

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INSTALACIÓN DE LA DEFENSA RIBEREÑA CON GAVIONES  
Y LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL  
PROYECTO EN EL DISTRITO DE PAUCAS – HUARI –  
ANCASH**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MAYO SAUÑE, DANTE OLIVER**  
**Bach. PACHECO CAJAVILCA, GONZALO ORLANDO**

**ASESOR: DR. JAIME PÍO, SUELDO MESONES**  
**LIMA-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Esta publicación se la dedico a mi madre Antonia por su apoyo incondicional, a mi hermano Benjamín Jesús por su ejemplo y por último a mi señor padre Ceferino Adrián que se encuentra presente en mi ADN y en mi pensamiento, recordando todas sus enseñanzas y virtudes humanas.

Dante Oliver Mayo Sauñe

Dedico esta tesis a mi padre Iván y mi madre Dina por la motivación y consejos durante este proceso, a mis hermanos por el soporte emocional para concluir con éxito este logro. También a los amigos que perdieron la vida durante esta pandemia y no pudimos despedirnos.

Gonzalo Orlando Pacheco Cajavilca

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera, al Dr. Jaime Pío Sueldo Mesones por su extraordinaria asesoría y consejos en el proceso de la presente investigación, y a la Mg. Marianella Zeña Sencio por guía y recomendaciones para lograr el éxito en esta tesis. Como a todas las personas que nos brindaron su apoyo.

Dante Mayo y Gonzalo Pacheco

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1 FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1.1 Formulación de la pregunta.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	10
1.2.1 Objetivo general .....	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
1.3. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	11
1.4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	11
1.4.1 Importancia.....	11
1.4.2 Justificación teórica.....	11
1.4.3 Justificación ambiental.....	11
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN .....	13
2.1.1 Antecedente internacional .....	13
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	14
2.2 BASES TEÓRICAS .....	19
2.2.1 Defensas ribereñas.....	19
2.2.1.1 Tipos de defensas ribereñas.....	20
2.2.1.2 Tipos de gaviones.....	23
2.2.1.3 Estructuras de gaviones.....	28
2.2.2 Diseño de gaviones.....	34
2.2.2.1 Verificación al deslizamiento.....	40
2.2.2.2 Verificación al volcamiento .....	42
2.2.2.3 Verificación de las tensiones transmitidas al terreno.....	43
2.2.3 Hidrología.....	47
2.2.3.1 Cuenca hidrográfica .....	47
2.2.3.2 Precipitación.....	47
2.2.3.3 Tormenta .....	48

2.2.3.4	Escorrentía.....	52
2.2.3.5	Infiltración.....	53
2.2.3.6	Hidrograma de caudal .....	53
2.2.3.7	Análisis estadístico de datos hidrológicos.....	55
2.2.4	Evaluación de impacto ambiental .....	60
2.2.4.1	Factores ambientales .....	61
2.2.4.2	Identificación de impactos .....	63
2.2.4.3	Valorización de impactos .....	71
2.2.5	Medidas de mitigación y prevención .....	76
2.2.5.1	Clasificación de las medidas de minimización de impactos ambientales.....	76
2.2.5.2	Programa de medidas de mitigación .....	77
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	78
	<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>81</b>
3.1	HIPÓTESIS.....	81
3.1.1	Hipótesis general .....	81
3.1.2	Hipótesis específicas .....	81
3.2	VARIABLES.....	81
3.2.1	Definición conceptual de las variables.....	81
	<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>82</b>
4.1	TIPO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	82
4.1.1	Tipo .....	82
4.1.2	Nivel.....	82
4.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	82
4.2.1	Tipo de diseño de investigación .....	82
4.2.2	Enfoque de investigación .....	82
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	83
4.3.1	Tipos de técnicas de recolección de datos.....	83
4.3.2	Procedimientos para la recolección de datos.....	83
4.4	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS .....	83
	<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>84</b>
5.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	84
5.1.1	Generalidades .....	84
5.1.2	Ubicación geográfica.....	84

