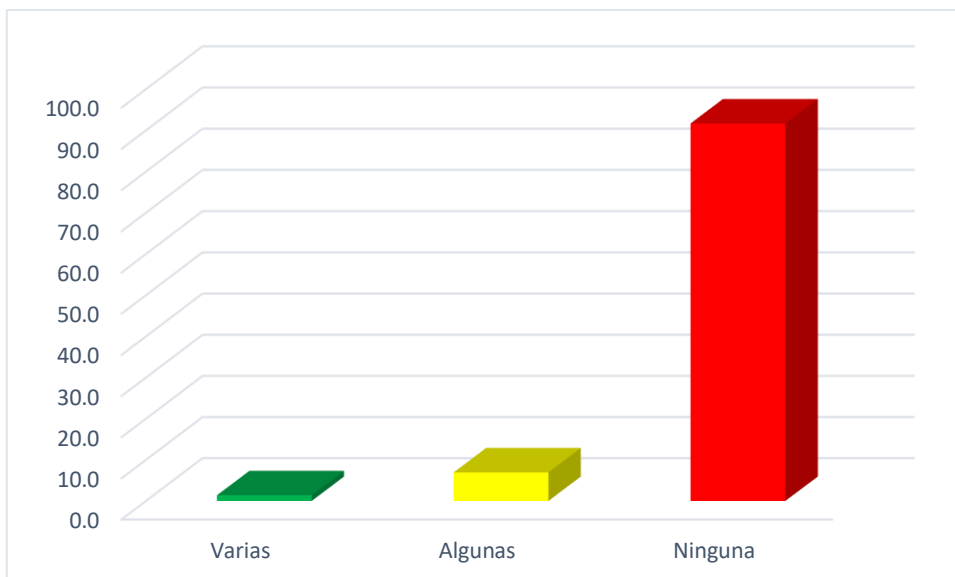
De los encuestados el 84.7% considera que los ingresos que percibe puede asumir las necesidades de su hogar de manera insuficiente, el 15.30% considera que puede asumir de manera suficiente y 0% considera que puede asumir de manera muy suficiente.

Interpretación:

De acuerdo a los resultados establecemos que la población se encuentra con vulnerabilidad alta en lo socioeconómico respecto al nivel de ingresos.

**¿Usted cuenta con actividades económicas que le permitan generar ingresos adicionales en mercado nacional o internacional?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Varias	1	1,4	1,4	1,4
	Algunas	5	6,9	6,9	8,3
	Ninguna	66	91,7	91,7	100,0
	Total	72	100,0	100,0	



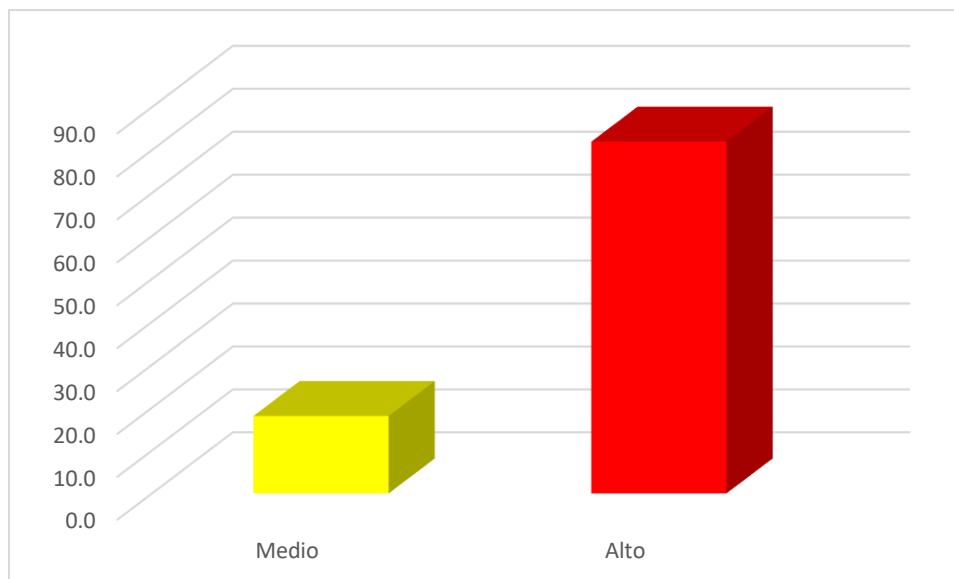
De los encuestados el 91.7% manifiesta no tener actividades económicas que le permiten generar ingresos adicionales en el mercado nacional o internacional, el 5.00% manifiesta que algunas y 1% manifiesta que varias.

