

# FACULTAD DE INGENIERÍA

## **Carrera de Ingeniería Civil**

“IMPLICANCIA DE LAS BARRERAS DINÁMICAS EN LA DISMINUCIÓN DE LA AFECTACIÓN POR ALUVIÓN EN LA POBLACIÓN DE LA QUEBRADA CAROSSIO EN EL DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

Autor:

Oscar Brayan Lucas Farfán

Asesor:

Ing. Edmundo Vereau Miranda

Lima, Perú

2020



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a la Facultad de Ingeniería, a la Escuela de Ingeniería Civil, a todos los catedráticos por ayudarme en mi formación académica; también lo dedico a mi novia y a toda mi familia, por estar siempre apoyándome en las diferentes etapas de este proceso universitario.

## **AGRADECIMIENTO**

Me van a faltar las páginas para poder agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merece reconocimiento especial mi Madre que con su denodado esfuerzo y dedicación me ha ayudado a culminar mi carrera universitaria y me dio el apoyo suficiente y continuo para no soslayar cuando todo parecía complicarse.

Asimismo, agradezco infinitamente a mi Hermana que con sus palabras me ha hecho sentir orgulloso de lo que soy y de lo que puedo lograr. Ojalá algún día yo me convierta en su fuerza para que también pueda seguir avanzando en su camino profesional. A mi novia quien me apoyo cuando todo parecía complicarse y me dio el impulso a seguir con mis sueños.

De igual forma, agradezco a mi Asesor de Tesis, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Catedráticos que me han visto crecer como persona, y que gracias a sus conocimientos brindados hoy puedo sentirme dichoso y contento con mi crecimiento profesional.

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE CUADROS.....	6
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.1. Historial de flujos en el Sector de Chosica .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.1. Problema General.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.2. 1.2.2. Problemas Específicos.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Objetivos.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.1. Objetivo general.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>21</b>
<b>1.4. Hipótesis .....</b>	<b>21</b>
<b>1.4.1. Hipótesis general.....</b>	<b>21</b>
<b>1.4.2. Hipótesis específicas.....</b>	<b>21</b>
<b>1.5. Marco Conceptual .....</b>	<b>22</b>
<b>1.5.1. Peligro .....</b>	<b>22</b>
<b>1.5.2. Vulnerabilidad .....</b>	<b>22</b>
<b>1.5.3. Desastre.....</b>	<b>23</b>
<b>1.5.4. Gestión Prospectiva .....</b>	<b>23</b>
<b>1.5.5. Gestión Correctiva.....</b>	<b>23</b>
<b>1.5.6. Gestión Reactiva .....</b>	<b>23</b>
<b>1.5.7. Densidad Poblacional .....</b>	<b>24</b>
<b>1.5.8. Aluvión de baja magnitud - Huayco.....</b>	<b>24</b>
<b>1.5.9. Faja Marginal .....</b>	<b>24</b>
<b>1.5.10. Cauce.....</b>	<b>24</b>

1.5.11.	Ribera.....	25
1.5.12.	Zona de alto riesgo no mitigable .....	25
1.6.	Marco Normativo .....	25
1.7.	Antecedentes empíricos .....	26
1.7.1.	Diseño, Implementación y Construcción de Barreras Dinámicas .....	27
1.7.2.	Mitigación para el flujo de detritos en la zona de descarga una quebrada .....	28
1.7.3.	Estabilidad de taludes.....	29
1.7.4.	Vulnerabilidad ante flujo de detritos .....	30
1.7.5.	Barreras dinámicas.....	31
1.8.	Bases teóricas.....	32
1.8.1.	Variable Independiente: Barrera Dinámica. ....	32
1.8.1.1.	Parámetros de forma .....	34
1.8.1.2.	Parámetros de relieve .....	36
1.8.1.3.	Anclajes de barrera dinámica de acuerdo a especificaciones técnicas .....	37
1.8.2.	Variable Dependiente: Disminución de la Afectación por aluvión.....	41
1.8.2.1.	Flujo de detritos / Huaycos .....	41
1.8.2.2.	Magnitud e Intensidad de un Flujo de Detritos (Huayco). ....	43
1.8.2.3.	Distribución de Gumbel.....	45
1.8.2.4.	Daños históricos de eventos adversos en la Quebrada Carosio:.....	46
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>		<b>50</b>
2.1.	Tipo de Investigación.....	50
2.2.	Población y Muestra.....	51
2.2.1.	Población.....	51
2.2.2.	Muestra .....	51
2.2.2.1.	Delimitación de la muestra .....	53
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos. ....	54
2.4.	Procedimiento de análisis de datos.....	59
2.4.1.	Parámetros climatológicos.....	59
2.4.2.	Barreara Dinámica 1 .....	70
2.4.3.	Barreara Dinámica 2 .....	72
2.4.4.	Barreara Dinámica 3 .....	73
2.4.5.	Barreara Dinámica 4 .....	75
2.5.	Aspectos Éticos .....	77
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>		<b>78</b>

<b>3.1. Barreras dinámicas</b> .....	78
<b>3.1.1. Estado Situacional:</b> .....	78
<b>3.2.1.1. Geoformas de origen denudacional</b> .....	79
<b>3.2.1.2. Geoformas de origen gravitacional</b> .....	79
<b>3.2.1.3. Geoformas de origen aluvial</b> .....	80
<b>3.2.1.4. Unidades geológicas</b> .....	82
<b>3.5.1.1. Distribución de Gumbel</b> .....	88
<b>3.6.1.1. Características Sociales</b> .....	91
<b>3.6.1.2. Características Económicas</b> .....	92
<b>3.7.1. Costo de barreras dinámicas y Mantenimiento</b> .....	93
<b>3.7.1.1. Costo</b> .....	93
<b>3.7.1.2. Mantenimiento</b> .....	94
<b>CAPÍTULO IV. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</b> .....	95
<b>4.1. Discusiones:</b> .....	95
<b>4.2. Conclusiones:</b> .....	97
<b>REFERENCIAS</b> .....	99
<b>ANEXOS</b> .....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Daños Registrados con código SINPAD N°00051384.</b> .....	48
<b>Tabla 2: Huayco en diversas quebradas, Cuadro de afectados y damnificados 2015</b> .....	54
<b>Tabla 3: Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN) 2015, de la Quebrada Carossio</b> .....	54
<b>Tabla 4: Niveles de precipitación - 2017</b> .....	69
<b>Tabla 5: Ubicación de las barreras dinámicas en coordenadas UTM.</b> .....	70
<b>Tabla 6: Presupuesto de Obra</b> .....	93
<b>Tabla 7: Propiedades físicas de las barreras dinámicas antes y después de su implementación</b> .....	79
<b>Tabla 8: Características Sociales</b> .....	91
<b>Tabla 9: Daños Registrados con código SINPAD N°00069402.</b> .....	92
<b>Tabla 10: Características económicas por flujo de detritos</b> .....	92
<b>Tabla 11: Parámetros de la quebrada Carossio</b> .....	84
<b>Tabla 12: Condiciones del terreno</b> .....	87
<b>Tabla 13: Precipitación Máxima (Pd).</b> .....	88
<b>Tabla 14: Precipitación Máxima (Pd) por tiempo de duración.</b> .....	89
<b>Tabla 15: intensidad de la lluvia (mm/hr) según el periodo de retorno</b> .....	89
<b>Tabla 16: Intensidad de lluvia a partir de Pd.</b> .....	90
<b>Tabla 17: Costo Beneficio</b> .....	94

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1: Categorización de la pendiente .....</b>	<b>37</b>
<b>Cuadro 2: Niveles de pendiente .....</b>	<b>37</b>
<b>Cuadro 3: suministro e instalación y puesta en operación de 22 barreras dinámicas contra flujo de detritos – Quebrada Carossio.....</b>	<b>38</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1: Hidrograma de precipitaciones</b> .....	60
<b>Gráfica 2: Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales, cada 10 minutos, cada hora y el acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho</b> .....	61
<b>Gráfica 3: Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho</b> .....	62
<b>Gráfica 4: Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales, cada 10 minutos, cada hora y el acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho</b> .....	63
<b>Gráfica 5: Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho</b> .....	64
<b>Gráfica 6 Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales, cada 10 minutos, cada hora y el acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho.</b> .....	65
<b>Gráfica 7: <i>Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho</i></b> .....	66
<b>Gráfica 8: Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales, cada 10 minutos, cada hora y el acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho.</b> .....	67
<b>Gráfica 9: Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho</b> .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Huaycos ocurridos en Chosica en 1987 .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2: Barrera Dinámica contra flujo de detritos .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 3: cantidad y tipo de barreras en la Quebrada Carossio, según TDM Perú (2016) .....</b>	<b>41</b>
Figura 4: Esquema de flujos canalizados y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996) .....	42
<b>Figura 5: Mapa de Ubicación y Localización de la Quebrada Carossio .....</b>	<b>52</b>
Figura 6: Lotes en la faja marginal de la quebrada Carossio .....	52
<b>Figura 7: Estado 01 del comportamiento de una barrera dinámica .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 8: Estado 02 del comportamiento de una barrera dinámica .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 9: Estado 03 del comportamiento de una barrera dinámica .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 10: Estado 04 del comportamiento de una barrera dinámica .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 11: Ubicación de las barreras dinámicas en la Quebrada Carossio .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 12: Estado de la barrera dinámica 01: ubicada en la Quebrada Carossio .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 13: Material acumulado en la barrera dinámica 01 .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 14: Estado de la barrera dinámica 02 ubicada en la Quebrada Carossio .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 15: Material acumulado en la barrera dinámica 02 .....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 16: Estado de la barrera dinámica 03 ubicada en la Quebrada Carossio .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 17: Material acumulado en la barrera dinámica 03 .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 18: Estado de la barrera dinámica 04 ubicada en la Quebrada Carossio .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 19: Material acumulado en la barrera dinámica 04 .....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 20: Mapa de unidades geomorfológicas .....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 21: Mapa geológico .....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 22: Imagen satelital de la zona de estudio .....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 23: Mapa geológico de la Quebrada Carossio .....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1: Ancho Promedio (Ap).....</b>	<b>27</b>
<b>Ecuación 2: Desnivel altitudinal (DA).....</b>	<b>27</b>
<b>Ecuación 3: Coeficiente de compacidad o Gravelius.....</b>	<b>28</b>
<b>Ecuación 4: Factor de forma.....</b>	<b>28</b>
<b>Ecuación 5: Pendiente media del cauce (Ic).....</b>	<b>29</b>
<b>Ecuación 6: Delimitación de la muestra.....</b>	<b>48</b>
<b>Ecuación 7: Volumen estimado.....</b>	<b>66</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar cuantitativamente el efecto de las barreras dinámicas en la afectación de la población de la quebrada Carossio ante los aluviones, esto de manera precisa y concreta, tomando como base el efecto final de la materialización de los daños ocasionados posterior al evento de flujo de detritos.

La metodología que se ha propuesto consiste en la determinación de los niveles de afectación, antes y después de la colocación de las barreras dinámicas, para ello se hace uso del proceso de análisis estadísticos. Los datos se procesaron en una matriz excel para luego exportar a un software estadístico lo cual hace más fácil el análisis desarrollado.

Se ha concluido que las barreras dinámicas han cumplido su eficacia al disminuir el impacto del flujo de detritos que afecta a la población asentada en la quebrada Carossio; esta evaluación es de fácil y concreto desarrollo para cualquier evaluador. Asimismo, recomienda que el estudio pueda afinarse en el futuro con la validación de más proyectos de investigación en otras quebradas de la zona donde también se han colocado barreras dinámicas.

***Palabras claves:*** Microcuenca, quebrada, aluvión, flujo de detritos, barrera dinámica.

## ABSTRACT

The objective of this research work is to quantitatively determine the effect of dynamic barriers on the affectation of the population of the Carossio gorge in front of the floods, this in a precise and concrete way, based on the final effect of the materialization of the damages caused after the debris flow event.

The methodology that has been proposed consists in the determination of the levels of affectation, before and after the placement of the dynamic barriers, for this purpose the statistical analysis process is used. The data was processed in an excel matrix and then exported to statistical software which makes the analysis developed easier.

It has been concluded that the dynamic barriers have fulfilled their effectiveness by decreasing the impact of the debris flow that affects the population settled in the Carossio gorge; This evaluation is easy and concrete development for any evaluator. It also recommends that the study be refined in the future with the validation of more research projects in other ravines in the area where dynamic barriers have also been placed.

**Keywords:** *Microbasin, stream, flood, debris flow, dynamic barrier.*

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Durante los últimos años se han incrementado la recurrencia de las precipitaciones anómalas y de la intensidad de estas en toda la zona de la sierra de Lima Metropolitana, por lo que se ha observado que en las quebradas del sector Chosica del distrito de Lurigancho se activan cada año causando serios daños materiales, paralización de la economía local e incluso pérdidas de vida.

Las precipitaciones en este sector se dan entre los meses de enero a abril y la activación de algunas de las 17 quebradas de Chosica se da de manera aleatoria, aunque en algunas es más recurrente que en otras.

Casi la totalidad de las quebradas de Chosica se encuentran con asentamientos humanos que han invadido las áreas colindantes del cauce e incluso el mismo cauce de las quebradas estacionales, tal como es el caso de la quebrada Carossio, en la cual hay asentamientos localizados en la parte media y baja de la quebrada, y cuya vía principal, el Jirón Grau, es el mismo cauce de la quebrada en mención; dicha vía sirve de desfogue del flujo de detritos o aluvión que baja de la quebrada, sin embargo el cauce ha sido reducido por las viviendas, lo que hace que sea insuficiente para el traslado de dicho material y afectando seriamente las viviendas laterales a la vía, tal como sucedió en el 2015. Además de lo mencionado anteriormente, al bajar el Jirón Grau, cruza la Carretera Central, y debería seguir su curso hasta el río Rímac, sin embargo, existen viviendas asentadas del otro lado de la carretera hasta el río, lo cual imposibilita el flujo discurra

hacia el río, impactando directamente contra las casas asentadas ahí, por lo que se afecta aún más allá de la faja marginal delimitada por la Autoridad Nacional del Agua.

Ante este escenario se colocó dos barreras dinámicas por parte del Ministerio de Vivienda, lo que buscaba que los aluviones al impactar con las barreras, dejen en estas el material rocoso mayor que es el que causa gran daño en la parte baja de la quebrada, y solo pase el flujo de detritos, lo cual ocasiona menos daños o pérdidas a la población colindante y asentada en el cauce.

Con esto se espera que se disminuya el impacto que se generaba cada vez que se activaba la quebrada en temporada de lluvias y se planificó que posterior a cada evento que se suscite se haga la limpieza del material rocoso atrapado y se haga el mantenimiento respectivo a las mallas dinámicas.

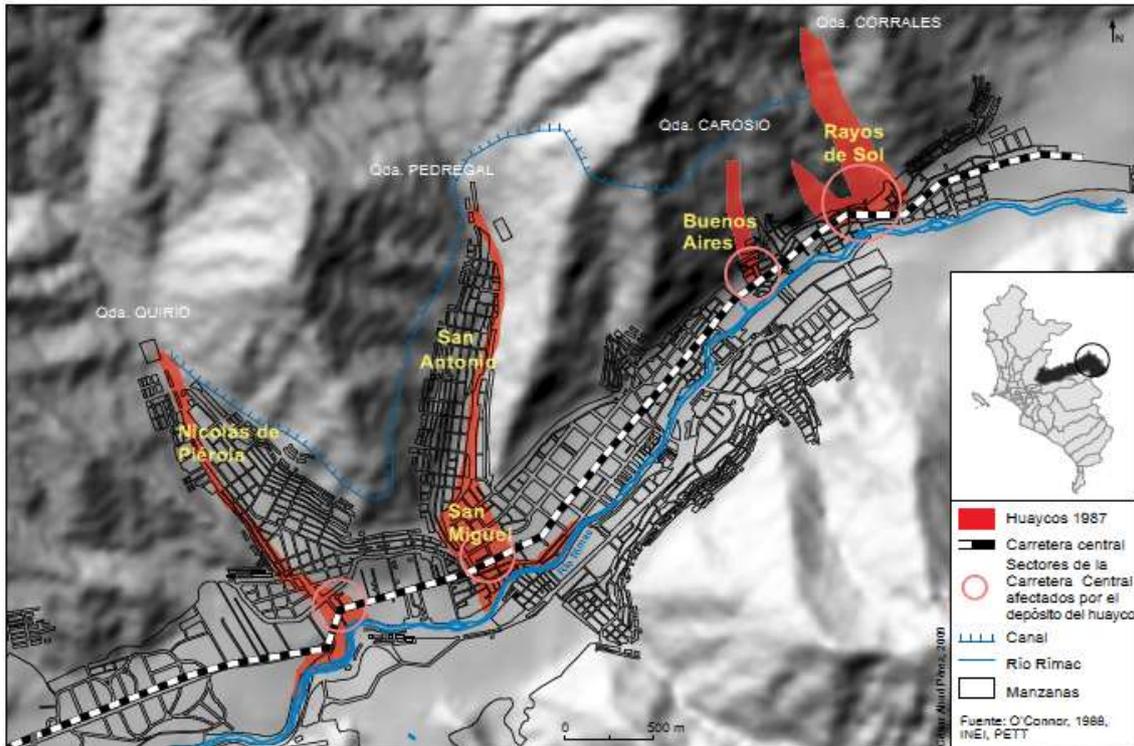
Es por ello que se hace necesario realizar los efectos de las mallas dinámicas en las pérdidas o daños en los eventos de aluvión y/o flujo de detritos en la quebrada Carossio y determinar si logró su cometido y en qué nivel ha influido si es que hubo algún cambio con respecto a las pérdidas o daños previos a la instalación de las mallas dinámicas, así mismo de esta manera verificar la sostenibilidad del proyecto realizado.

### **1.1.1. Historial de flujos en el Sector de Chosica**

En el pasado, han existido otros flujos torrenciales en el distrito y los principales del siglo XX ocurrieron en los años 1909, 1915, 1925, 1926, 1936, 1939, 1950, 1952,

1954, 1955, 1959, 1967, 1972, 1976, 1983, 1985, activándose en todos estos casos diferentes quebradas. Uno de los eventos comparables al de 1987 sucedió durante la crisis climática de 1925-1926, con la ocurrencia del Fenómeno El Niño. Durante este evento, fue, entre otros daños, afectada la central eléctrica de Huampaní (O'Connor, 1988). Y durante el presente siglo los principales flujos torrenciales se dieron en el año 2007 y en el 2015, siendo este último el más intenso de ambos. Cabe mencionar que el más recordado en el distrito por la destrucción que acarrió fue el del año 1987.

El día lunes 9 de marzo de 1987, produjeron aluviones en algunas cuencas torrenciales del distrito de Lurigancho, sector Chosica ubicado en la periferia oriental de la aglomeración de Lima. Los aluviones fueron causados por precipitaciones excepcionales, afectando tanto a personas como infraestructuras; los daños materiales fueron valorizados en 12,5 millones de dólares. Las quebradas que se activaron fueron: Quirio, Pedregal, Corrales y Carossio, las cuales desembocan en el río Rímac y están ocupadas principalmente en los conos de deyección.



**Figura 1: Huaycos ocurridos en Chosica en 1987**

Fuente: Abad 2007

Las causas de los huaycos ocurridos el 9 de marzo de 1987 fueron principalmente naturales, relacionadas con precipitaciones pluviales intensas, la forma y pendiente de la cuenca y el material de las vertientes. Sin embargo, la gravedad de los daños es el resultado de una urbanización que, durante años, se desarrolló ignorando los peligros.

Veinte asentamientos humanos fueron afectados, siendo los más destruidos los de la quebrada Pedregal. Hubieron más de 100 muertos y un total de 1 052 viviendas dañadas, 521 con pérdida estructural y 531 anegadas, quedando 3 000 personas sin vivienda.

En cuanto a los servicios básicos, uno de los principales problemas fue el desabastecimiento de agua. Fueron sepultados los dos únicos pozos de abastecimiento para Chosica, afectando a 30 000 personas durante 7 días. El canal de agua que abastecía a los pueblos de las quebradas Quirio y Pedregal fue también afectado, ocurriendo obstrucciones y desbordes por 13 horas. El sistema de desagüe colapsó, principalmente en la parte baja de la quebrada Pedregal. La energía eléctrica fue cortada en unas 60 manzanas y el sistema de telefonía fue afectado por 7 días.

La infraestructura vial fue muy dañada: en total 5 000 metros de vías fueron averiadas, principalmente debido a bloqueos por la masa aluvional. Además, cuatro de los principales centros educativos quedaron inutilizados, el mercado de abastos de San Antonio de Pedregal fue arrasado, y la clínica del mismo asentamiento humano quedó anegada.