5.1.3 Estado inicial existente.....	85
5.2 DEFENSA RIBEREÑA.....	90
5.2.1 Hidrología del proyecto.....	90
5.2.1.1 Características morfológicas principales de la microcuenca.....	90
5.2.1.2 Información hidrometeorológica.....	91
5.2.1.3 Pruebas de bondad ajuste .....	93
5.2.1.4 Diseño de tormentas .....	94
5.2.1.5 Hietograma .....	96
5.2.1.6 Modelamiento hidrológico .....	97
5.2.2 Hidráulica del proyecto .....	98
5.2.3 Diseño de defensa ribereña con gaviones .....	99
5.2.3.1 Cálculo de diseño sobre estabilidad de muro .....	99
5.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL .....	107
5.3.1 Descripción ambiental del emplazamiento .....	107
5.3.1.1 Línea base física .....	107
5.3.1.2 Medio biológico .....	107
5.3.1.3 Medio socioeconómico .....	108
5.3.1.4 Partidas de la obra .....	111
5.3.2 Identificación de los impactos ambientales.....	130
5.3.3 Valoración de impactos ambientales.....	133
5.3.4 Interpretación de resultados .....	134
5.3.5 Diseño de las medidas de mitigación y prevención .....	137
5.3.5.1 Diseño de medidas correctoras.....	137
5.3.5.2 Diseño plan de contingencia .....	139
5.3.5.3 Programa de manejo de residuos sólidos .....	143
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>147</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>149</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>150</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>156</b>
Anexo 1: Matriz de importancia.....	156
Anexo 2: Matriz de identificación de impactos .....	157
Anexo 3: Matriz de Leopold .....	158
Anexo 4: Matriz de importancia.....	159
Anexo 5: Permiso de la municipalidad distrital de Paucas .....	160

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Relación entre la huella de carbono y el análisis de ciclo de vida .....	4
Tabla N° 2: Gases de efecto invernadero.....	6
Tabla N° 3: Potencial de proyectos de reducción de emisiones de GEI de Perú Kyoto y voluntario .....	7
Tabla N° 4: Dimensiones estándar de los gaviones tipo caja.....	24
Tabla N° 5: Dimensiones estándar de gaviones seco.....	26
Tabla N° 6: Dimensiones estándar de gaviones tipo colchón Reno .....	28
Tabla N° 7: Ángulo de fricción interna .....	38
Tabla N° 8: Capacidad portante del suelo.....	39
Tabla N° 9: Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente “n” .....	40
Tabla N° 10: Valores críticos d para la prueba Kolmogorov-Smirnov.....	60
Tabla N° 11: Niveles de árbol de factores ambientales .....	61
Tabla N° 12: Árbol de factores genérico para un estudio de impacto ambiental.....	62
Tabla N° 13: Árbol de factores genérico para un estudio de impacto ambiental.....	63
Tabla N° 14: Lista de acciones de la Matriz de Leopold .....	65
Tabla N° 15: Lista de acciones de la Matriz de Leopold .....	66
Tabla N° 16: Lista de elementos ambientales de la Matriz de Leopold.....	67
Tabla N° 17: Lista de elementos ambientales de la Matriz de Leopold.....	68
Tabla N° 18: Matriz de Leopold .....	70
Tabla N° 19: Ventajas y desventajas de la matriz de Leopold.....	71
Tabla N° 20: Tabla de importancia .....	75
Tabla N° 21: Clasificación de impactos ambientales positivos y negativos.....	76
Tabla N° 22: Vías de acceso .....	87
Tabla N° 23: Parámetros de microfrecuencia.....	91
Tabla N° 24: Tabla de precipitaciones .....	92
Tabla N° 25: Tabla de distribución de valores extremos .....	94
Tabla N° 27: Tabla de hietograma para T = 100 años.....	96
Tabla N° 28: Tabla de peso y momento total resistente .....	102
Tabla N° 29: Verificaciones muro de gaviones 3m. ....	106
Tabla N° 30: Parámetros ambientales relevantes.....	110

Tabla N° 31 Factores ambientales .....	132
Tabla N° 32: Distribución de impactos ambientales.....	134
Tabla N° 33: Distribución de medios ambientales.....	134
Tabla N° 34: Distribución de elementos ambientales .....	135
Tabla N° 35: Distribución de factores ambientales.....	136
Tabla N°36: Medidas de contingencia en posibles eventos .....	142
Tabla N°37: Medidas de contingencia en posibles eventos .....	143