Interpretación:

De acuerdo a los resultados establecemos que la población se encuentra con vulnerabilidad alta en lo socioeconómico respecto al nivel de actividad económica.

**¿En qué nivel percibe usted que las condiciones ambientales han sufrido cambios alteraciones en la temperatura?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Medio	13	18,1	18,1	18,1
	Alto	59	81,9	81,9	100,0
	Total	72	100,0	100,0	



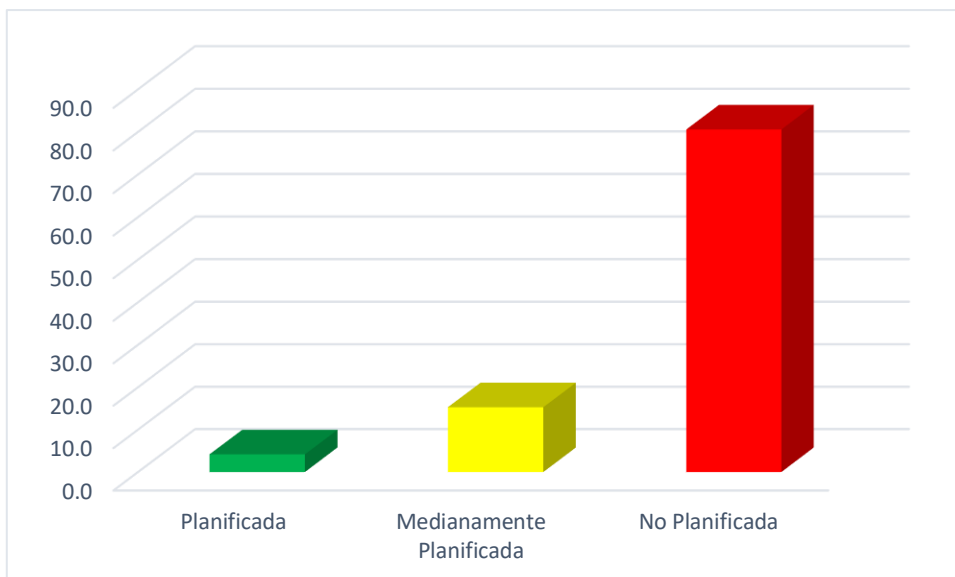
De los encuestados el 81.9% percibe alto los que las condiciones ambientales han sufrido alteraciones en la temperatura en su zona, el 18.1 considera que es medio y 0% considera que no ha habido cambios.

Interpretación:

De acuerdo a los resultados establecemos que la población se encuentra con vulnerabilidad alta en lo ambiental respecto al nivel de condiciones atmosféricas.

**¿Considera usted que el crecimiento poblacional en la zona se ha realizado de forma?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Planificada	3	4,2	4,2	4,2
	Medianamente Planificada	11	15,3	15,3	19,4
	No Planificada	58	80,6	80,6	100,0
	Total	72	100,0	100,0	



De los encuestados el 80.6% considera que el crecimiento poblacional en su zona se ha realizado de forma no planificada, el 15.3 considera medianamente planificada y el 4.2% considera de forma planificada.