Casi la totalidad de las quebradas de Chosica se encuentran con asentamientos humanos que han invadido las áreas colindantes del cauce e incluso el mismo cauce de las quebradas estacionales, tal como es el caso de la quebrada Carossio, en la cual hay asentamientos localizados en la parte media y baja de la quebrada, y cuya vía principal, el Jirón Grau, es el mismo cauce de la quebrada en mención; dicha vía sirve de desfogue del flujo de detritos o aluvión que baja de la quebrada, sin embargo el cauce ha sido reducido por las viviendas, lo que hace que sea insuficiente para el traslado de dicho material y afectando seriamente las viviendas laterales a la vía, tal como sucedió en el 2015. Además de lo mencionado anteriormente, al bajar el Jirón Grau, cruza la Carretera Central, y debería seguir su curso hasta el río Rímac, sin embargo, existen viviendas

asentadas del otro lado de la carretera hasta el río, lo cual imposibilita el flujo discurra hacia el río, impactando directamente contra las casas asentadas ahí, por lo que se afecta aún más allá de la faja marginal delimitada por la Autoridad Nacional del Agua.

Ante este escenario se colocó dos barreras dinámicas por parte del Ministerio de Vivienda, lo que buscaba que los aluviones al impactar con las barreras, dejen en estas el material rocoso mayor que es el que causa gran daño en la parte baja de la quebrada, y solo pase el flujo de detritos, lo cual ocasiona menos daños o pérdidas a la población colindante y asentada en el cauce.

Con esto se espera que se disminuya el impacto que se generaba cada vez que se activaba la quebrada en temporada de lluvias y se planificó que posterior a cada evento que se suscite se haga la limpieza del material rocoso atrapado y se haga el mantenimiento respectivo a las mallas dinámicas.

Es por ello que se hace necesario realizar los efectos de las mallas dinámicas en las pérdidas o daños en los eventos de aluvión y/o flujo de detritos en la quebrada Carossio y determinar si logró su cometido y en qué nivel ha influido si es que hubo algún cambio con respecto a las pérdidas o daños previos a la instalación de las mallas dinámicas, así mismo de esta manera verificar la sostenibilidad del proyecto realizado.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿En qué medida favorece la instalación de barreras dinámicas para disminuir la afectación de la población de la quebrada Carossio ante los aluviones?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

¿Cuál es la cantidad de afectados ante los aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas?

¿Cuál es la cantidad de damnificados ante los aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas?

¿Cuál es el monto de pérdidas económicas por los aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar cuantitativamente el efecto de las barreras dinámicas en la afectación de la población de la quebrada Carossio ante los aluviones.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar la cantidad de afectados ante los aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas.

Determinar la cantidad de damnificados ante los aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas.

Estimar las pérdidas económicas ante aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La implicancia de las barreras dinámicas disminuye los efectos ante los aluviones en la población de la Quebrada Carossio?

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

La cantidad de afectados ante los aluviones, después de la instalación de las barreras dinámicas ha disminuido notoriamente.

La cantidad de damnificados ante los aluviones, después de la instalación de las barreras dinámicas ha disminuido notoriamente.

Las pérdidas económicas ante aluviones, después de la instalación de las barreras dinámicas han sido reducidas significativamente.

## **1.5. Marco Conceptual**

De acuerdo a la normativa, se detalla los conceptos generales a usar en el presente trabajo de investigación:

### **1.5.1. Peligro**

Según el D.S. 048-2011 PCM (2011, p 03): “Probabilidad que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos”.

### **1.5.2. Vulnerabilidad**

Según el D.S. 048-2011 PCM (2011, p 03): “Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza”.

### **1.5.3. Desastre**

Según Allan Lavell: “Cuando un fenómeno destructivo actúa sobre condiciones de vulnerabilidad y produce graves daños contra la vida y los bienes de las personas, e interrumpe, por ello, el normal funcionamiento de la sociedad, se produce un desastre”.

### **1.5.4. Gestión Prospectiva**

Según el CENEPRED, 2014: “Es el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el fin de evitar y prevenir la conformación del riesgo futuro que podría originarse con el desarrollo de nuevas inversiones y proyectos en el territorio”.

### **1.5.5. Gestión Correctiva**

Según el CENEPRED, 2014: “Es el conjunto de acciones que se planifican y realizan con el objeto de corregir o mitigar el riesgo existente”.

### **1.5.6. Gestión Reactiva**

Según el CENEPRED, 2014: “Es el conjunto de acciones y medidas destinadas a enfrentar los desastres ya sea por un peligro inminente o por la materialización del riesgo”.

### **1.5.7. Densidad Poblacional**

Es la relación de habitantes por superficie (hab./km<sup>2</sup>). Elaboración propia con datos de población proyectada a nivel distrital (INEI, 2015).

### **1.5.8. Aluvión de baja magnitud - Huayco**

Según el Manual básico para la estimación del riesgo del INDECI (2006, p 14): El “huayco”, es un término peruano de origen quechua, que significa quebrada. El huayco es un tipo de aluvión de baja magnitud, que se registran con frecuencia en las cuencas hidrográficas del país, generalmente durante el periodo de lluvias. “Lloclla”, término quechua, es más apropiado que “huayco”.

### **1.5.9. Faja Marginal**

Según la RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 332-2016-ANA (2016, p 02): Área inmediata superior al cauce a álveo de la fuente de agua, natural a artificial, en su máxima creciente, sin considerar los niveles de las crecientes por causas de eventos extraordinarios, constituye bien de dominio público hidráulico.

### **1.5.10. Cauce**

Según la RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 332-2016-ANA (2016, p 02): Continente de las aguas durante sus máximas crecientes, constituye un bien de dominio público hidráulico.

#### **1.5.11. Ribera**

Según la RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 332-2016-ANA (2016, p 02): Áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos y lagunas, comprendidas entre el nivel mínima de sus aguas y el nivel de su máxima creciente. Para su delimitación no se considerarán las máximas crecidas registradas para eventos extraordinarios, constituye un bien de dominio público hidráulico.

#### **1.5.12. Zona de alto riesgo no mitigable**

Según la ley 29869 (2012, p 02): Aquella donde existe la probabilidad de que la población o sus medios de vida sufran daños o pérdidas a consecuencia del impacto de un peligro, y que la implementación de medidas de mitigación resulta de mayor costo y complejidad que llevar a cabo la reubicación de las viviendas y equipamiento urbano respectivo.

### **1.6. Marco Normativo**

La normativa legal peruana correspondiente a los cauces, gestión de riesgos y otros pertinentes al presente estudio es la siguiente:

- Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD,
- Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Ley N°30779, Ley que dispone medidas para el fortalecimiento del sistema nacional de gestión del riesgo de desastre (SINAGERD)
- Resolución Jefatural N° 112 – 2014 – CENEPRED/J, que aprueba el "Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales", 2da Versión.
- Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM, Aprueba los Lineamientos Técnicos para el Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres.
- Decreto Supremo N° 111–2012–PCM, de fecha 02 de noviembre de 2012, que aprueba la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
- Ley N°29338 Ley de Recursos Hídricos, puesta en vigencia el 30 de marzo de 2009.
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, de fecha 13 de abril de 2013.

R.J. N° 332-2016-ANA, Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales, con fecha 28 de diciembre de 2016.

### **1.7. Antecedentes empíricos**

Se ha recopilado información de diversos trabajos de investigación, algunas de temática sobre la vulnerabilidad en la quebrada Carossio y otras similares y otras exclusivamente sobre las barreras dinámicas, siendo de estas las más importantes las siguientes:

### **1.7.1. Diseño, Implementación y Construcción de Barreras Dinámicas**

La Tesis “**Diseño, Implementación y Construcción de Barreras Dinámicas en la Quebrada Carossio – Chosica**” desarrollada por José Antonio Crispín Huamaní, para optar el grado de Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional Agraria “La Molina”, Perú, 2017. Los objetivos de la investigación son: elaborar una secuencia de diseño de las Barreras Dinámicas, y describir el proceso de instalación de las Barreras Dinámicas

El autor concluye que con el uso de la nueva tecnología utilizada, se ha logrado desarrollar la implementación e instalación de las barreras dinámicas en la quebrada Carosio, con el fin de que sea referencia y guía para otros proyectos similares; se definió un procedimiento constructivo, secuencia de instalación adecuada, para la instalación de las barreras dinámicas que contuvieron satisfactoriamente los volúmenes pronosticados; los pernos utilizados para los taludes de la quebrada, con longitud de 9.0 m, y diámetro de perforación de 76 mm; en suelo coluvial, y longitud de 5.0 m, con perforación de 64 mm; en roca, trabajaron de manera eficiente sin ningún problema; el sistema multinivel que se implementó en la quebrada Carosio con la instalación de 4 barreras dinámicas de manera consecutiva, funcionó de manera correcta, debido a que contuvieron todo el flujo de lodos y escombros; y que la parte crítica del proyecto, fue el traslado de materiales, debido a lo accidentada de la topografía. Asimismo, recomienda que la utilización de forma más seguida de los sistemas flexibles como las Barreras Dinámicas, que tiene buenos resultados, siguiendo los procedimientos adecuados para su implementación; considerar un sistema antisocavante en los taludes donde se realizaron las perforaciones,

con el fin de protegerlos contra la erosión; realizar una visita a campo completa, al inicio del proyecto para determinar la ubicación de las estructuras; y realizar una topografía As Built, para determinar la geomorfología cambiante de la quebrada con las estructuras instaladas.

### **1.7.2. Mitigación para el flujo de detritos en la zona de descarga una quebrada**

La Tesis “**Alternativas de Mitigación para el flujo de detritos en la zona de descarga de la Quebrada Quirio-Chosica-Perú-2019**” desarrollada por Ruth Carolina Santuyo Marca y Carlos Alberto Zambrano Orosco, para optar el grado de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma, Perú, 2019. Los objetivos de la investigación son: realizar un mapeo geológico para poder determinar las formaciones geológicas existentes en la zona de descarga de la Quebrada Quirio; realizar un estudio de mecánica de suelos para determinar el tipo de suelo existente en la zona de descarga de la quebrada; realizar un estudio hidrológico y determinar los caudales para distintos periodos de retorno en la zona de descarga; realizar la simulación de un modelo numérico para analizar el comportamiento físico del flujo de detritos en la zona de descarga de la Quebrada Quirio; y elaborar mapas de riesgo para la interpretación de evaluación de riesgos en la zona de descarga de la Quebrada.

El autor concluye que el proyecto de investigación nos permitió proponer una alternativa de mitigación ante la presencia de flujo de detritos en la quebrada Quirio, el cual consiste en la colocación de 5 barreras geodinámicas que permitirán en conjunto retener una cantidad de 7,568.81 m<sup>3</sup> de material sólido; y que se eligió como alternativa

de mitigación a las barreras geodinámicas debido a la magnitud de alturas máximas que se generaron en la simulación con el software RAMMS, , las cuales alcanzaban un aproximado de 5 metros de altura en la zona de recarga y las cuales es necesario disipar su energía y su cantidad de volumen. Asimismo, recomienda la colocación de 3 barreras geodinámicas adicionales a las 2 ya existentes para mitigar la cantidad de volumen de sólidos calculados para el presente proyecto; recomienda la instalación de 3 pluviógrafos entre los meses de enero y abril, que permita obtener información de las precipitaciones de nuestra zona de estudio; se recomienda se recomienda la realización de una evaluación de riesgos en la Quebrada Quirio, puesto que en el año 2017 se presentó un evento de flujo de detritos que dejó daños económicos y sociales; se recomienda al gobierno local hacer conocimiento a la población del plan de contingencia en caso de emergencia para reducir así la vulnerabilidad.

### **1.7.3. Estabilidad de taludes**

La Tesis “**Análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando Mallas Galvanizadas Ancladas, Ciudad Nueva Fuerabamba Apurímac**” desarrollada por Alan Alex Sáenz Serpa, para optar el grado de Ingeniero Civil, Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú, 2017. Los objetivos de la investigación son: evaluar y analizar los cálculos del diseño de un talud en roca mediante los métodos de equilibrio límite; determinar cómo influye la variabilidad de diferentes estratos de roca en el análisis del diseño para la estabilidad de taludes; y determinar la influencia del uso de mallas galvanizadas ancladas para la estabilidad de taludes.

El autor concluye que la estabilidad de taludes en roca, con el diseño del uso de las mallas galvanizadas ancladas se influye considerablemente para garantizar la estabilidad de taludes, ya que con este tipo de sostenimiento se garantiza el Factor de Seguridad del talud; y que la aplicación, uso e implementación del sistema de reforzamiento como pernos de anclaje y las mallas galvanizadas ancladas se llegara a garantizar la estabilidad y sostenimiento a largo plazo de todo talud rocoso inestable. Asimismo, recomienda que todas las áreas de la construcción, minería y obras civiles el uso de mallas galvanizadas ancladas como medida de sostenimiento anti caída de rocas, ya que garantiza la estabilidad a largo plazo todo corte de talud rocoso; se recomienda disponer el sostenimiento a base de malla de acero galvanizado de doble torsión MT-2 y MT-3 anclada con pernos de arriba abajo; y hacer un plan de seguimiento y monitoreo anual post constructivo del talud estabilizado, ya sea después de la estación lluviosa y así poder verificar el cumplimiento de la estabilidad a largo plazo del talud rocoso.

#### **1.7.4. Vulnerabilidad ante flujo de detritos**

La Tesis “**Análisis de Vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada Carossio, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima-Lima**” desarrollada por Lizbet Isabel Sánchez Meza, para optar el grado de Ingeniero Geógrafo, Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, 2018. Los objetivos de la investigación son: evaluar los aspectos físicos de las viviendas expuestas a flujo de detritos; cuantificar el grado de fragilidad ante la probable ocurrencia de flujo de detritos; y estimar el grado de resiliencia ante la probable ocurrencia de flujo de detritos, con perspectiva social en la quebrada en estudio.

El autor concluye que en el ámbito de estudio son 92 lotes los afectados, el grado de fragilidad, concerniente al componente social y económico son: 0.407 y 0.000 respectivamente; el factor de resiliencia, concerniente al componente social y económico obtenido son: 0.282 y 0.448 respectivamente. Asimismo, recomienda elaborar un plan de Acondicionamiento Territorial, así como también la actualización del Plan de Desarrollo Concertado del distrito de Lurigancho-Chosica; realizar programas y capacitaciones a los técnicos especialistas y encargados en temas de Gestión de Riesgo de Desastres de la Municipalidad distrital de Lurigancho; normar con Ordenanza Municipal para declarar las zonas de muy alta vulnerabilidad con franja de seguridad no apta para uso urbano; y Promover y generar instrumentos de Gestión del Riesgo de Desastres por parte de la Municipalidad distrital de Lurigancho.

#### **1.7.5. Barreras dinámicas**

La Tesis **“Barreras dinámicas a base de materiales convencionales para el control de caídas de rocas”** desarrollada por Leopoldo Valerio Chimal, para optar el grado de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2012. Los objetivos de la investigación son: determinar los materiales en específico para cada uno de los componentes del sistema de protección; elegir un software auxiliar para determinar la trayectoria de las rocas y de esta manera prever la ubicación de la red dinámica; y mostrar las ventajas y/o desventajas en cuanto a costos.

El autor concluye que en cuanto al diseño de la barrera, resulta favorable aumentar la separación entre los postes ya que se incrementa la deformabilidad del sistema y así aumenta la capacidad de absorción de energía de la pantalla; la articulación en la base de los postes, además de impedir la generación de momentos flexionantes, contribuye a que no haya falla en los elementos antes de que los anillos de frenado realicen su función; y se debe proteger a la cimentación de posibles fracturas que en un futuro puedan generar fallas del talud. Asimismo, recomienda la ejecución de más pruebas en laboratorio y en campo que proporcionen información más precisa de la mecánica de rocas; propuesta y desarrollo de sistemas de frenado alternos; y que tras el perfeccionamiento del sistema, se pueda llevar a cabo su construcción y no sea sólo una propuesta de gabinete.

## **1.8. Bases teóricas**

A continuación, se incorpora al presente trabajo de investigación las teorías básicas referentes a la investigación, y con los cuales se hará más entendible el desarrollo del presente trabajo; estas bases teóricas se detallan a continuación:

### **1.8.1. Variable Independiente: Barrera Dinámica.**

La finalidad del proyecto Barreras Dinámicas según Valerio 2012, "ha sido el estudio y análisis de las barreras dinámicas como elemento de soporte para detener o en el peor de los casos disminuir la fuerza de caída de rocas en taludes y laderas" (p.03).

- Dimensión: Elementos de soporte (Disipadores de Energía), ante flujo de detritos.

- Indicadores:

Parámetros básicos:

Esta información constituye la información mínima para tener una idea de la naturaleza y comportamiento de la quebrada ( Vente Chow 1998).

**a. Área (A)**

Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

- Si el área está entre 0 y 250 Km<sup>2</sup>, se considera una cuenca pequeña
- Si el área está entre 250 y 2500 Km<sup>2</sup>, se considera una cuenca mediana
- Si el área es mayor a 2500 Km<sup>2</sup>, se considera una cuenca grande

**b. Perímetro (P)**

El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea de divorcio de la hoyo es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca

**c. Longitud de Cauce Mayor (L)**

Es la longitud mayor de recorrido que realiza el río, desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades, hasta un punto fijo de interés, puede ser una estación de aforo o desembocadura, expresado en unidades de longitud

**d. Ancho Promedio (Ap)**

Relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, cuya expresión es la siguiente:

$$A_p = A / L$$

Ec. 1

Donde:

$A_p$ : Ancho promedio de la cuenca (km).

$A$  : Área de la cuenca (km<sup>2</sup> ).

$L$  : Longitud del cauce principal (km).

#### e. Desnivel altitudinal (DA)

Es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja. Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica puesto que una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura.

$$DH = HM - Hm$$

Ec. 2

#### 1.8.1.1. Parámetros de forma

La forma de una cuenca es determinante de su comportamiento hidrológico (cuencas con la misma área pero de diferentes formas presentan diferentes respuestas hidrológicas— hidrogramas diferentes por tanto— ante una lámina precipitada de igual magnitud y desarrollo), de ahí que algunos parámetros traten de cuantificar las características morfológicas por medio de índices o coeficientes. Los parámetros de forma principales

son: Coeficiente de Gravelius-compacidad y Rectángulo equivalente y factor de forma.  
(Vente Chow 1998).

**a. Coeficiente de compacidad o Gravelius**

Este está definido como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la cuenca hidrográfica. Haciendo uso de la relación

$$K_c = P / 2 \sqrt{\pi A} = 0.28 * P / \sqrt{A} \quad \text{Ec. 3}$$

$K_c = 1$ : tiempo de concentración menor, cuenca circular, mayor tendencia a crecientes;

$K_c > 1$ : tiempo de concentración mayor, cuenca de forma alargada, menor tendencia a crecientes.

**b. Factor de forma**

Se define como el cociente entre el ancho promedio del área de la cuenca y la longitud.

$$F_f = A_m / L = (A / L) / L = A / L^2 \quad \text{Ec. 4}$$

Explica que si la cuenca es de forma alargada, se espera una respuesta moderada a las inundaciones debido a las precipitaciones. La forma de la cuenca tiene influencia en el tiempo de concentración de las aguas al punto de salida de la cuenca, ya que modifica el hidrograma y las tasas de flujo máximo, por lo que para una misma superficie y una misma tormenta, los factores mencionados se comportan de forma diferente entre una cuenca de forma redondeada y una alargada.

### 1.8.1.2. Parámetros de relieve

El relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; podemos decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en tiempos menores. Los parámetros de relieve principales son: pendiente media del cauce ( $I_c$ ), pendiente media de la cuenca ( $J$ ), curva hipsométrica, histograma de frecuencias altimétricas y altura media ( $H$ ). (Vente Chow 1998).

#### a. Pendiente media del cauce ( $I_c$ )

Relaciona la altitud máxima ( $HM$ ), la altitud mínima ( $Hm$ ) y la longitud del río, a través de la siguiente relación.

$$I_c = (HM - Hm) / 1000 * L$$

Ec. 5

#### b. Pendiente media de la cuenca ( $J$ )

Este parámetro es de importancia pues da un índice de la velocidad media de la escorrentía y su poder de arrastre y de la erosión sobre la cuenca. Según Van Zuidam (1989), propone una categorización de la pendiente de la cuenca.