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: El proceso de EIA en Uganda: adaptado del reglamento EIA, 1998.....	2
Figura N° 2: La industria es una de las actividades más contaminantes.....	3
Figura N°3: Contaminantes sólidos .....	4
Figura N° 4: Impactos ambientales ligados al proceso de construcción.....	5
Figura N° 5: USCUSU Uso Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura.....	6
Figura N° 6: Emisiones de CO2 (Toneladas métricas per cápita) .....	8
Figura N° 7: Distrito de Paucas – Quebrada Barrio Picuto.....	9
Figura N° 8: Distrito de Paucas – Quebrada Barrio Picuto.....	10
Figura N° 9: Refuerzo de talud con GeoCeldas .....	21
Figura N° 10: Vilcabamba, Santa Ana de Tusi y Tupac – Pasco.....	21
Figura N° 11: Refuerza Sistema Hídrico en Huánuco y San Martín .....	22
Figura N° 12: Elementos constituyentes de los gaviones tipo caja.....	23
Figura N° 13: Elementos constituyentes de los gaviones tipo saco.....	25
Figura N° 14: Elementos Constituyentes de los Colchones Reno .....	26
Figura N° 15: Preparación para el montaje de un gavión .....	30
Figura N° 16: Posicionamiento de los paneles laterales y diafragmas .....	30
Figura N° 17: Costuras de las aristas con alambre de amarre y posicionamiento de los gaviones antes de su llenado. ....	31
Figura N° 18: Detalle de utilización del encofrado.....	32
Figura N°19: Llenado de un gavión con 1,0 m de altura y detalle de la colocación de los tirantes .....	33
Figura N° 20: Detalle de la etapa de cierre del gavión tipo caja.....	33
Figura N° 21: Fuerzas actuantes en un muro de contención.....	34
Figura N° 22: Plano de aplicación de empuje activo .....	36
Figura N° 23: Diagrama de empuje pasivo.....	37
Figura N° 24: Diagrama de fuerzas.....	41
Figura N° 25: Diagrama de fuerzas verificación al volcamiento.....	43
Figura N° 26: Diagrama de fuerzas de las tensiones transmitidas al terreno.....	44
Figura N° 27: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.....	50
Figura N° 28: Hietograma por el método de bloque alterno.....	52
Figura N° 29: Componentes de un hidrograma de caudal durante una tormenta .....	54

Figura N° 30: Hidrograma adimensional SCS .....	55
Figura N° 31 y N° 32: Ubicación del departamento de Ancash y sus provincias.....	84
Figura N° 33: Distrito de Paucas – Quebrada Puente unión en el barrio Santa cruz de Picuto.....	85
Figura N° 34: Parte alta de la zona de estudio .....	86
Figura N°35: Parte baja de la zona de estudio .....	86
Figura N°36: Cantera rio Pushca .....	88
Figura N° 37: Delimitación de microcuenca del proyecto.....	90
Figura N° 38: Histograma de precipitación 24 horas.....	91
Figura N° 39: modelos de distribución .....	93
Figura N° 40: funciones de distribución de probabilidad .....	94
Figura N° 41: Hietograma para periodo de retorno 100 años .....	97
Figura N° 42: Caudal de diseño con el programa Hec HMS .....	98
Figura N° 43: Modelamiento hidráulico con el software Hec ras.....	98
Figura N° 44: Tirante para el diseño .....	99
Figura N° 45: Muro de gaviones de 3 m. de altura .....	100
Figura N° 46: Altura de aplicación del empuje activo.....	101
Figura N° 47: Primer bloque .....	104
Figura N° 48: Segundo bloque.....	105
Figura N°49: Trazo de la defensa ribereña .....	113
Figura N°50: Desviación del cauce del río .....	114
Figura N°51: Corte de terreno semirrocoso manual .....	115
Figura N°52: Perforación de roca para voladura.....	116
Figura N° 53: Excavación de plataforma y pared manual .....	117
Figura N° 54: Corte manual de terreno tipo cascajo .....	118
Figura N° 55: Eliminación de material excedente con maquinaria.....	121
Figura N° 56: Cantera ubicada en el río Pushca .....	122
Figura N° 57: Acarreo manual de piedra grande .....	123
Figura N° 58: Gaviones en presentación de transporte.....	125
Figura N° 59: Armado de los gaviones .....	125
Figura N° 60: Colocación de los gaviones.....	126
Figura N° 61: Llenado de los gaviones .....	126
Figura N° 62: Flujo de identificación de impactos .....	131
Figura N° 63: Distribución de impactos ambientales .....	134

Figura N° 64: Distribución de medios ambientales .....	135
Figura N° 65: Distribución de elementos ambientales.....	136
Figura N° 66: Distribución de los factores ambientales .....	137
Figura N° 67: clasificación de los residuos solidos.....	144