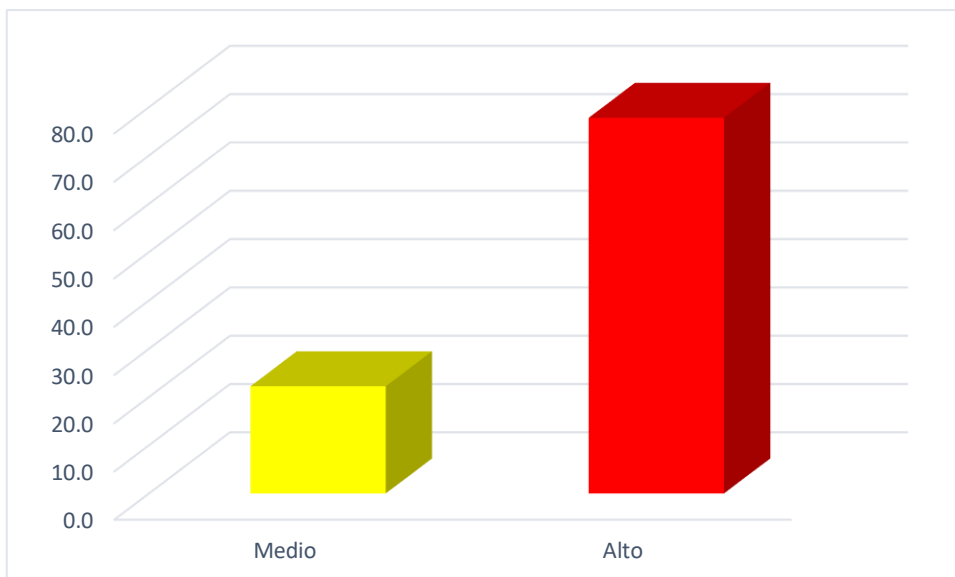
Interpretación:

De acuerdo a los resultados establecemos que la población se encuentra con vulnerabilidad alta en lo ambiental respecto al nivel de condiciones ecológicas.

**¿En qué nivel considera que el debido al cambio climático el aire en su zona se encuentra contaminado?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Medio	16	22,2	22,2	22,2
	Alto	56	77,8	77,8	100,0
	Total	72	100,0	100,0	





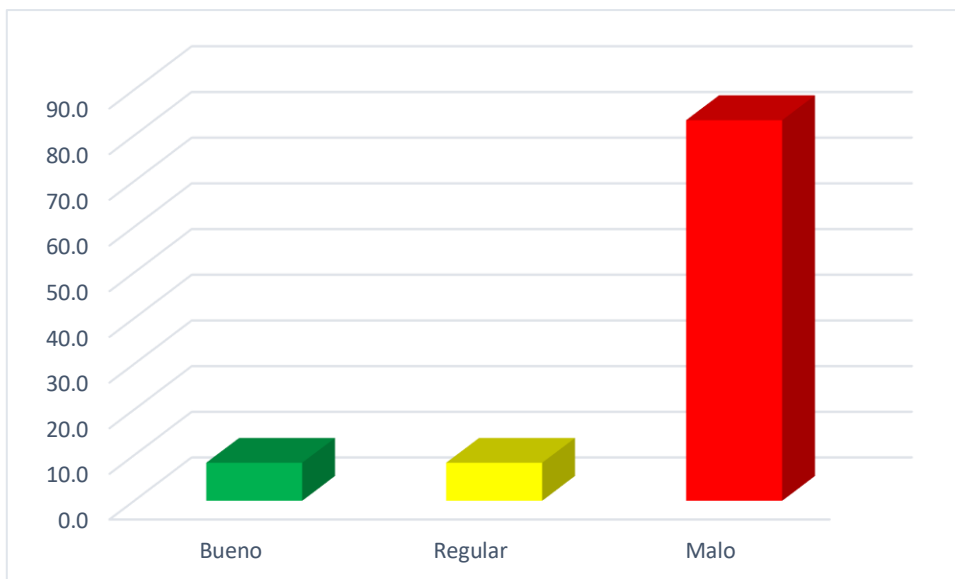
De los encuestados el 77.8% considera que el aire en su zona se encuentra contaminado debido a los cambios climáticos, el 22.20% considera medio y el 0% considera de forma baja.