**Cuadro 1: Categorización de la pendiente**

Clase de pendiente		Condiciones del terreno
(*)	(%)	
0 - 2	0 - 2	Planicie, sin adecuación apreciable.
2 - 4	2 - 7	Pendiente muy baja, peligro de erosión.
4 - 8	7 - 15	Pendiente baja, peligro severo de erosión.
8 - 16	15 - 30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligros de erosión severo.
16 - 35	30 - 70	Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos (deslizamiento), peligro extremo de erosión de suelos.
35 - 55	70 - 140	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible.
> 55	> 140	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada.

FUENTE: Van Zuidam

**Cuadro 2: Niveles de pendiente**

Pendiente en %	Tipo de terreno
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado medio
25	Fuerte accidentado
50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

FUENTE: Crispín 2017, HecRas

### 1.8.1.3. Anclajes de barrera dinámica de acuerdo a especificaciones técnicas

- **Tipo de suelo para la instalación de anclajes:**

De acuerdo al estudio realizado, se identificaron los tipos de suelos en los cuales se instalarán los anclajes de las barreras dinámicas.

**Cuadro 3: suministro e instalación y puesta en operación de 22 barreras dinámicas contra flujo de detritos – Quebrada Carossio.**

Quebrada	N° Barrera	Tipo de barrera	Talud Izquierdo	Cauce	Talud derecho
Carossio	Barrera N°10	UX180 H6	Roca	Suelo	Roca
	Barrera N°11	UX180 H6	Roca	Suelo	Roca
	Barrera N°12	UX120 H6	Roca	Suelo	Roca
	Barrera N°22	UX100 H6	Roca	Suelo	Roca

FUENTE: *Municipalidad de Lurigancho, TDM, 2016*

Suelo: Compuesto por depositas aluviales y de detritos, formados por remoción en masas, los depósitos aluviales está conformado por gravas arenosas o arenas gravosas con presencia de finos limosos y minerales, con bloques de piedra con tamaño hasta 10"; estos materiales se encuentra moderadamente consolidados y por consiguiente compactos. (TDM, 2016).

Roca: En general todos los afloramientos de roca en la quebrada Carossio, son de tipo ígneo e intrusivo, de tipo granodiorita, los cuales forman parte de la formación Santa Rosa. La mayor cantidad de rocas se pueden clasificar como de regular a buena calidad, poco fracturadas, existiendo zonas con roca superficial fracturada de hasta 1 m, cuyas propiedades geo mecánicas mejoran con la profundidad.

- **Barreras Flexibles de redes de anillos de acero**

Son barreras constituidas por un entramado modular de redes comúnmente acero, anclados al fondo y a los taludes en la sección transversal del torrente.

Estas estructuras flexibles tienen una serie de ventajas en comparación con las rígidas; no requieren de obras complementarias, no provocan destrozos en el entorno de la sección transversal, son permeables y mediante el drenaje se garantiza la disminución de las presiones en el trasdós de la estructura. Al ser flexible son resistentes a los asentamientos diferenciales y además no necesita cimentación, con lo cual el fenómeno de socavación y erosión están controlados. (Roberto Luis Fonseca 2010)

Las medidas estructurales convencionales contra flujos de detritos (“Debris Flow”) consisten usualmente en estructuras de hormigón o mampostería, muchas veces combinadas con elementos masivos de acero. La desventaja de este tipo de estructuras es su característica rígida frente a las solicitaciones de esfuerzos por un impacto dinámico, la cual no permite absorber la fuerza de impacto. ( Geobruigg 2001)



*Figura 2: Barrera Dinámica contra flujo de detritos*  
*FUENTE: Trumer*

El desempeño a largo plazo de barreras flexibles contra flujos de detritos como sustitución de diques rígidos transversales fue investigado en el alcance de un proyecto de investigación (Wendeler, 2008). Estas barreras se posicionan en el cauce de quebrada, con la misma función de un dique rígido transversal, con la ventaja de una instalación sencilla y rápida (Romang et al., 2009). Capaz de absorber impactos de flujos y no generar presiones de agua a largo plazo. ( Geobrugg 2001).

Con base en la experiencia actual de numerosos proyectos realizados a nivel mundial con barreras de alturas de hasta 7 m y longitudes en orden de 15 m (VX, sin postes) y hasta 30 m (UX, con postes) respectivamente para el control o la mitigación de impactos por flujos de detritos.

La quebrada Carossio presenta riesgos muy altos, respecto a la ocurrencia huaycos. Para mitigar los riesgos sobre poblaciones ubicadas aguas abajo de la quebrada, se ha proyectado la instalación de 4 barreras dinámicas contra flujos de detritos y lodos (Huaycos), los tipos de barreras evaluadas son de tipo UX, el cual quiere decir barrera con postes intermedios, mientras que el termino H6 quiere decir una altura de la barrera de 6 m; para el proyecto se han definido los siguientes tipos de barreras para huaycos: UX100 de 100 KPa de resistencia pseudoestática y de altura 4 m" UX120 de 120 KPa de resistencia pseudoestática y de altura 6 m, y UX 180 de 180 KPa de resistencia pseudoestática y de altura 6 m.(TDM, 2016)

Quebrada	Nº Barrera	Tipo de barrera	Base menor (m)	Base mayor (m)	Altura (m)	Cantidad de postes	Este	Norte	Volumen aproximado de retención (m <sup>3</sup> )
Carossio	Nº10	UX180 H6	40	55	6	6	316108	8681404	4015
	Nº11	UX180 H6	20	33	6	2	316145	8681360	1835
	Nº12	UX120 H6	8	18	6	2	316155	8681338	900
	Nº22	UX100 H4	6	24	4	1	316162	8681330	462

Nota.-  
\*Las dimensiones como la ubicación obtenidas de acuerdo a la topografía y a las mediciones realizadas en campo.  
\*\*La coordenada se encuentran en el sistema WGS 84

**Figura 3: cantidad y tipo de barreras en la Quebrada Carossio, según TDM Perú (2016)**

**Fuente: MDLCH**

### 1.8.2. Variable Dependiente: Disminución de la Afectación por aluvión.

Mitigación de pérdidas materiales, físicas y daño a la propiedad público y privado por consecuencia del evento flujo de detritos en la Quebrada Carossio.

- **Dimensión: Predios en zonas de alto riesgo.**
- **Indicadores: Delimitación de la faja marginal.**

#### 1.8.2.1. Flujo de detritos / Huaycos

Según Elorza, Mateo Gutiérrez, Los flujos de constituyen un tipo de movimiento de masa fluidificada por el agua o aire. El flujo implica una mayor deformación interna que un deslizamiento. Los movimientos tienen lugar sobre un gran número de pequeñas superficies de cizalla o porque el contenido de agua en la masa es tan alto, que llega a comportarse como un fluido (Bromhead, 1986).

Los flujos pueden subdividirse en varios tipos de función del material al que afectan: flujos de detritos (debris flows), flujos de tierras (soil flows) y flujos de roca (rock flows) (Dikau et al., 1996a; Dikau, 2004).

La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hungar, 2005). Las velocidades de los flujos se determinan generalmente en el campo por observación de las super elevaciones del flujo en las curvas del canal las cuales se reflejan en marcas de lodos o de vegetación afectada (Costa, 1984 en Hungar, 2005).

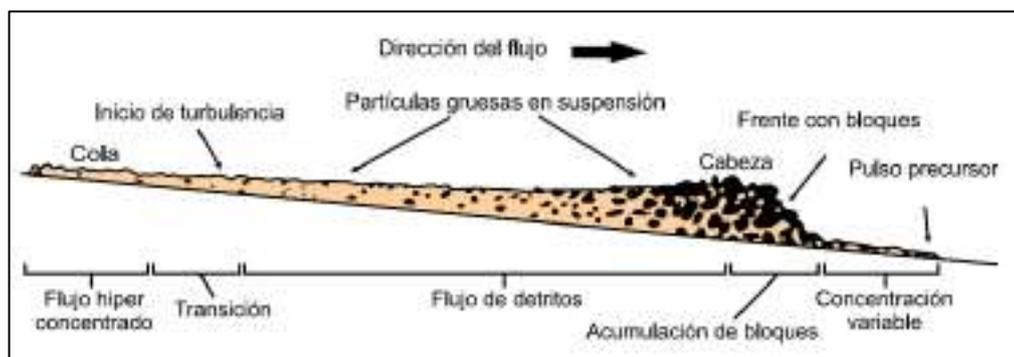


Figura 4: Esquema de flujos canalizados y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996)  
Fuente: Movimientos en Masa en la Región Andina

Según la Región Andina en la Guía para la Evaluación de Amenazas (2007): “Los flujos de detritos se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos”.

Los huaycos se desencadenan por intensas lluvias, cuando existe abundante material coluvial y se movilizan a través de canales y sobre abanicos aluviales (Johnson y Rodie, 1984), para depositarse finalmente en zonas de baja pendiente, alimentando en numerosas ocasiones la cabecera de los abanicos aluviales.

### **1.8.2.2. Magnitud e Intensidad de un Flujo de Detritos (Huayco).**

La mayoría de los autores emplean el término magnitud de un movimiento en masa para referirse al tamaño, ya sea en volumen o en área. En ambos casos debe indicarse cuando se trata de volumen (o área) del movimiento inicial, de la zona de depósito, o el total; sin embargo, otros autores consideran que la magnitud en general debe involucrar otros parámetros que se refieren al tamaño y potencial destructivo de los movimientos en masa. Ojeda-Moncayo et al. (2004).

Para referirse al potencial destructivo de un movimiento en masa, o intensidad, se emplean parámetros tales como la velocidad, las fuerzas de impacto, el espesor o la altura. La intensidad varía de acuerdo con la localización.

Cruden y Varnes (1996) establecen una escala de velocidades para movimientos en masa en 7 categorías, desde extremadamente lenta ( $5 \times 10^{-10}$  mm/s) a extremadamente rápida (mayor a 5 m/s). Sin embargo, algunos movimientos en masa importantes por su potencial destructivo, como son los flujos de detritos, se encuentran todos por encima de la categoría “extremadamente rápido”. A este tipo de movimiento en masa se le categoriza como catastrófico por su potencial de causar pérdida de vidas humanas.

Se han desarrollado varios métodos empíricos para el cálculo de velocidad y distancia de viaje, sobre la base de observaciones de campo y el análisis de características de los movimientos en masa tales como el volumen, y del recorrido y la distancia de viaje de fragmentos (Hungar et al., 2005).

**Cuadro 4: Escala de velocidad propuesta por Cruden y Varne**

CLASES DE VELOCIDAD	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD (MM/S)	VELOCIDAD TÍPICA	PROBABLE IMPORTANCIA DESTRUCTIVA
7	Extremadamente rápido	$5 \times 10^3$	5 m/s	Catástrofe de mayor violencia, los edificios expuestos son totalmente destruidos por el impacto del material desplazado, muchas muertes.
6	Muy rápido	$5 \times 10^1$	3 m/min	Algunas pérdidas de vidas humanas, velocidad demasiado grande, destrucción importante
5	Rápido	$5 \times 10^{-1}$	1.8 m/h	Evacuación es posible: estructuras, bienes y equipos son destruidos.
4	Moderada	$5 \times 10^{-3}$	13 m/mes	Algunas estructuras pueden mantenerse, si se encuentran a corta distancia frente a la masa desplazada, las estructuras localizadas en la masa desplazada son extensamente dañadas
3	Lenta	$5 \times 10^{-5}$	1.6 m/año	Correctivos pueden llevarse a cabo durante el movimiento, algunas estructuras se pueden mantener con trabajos frecuentes, si el movimiento total no es grande durante la fase de aceleración.

2	Muy lenta	$5 \times 10^{-7}$	16 mm/año	Algunas estructuras permanentes sin daños por el movimiento, si hay grietas se pueden reparar.
1	Extremadamente lenta			Imperceptible sin instrumentación

Fuente: Adaptado por SNL-CENEPRED de: Chávez, M. A. (2014).

**Cuadro 5: Escala de Intensidad de Deslizamientos para diferentes procesos**

VOLUMEN ESTIMADO (M3)	Deslizamiento rápido (caída de rocas)	Movimiento rápido (flujo de detritos)	Movimiento lento (deslizamiento reactivado)
< 0.001	Baja	Baja	Baja
< 0.5	Media	Baja	Baja
> 0.5	Alta	Baja	Baja
< 500	Alta	Baja	Baja
500 - 10 000	Alta	Media	Baja
10 000 - 50 000	Muy Alta	Alta	Media
> 500 000	Muy Alta	Muy Alta	Alta
>> 500 000	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta

Fuente: Adaptado de Cardinali et al., 2002

### 1.8.2.3. Distribución de Gumbel

En teoría de probabilidad y estadística la distribución de Gumbel (1891-1966) es bastante utilizada para realizar modelamiento de la distribución del máximo (o el mínimo), por lo que se usa para calcular valores extremos. Es decir, sería muy útil para representar la distribución del máximo nivel de un río a partir de los datos de niveles máximos durante 10 años. Es por esto que resulta muy útil para predecir inundaciones, terremotos o cualquier otro desastre natural que pueda ocurrir.

La aplicabilidad potencial de la distribución de Gumbel para representar los máximos se debe a la teoría de valores extremos que indica que es probable que sea útil si la muestra de datos tiene una distribución normal o exponencial. En la hidrología, por ello, se utiliza la distribución de Gumbel para analizar variables aleatorias como valores máximos de la precipitación y la descarga de ríos, y además para describir épocas de sequía.

$$F(x; \mu, \beta) = e^{-e^{-(x-\mu)/\beta}} .$$

- **Dimensión: Personas e infraestructura afectada.**
- **Indicadores: Antecedentes de pérdidas materiales, pérdidas humanas y pérdidas económicas.**

#### **1.8.2.4. Daños históricos de eventos adversos en la Quebrada Carossio:**

Desde los inicios de la creación del Distrito de Lurigancho (Chosica), ocurrieron innumerables eventos (flujo de detritos) debido a su accidentada geografía y sus constantes precipitaciones propia de los meses de verano, las que en su mayoría carecen de registros oficiales por falta instituciones dedicadas a la atención y registro de emergencias. Cabe mencionar, que el Sistema de Defensa Civil fue creado en el año 1972 como parte de las fuerzas armadas por consecuencia del terremoto ocurrido en Ancash en 1970, en 1987 mediante Decreto de Ley N°19338 se crea el Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI y en el año 2011 se conforma el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos

de Desastre (SINAGERD), articulando a las diferentes instituciones del estado para la atención y registro de emergencias a nivel nacional.

Los eventos más resaltantes ocurridos en los últimos años previos a la implementación de las barreras dinámicas, ocurrieron en los años 1987, 2012 y 2015:

- 1987:

Abad Pérez, Huaycos en 1987 en el distrito de Lurigancho-Chosica (2009), menciona que “El día lunes 9 de marzo de 1987, entre las 4:00 y 7:30 pm se produjeron aluviones en algunas cuencas torrenciales del distrito de Lurigancho-Chosica ubicado en la periferia oriental de la aglomeración de Lima. Los aluviones fueron causados por precipitaciones excepcionales, afectando tanto a personas como infraestructuras; los daños materiales fueron valorizados en 12,5 millones de dólares. Las quebradas que se activaron fueron: Quirio, Pedregal y Corrales, las cuales desembocan en el río Rímac y están ocupadas principalmente en los conos de deyección”.

- 2012:

Sánchez Meza, Análisis De Vulnerabilidad Ante La Probable Ocurrencia De Flujo De Detritos En La Quebrada Carossio, Distrito De Lurigancho-Chosica, Lima-Lima (2018) hace referencia que “El Jueves 5 de abril del 2012, a las 17:30 horas, una intensa lluvia de más de 3 horas, focalizada en la zona de Chosica, Ricardo Palma y Chaclacayo desencadenó la avenida de flujo de lodo, barro con rocas en laderas, cárcava de cerros y 11 quebradas se activaron, entre los Kilómetros 27 al 42 de la Carretera Central, causando

destrucción de viviendas, redes de agua y desagüe, bloqueo de vías por el impacto de enormes rocas y barro que anegaron vías, calles y avenidas. Se produjeron huaycos en las quebradas La Ronda, Ramón Castilla, Juan Carossio, Quirio y Virgen del Rosario, afectando viviendas y tramos de carretera en los sectores La Ronda, Ramón Castilla, Señor de los Milagros, Virgen del Rosario, Nicolás de Piérola, California, Santo Domingo, Pablo Patrón, Clorinda Málaga, San Juan de Bellavista, Buenos Aires de Moyopampa, Pedregal, Las Parritas y San Juan, pertenecientes al distrito de Chosica, Lima, ese año fueron afectados los sectores ubicados en la margen izquierda del río Rímac del distrito de Lurigancho-Chosica, para lo cual se realizaron actividades de rehabilitación y reconstrucción, con la participación de los diferentes entidades del Estado Peruano”(pg. 23). Cabe mencionar, que dicho evento fue registrado en el Instituto Nacional de Defensa Civil con el enunciado Huayco afecta a la población del Distrito de Chosica – Provincia de Lima y con código SINPAD N° 00051384.

**Tabla 1: Daños Registrados con código SINPAD N°00051384.**

Descripción	Cantidad
Heridos	21
Fallecidos	01
Vivendas Afectadas	100
Vivendas destruidas	100
Colegios afectados	01

Fuente: Instituto Nacional de defensa Civil IMDECI/SINPAD.

- 2015:

Sánchez Meza, Análisis De Vulnerabilidad Ante La Probable Ocurrencia De Flujo De Detritos En La Quebrada Carossio, Distrito De Lurigancho-Chosica, Lima-Lima (2018), hace referencia que “El 23 de marzo de 2015, a las 15:30 horas aproximadamente, a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales se activaron las quebradas de San Antonio de Pedregal, Quirio, Libertad, Carossio, Corrales y Santo Domingo que originó huaycos, así como el posterior desborde del río Rímac afectando viviendas, vías de comunicación, daños a la vida y la salud pública, en el distrito de Lurigancho-Chosica, a consecuencia de la evaluación de los daños se obtuvo como resultado: 161 familias damnificadas, 341 afectados, y 09 personas fallecidas<sup>3</sup>, considerando que el número de personas fallecidas en el año 2015 fue menor a comparación del año 1987”(pg. 24). Cabe mencionar, que dicho evento fue registrado en el Instituto Nacional de Defensa Civil con el enunciado Huayco en diversas Quebradas con código SINPAD N° 00069402.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de Investigación

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, puesto que, es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase (Hernández et al., 2010).

El alcance de la presente investigación es explicativo, puesto que va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables. (Hernández et al., 2010).

Es una investigación no experimental, ya que la búsqueda empírica de la información va de la mano con la observación del fenómeno de flujo de detritos el cual se busca analizar estadísticamente. En consecuencia, tenemos mayor validez externa, es decir, se tiene la posibilidad de generalizar los resultados a otros individuos y situaciones comunes (Hernández et al., 2010).

Así mismo la investigación es sistemática, ya que se analiza eventos ya ocurridos con datos no manipulados, y por qué se basa en “... el estudio de un conjunto de métodos relacionados que permiten caracterizar la naturaleza del problemas...”, (Klir, 1978).

## **2.2. Población y Muestra**

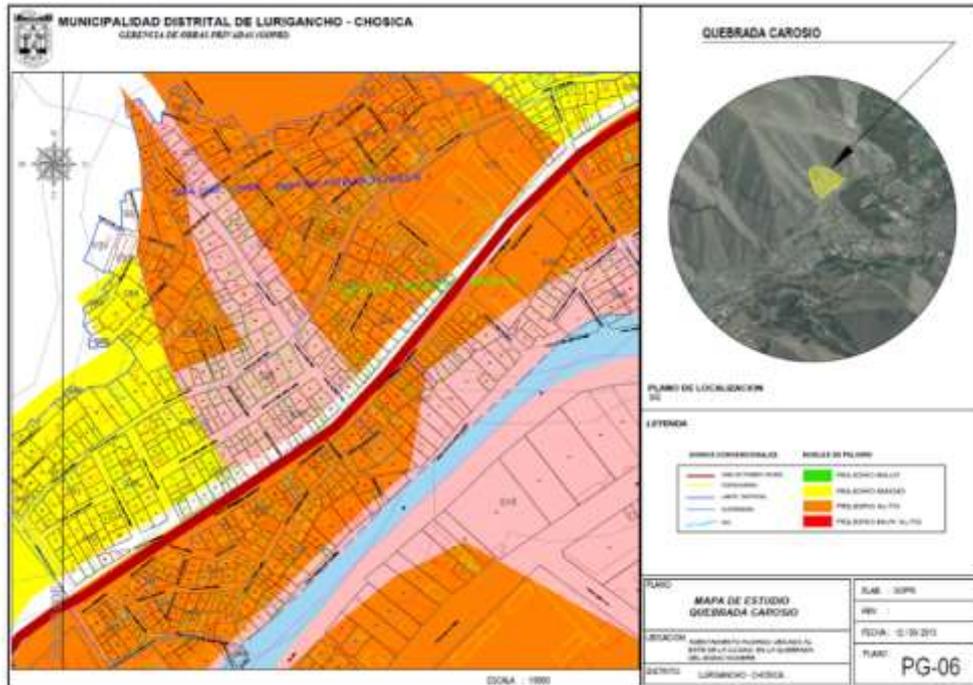
### **2.2.1. Población**

Son 92 los predios ubicados en el cono de eyección de la Quebrada Carossio, delimitado por la Autoridad Nacional del Agua mediante la Resolución Directoral N° 2058-2015--ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA.