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito hacer el diseño estructural de la defensa ribereña con gaviones para luego hacer la evaluación de impacto ambiental del proyecto que se encuentra en el distrito de Paucas, para lo cual se inició con el análisis hidrológico e hidráulico para poder estimar todos los datos necesarios requeridos para el diseño estructural de los gaviones correspondiente a la defensa ribereña, después se realizó la evaluación del impacto ambiental estudiando las partidas del proyecto para luego identificar y valorar los impactos ambientales producidos por la instalación de la defensa ribereña con gaviones, al iniciar la investigación se realizó el modelamiento hidrológico con el programa Arc Gis y luego se exportó los resultados al programa Google Earth y así definir los parámetros necesarios para la tesis, luego se analizaron las tormentas y sus resultados fueron llevados al programa HEC HMS, obteniendo el caudal de diseño requerido para así hacer el modelamiento hidráulico con el programa HEC RAS para obtener el tirante del canal, el análisis se realizó con un periodo de retorno de 100 años por que el proyecto se encuentra en la zona urbana.

Por otra parte, se hizo la evaluación de impacto ambiental del proyecto por medio del estudio de las partidas, que dio como resultado los impactos ambientales producidos por la ejecución de la obra, luego estos impactos ambientales se llevaron a una matriz de Leopold que sirvió para valorar y ver el grado de impacto producido por la ejecución de la obra, por último, se propuso un diseño de las medidas de mitigación y prevención para así poder disminuir los impactos ambientales.

## **ABSTRACT**

The present investigation had as purpose to make the structural design of the river defense with gabions to then make the evaluation of environmental impact of the project that is in the district of Paucas, for which it was initiated with the hydrological and hydraulic analysis to be able to estimate all the necessary data required for the structural design of the gabions corresponding to the river defense, then the evaluation of the environmental impact was made studying the items of the project to then identify and value the environmental impacts produced by the installation of the river defense with gabions, At the beginning of the investigation, the hydrological modeling was done with the Arc Gis program and then the results were exported to the Google Earth program to define our necessary parameters for the thesis, then the storms were analyzed and the results were taken to the HEC HMS program, which gave us the required design flow to do the hydraulic modeling with the HEC RAS program that gave us the channel flow, the analysis was done with a return period of 100 years because the project is located in the urban area.

On the other hand, the environmental impact assessment of the project was made through the study of the items, which gave us as a result the environmental impacts produced by the execution of the work, then these environmental impacts were taken to a Leopold matrix that helped us to assess and see the degree of impact produced by the execution of the work, finally, a design of mitigation and prevention measures was proposed in order to reduce the environmental impacts.

## INTRODUCCIÓN

El Perú tiene un gran déficit respecto al tema de las defensas ribereñas siendo siempre afectado por grandes precipitaciones como lluvias con mayor intensidad debido al cambio climático que generan grandes desastres naturales como desbordes e inundaciones en la costa, sierra y selva del país afectando a la población directa e indirectamente. El uso de gaviones es una alternativa para la construcción de defensas ribereñas, para proteger las riberas de un río y quebrada contra la erosión superficial o socavación en el lecho de un río. Por tal motivo se empleó el uso de gaviones en la quebrada barrio Picuto en el distrito de Paucas debido a su facilidad de instalación, mantenimiento, bajo nivel de impacto ambiental y costo. Como también cumplió con todos los conceptos y cálculos hidráulicos e hidrológicos. Posteriormente se realizó una evaluación del impacto ambiental en la zona del proyecto siendo uno de los objetivos de investigación.

Por lo tanto, la siguiente investigación se divide en cinco capítulos donde se muestra cada paso para lograr el objetivo general.

En el capítulo I se da una información completa del planteamiento y delimitación del problema en otros países del mundo, para después realizar una exploración nacional y local de la problemática de estudio. Seguido del objetivo general y específicos a estudiar además de las limitaciones de estudio como la importancia asimismo la justificación de estudio.

En el capítulo II se realizó una investigación de antecedentes internacionales y nacionales buscando una mayor información de la problemática en estudio. Seguido se estableció los fundamentos teóricos que son los conceptos de la investigación donde se considera defensas ribereñas, tipos de gaviones, evaluación de impacto ambiental, etc.

En el capítulo III se da información de la hipótesis general como de las variables de estudio.

En el capítulo IV se presenta la metodología de investigación como tipo, nivel y método además del diseño y el enfoque. Del mismo modo de técnicas y procedimientos de recolección de datos asimismo de las técnicas de procesamiento y análisis.