Interpretación:

De acuerdo a los resultados establecemos que la población se encuentra con vulnerabilidad alta en lo ambiental respecto al nivel de composición de calidad del aire.

**¿En qué nivel considera usted que las estructuras de su vivienda se encuentran para soportar algún tipo de fenómeno natural?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bueno	6	8,3	8,3	8,3
	Regular	6	8,3	8,3	16,7
	Malo	60	83,3	83,3	100,0
Total		72	100,0	100,0	



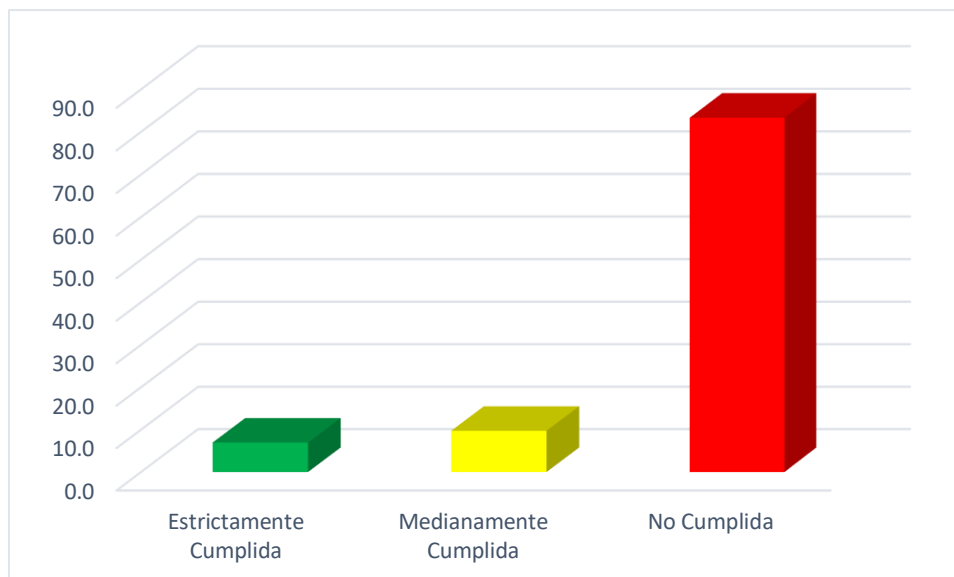
De los encuestados el 83.30% considera que las estructuras de su vivienda se encuentran en malas condiciones para soportar fenómenos naturales, el 8.30% considera regular y el 8.30% considera en buenas condiciones.

Interpretación:

De acuerdo a los resultados establecemos que la población se encuentra con vulnerabilidad alta en lo físico respecto al nivel Estructuras sísmo resistente.

**¿Su vivienda ha sufrido modificaciones de acuerdo a las condiciones planificadas en su diseño?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Estrictamente Cumplida	5	6,9	6,9	6,9
	Medianamente Cumplida	7	9,7	9,7	16,7
	No Cumplida	60	83,3	83,3	100,0
	Total	72	100,0	100,0	