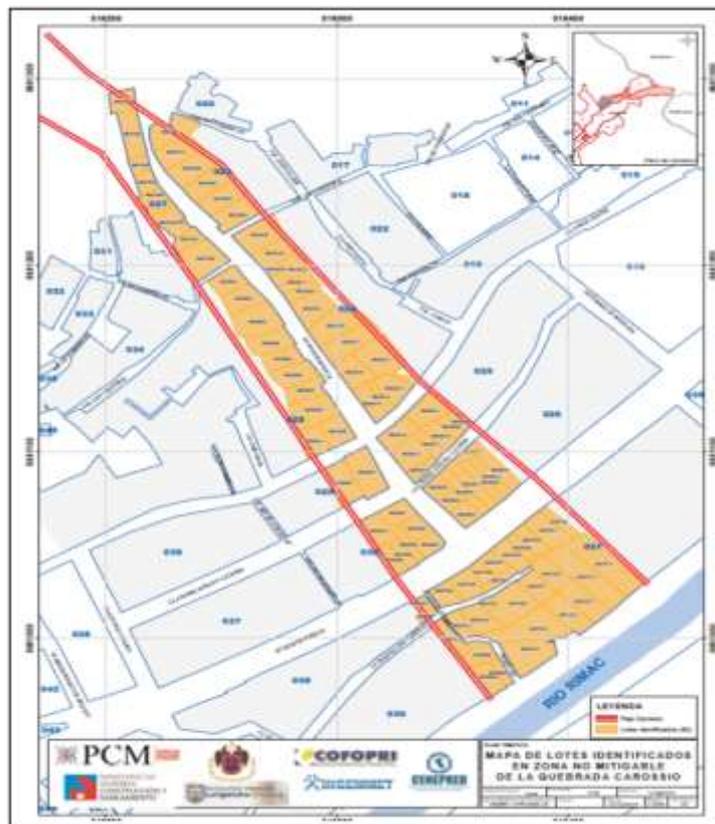
### **2.2.2. Muestra**

El muestreo del estudio no es probabilístico, ya que la Quebrada Carossio se encuentra ubicada en la Ciudad de Chosica, Distrito de Lurigancho, Provincia de Lima, Región Lima, a la altura del kilómetro 35 de la Carretera Central.

La faja marginal de la Quebrada Carossio se encuentra delimitado (Resolución Directoral N°2058-2015-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA, ANA 2015), de acuerdo a la Resolución Jefatural N° 300 -2011-ANA, por lo que la población afectada se encuentra definida mostrando un número finito de 92 predios afectados.



**Figura 5: Mapa de Ubicación y Localización de la Quebrada Carossio**  
Fuente: Municipalidad Distrital de Lurigancho – Chosica



**Figura 6: Lotes en la faja marginal de la quebrada Carossio**  
Fuente: Informe de EVAR por Flujo de Detritos en el área de influencia de las Quebradas Carossio y Libertad del Distrito de Lurigancho Chosica, 2015, pg. 94.

### 2.2.2.1. Delimitación de la muestra

Para determinar la cantidad de muestra de estudio se empleará la fórmula para muestra proporcional finita.

$$n = (N * Z^2 * p * q) / (d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q)$$

Ec. 6

Donde:

N = Total de la Población = 92 predios

Z = grado de seguridad 95% (1.96).

p = Proporción esperada o probabilidad de que el evento ocurra 75% (0.75).

q = 1-p (1-0.75=0.25).

d = Precisión 5% (0.05).

De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación de riesgos, se obtiene un nivel de frecuencia alto (Municipalidad Distrital de Lurigancho, 2015), lo cual será equivalente al 75% de probabilidad de que el evento ocurra.

$$n = (92 * 1.96^2 * 0.75 * 0.25) / (0.05^2 * (92 - 1) + 1.96^2 * 0.75 * 0.25) = 69.92 \cong 70$$

Por lo que el número de la muestra es **70 predios**.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

Se ha recolectado datos de eventos ocurridos, en años anteriores y posteriores a la implementación de las barreras dinámicas, con respecto a la ocurrencia de flujo de detritos en la Quebrada Carossio, de la base de datos SINPAD del INDECI, ya que el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI de acuerdo a las Ley N°29664 del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastre – SINAGERD, es el responsable de la Gestión Reactiva, la cual es encargada de la respuesta inmediata ante emergencias ocurridas a nivel nacional, registra todos las emergencias una base de datos de acceso público en el portal web SINPAD. Los datos se recolectan de los reportes de emergencia publicadas por el INDECI y de acceso público, e información de la Sub Gerencia de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Lurigancho, de las cuales se seleccionan los datos relevantes para la investigación.

**Tabla 2: Huayco en diversas quebradas, Cuadro de afectados y damnificados 2015**

DAÑO	CANTIDAD DE PERSONAS
Afectado	1448
Damnificado	520
Fallecidos	9
Desaparecidos	3

Fuente: Reporte de Emergencia N° 00069402 – 2015 (SINPAD – INDECI)

**Tabla 3: Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN) 2015, de la Quebrada Carossio**

Locales Comerciales	Predios	Fallecidos	Heridos	Familias	Total pers.
4	162	0	6	183	1010

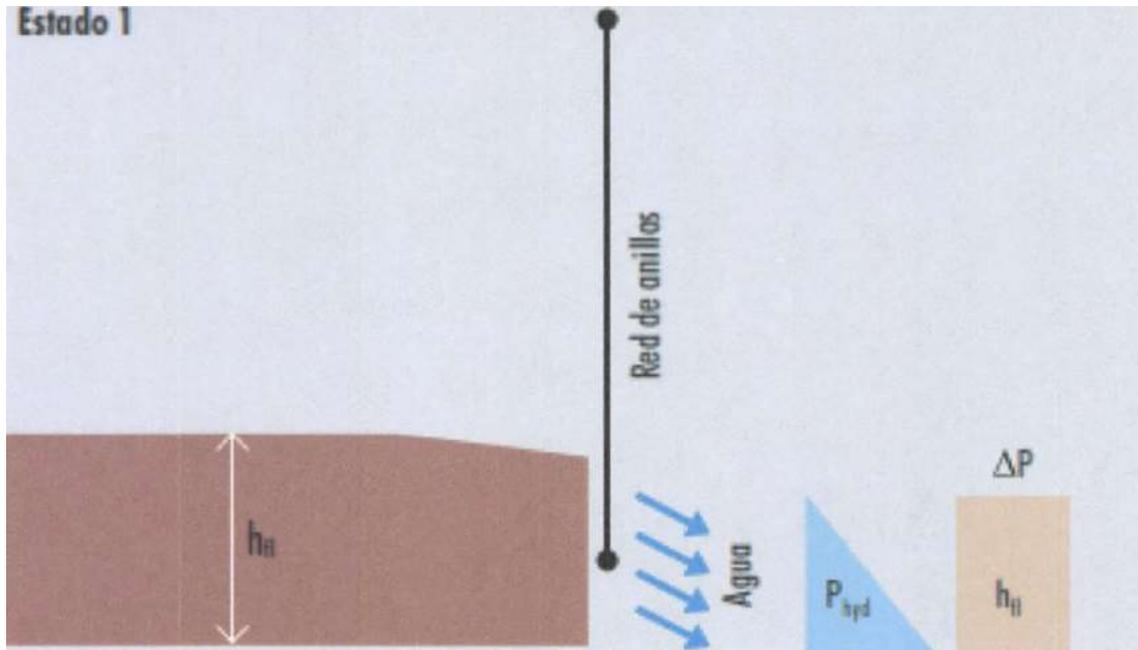
Fuente: Municipalidad Distrital de Lurigancho - Chosica

En el año 2016, la ONG KOICA en cooperación con la Municipalidad De Lurigancho, implementan estaciones pluviométricas en las Quebradas Libertad, Corrales y Pedregal, las cuales cuentan con un sensor de precipitación con un sensor tipo balancín de 0.2 mm por pulso, el cual registra las precipitaciones cada 10 minutos y cada hora de aculado, el cual se encuentra conectado mediante un sistema de telemetría con el Centro de Operaciones de Emergencia COE. Este sistema fue implementado a mediados del año 2016, tiempo en el cual no se registran precipitaciones en el Distrito de Lurigancho. En el año 2017, año en el cual tuvo lugar el Fenómeno del Niño Costero, se registraron la primera toma de datos oficial de los pluviómetros implementados en las Quebradas en formato de Block de Notas, los cuales fueron modelados por meses mediante tablas Excel. (Anexo 1, 2,3 y 4).

Del expediente técnico de las barreras dinámicas, las cuales muestran mediante modelamientos en comportamiento de las barreras dinámicas en 04 estados distintos:

#### **a. Estado 01**

En el estado 01, el primer impacto de ola alcanza la red de malla con desagüe por la base. El frente del huayco (Flujo de detritos) alcanza la barrera de anillos instalada. Sobre el cable portante inferior actúan la presión hidrostática (Phyd) y un componente dinámico que se reparte sobre la altura de la corriente (hn). El material a retener será de huaycos (flujo de detritos) compuesto por una mezcla de lodo y bloques de piedra de gran diámetro, cuyo peso específico es de 2.1 ton/m<sup>3</sup>. (TDM Ingeniería, 2015, pag, 08).

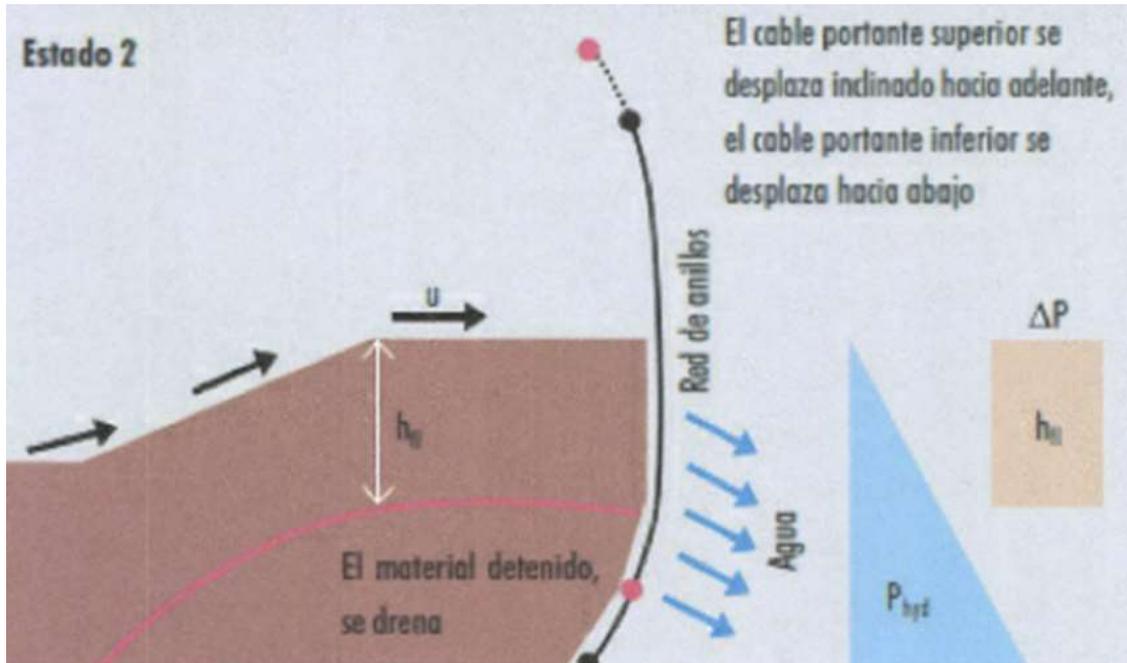


**Figura 7: Estado 01 del comportamiento de una barrera dinámica**

Fuente: TDM Peru (2014), Suministro, instalación y puesta en operación de 22 barreras dinámicas contra flujo de detritos – Quebrada Carossio.

## b. Estado 02

Sobre el primer impacto de la ola retenido empuja el siguiente con altura de corriente  $hH$ . La presión hidrostática ( $P_{hyd}$ ) actúa sobre la altura de llenado  $2h_{fl}$ . El componente dinámico traslada el segundo impacto a su zona de influencia hacia arriba. La carga ejercida por el segundo impulso drena el material de la primera capa. (TDM Ingeniería, 2015, pag, 08)

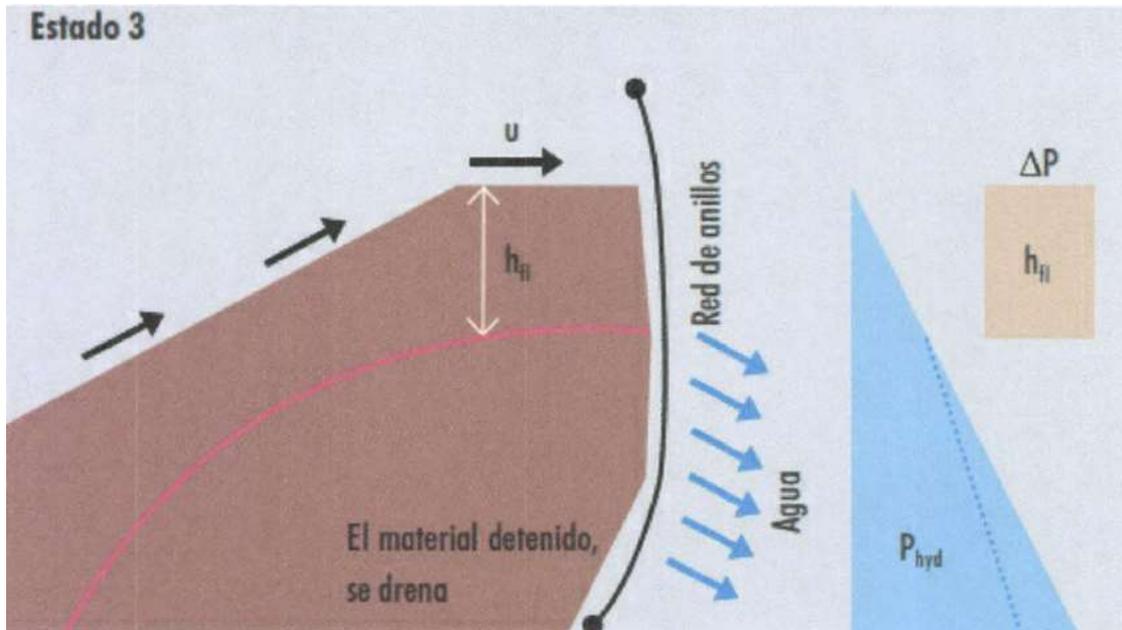


**Figura 8: Estado 02 del comportamiento de una barrera dinámica**

Fuente: TDM Peru (2014), Suministro, instalación y puesta en operación de 22 barreras dinámicas contra flujo de detritos – Quebrada Carossio.

### c. Estado 03

Otro impacto de ola llena la red. El número total de impactos de ola hasta que la red se llena del todo, depende de la altura de la corriente y también de la altura de la red de barrera. La secuencia es la misma que en los estados 1 y 2. La siguiente ola se empuja sobre el material ya detenido. La presión hidrostática ( $P_{hyd}$ ) actúa sobre la altura de llenado y el impacto dinámico, sobre la altura de la corriente ( $h_{fl}$ ) de la tercera ola. La presión hidrostática disminuye poco a poco según las características del material, el comportamiento del desagüe y el tiempo de llenado, aproximándose a la presión activa del material retenido. (TDM Ingeniería, 2015, pag, 09).

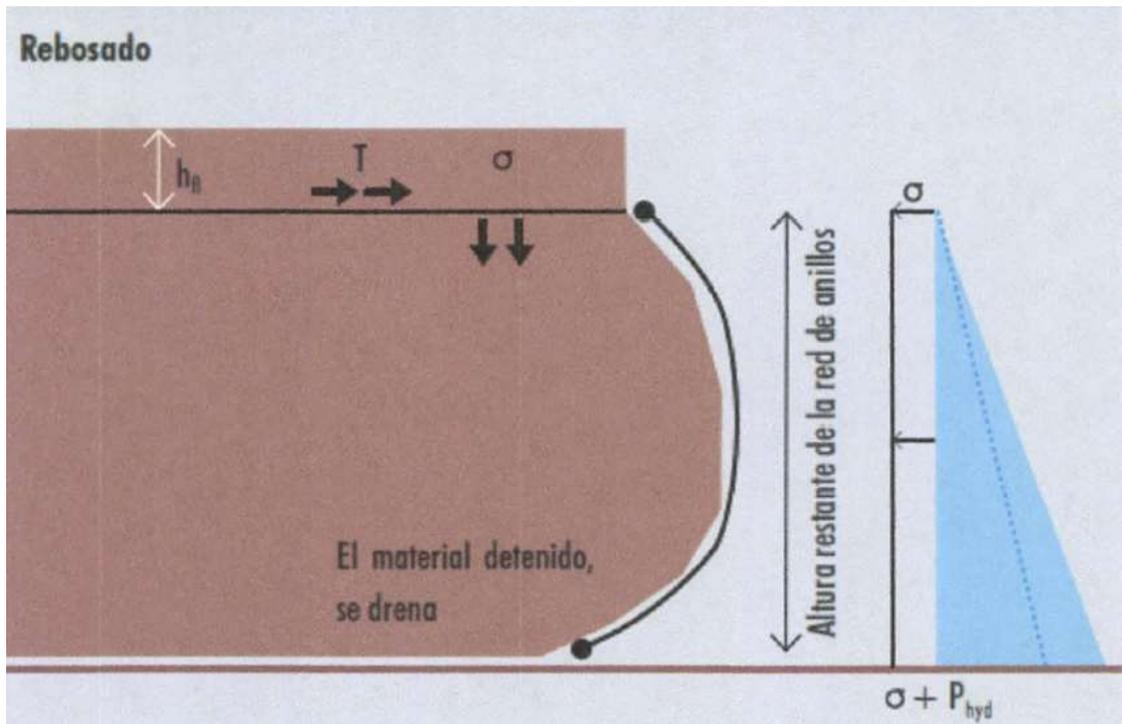


**Figura 9:** Estado 03 del comportamiento de una barrera dinámica

Fuente: TDM Peru (2014), Suministro, instalación y puesta en operación de 22 barreras dinámicas contra flujo de detritos – Quebrada Carossio.

#### d. Estado 04

El siguiente impulso sobrepasa la red ya colmatada. Esta actúa sobre la red con la carga de los detritos y su carga de empuje. Con el rebose no actúa ningún golpe más sobre la red. El peso de los detritos que rebosan la red y la fuerza cortante afectan el material retenido delante de la barrera, provocando que la componente hidrostática actúe como una componente adicional procedente del esfuerzo cortante y de la carga de los escombros ( $\sigma + P_{hyd}$ ). Según sea el comportamiento del drenaje del material y la duración del proceso de llenado, la presión hidrostática puede reducirse.



**Figura 10:** Estado 04 del comportamiento de una barrera dinámica

Fuente: TDM Peru (2014), Suministro, instalación y puesta en operación de 22 barreras dinámicas contra flujo de detritos – Quebrada Carossio.