En el capítulo V se muestra el desarrollo de la investigación conectando los conceptos del capítulo II y resultados como el diseño defensa ribereña, así como la evaluación del impacto ambiental. Finalizando con las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

## **1.1 Formulación y delimitación del problema**

Actualmente a nivel global la industria de la construcción tiene gran relevancia en los temas medioambientales por el uso de los materiales de construcción, mano de obra, herramientas, equipos livianos y maquinaria pesada que generan gran contaminación ambiental el cual se reflejan en el calentamiento global y el cambio climático que trae como consecuencias las desglaciaciones de los polos continentales, sequías, lluvias extremas cambios en las temperaturas, desaparición de la capa de ozono, etc. (Mulder, 2015). Por otro lado, en Latinoamérica la industria de la construcción no es ajena a las actividades que alteran el medio ambiente ya sea por el uso de materiales y también en mayor medida por el capital humano que no tiene una cultura medioambiental y la conciencia del daño que se hace al medio ambiente. (Mulder, 2015).

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso amplio que surgió de la Ley Nacional de Política Ambiental de 1970 en los EE. UU. Tiene como objetivo difundir información para futuros proyectos donde se vea involucrado el medio ambiente y de esta manera poder preservar y lograr un desarrollo sostenible. En Uganda por medio de la Ley Nacional de Medio Ambiente de 1995 se realiza la EIA desde entonces son 25 años ejecutando estas prácticas de EIA. (Taako, Kiemo y Andama, 2020).

Las normas de las EIA son diferentes en cada país, pero casi siempre coinciden con determinar el grado del impacto ambiental, evaluación y un plan de mitigación. Es muy importante en una EIA brindar información a los afectados o involucrados directa o indirectamente y recoger sus inquietudes para tomar mejores decisiones a la hora de ejecutar un proyecto. Ver figura N° 1(Taako et al., 2020).