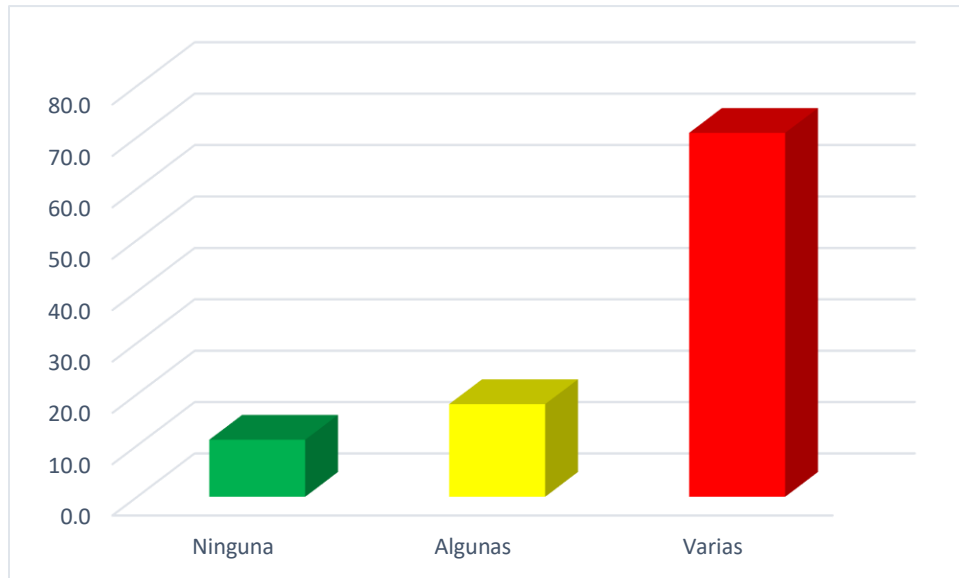
De los encuestados el 83.30% manifiesta que su vivienda ha sufrido modificaciones no cumpliendo las condiciones primigenias de diseño, el 9.70% considera que ha cumplido medianamente y el 6.90% manifiesta haber cumplido estrictamente.

Interpretación:

De acuerdo a los resultados establecemos que la población se encuentra con vulnerabilidad alta en lo físico respecto al nivel leyes existentes.

**¿En los últimos años usted a percibido algún tipo falla en el suelo, paredes, columnas, vigas u otros en su vivienda?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Ninguna	8	11,1	11,1	11,1
	Algunas	13	18,1	18,1	29,2
	Varias	51	70,8	70,8	100,0
	Total	72	100,0	100,0	



De los encuestados el 70.80% manifiesta haber percibido algún tipo de falla en el suelo, paredes, vigas, u otros en su vivienda, el 18.10% manifiesta algunas y el 11.10% manifiesta ninguna.

Interpretación:

De acuerdo a los resultados establecemos que la población se encuentra con vulnerabilidad alta en lo físico respecto a características geológicas, calidad y tipo de suelo.

## **CAPITULO V DISCUSIÓN**

### **4.1 Discusión de resultados**

En la presente investigación se tuvo como objetivo Determinar en qué medida los efectos de la erosión hídrica inciden significativamente en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres, en base en ello, se discuten a continuación los resultados.

#### **4.1.1 Vulnerabilidad de las infraestructuras**

La aplicación del modelo conceptual nos permite llegar a determinar que las infraestructuras ubicadas a una distancia menor a 100 metros de las riberas del río Rímac son vulnerables a los efectos de la erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac. La matriz de “Evaluación del Riesgo” (Cuadro 04) del Capítulo 2, asume y estima un impacto de vulnerabilidad asignándole un porcentaje mayor al 75%, para estimarla como de “Vulnerabilidad Alta”.

#### **4.1.2 Vulnerabilidad socioeconómica de los pobladores**

La aplicación de la encuesta nos permite determinar que la gran mayoría de la población es de condición económica baja, esto de acuerdo a los parámetros establecidos por el Instituto Nacional de Informática y Estadística – INEI, que considera en este nivel a las personas, donde el jefe de familia no puede asumir las necesidades básicas del hogar con su ingreso. Es por ello que, los demás miembros asumen la responsabilidad del gasto.

Analizando los resultados podemos concluir que las personas que habitan cerca de las laderas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres, se encuentran en riesgo de caer en la pobreza total de no planificar medidas que controlen la erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac.

#### **4.1.3 Respecto a la Hidrografía del río Rímac**

Según las definiciones realizadas en el presente trabajo llegamos a la conclusión que el río Rímac tiene un flujo permanente. Que entre las

progresivas 0+000 al 5+600 se encuentra canaliza producto de la formación de los taludes que hace que el río no sufra desbordamientos. Que el tirante calculado para un tiempo de retorno del río se encuentra en 3.20 metros de altura.