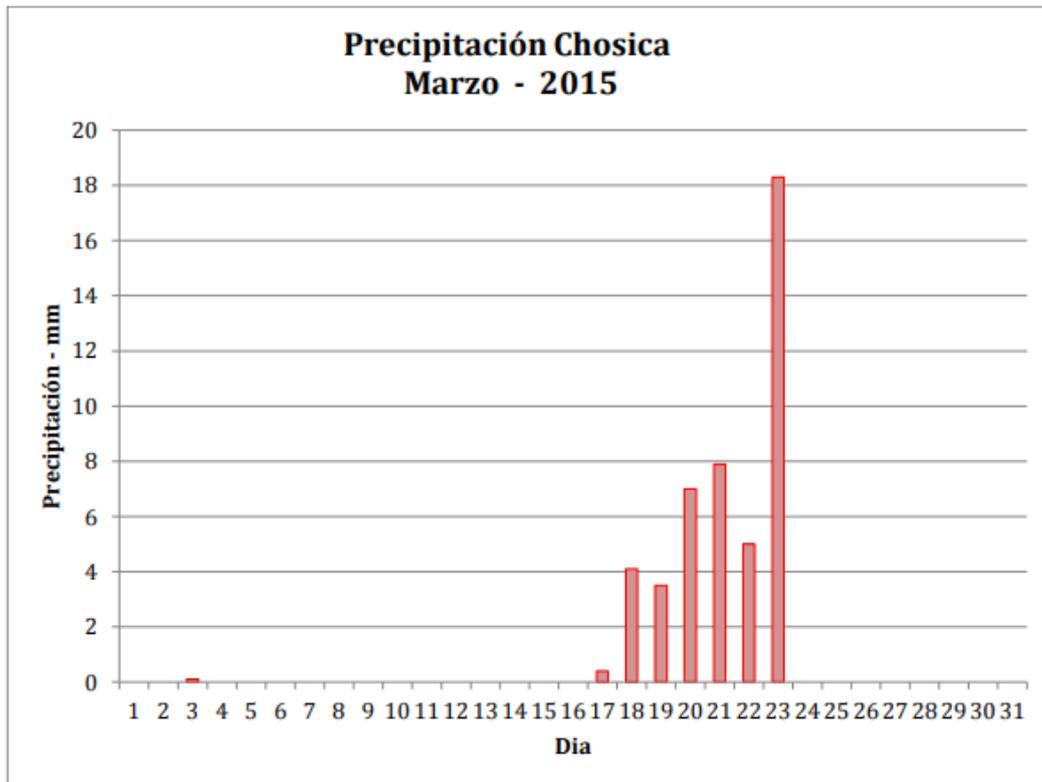
## 2.4. Procedimiento de análisis de datos

Se analizan los datos obtenidos de los pluviómetros, mediante tablas programadas a fin de modelar el nivel de precipitaciones, en comparación con los parámetros climatológicos.

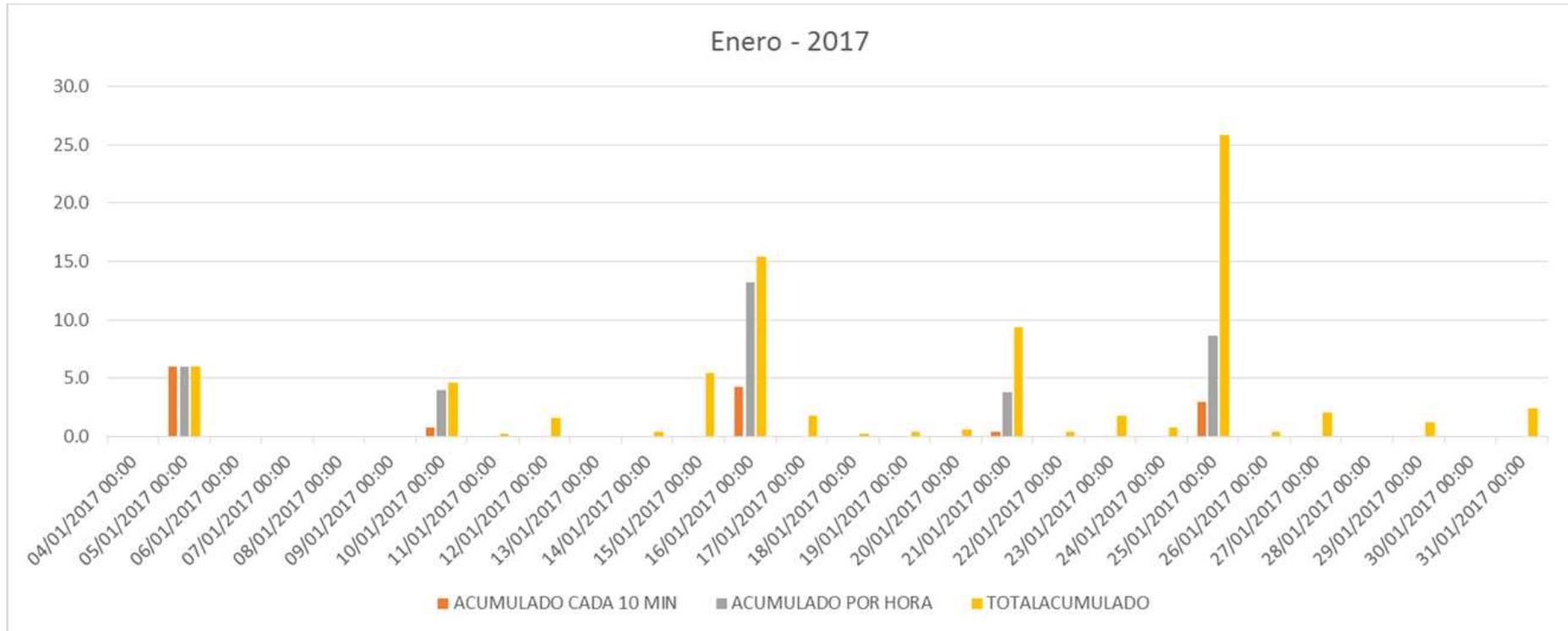
### 2.4.1. Parámetros climatológicos

La precipitación se considera como la primera variable hidrológica y es la entrada natural del agua, dentro del balance hídrico de los agro-ecosistemas y de las cuencas hidrográficas. El régimen de la precipitación, estará sujeta a las características climáticas estacionales de la zona.

Al respecto la ocurrencia de flujo de detritos en el Distrito de Lurigancho es debido a la saturación del suelo y las altas pendientes que posee el Distrito de Lurigancho.



**Gráfica 1: Hidrograma de precipitaciones**  
Fuente: [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)



**Gráfica 2:** Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales, cada 10 minutos, cada hora y el acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfica 3:** Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho

Fuente: Elaboración Propia

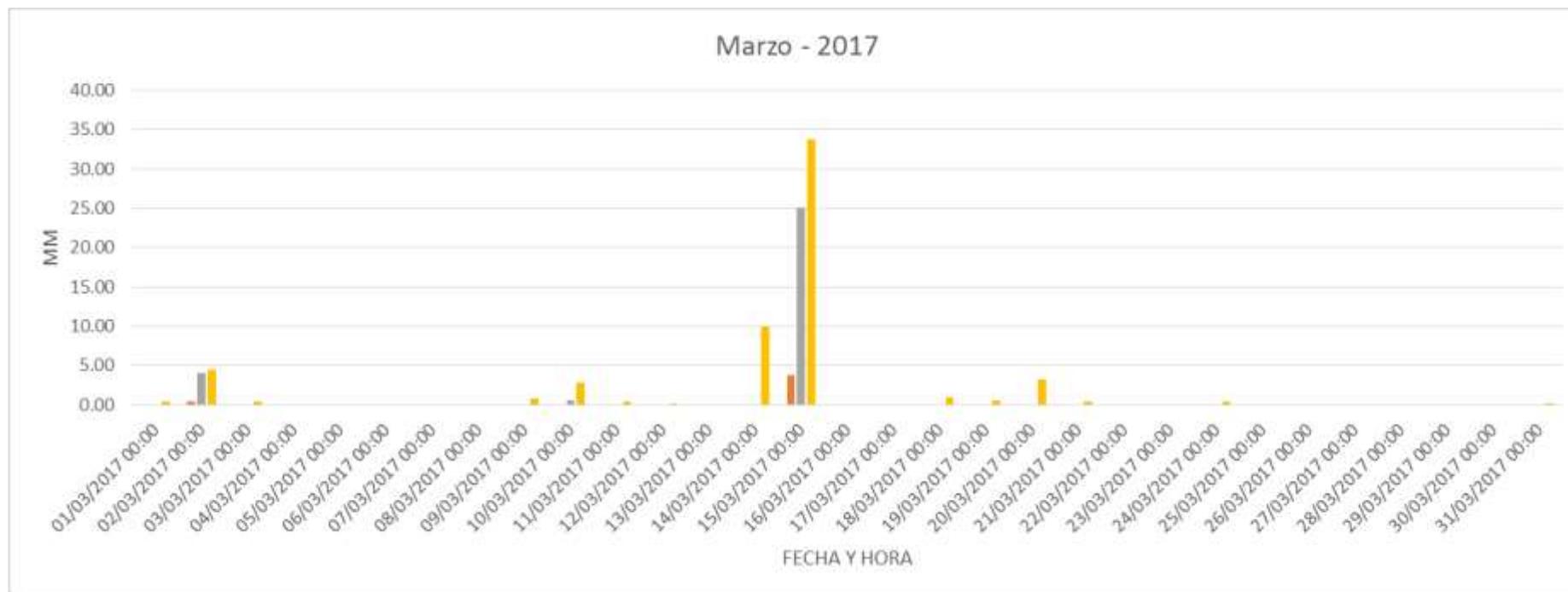


**Gráfica 4:** Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales, cada 10 minutos, cada hora y el acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho

Fuente: Elaboración Propia

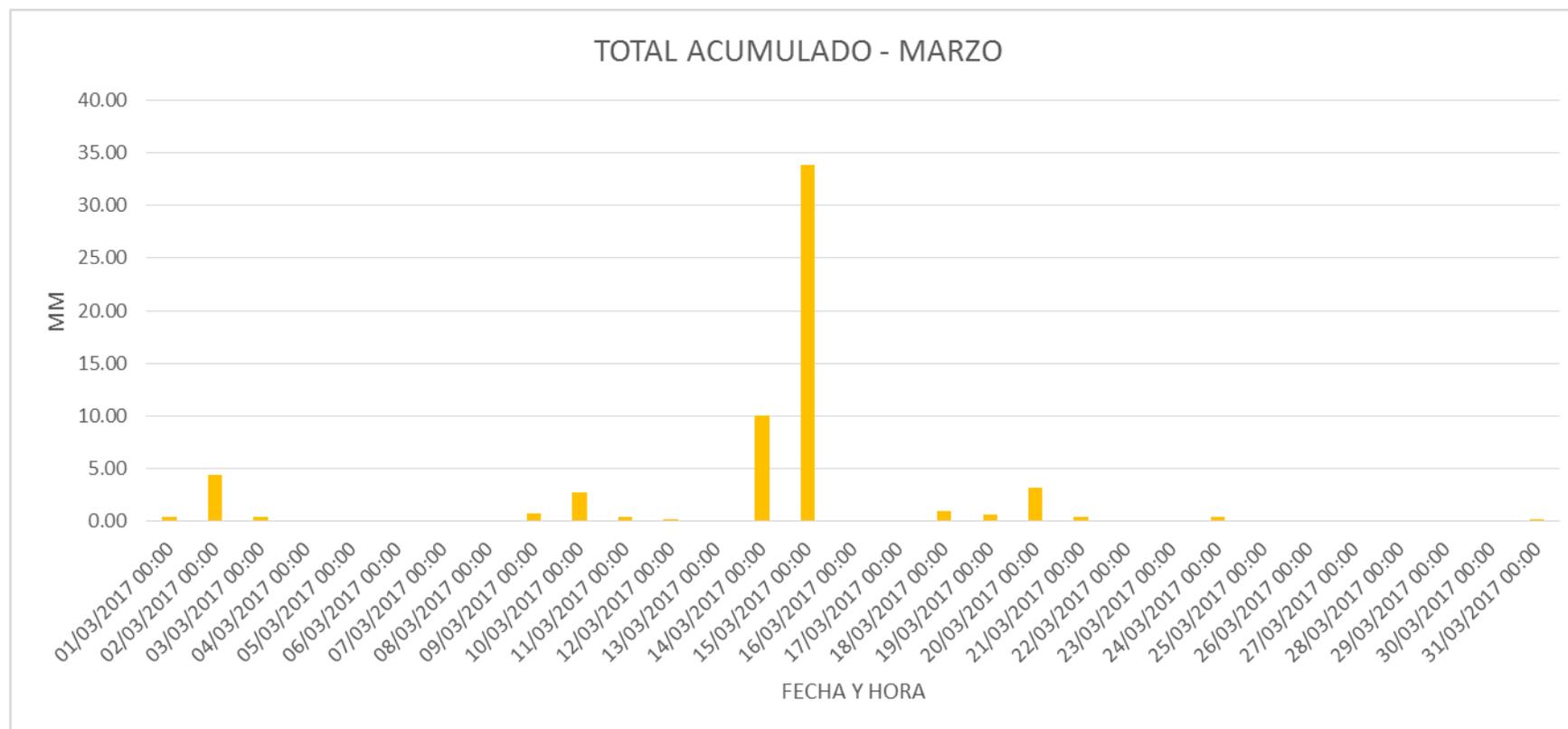


**Gráfica 5:** Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho  
Fuente: Elaboración Propia



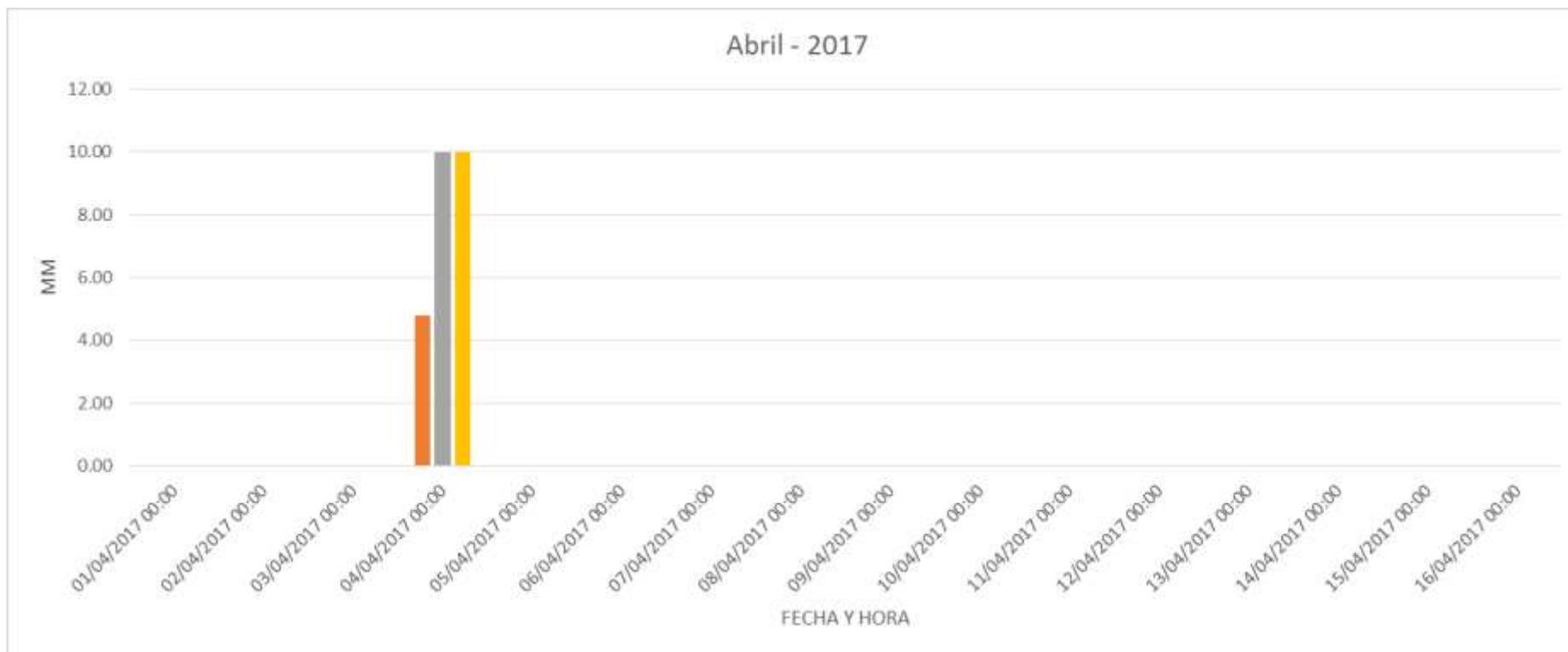
**Gráfica 6** Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales, cada 10 minutos, cada hora y el acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho.

Fuente: Elaboración Propia



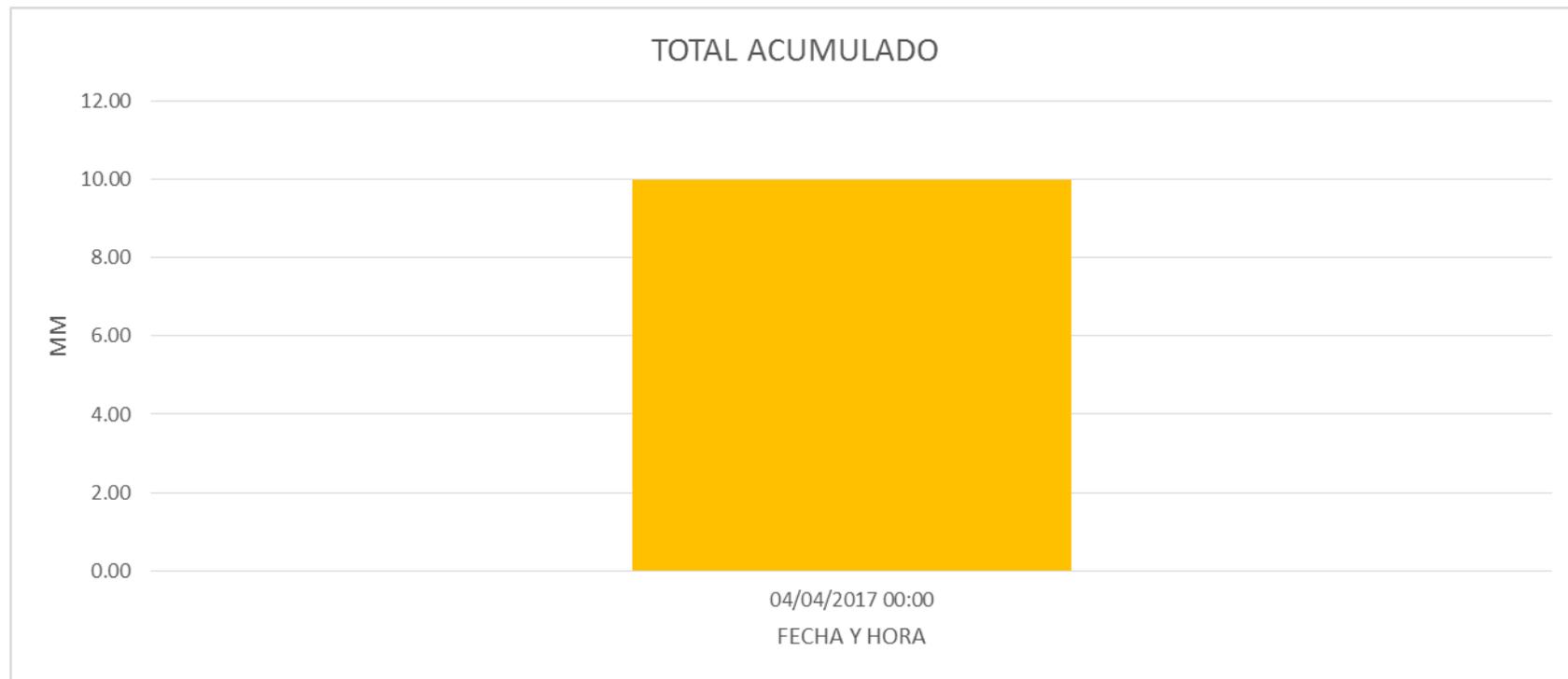
**Gráfica 7: Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho**

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfica 8:** Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales, cada 10 minutos, cada hora y el acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho.

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfica 9:** Grafica de nivel de precipitaciones elaborada con datos obtenidos del pluviómetro implementado en la Quebrada Corrales acumulado total, Centro de Operaciones de Emergencia de la Municipalidad Distrital de Lurigancho  
*Fuente:* Elaboración Propia

En el año 2017 según reportes de emergencia emitidos por el Instituto Nacional de Defensa Civil, debido a las constantes precipitaciones y ocurrencia del fenómeno del Niño Costero, el 15 y 16 de Marzo de 2017 se activa la Quebrada Carossio, cabe mencionar que la precipitación ocurrida el 15 de Marzo fue registrada por el pluviómetro ubicado en la Quebrada Corrales, la cual alcanzó los 33.80 mm siendo considerada el aluvión más intenso del año 2017.

**Tabla 4: Niveles de precipitación - 2017**

Mes	Nivel de Precipitación (mm)	
	Máximo	Mínimo
Enero	25.80	0.20
Febrero	2.80	0.20
Marzo	33.80	0.20
Abril	10.00	3.60

Fuente: Elaboración Propia

Y el expediente técnico de las barreras dinámicas, las cuales muestran mediante modelamientos en comportamiento de las barreras dinámicas en 04 estados distintos.

Se tomarán en consideración el evento ocurrido en el año 2017 posterior a la implementación de las barreras dinámicas en la Quebrada Carossio en el año 2015.

La información recolectada, de la evaluación realizada a las barreras dinámicas en el año 2017, en la cual se muestra la eficacia ante la ocurrencia de flujo de detritos.

**Tabla 5: Ubicación de las barreras dinámicas en coordenadas UTM.**

Descripción	Norte	Este	Altitud aprox.
BD 01 (22)	8681330.4 m	316162.5 m	1032 msnm
BD 2 (12)	8681338.5 m	316155.1 m	1039 msnm
BD 3(11)	8681360.5 m	316145.9 m	1054 msnm
BD 4 (10)	8681404.1 m	316108.9 m	1082 msnm

Fuente: Expediente Técnico (TDM PERU, 2016)



**Figura 11: Ubicación de las barreras dinámicas en la Quebrada Carossio.**

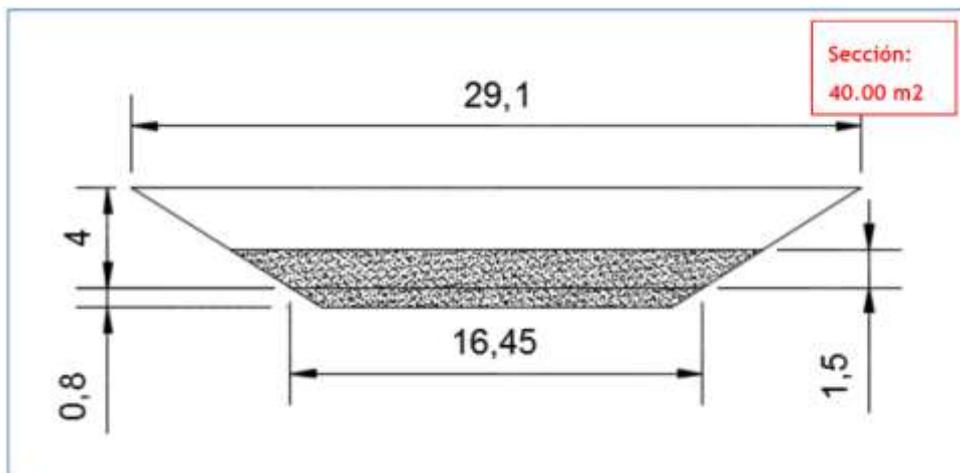
Fuente: Google Earth Pro.

#### 2.4.2. Barreara Dinámica 1

Al ser una de las barreras implementadas en la parte inferior del cerro no retuvo gran cantidad de material detrítico, pero si favoreció que el material acumulado no se desplace y cauce daños en los predios que se ubican en el cono de eyección.



**Figura 12:** Estado de la barrera dinámica 01: ubicada en la Quebrada Carossio  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 13:** Material acumulado en la barrera dinámica 01  
Fuente. DESNIVEL PERU (2015)

El volumen retenido estimado por esta barrera se calcula mediante la ecuación de volumen.

$$\text{Volumen estimado} = \text{Sección} \times \text{Longitud}$$

$$\text{Volumen estimado} = 40 \times 6 = 240 \text{ m}^3$$

Ec. 7

Por lo tanto, la barrera dinámica 01 retuvo 240 metros cúbicos de material detrítico producto de las precipitaciones en la Quebrada Carossio.

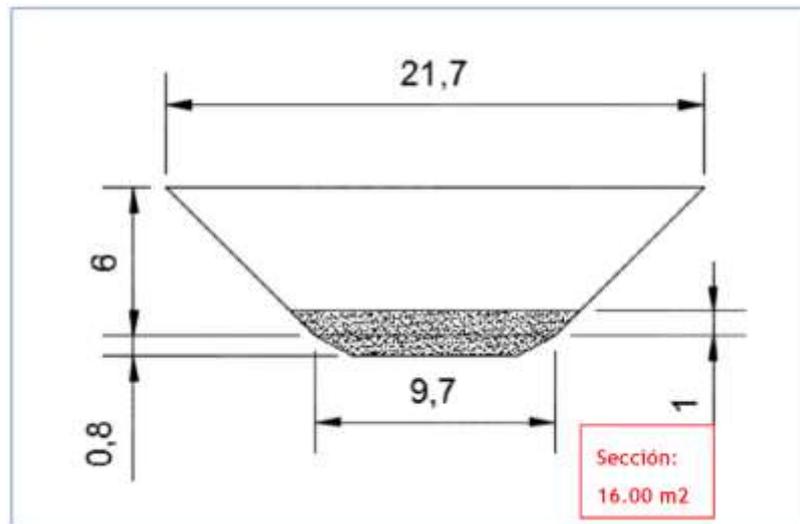
Además, la barrera dinámica no presenta daños complejos ni de consideración debido al poco material detrítico acumulado.

### 2.4.3. Barrera Dinámica 2

La barrera dinámica 02 se encuentra a 10.97 m de la barrera dinámica 01 y al ser una de las menos expuestas su nivel de colmatación fue mínima.



*Figura 14:* Estado de la barrera dinámica 02 ubicada en la Quebrada Carossio  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 15: Material acumulado en la barrera dinámica 02**  
Fuente. DESNIVEL PERU (2015)

El volumen retenido estimado por esta barrera se calcula mediante la ecuación de volumen.

$$\text{Volumen estimado} = \text{Sección} \times \text{Longitud}$$

$$\text{Volumen estimado} = 16 \times 7 = 112 \text{ m}^3$$

Ec. 7

Por lo tanto, la barrera dinámica 02 retuvo 112 metros cúbicos de material detrítico producto de las precipitaciones en la Quebrada Carossio.

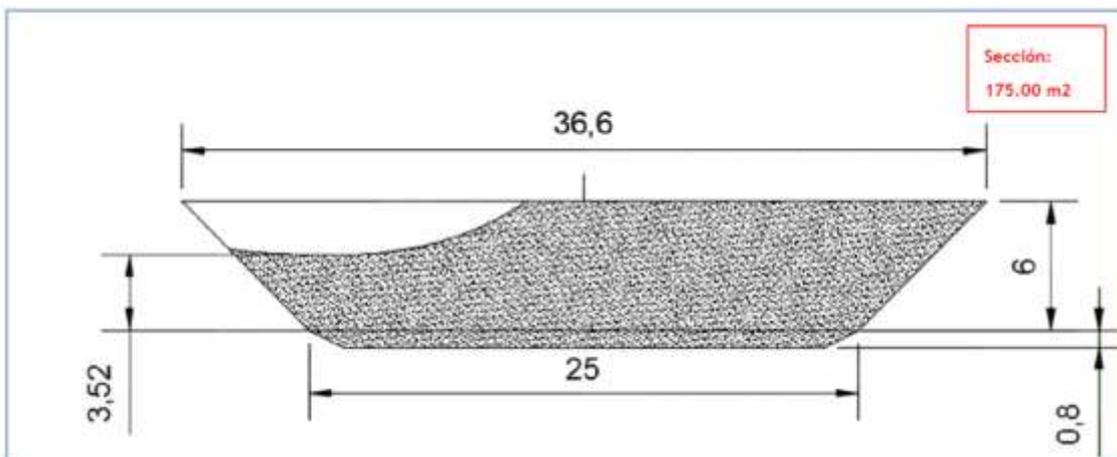
Cabe mencionar que, debido a la fuerza constante del flujo detrítico, ocasionaron la erosión de las zapatas de los postes de soporte.

#### 2.4.4. Barreara Dinámica 3

La barrera dinámica 03 se encuentra a 23.84 m de la barrera dinámica 02.



**Figura 16:** Estado de la barrera dinámica 03 ubicada en la Quebrada Carossio  
 Fuente: Elaboración Propia



**Figura 17:** Material acumulado en la barrera dinámica 03  
 Fuente. DESNIVEL PERU (2015)

El volumen retenido estimado por esta barrera se calcula mediante la ecuación de volumen.

$$\text{Volumen estimado} = \text{Sección} \times \text{Longitud}$$

$$\text{Volumen estimado} = 75 \times 20 = 3,500.00 \text{ m}^3$$

Ec. 7

Por lo tanto, la barrera dinámica 03 retuvo 3,500.00 metros cúbicos de material detrítico producto de las precipitaciones en la Quebrada Carossio proveniente del rebose de la barrera dinámica 04 y de las laderas.

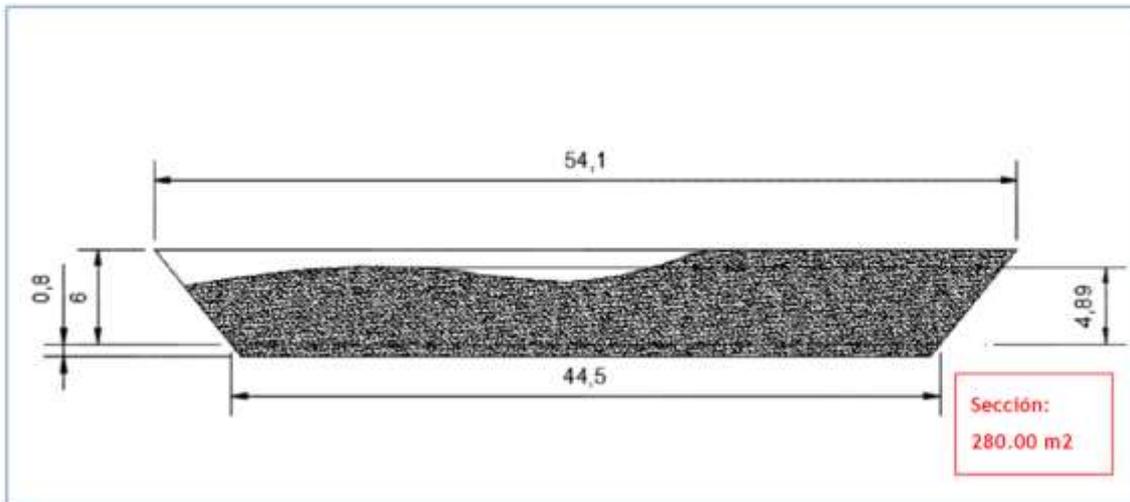
Cabe mencionar, que la barrera dinámica cumplió con su funcionamiento para el cual fue diseñado, soportando la fuerza que el material detrítico genera en la malla. Cabe mencionar que la sección transversal de la barrera es de 181.2 m<sup>2</sup> y la sección colmatada es de 175 m<sup>2</sup>. Por lo que, la barrera dinámica alcanzó el 96.57 % de su capacidad de retención de sólidos, sin presentar daños en la estructura de la malla metálica.

#### **2.4.5. Barrera Dinámica 4**

La barrera dinámica 04 se encuentra a 57.18 m de la barrera dinámica 03, siendo la barrera dinámica con mayor longitud de las 4 presentadas e instalada en la parte superior con la finalidad de recibir el primer impacto.



**Figura 18:** Estado de la barrera dinámica 04 ubicada en la Quebrada Carossio  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 19: Material acumulado en la barrera dinámica 04**

Fuente. DESNIVEL PERU (2015)

El volumen retenido estimado por esta barrera se calcula mediante la ecuación de volumen.

$$\text{Volumen estimado} = \text{Sección} \times \text{Longitud}$$

$$\text{Volumen estimado} = 280 \times 24 = 6,720.00 \text{ m}^3$$

Ec. 7

Por lo tanto, la barrera dinámica 04 retuvo 6,720.00 metros cúbicos de material detrítico producto de las precipitaciones en la Quebrada Carossio proveniente de las cárcavas que convergen en la Quebrada principal.

Al ser la barrera que recibe el primer impacto, también la que recibe el mayor daño afectando la estructura de la barrera y presentando deformaciones en la malla.

Cabe mencionar, que los tensores que cumplen la función de los frenos se encuentran enterrados en un 50%.

Por lo que, debido a que la sección transversal de la barrera dinámica es de 302.6 m<sup>2</sup>, y la sección trasversal colmatada es de 280 m<sup>2</sup>, la barrera dinámica alcanzo el 92.53% de su capacidad de retención de sólidos, sin presentar daños en la estructura de la malla metálica.

## **2.5. Aspectos Éticos**

La presente investigación se realizó en base a aspectos éticos obteniendo información a través de los portales institucionales de las entidades técnico científicas del estado Peruano, tales como el INDECI a través de su plataforma SINPAD, CENEPRED a través de su plataforma SIGRID, INEI y de la Municipalidad Distrital de Lurigancho a través de su plataforma de transparencia y comunicaciones.

Toda información utilizada se encuentra citada en el capítulo de anexos y las tablas anexadas en el capítulo de anexos.

## **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

### **3.1. Barreras dinámicas**

Mediante Resolución Directoral N°008 -2015-ANA-DEPHM de fecha 05 de octubre de 2015, se resuelve en el artículo 1° “Aprobar las actividades identificadas y priorizadas de limpieza y protección de Quebradas, en los departamentos de Lima, Piura, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca y Cuzco, por peligro inminente de inundación de huaycos”.

#### **3.1.1. Estado Situacional:**

El año 2017 se caracterizó por los desastres ocurridos marcados por las lluvias, flujo de detritos y desbordes de ríos a nivel nacional a consecuencia del Fenómeno del Niño Costero, en el cual las precipitaciones en la ciudad de Chosica se incrementaron poniendo a prueba las 22 barreras dinámicas implementadas en 09 quebradas del distrito, por la Autoridad Nacional del Agua y el Ministerio de Cultura.

Mediante el Informe técnico post periodo de lluvias, del estado de las 22 barreras dinámicas implementadas en 09 Quebradas del distrito de Lurigancho, emitido por la Empresa DESNIVEL PERU:

**Tabla 6: Propiedades físicas de las barreras dinámicas antes y después de su implementación**

BARRERA DINAMICA	INSPECCION PORT LLUVIAS			EXPEDIENTE			
	SECCION AFECTADA (M2)	Longitud (m)	VOL. DETRITICO (m3)	H (m)	CAPACIDAD (m3)	F.S.	Q (m3/S)
1	40	6	240	4.5	500	1.5	10
2	16	7	112	4.5	900	1.5	16
3	175	20	3500	4.5	2401	2.93	3
4	280	24	6720	3.1	5255	1.35	3

Fuente: Inspección Técnica de las 22 Barreras dinámicas implementadas en 09 Quebradas del Distrito de Lurigancho (Chosica).

### 3.2. Características naturales.

#### 3.2.1. Unidades de forma

En el área de estudio se identificó geoformas de origen denudacional, gravitacional y fluvio-aluvial

##### 3.2.1.1. Geoformas de origen denudacional

En el área evaluada los cerros han sido modelados en rocas intrusivas (Figura N°19) alineadas con una dirección predominante NO-SE. Las crestas de esos relieves muestran vertientes de fuertes pendientes entre los 25° y 45°. (CENEPRED, 2015)

##### 3.2.1.2. Geoformas de origen gravitacional

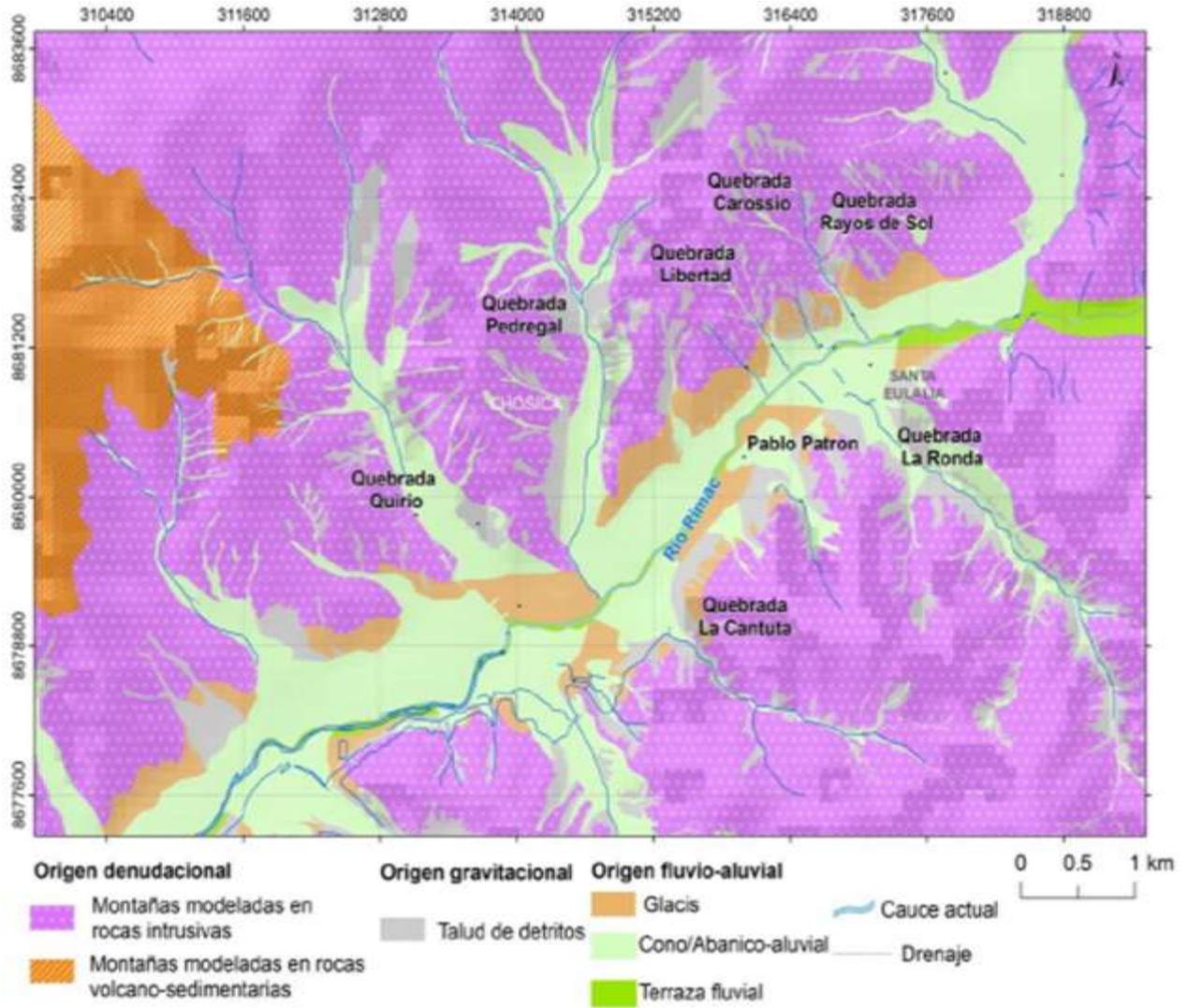
El material residual, producto de la meteorización de las rocas intrusivas, se transporta por gravedad formando taludes y conos de detritos (Figura N°19) distribuidos en forma caótica en las vertientes. (CENEPRED, 2015)

### 3.2.1.3. Geformas de origen aluvial

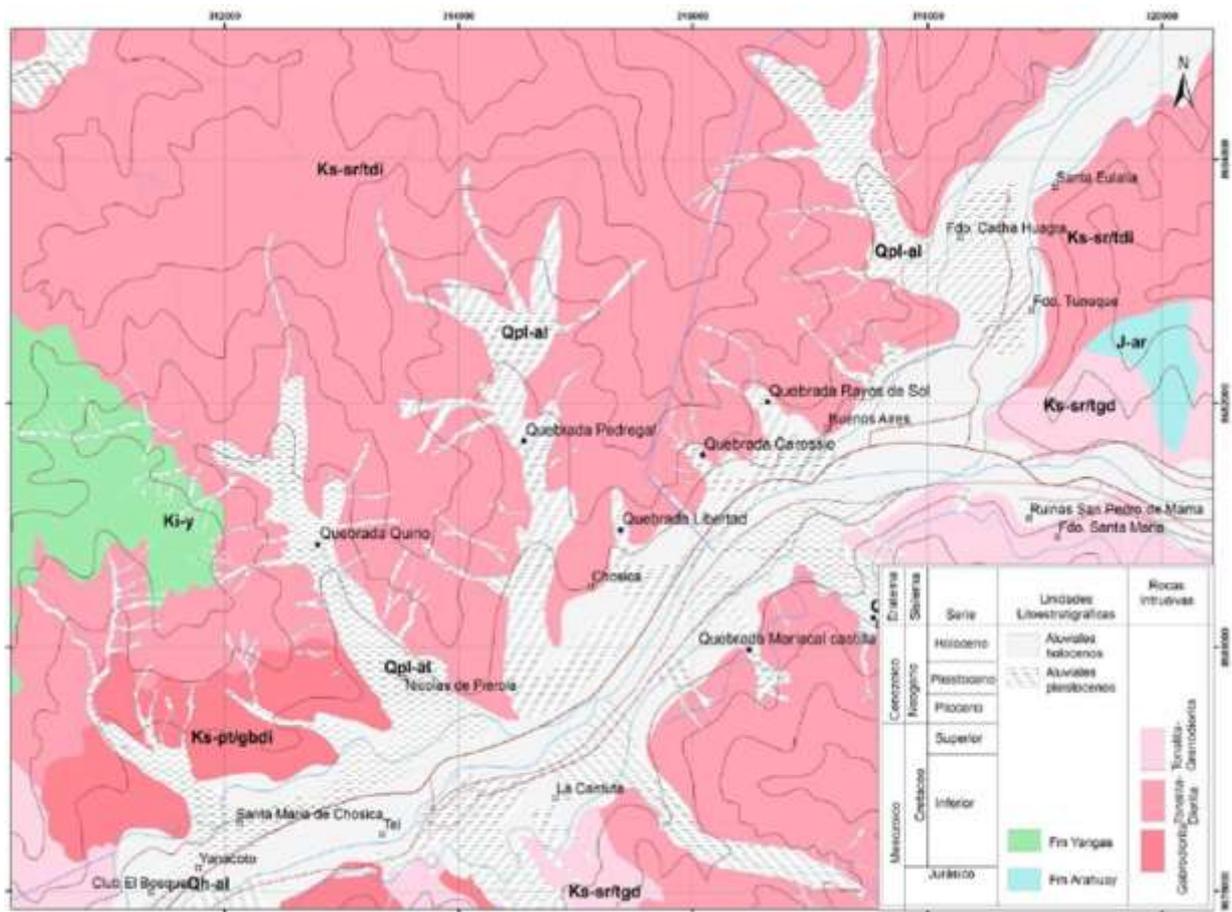
En la región de Lima Metropolitana, la mayor parte del piedemonte de las estribaciones andinas está ocupado por abanicos aluviales y glaciares (Villacorta et al., 2005). En el cauce y desembocadura de las quebradas que surcan a las estribaciones andinas, se concentra el material inconsolidado como resultado de los constantes flujos de detritos a través del tiempo geológico. A estos eventos se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos y originarse a partir de otros procesos como los desprendimientos de rocas (Varnes, 1978). El potencial destructivo de estos procesos está dominado por su velocidad y volumen alcanzada por el material arrastrado, el cual acumula una gran cantidad de energía capaz de transportar materiales pesados durante su recorrido.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar principalmente de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral.