#### **4.1.4 Respecto a la estabilidad del talud**

Se ha realizado cálculos con el programa Slide V.6 de acuerdo a las características del suelo, donde se ha podido determinar que varias progresivas cumplen con el factor de seguridad, por lo que, en estas zonas se podría evitar la construcción del muro para minorar los gastos de inversión.

Con el mismo programa se ha determinado secciones de las riberas que cuentan con un factor de seguridad inferior a los 1.5 que establece la norma, para determinar que los taludes se encuentra estables, es por ello que en estos puntos se hace necesario la construcción de un muro.

#### **4.1.5 Respecto a la construcción del muro**

Se ha optado la construcción de un muro de concreto ciclópeo debido a que, estos muros son adecuados para la zona debido a que en la zona existe piedras, lo cual constituye un insumo de principal para la edificación del muro.

## Conclusiones

- Los efectos de la erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac incide considerablemente en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en la parte superior del talud. Puesto que, al existir el debilitamiento de las laderas y existiendo edificaciones que no cuentan con el apropiado diseño de construcción de acuerdo al reglamento están propensas al colapso.
- Los pobladores ubicados en la parte superior del talud de las riberas del río Rímac, se encuentran en un nivel de riesgo alto respecto a lo socioeconómico; puesto que de existir colapso en sus viviendas les generaría la pérdida total de sus patrimonios. Llevándolos a la condición de pobladores de condición de pobreza extrema.
- La utilización de un muro de concreto ciclópeo para la formación de una barrera contra la erosión en los márgenes del río constituye una herramienta integral, pues permite mejorar las condiciones mecánicas, hidráulicas y medio ambientales del tramo analizado.
- Si bien, hay proyectos de restauración del río Rímac – Río Verde plantea una propuesta de recuperación del tramo urbano del río Rímac, se puede concluir, de acuerdo a la bibliografía revisada, que no representa una solución a largo plazo. El río Rímac se clasifica como un río trenzado (tipo braided), en donde el constante cambio de posición y forma es característica de estos. Al reducirse su ancho natural se le estaría restringiendo sus grados de libertad, en consecuencia, se generaría un aumento de las velocidades, incremento del efecto erosivo y el comprometimiento de estructuras como vías, puentes, entre otros.

## **Recomendaciones.**

- Se recomienda limitar los niveles de las viviendas ubicadas en las laderas de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres; debido a que, el peso de ellas está causando el incremento del empuje del suelo, lo cual conllevaría a la desestabilización de la zona
- Con el propósito de desarrollar una solución integral, se recomienda la realización de estudios del río Rímac a nivel de cuenca. Los cuales deberán ser inter relacionados con otros especialistas, con el propósito de lograr la integración de los aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos que requiere un proceso de restauración.
- Se recomienda a las autoridades principales a difundir información de la problemática real de su jurisdicción, puesto que cuando se les solicita información ponen trabas y solo brindan información conveniente a su gestión.



## Referencias bibliográficas

- Ahmed, K. (2008). *Aplicaciones del Modelo HEC-RAS para el Análisis del Flujo No Permanente con Superficie Libre*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- ANA. (2012). *Tratamiento del Cauce del Río Rímac y Principales Quebradas Tributarias para Mitigar Efectos de Eventos Hidrológicos Extremos*. Autoridad Nacional del Agua, Lima. Lima: Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales.
- ANDEX. (2013). *Proyecto Protección Riverense del Río Sarin en el Tramo I*. Lima: Andex Del Norte S.A.
- SENAMHI. (2015). *Dirección de Hidrología y Recursos Hídricos*. Lima: Ministerio del Ambiente (MINAM).
- Berezowsky, M. (1998). *Flujo No Permanente en Ríos*. Ciudad de México: UNAM.
- Castelló, E. M. (2009). *Determinación de la Capacidad Hidráulica del Canal Los Molinos-Córdoba*. Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- UDEP. (4 de agosto de 2002). Investigación Hidráulica y Sedimentológica del Tramo Urbano del Río Piura. (Velasco, Ed.) *PIRHUA*, 38-61