El material residual, producto de la meteorización de las rocas intrusivas, se transporta por gravedad formando taludes y conos de detritos (Figura N°19) distribuidos en forma caótica en las vertientes. (CENEPRED, 2015)



**Figura 20: Mapa de unidades geomorfológicas**  
 Fuente. Villacorta et al, 2015



**Figura 21: Mapa geológico**  
Fuente. Palacios et, al, 1992

### 3.2.1.4. Unidades geológicas

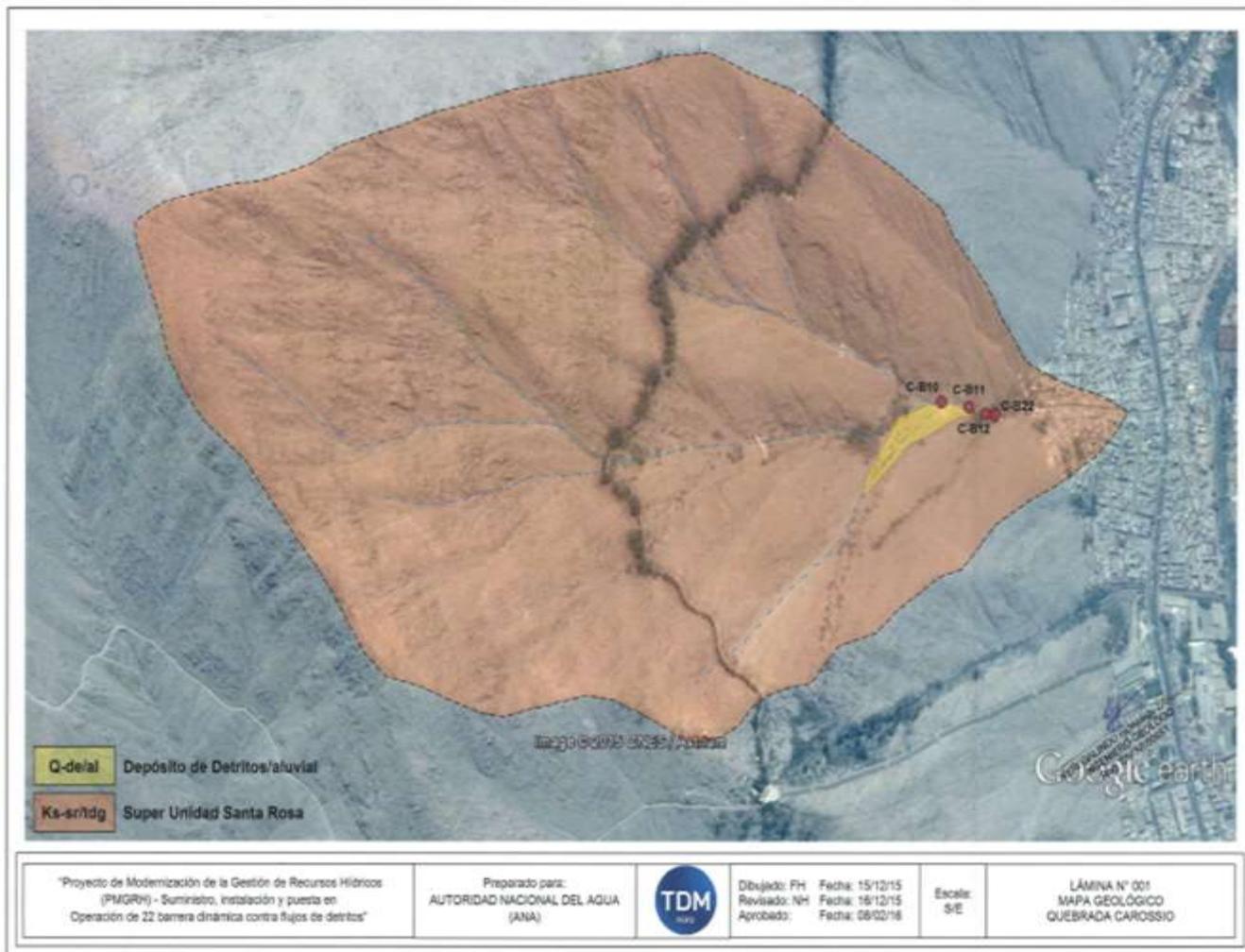
En el área evaluada se observan principalmente rocas intrusivas correspondientes a la Súper-Unidad Santa Rosa. (Palacios et. al., 1992), reconocen en la zona una variación de intrusivos de composición tonalítica a gabrodiorítica (Mapa N° 7). Por lo que las vertientes rocosas muestran crestas redondeadas producto de la meteorización a través del tiempo geológico. Las rocas al estar meteorizadas e intensamente fracturadas, da origen a bloques, gravas, fragmentos rocosos y suelo arenoso fácilmente removidos por las lluvias.

### 3.3. Parámetros básicos



*Figura 22: Imagen satelital de la zona de estudio*

Fuente. <http://geo.ana.gob.pe/visorfajas> (Autoridad Nacional del Ana)



**Figura 23: Mapa geológico de la Quebrada Carossio**

Fuente. Municipalidad de Lurigancho, TDM - Proyecto de modernización de la gestión de recursos hídricos (PMGRH), Barreras Dinámicas Contra Huaycos “Suministro e Instalación y puesta en operación de 22 barreras dinámicas contra flujo de detritos – Quebrada Carossio”, 2016.

**Tabla 7: Parámetros de la quebrada Carossio**

Quebrada	Cuenca		Cauce Principal				
	Perímetro (km)	Area Hidrog. (Ha)	Longitud (km)	Pend. Max. (%)	Pend. Med. (%)	C. Max. (msnm)	C. Min. (msnm)
Carossio	2.90	55.50	1.42	66.20	48.80	1,628.00	926.00

Fuente. Municipalidad de Lurigancho, TDM - Proyecto de modernización de la gestión de recursos hídricos (PMGRH), Barreras Dinámicas Contra Huaycos “Suministro e Instalación y puesta en operación de 22 barreras dinámicas contra flujo de detritos – Quebrada Carossio”, 2016.

### **3.3.1. Área de microcuenca**

El área de la faja marginal se encuentra delimitada mediante Resolución Jefatural N°2058-2015-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA la cual se encuentra en la parte baja de la Quebrada Carossio, de acuerdo al nivel de riesgo considerado en el expediente técnico.

$$A = 55.5 \text{ ha} = 0.56 \text{ km}^2$$

Por lo que se considera una cuenca pequeña.

### **3.3.2. Perímetro de cuenca**

$$P = 2900 \text{ m} = 2.9 \text{ km}$$

### **3.3.3. Longitud del cauce mayor**

De acuerdo a la Resolución Jefatural N°2058-2015-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA, en el anexo N°02, cuadro N°02 Coordenadas Geográficas de Ubicación de Hitos Faja Marginal Izquierda – Quebrada Carossio Datum WGS84, indica la progresiva de mayor longitud, la cual es parte de la longitud mayor de la Quebrada Carossio de acuerdo a lo considerado en el expediente técnico

$$L = 1420 \text{ m} = 1.42 \text{ km}$$

### 3.3.4. Ancho promedio

Datos:

$$A = 0.56 \text{ km}^2$$

$$L = 1.42 \text{ km}$$

$$A_p = A/L = 0.394 \text{ km}$$

### 3.3.5. Desnivel altitudinal

Datos:

$$H_M = C. \text{ max.} = 1628 \text{ msnm}$$

$$H_m = C. \text{ min.} = 926 \text{ msnm}$$

$$D_H = 1628 - 926 = 702 \text{ msnm}$$

## 3.4. Parámetros básicos

### 3.4.1. Coeficiente de compasividad o Gravelus

$$K_c = (0.28 \times P) / \sqrt{A}$$

Datos:

$$P = 2900 \text{ m}$$

$$A = 560000 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow K_c = \frac{0.28 \times 2900 \text{ m}}{\sqrt{560000 \text{ m}^2}}$$

$$\therefore Kc = 1.09 \left( \frac{1}{m} \right) > 1 \text{ tiempo de concentracion mayor}$$

Cuenca de forma alargada, menor tendencia crecientes.

### 3.4.2. Parámetro de relieve

Pendiente media del cauce.

$$Ic = \frac{DH}{1000 \times L} = \frac{702}{1000 \times 1.42}$$

$$\therefore Ic = 0.49$$

Pendiente media de la cuenca.

*del grafico ...70 > 49% > 30*

**Tabla 8: Condiciones del terreno**

Clase de pendiente		Condiciones del terreno
(*)	(%)	
0 - 2	0 - 2	Planicie, sin adecuación apreciable.
2 - 4	2 - 7	Pendiente muy baja, peligro de erosión.
4 - 8	7 - 15	Pendiente baja, peligro severo de erosión.
8 - 16	15 - 30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligros de erosión severa.
16 - 35	30 - 70	Pendiente fuerte, proceso denudacionales intensos (deslizamiento), peligro extremo de erosión de suelos.
35 - 55	70 - 140	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible.
> 55	> 140	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertutra vegetal limitada.

FUENTE: Van Zuidam

### 3.5. Precipitaciones

#### 3.5.1. Cálculo de máxima precipitación diaria en distintos periodos de retorno por el método de Distribución de Gumbel

##### 3.5.1.1. Distribución de Gumbel

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}} \qquad Y_{(T)} = -\ln\left(\ln\frac{T}{T-1}\right)$$

$$X_{(T)} = \alpha \times Y_{(T)} + \mu \dots \dots \left(\frac{mm}{dia}\right)$$

**Tabla 9: Precipitación Máxima (Pd).**

PERIODO DE RETORNO	VARIABLE REDUCIDA	PRECIP. (mm)	PROB. DE OCURRENCIA	CORRECCION DE INTERVALO FIJO
AÑOS	$Y_T$	$X_T(mm)$	$F(x_i)$	$X_T (mm)$
2	0.3665	12.3002	0.500	13.90
5	1.4999	21.8602	0.800	24.70
10	2.2504	28.1897	0.900	31.85
25	3.1985	36.1871	0.960	40.89
50	3.9019	42.1201	0.980	47.60
100	4.6001	48.0092	0.990	54.25
500	6.2136	61.6181	0.998	69.63

Fuente: Propia.

**Tabla 10: Precipitación Máxima (Pd) por tiempo de duración.**

TIEMPO DE DURACION HORAS	COCIENTE %	PRECIPITACION MAXIMA Pd (mm) POR TIEMPOS DE DURACION AÑOS						
		2	5	10	25	50	100	500
24	100%	13.90	24.70	31.85	40.89	47.60	54.25	69.63
18	91%	12.65	22.48	28.99	37.21	43.31	49.37	63.36
12	80%	11.12	19.76	25.48	32.71	38.08	43.40	55.70
8	68%	9.45	16.80	21.66	27.81	32.37	36.89	47.35
6	61%	8.48	15.07	19.43	24.94	29.03	33.09	42.47
5	57%	7.92	14.08	18.16	23.31	27.13	30.92	39.69
4	52%	7.23	12.85	16.56	21.26	24.75	28.21	36.21
3	46%	6.39	11.36	14.65	18.81	21.89	24.96	32.03
2	39%	5.42	9.63	12.42	15.95	18.56	21.16	27.16
1	30%	4.17	7.41	9.56	12.27	14.28	16.28	20.89

Fuente: Propia.

**Tabla 11: intensidad de la lluvia (mm/hr) según el periodo de retorno**

TIEMPO DE DURACION		INTENSIDAD DE LA LLUVIA (mm/hr) SEGÚN EL PERIODO DE RETORNO AÑOS						
HORAS	MIN	2	5	10	25	50	100	500
24	1440	0.58	1.03	1.33	1.70	1.98	2.26	2.90
18	1080	0.77	1.37	1.77	2.27	2.64	3.01	3.87
12	720	1.16	2.06	2.65	3.41	3.97	4.52	5.80
8	480	1.74	3.09	3.98	5.11	5.95	6.78	8.70
6	360	2.32	4.12	5.31	6.82	7.93	9.04	11.60
5	300	2.78	4.94	6.37	8.18	9.52	10.85	13.93
4	240	3.47	6.18	7.96	10.22	11.90	13.56	17.41
3	180	4.63	8.23	10.62	13.63	15.87	18.08	23.21
2	120	6.95	12.35	15.93	20.45	23.80	27.13	34.81
1	60	13.90	24.70	31.85	40.89	47.60	54.25	69.63

Fuente: Propia

$$I_{\max}(5) = 24.70 \quad (\text{mm/hr})$$

### 3.5.2. Formula racional para estimación de caudales

Datos:

$$Q = \frac{CiA}{360} ;$$

C = 0.80

i = 24.70mm/hr

**Tabla 12: Intensidad de lluvia a partir de Pd.**

AREA	AREA ACUMULADA	A (ha)	Q (m3/seg)	Q (Lts/seg)	V (m/s)
A-1.1	555000.00	55.5	3.05	3046.33	0.05

Fuente: Propia

### 3.6. Afectaciones

Daños ocasionados por las constantes precipitaciones en el año 2015 ascienden a s/ 2'194,529.28. (Ver tabla N°15)

En el año 2017, todo el Perú atravesó por una temporada de precipitaciones extraordinarias a consecuencia del Fenómeno del Niño Costero, el cual según registros pluviométricos de la zona instalados por la ONG KOIKA, alcanzaron un nivel de 33.8mm (ver Grafica N°07) considerado como una de los niveles de precipitación más altos en la historia.

Cabe mencionar que debido a la implementación de barreras dinámicas en el año 2016, no se registraron daños ni pérdidas en el año 2017, a pesar que se presentaron precipitaciones extraordinarias ocasionadas por el Fenómeno del Niño Costero.

### 3.6.1. Características Socio-Económicas:

#### 3.6.1.1. Características Sociales

Según Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI, dentro del área de influencia (faja marginal) se encuentran ubicados predios consolidados, asentados desde hace más de 60 años:

*Tabla 13: Características Sociales*

Descripción	Cantidad
Familias	119
Viviendas	92
Centros educativos	01
Centros de salud	00

Fuente: INEI 2015

De las cuales de acuerdo a los reportes generados por INDECI a través de la plataforma SINPAD, en la cual se representan las pérdidas y afectación del evento flujo de detritos en la población de la Quebrada Carossio, tomando en consideración el evento ocurrido en el año 2015 como uno de los más desastrosos ocurridos en la Quebrada Carossio.

**Tabla 14: Daños Registrados con código SINPAD N°00069402.**

Descripción	Cantidad
Familias afectadas	110
Familias damnificadas	95
Infraestructura vial afectada	9800

Fuente: Instituto Nacional de defensa Civil IMDECI/SINPAD

### 3.6.1.2. Características Económicas

Se calcula que las probables pérdidas económicas de los elementos expuestos susceptibles al fenómeno de flujos de detritos:

**Tabla 15: Características económicas por flujo de detritos**

Descripción	Cantidad	Valor unitario (s/)	Total (s/)
Vías asfaltadas	0.30	2'684,60.00	805,380.00
Viviendas	92	10,059.59	925,482.28
Centros educativos	01	463,667.00	463,667.00

Fuente: Municipalidad de Lurigancho – Informe de evaluación de riesgos por flujo de detritos en el área de influencia de las Quebradas Carossio y Libertad.

### 3.7. Costo Beneficio

Antes de la implementación de las barreras dinámicas en las Quebradas del Distrito de Lurigancho, se utilizaba comúnmente obras de disipadores de energía (diques) a fin de poder retener los detritos provenientes de las partes altas, dicho método de mitigación de riesgos no mostraba eficacia ante precipitaciones extraordinarias, lo cual

se refleja en los reportes de emergencias generados por el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y la declaratoria de zona de muy alto riesgo no mitigable a la faja marginal delimitada por la Autoridad Nacional del Agua mediante Resolución Directoral N° 2058-2015--ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA.

### 3.7.1. Costo de barreras dinámicas y Mantenimiento

#### 3.7.1.1. Costo

Mediante Resolución Directoral N°008 -2015-ANA-DEPHM, se propone la instalación de 04 barreras dinámicas en la Quebrada Carossio:

**Tabla 16: Presupuesto de Obra**

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PARCIAL S/.
1	Barrera 1				
1.1	Barrera dinamica contra huaycos tipo UX 180 H6, Lmax=30m, H=6m	m2	90.00	4,077.79	367,001.10
1.2	Perforacion, colocacion e inyeccion de anclajes con pati, ID=90mm	ml	266.00	418.47	111,313.02
2	Barrera 2				
2.1	Barrera dinamica contra huaycos tipo UX 180 H6, Lmax=30m, H=6m	m2	105.00	4,077.79	428,167.95
2.2	Perforacion, colocacion e inyeccion de anclajes con pati, ID=90mm	ml	361.00	418.47	151,067.67
3	Barrera 3				
3.1	Barrera dinamica contra huaycos tipo UX 180 H6, Lmax=30m, H=6m	m2	150.00	4,077.79	611,668.50
3.2	Perforacion, colocacion e inyeccion de anclajes con pati, ID=90mm	ml	361.00	418.47	151,067.67
4	Barrera 4				
4.1	Barrera dinamica contra huaycos tipo UX 180 H6, Lmax=30m, H=6m	m2	210.00	4,077.79	856,335.90
4.2	Perforacion, colocacion e inyeccion de anclajes con pati, ID=90mm	ml	266.00	418.47	111,313.02
5	Limpieza de cauce de Quebrada	glb	1.00	15,000.00	15,000.00
				Con transporte maritimo	2,802,934.83
				Con transporte aereo	420,440.22
				COSTO DIRECTO S/.	3,223,375.05
				Gastos generales (10%)	322,337.51
				Utilidad (7%)	225,636.25
				SUBTOTAL	547,973.76
				IGV (18%)	678,842.79
				PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCION DE LA OBRA	4,450,191.59

Fuente: Resolución Directoral N°008 -2015-ANA-DEPHM

### 3.7.1.2.Mantenimiento

Mediante el Acta del Décimo Sexto Directorio de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios de fecha 30 de Agosto de 2017, se aprueba el financiamiento de actividades de rehabilitación temporal de 22 mallas dinámicas en Lima, por un monto de 6.2 millones de soles, lo cual nos da un valor estimado de s/ 281,818.18 por cada barrera dinámica.