## **Anexos**





PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cómo los efectos de la erosión hídrica inciden significativamente en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>a) ¿Existe riesgo socioeconómico en los pobladores por los efectos de la erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac sobre los pobladores ubicados en el distrito de San Martín de Porres?</p> <p>b) ¿Existe una propuesta de solución para atenuar los efectos de la erosión</p>	<p><b>Objetivo general.</b></p> <p>Determinar en qué medida los efectos de la erosión hídrica inciden significativamente en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Encontrar el nivel de riesgo socioeconómico en los pobladores por los efectos de la erosión hídrica en los taludes del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.</p> <p>b) Encontrar la propuesta de solución para atenuar los efectos de la erosión hídrica en los</p>	<p><b>1.6 Hipótesis general</b></p> <p>Los efectos de la erosión hídrica inciden en la vulnerabilidad de las infraestructuras ubicadas en los taludes superiores de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.</p> <p><b>Hipótesis específica.</b></p> <p>a) Es alto el riesgo socioeconómico en los pobladores por los efectos de la erosión hídrica en los taludes del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres.</p> <p>b) Existe una propuesta de solución que atenúa los efectos de la erosión hídrica en los taludes de las riberas del río Rímac en el distrito de San Martín de Porres que</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p><b>(X): Efectos de la erosión hídrica</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desborde de talud</li> <li>• Transporte de suelo</li> <li>• Socioeconómico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caudal</li> <li>• Socavación</li> <li>• Intensidad</li> <li>• Baja</li> <li>• Media</li> <li>• Alta</li> <li>• Baja</li> <li>• Media</li> <li>• Alta</li> <li>• Baja</li> <li>• Media</li> <li>• Alta</li> </ul>	<p>METODO:</p> <p>Científico</p> <p>TIPO DE INVESTIGACION</p> <p>Aplicada.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Descriptivo y explicativo</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>No experimental de corte transversal</p> <p>POBLACIÓN:</p> <p>Se consideró 210 viviendas que están ubicadas en las laderas del río Rímac.</p>



--	--	--	--	--	--	--

## Base de datos respecto a la variable vulnerabilidad

	Socioeconómica				Ecológica			Física		
	Preg.11	Preg.12	Preg.13	Preg.14	Preg.15	Preg.16	Preg.17	Preg.18	Preg.19	Preg.20
1	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1
2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3
3	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3
4	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
5	2	2	2	3	3	3	2	3	3	2
6	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1
7	2	2	3	3	3	3	2	2	3	2
8	1	1	2	1	3	3	3	2	3	2
9	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1
10	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2
13	3	3	1	3	3	2	3	3	3	1
14	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3
15	2	2	3	2	3	3	3	2	3	3
16	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
17	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3
18	3	3	2	3	2	3	3	2	2	2
19	2	2	2	3	2	3	3	2	2	3
20	3	3	1	3	3	3	2	2	2	2
21	3	3	2	3	3	3	3	1	3	2
22	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2
23	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3
24	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2



25	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
26	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2
27	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
28	3	3	2	3	2	3	3	2	2	1
29	3	3	1	3	3	3	3	1	2	2
30	2	2	2	2	3	3	3	3	3	1
31	2	2	3	3	3	2	3	2	3	3
32	2	2	2	3	2	1	2	3	2	1
33	1	1	3	3	2	2	3	2	3	3
34	3	3	3	3	2	2	3	3	1	3
35	3	3	3	3	3	1	3	1	3	2
36	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2
37	2	2	1	3	3	3	3	2	3	3
38	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2
39	3	3	1	2	3	3	2	3	2	1
40	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2
41	2	2	3	3	3	3	3	3	3	1
42	3	3	2	3	3	3	3	3	1	1
43	1	2	3	3	3	3	3	1	3	2
44	3	3	3	2	3	3	2	3	1	3
45	2	2	3	3	3	2	2	2	3	1
46	3	3	1	3	3	3	3	3	1	1
47	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2
48	1	1	2	3	3	3	3	2	2	2
49	3	3	3	3	2	3	3	3	1	2
50	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3
51	2	2	2	3	3	3	3	3	3	1
52	3	3	3	3	2	3	2	2	3	2
53	2	2	3	3	3	2	3	1	3	2

54	2	2	3	3	3	2	2	3	2	1
55	2	2	3	3	2	3	2	3	3	1
56	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3
57	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2
58	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
59	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2
60	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3
61	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
62	3	3	2	3	3	1	3	2	2	3
63	1	2	3	3	3	3	2	3	2	2
64	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
65	3	3	3	3	2	3	2	3	3	2
66	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
67	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
68	2	3	3	3	3	3	3	3	3	1
69	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
70	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
71	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
72	3	3	2	3	3	3	2	2	3	1
Promedios	<b>2.50</b>	<b>2.54</b>	<b>2.54</b>	<b>2.90</b>	<b>2.82</b>	<b>2.76</b>	<b>2.74</b>	<b>2.43</b>	<b>2.57</b>	<b>2.10</b>
	<b>2.62</b>			<b>2.77</b>			<b>2.37</b>			

Cuadro 2 Matriz de Valoración de Vulnerabilidad

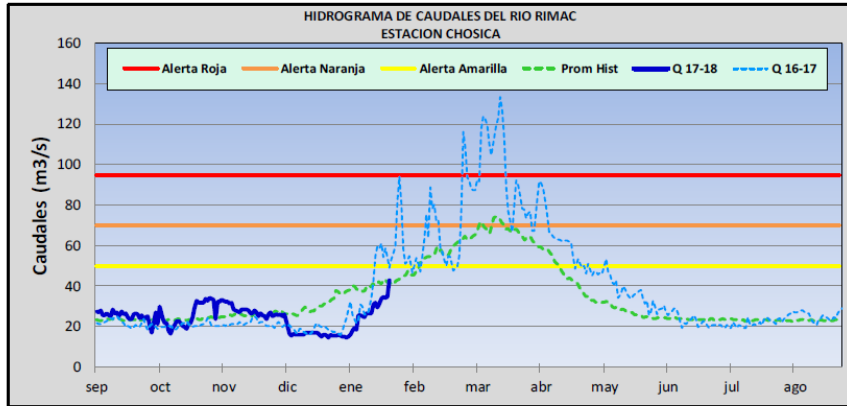
Rango      porcentaje

Vulnerabilidad Alta		2.20 a 3.00	$70 < X < 100$
Vulnerabilidad Media		1.61 a 2.39	$30 < X < 70$
Vulnerabilidad Baja		1.00 a 1.60	$X < 30$





Fecha: **lunes, 22 de enero de 2018**      **PRONOSTICO HIDROLÓGICO 2017-18**      RI-CH    N° 021-18



CUENCA	ESTACION	CAUDALES DEL DIA ANTERIOR (m <sup>3</sup> /seg.)					CAUDALES DE HOY (m <sup>3</sup> /seg.)				
		Promedio 24 hrs.	Normal Diario	Anomalia (%)	Min.	Max.	Promedio: 00:00 a 14:00 hrs.	Normal Diario	Anomalia (%)	Min.	Max.
RIMAC	CHOSICA	34.65	42.2	-18	33.4	36.2	42.62	41.5	3	39.8	45.8

Fuente: SENAMHI

**CONCLUSIONES Y PREVISIONES**

El caudal del río Rimac en la estación hidrológica Chosica (hasta las 14:00 hrs.), presenta un valor de 42.6 m<sup>3</sup>/s, presenta una anomalía de +3 % con respecto a su promedio normal histórico. El comportamiento hidrológico es de leve descenso con respecto al día anterior.

Río	Caudal Promedio (m <sup>3</sup> /s)		
	24 horas	48 horas	72 horas
Rimac	36.0 - 41.0	34.0 - 40.0	36.0 - 42.0

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**