Al respecto, los datos que indican el expediente técnico son referentes a una altura de 4.5 m, y las barreras dinámicas constan de una altura de 6 m.

Sumado a eso, el costo de mantenimiento por limpieza y descolmatación son elevados, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

*Tabla 17: Costo Beneficio*

	COSTO DE MANTENIMIENTO	VIVENDAS AFECTADAS	VIAS AFECTADAS	CENTROS EDUCATIVOS
BARRERAS DINAMICAS	S/. 281,818.18	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
DIQUES	S/. 280,000.00	S/. 925,482.28	S/. 805,380.00	S/. 463,667.00

Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO IV. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusiones:

- ❖ Año tras año se registraron grandes pérdidas materiales por consecuencia de la activación de alguna Quebrada en el Distrito de Lurigancho, cabe mencionar que hasta antes de la implementación de las Barreras Dinámicas en 09 de las 16 Quebradas que se encuentran en el sector de Chosica, solo se pensaba en construcciones de disipadores de energía mediante diques de mampostería, los cuales como evidencia del bajo porcentaje de reducción de riesgos se tiene los incontables registros de emergencias atendidas por el Instituto Nacional de Defensa Civil a través de los diferentes niveles del estado, y las innumerables noticias que se publican durante los meses de Enero a Abril.
  
- ❖ Podemos observar que las 22 barreras dinámicas tienen un costo de mantenimiento de s/1'127,272.72 mayor al de los diques, debía que el costo de mantenimiento, se obtuvo de la plataforma del OSCE en la cual dicha actividad se denomina alquiler de maquinaria pesada para la limpieza y descolmatación de Quebradas sin considerar mano de obra, insumos, traslado, entre otros. Mientras que con las Barreras Dinámicas de acuerdo al Acta del Décimo Sexto Directorio de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios, el costo de mantenimiento costaría aproximadamente s/281,818.18 por cada una, lo cual nos da una reducción del 48.64% del monto de gastos por atención de emergencias y mantenimiento de obras de reducción de riesgos.

- ❖ Antes de la implementación de las barreras dinámicas en la Quebrada Carossio, se evidenciaba un área de afectación mayor al área de la faja marginal, de acuerdo al “Informe de Evaluación de Riesgos por flujo de detritos en el área de influencia de las Quebradas: Carossio y Libertad en el Distrito de Lurigancho”, debido a que en la quebrada se encuentran predios consolidados y derivan el material detrítico a través de las calles y avenidas. Posterior a la implementación de las barreras dinámicas no se registraron pérdidas, debido a que las barreras dinámicas cumplieron su función de filtrar el material detrítico permitiendo el paso del agua y lodo, el cual se derivó por la avenida Miguel Grau (faja marginal) hacia la carretera central, reduciendo el área de afectación dentro de la faja marginal hasta la intersección con la carretera central.
  
- ❖ De acuerdo a los registros histórico de precipitaciones obtenidos del Servicio Nacional de Metrología e Hidrología del Perú, antes de la implementación de las barreras dinámicas se registraron precipitaciones extraordinarias de hasta 43.37 mm en el año de 1989 , y en el año 2015 debido a la ocurrencia del fenómeno del Niño se registra una nivel de precipitación de 34.11mm, el cual causó daños a la propiedad pública privada, sin embargo en el año 2016-2017 tuvo lugar el fenómeno del niño costero, del cual se registró una precipitación de 33.80 mm y sin ocasionar daños a la población vulnerable, ya que en el año 2015 -2016 se se iniciaron la implementación de las 22 barreras dinámicas en el distrtio de Lurigancho como medida de mitigación de riesgos de desastre, lo cual se demostró su eficacia de acuerdo al “Informe técnico post periodo de lluvias del estado de conservación de cada una de las 22 barreras dinámicas instaladas en 09 de las Quebradas del Distrito de Lurigancho Chosica”.

#### 4.2. Conclusiones:

- ❖ Antes de la implementación de las barreras dinámicas se registraron pérdidas entre afectados, damnificados y pérdidas económicas con un valor de s/ 2'194,809.28, después de la implementación de las barreras dinámicas utilizando los mismos parámetros evaluados nos dieron un costo de 281,818.18, demostrando una reducción en la afectación de la población del 87.15%.
- ❖ Antes de la implementación de las barreras dinámicas, tomando en consideración como el peor escenario el evento ocurrido en el año 2015 en el cual se registraron 110 familias afectas (Tabla N°09), después de la implementación de las barreras dinámicas no se registraron afectados por consecuencia de las precipitaciones, demostrando la eficacia de las barreras dinámicas en la reducción de afectados.
- ❖ Antes de la implementación de las barreras dinámicas, tomando en consideración como el peor escenario el evento ocurrido en el año 2015 en el cual se registraron 95 familias damnificadas (Tabla N°09), después de la implementación de las barreras dinámicas no se registraron afectados por consecuencia de las precipitaciones, demostrando la eficacia de las barreras dinámicas en la reducción de damnificados.
- ❖ Según el trabajo realizado en la presente tesis, se registraron pérdidas económicas en el año 2015 tomando en consideración viviendas afectadas, vías afectadas y centros educativos con un valor total de 2'194,529.28, después de la implementación de las barreras dinámicas no se registraron pérdidas económicas en esos rubros,

demostrando nuevamente la eficacia de las barreras dinámicas con respecto a las pérdidas económicas ante las precipitaciones.

Cabe mencionar que no se consideraron gastos por limpieza y mantenimiento de calles y veredas, debido a que el INDECI no los consideró por no ser producto de la afectación por impacto de flujo de detritos, por lo que consideramos que las barreras dinámicas implementadas en la Quebrada Carossio funcionaron y redujeron la afectación en un 90%.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abdul Hai, George J. Klir, 1985, An empirical investigation of reconstructability analysis: probabilistic systems, International Journal of Man-Machine Studies, Volume 22, Issue 2, Pages 163-192,
- Bromhead, E. 1986. The stability of slopes. Surrey University Press, London or Chapman and Hall. New York.
- Cardinali, M. & Paola, Reichenbach & Guzzetti, Fausto & Ardizzone, Francesca & Antonini, G. & Galli, M. & Cacciano, M. & Castellani, M. & Salvati, Paola. (2002). A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, Central Italy. Natural Hazards and Earth System Sciences. 2. 10.5194/nhess-2-57-2002.
- Chavez, M. A. (2014). Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.  
<http://www.fict.espol.edu.ec/>
- Crispín, J. 1989. Diseño, implementación y construcción de barreras dinámicas en la quebrada Carosio - Chosica, Lima, Perú. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cruden, David. (1996). Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247: 36-75. Special Report - National Research Council, Transportation Research Board. 247. 36-57.
- D.S. N°048-2011 PCM, para crear el Reglamento de Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres SINAGERD. Boletín Oficial El Peruano, del 26 de mayo del 2011, pp. 443206 a 443218.
- Dikau, R. (2004). Mass movements. En: Encyclopedia of Geomorphology. Routledge, (A. Goudie, ed.). Taylor & Francis Group. England. 1156 pp.
- Geobruigg. 2018. Barreras Flexibles De Anillos Para Retención De Flujo De Detritos: La Solución Económica.
- Desnivel (2017). Informe Técnico de Evaluación post periodo de lluvias del estado de conservación de cada una de las 22 barreras dinámicas instaladas en 09 Quebradas del Distrito de Lurigancho – Chosica.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (6a. ed.). México D.F.: McGraw-Hill
- Hungr O. (2005), Debris-flow Hazards and Related Phenomena, Springer, Berlin, pp. 135-158
- Hungr, Oldrich & Leroueil, Serge & Picarelli, Luciano. (2014). The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides. 11. 10.1007/s10346-013-0436-y.

- Ley N°29664, para crear el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres SINAGERD.  
Boletín Oficial El Peruano, del 19 de febrero del 2011, pp. 436456 a 436463.
- Luis, R. 2010. Aplicación de membranas flexibles para la prevención de riesgos naturales.  
Editorial: Geobruigg Ibérica
- O'CONNOR SALMÓN, H., 1988 – Investigación del Huayco de Chosica 1987, sus efectos y  
medidas de mitigación, 99 pp.; Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis para optar  
el título profesional de ingeniero civil.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007.  
Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas.  
Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432  
p.,
- Romang, Hans & Zappa, Massimiliano & Hilker, Nadine & Gerber, Matthias & Dufour, François  
& Frede, Valérie & Bérod, Dominique & Oplatka, Matthias & Hegg, Christoph & Rhyner,  
Jakob. (2011). IFKIS-Hydro: An early warning and information system for floods and debris  
flows. *Natural Hazards*. 56. 509-527. 10.1007/s11069-010-9507-8.
- Sáenz, A. 2017. Análisis para estabilidad de taludes en roca utilizando Mallas Galvanizadas  
Ancladas, Ciudad Nueva Fuerabamba Apurímac. Tesis de grado. Universidad Nacional del  
Centro del Perú.
- Sánchez, L. 2018. Análisis de Vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de flujo de detritos en  
la quebrada Carossio, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima-Lima. Tesis de grado.  
Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Santuyo, R. 2019. Alternativas de Mitigación para el flujo de detritos en la zona de descarga de  
la Quebrada Quirio-Chosica-Perú-2019. Tesis de grado. Universidad Ricardo Palma.
- Valerio, L. 2012. Barreras dinámicas a base de materiales convencionales para el control de  
caídas de rocas. Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de México, México,
- Van Zuidam-Cancelado, F.I., 1989. Desarrollo geomorfológico de la cuenca del Río Aljucén y sus  
alrededores inmediatos, Extremadura, España: una hipótesis del desarrollo de  
planaciones. Tesis doctoral. Universidad de Utrecht, Países Bajos, 243 pp.
- Ven Te Chow. 1998. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill. Santafé de Bogotá.
- Wendeler, Corinna & Volkwein, Axel. (2015). Laboratory tests for the optimization of mesh size  
for flexible debris-flow barriers. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 15.  
10.5194/nhess-15-2597-2015.
- Fores, Emilia – Orozco, Geovana (2015). Informe de estimacion de riesgos N°303-2015-MML.

## ANEXOS

Anexo 01: Reporte de Emergencia. INDECI (2015).

Estado Situacional de la Emergencia			
EMERGENCIA			
HUAYCO EN DIVERSAS QUEBRADAS (00069402)			
Grupo Fenómeno	GEODINAMICA EXTERNA	Fecha	23/03/2015 18:00:00
Fenómeno	HUAYCO	Fuente	COE LIMA
Latitud y Longitud	-11,93741 Longitud -76,70381	Usuario	CPDCLIMA03
INFORME PRELIMINAR			
Hechos	Lluvias intensas, huayco e inundaciones se activaron las siguientes Quebradas: Pedregal, Libertad, Quimo, Carossio, Corrales, Cantuta, Rayos del Sol, Yanacolo, Chacrasana, Trinchera, Virgen del Rosario, Mariscal Castilla, Señor de los Milagros, Santo Domingo, California.		
Daños	-Se ha estimado 110 familias damnificadas y 95 familias afectadas y un aumento del nivel de riesgo por los cambios geomorfológicos suscitados por la geodinámica externa (huayco), plasmada en el aumento de áreas de riesgo. -La infraestructura vial que une Lima con el interior del país se encuentra bloqueada con 9,800 mts, cúbicos de material coluvial y aluvial conformado por rocas grandes, medianas y barro. -La infraestructura de Servicios Básicos de agua y desagüe se encuentran inhabilitados en todas las quebradas mencionadas. -Las defensas ribereñas y de las quebradas en un porcentaje importante: 40 mts en la quebrada Pedregal y 20 mts. en el sector del AA.HH. 03 de Octubre margen izquierda del río Rimac. -Existen 06 personas fallecidas hasta el momento, -Existen 03 desaparecidos en la quebrada La Cantuta.		
Acciones	-Apoyo con maquinaria pesada para la limpieza de escombros y vías. -Apoyo con Bienes de Ayuda Humanitaria. -Apoyo con personal para la Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades – EDAN.		
ZONAS AFECTADAS			
Región	Provincia	Distrito	Localidad
LIMA	LIMA	LURIGANCHO	CHOSICA
EVALUACION DE DAÑOS GENERAL			
Grpo.Daño	Daño	Cantidad	Und,Med,
<b>VIDA Y SALUD (PERSONAS)</b>			
	AFECTADOS	1448,00	PERSONAS
	FALLECIDOS	9,00	PERSONAS
	DESAPARECIDOS	3,00	PERSONAS
	DAMNIFICADOS	520,00	PERSONAS
ACCIONES REALIZADAS			
Dpto.	Provs.	Dist.	Localidad
LIMA	LIMA	LURIGANCHO	CHOSICA
29/03/2015 - 17:00:00 : Se realizó la evaluación de los daños y se entregó el apoyo logístico a las personas afectadas			

Anexo 02: Matriz de consistencia.

IMPLICANCIA DE LAS BARRERAS DINÁMICAS EN LA DISMINUCIÓN DE LA AFECTACIÓN POR ALUVIÓN EN LA POBLACIÓN DE LA QUEBRADA CAROSSIO EN EL DISTRITO DE LURIGANCHO						
FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo General:</b>	<b>Hipótesis General:</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE :</b>			<b>Enfoque Investigación</b>
¿ En qué medida favorece la instalación de las barreras dinámicas en la quebrada carossio ante los aluviones?	Determinar cuantitativamente el efecto de las barreras dinámicas de la quebrada Carossio ante los aluviones.	La implicancia de las barreras dinámicas disminuye los efectos ante los aluviones?	BARRERA DINAMICA	Elemento de soporte (disipador de energía), ante flujo de detritos	1. Parametros Hidrograficos para dimensionar las barreras dinamicas: pendiente, Alto y largo. 2. Estudio geotecnico para la instalcion de anclajes. 3. Barreras Flexibles de anillos de acero.	Cuantitativa
			Elemento de soporte para detener o en el peor de los casos disminuir la fuerza de caída de rocas en taludes, laderas y quebradas.			<b>Nivel de la Investigación</b>
			AHLBURG, 1870			Explicativa
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos Específicos:</b>	<b>Hipótesis Específicas:</b>				<b>Tipo de investigación</b>
* ¿Cuál es la cantidad de afectados ante los aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas?	• Determinar la cantidad de afectados ante los aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas.	• ha disminuido la cantidad de afectados ante los aluviones, después de la instalación de las barreras dinámicas ?.				Aplicada
						<b>Diseño de investigación</b>
						No experimental
						<b>Unidad de Análisis</b>
						Datos Estadísticos
* ¿Cuál es la cantidad de damnificados ante los aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas?	• Determinar la cantidad de damnificados ante los aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas.	• ha disminuido la cantidad de damnificados ante los aluviones, después de la instalación de las barreras dinámicas?.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>			<b>Enfoque Investigación</b>
			Disminucion de la afectación por aluvion.	Predios en zonas de alto riesgo	1.Delimitacion de la faja Marginal. 2. flujo de detritos.	No experimental
						<b>Nivel de la Investigación</b>
				Personas afectadas		Historica
						<b>Tipo de investigación</b>
	• Estimar las pérdidas económicas ante aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas.	• han disminuido las pérdidas económicas ante aluviones, después de la instalación de las barreras dinámicas ?.	Reduccion de perdidas de vidas y propiedad publica y privada, reduciendo el impacto del desastre.	Infraestructura	1.Antecedentes:Perdidas materiales, Perdidas humanas, Perdidas Economicas.	cuantitativa
* ¿Cuál es el monto de pérdidas económicas por los aluviones, antes y después de la instalación de las barreras dinámicas?						<b>Diseño de investigación</b>
						No experimental
						<b>Unidad de Análisis</b>
						Datos Estadísticos

Anexo 03: Parámetros de precipitación – SENAMHI (Histórico).

Programa R													
PARAMETRO: PRECIPITACION TOTAL DIARIA (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1981	2.5	9.07	0.97	0	0	0.02	0	0.18	0.02	0.22	0.3	1.13	9.07
1982	1.36	16.44	4.24	1.89	0	0.04	0.17	0	0.02	0.09	0.26	2.27	16.44
1983	0.49	6.55	26.77	0	0	0.03	0	0	0.05	0.09	0.34	0.57	26.77
1984	1.41	17.64	3.78	0.44	0.03	0.1	0	0	0	0.35	0.57	0.77	17.64
1985	1.94	1.66	1.16	0.69	0	0	0	0	0.03	0	0.16	1.15	1.94
1986	1.53	0.67	1.65	0.45	0.09	0.02	0	0.54	0.05	0	0.1	3.69	3.69
1987	8.71	1.18	4.47	0.45	0	0.06	0	0	0.03	0	0.15	0.59	8.71
1988	13.2	10.36	3.79	0.29	0.07	0.01	0	0.02	0	0	0	6.92	13.20
1989	8.37	43.37	11.59	0.18	0	0.36	0	0	0.07	0.69	0	0	43.37
1990	2.97	0.33	6.03	0	0.48	0.21	0	0.02	0	0.1	0.99	4.81	6.03
1991	1.25	2.91	8.86	0.31	0.04	0.05	0	0	0.02	0.74	0.32	0.31	8.86
1992	0.3	0.66	0.18	0	0.12	0.22	0	0	0.01	0.98	0	0.94	0.98
1993	1.89	7.57	11.12	1.69	0	0.02	0.05	0	0.11	0.05	1.34	0.97	11.12
1994	22.45	10.57	1.98	0.53	0.11	0.06	0.01	0	0.34	0	0.57	2.56	22.45
1995	7.34	0.97	3.24	1.25	0.99	0.04	0.02	0	0.23	0.5	1.93	0.37	7.34
1996	6.48	11.39	13.51	0.08	0	0.05	0	0	0.03	0.01	0	0.96	13.51
1997	3.42	4.36	0.79	0	0	0.18	0	0	0.43	0.59	1.05	9.25	9.25
1998	15.99	15.65	13.67	0.08	0	0.01	0	0	0	0.02	0.03	3.41	15.99
1999	8.69	41.06	2.42	0.46	0.03	0.08	0	0	0.02	0.73	0	1.65	41.06
2000	18.78	11.33	5.33	0.26	0	0.06	0	0	0	0.06	0.45	0.6	18.78
2001	9.74	9.78	10.77	1.31	0	0.04	0	0	0.11	0.3	1.29	0.22	10.77
2002	1.77	27.94	4.25	0.39	0.16	0.05	0.11	0	0.56	0.59	0.43	0.64	27.94
2003	3.22	7.32	5.94	0.02	0	0.04	0	0	0	0.3	0	8.95	8.95
2004	0.99	5.37	4.88	1.32	0	0.06	0	0	0.37	0.24	0	2.75	5.37
2005	2.38	3.72	0.85	0.17	0	0.04	0	0	0	0.03	0	2	3.72
2006	10.51	13.19	8.98	0.86	0	0.07	0	0	0.01	0.06	0.7	5.12	13.19
2007	3.98	4.83	6.11	4.56	0.01	0.03	0	0.04	0	0.19	0.12	1.25	6.11
2008	10.75	14.14	12.1	0.29	0	0.04	0	0	0	0	0.95	1.16	14.14
2009	12.54	27.57	14.77	1.39	0	0.04	0	0	0	1.55	0.84	1.5	27.57
2010	4.44	3.05	4.2	0	0	0.05	0	0	0.18	0.14	0	3.82	4.44
2011	9.73	9.02	2.02	1.27	0	0.09	0.03	0.01	0.06	0	1.71	5.81	9.73
2012	2.21	15.79	9.02	8.11	0	0.06	0.01	0.03	0.03	1.63	0.53	2.3	15.79
2013	0.48	11.94	5.5	0	0.19	0.07	0	0.06	0	0.16	0.34	5.98	11.94
2014	10.27	6.13	15.75	0.77	0.02	0.15	0.09	0.08	0	0.39	0.59	3.73	15.75
2015	6.36	12.24	34.11	0.68	0	0.17	0.04	0.17	0.18	0.36	0.12	2.26	34.11
2016	1.24	8.92	2.25	2.4	0	0	0	0	0.03	0	0	1.72	8.92
MAX	22.5	43.37	26.8	4.6	1.0	0.4	0.2	0.5	0.6	1.6	1.9	9.3	43.4