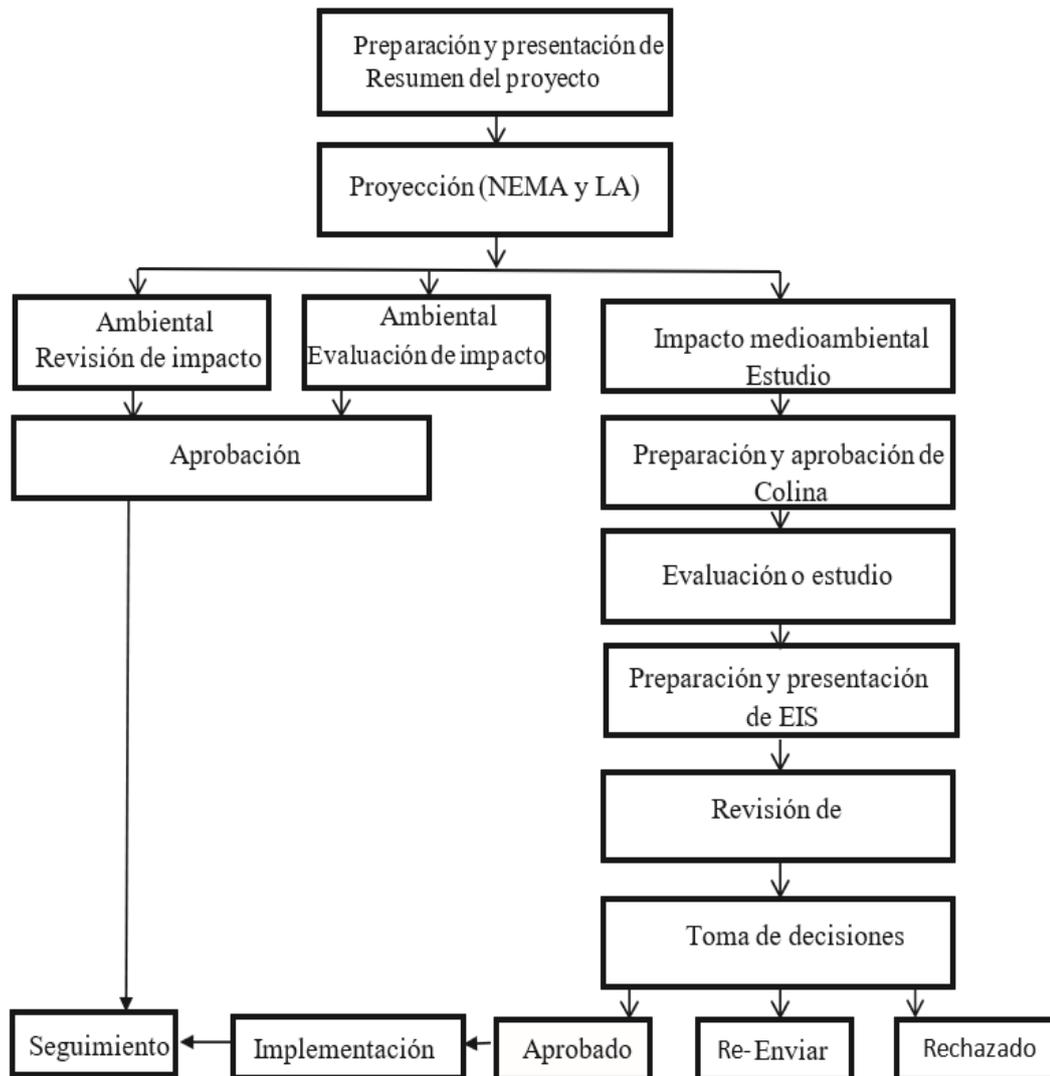


Figura N°1: El proceso de EIA en Uganda: adaptado del reglamento EIA, 1998

Fuente: CellPess (2020)

Pero existe un alto nivel de contaminación en el lago Victoria, ríos, arroyos, acuíferos y suelos. Esto se debe a la intervención política que es un elemento considerable que impide legislar leyes y regulaciones a favor de la EIA en Uganda, y de una mala inversión económica, la inexistencia de equipos tecnológicos para realizar un seguimiento de la contaminación. (Taako, et al., 2020). En Uganda los políticos ven la EIA como muy engorroso que dificulta las inversiones y el desarrollo por tal motivo se pretende reducir las EIA. Por eso la derogación de la Ley del Código de Inversiones de 1991 y las disposiciones de la Ley del Código de Inversiones de 2019. (Taako et al., 2020).

La EIA en Uganda es muy probable que tenga un retroceso obligado para generar ingresos para el 2040 y la obligación de insertar el dólar del petróleo, el gas y reponer la economía de las consecuencias del COVID-19. (Rosa, 2013).

La contaminación tiene dos orígenes, que son la contaminación natural y contaminación antrópico (inducidos por el hombre), se define por contaminación a la alteración ambiental por añadidura de materia o energía que daña la salud y a los organismos, en la actualidad la contaminación ambiental está llegando a niveles alarmantes los cuales causan daños irreversibles, en un inicio los daños solo afectaba a los trabajadores que vivían alrededor de las zonas industriales, pero como la industria se sigue desarrollando a través de los años, por consiguiente se produce mayor cantidad de desechos sólidos, líquidos y gaseosos que afectan a toda la población mundial, es decir a toda la especie humana, en los últimos años como consecuencia de la actividad humana se desechan a diario millones de toneladas de sustancias que modifican al medio ambiente con consecuencias irreversibles para los seres humanos y los seres vivos en general, los contaminantes que se generan al juntarse con el agua, tierra o aire modifican las características naturales. Ver figura N° 2 y N° 3. (Vázquez, 2017 pág.115).



Figura N° 2: La industria es una de las actividades más contaminantes

Fuente: Ecología y Medio Ambiente (2017)



Figura N°3: Contaminantes sólidos

Fuente: Ecología y Medio Ambiente. (2017)

La huella de carbono es una interpretación resumida del análisis de ciclo de vida (ACV) es decir toma diferentes niveles del impacto ambiental pero solo escoge a una de ellas correspondiente al calentamiento global (Ver Tabla N° 1) para una mejor comprensión. El siglo XXI tiene un gran reto que es vencer el calentamiento global, pero lamentablemente las actividades del ser humano provocan grandes impactos al medio ambiente en casi todos los sectores donde se ve involucrado. (Álvarez, 2017).

Tabla N° 1: Relación entre la huella de carbono y el análisis de ciclo de vida

Categoría de impacto ambiental	Unidad de referencia	Factor de caracterización
Calentamiento global	Kg eq. De CO <sub>2</sub>	Potencial de calentamiento global (PCG <sub>9</sub> )
Consumo de recursos energéticos	MJ	Cantidad consumida
Reducción de la capa de ozono	Kg eq. De CFC-11	Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO)
Eutrofización	Kg eq. De NO <sub>3</sub>	Potencial de eutrofización (PE)
Acidificación	Kg eq. De SO <sub>2</sub>	Potencial de acidificación (PA <sub>9</sub> )
Consumo de materias primas	+	Cantidad consumida
Formación de oxidantes fotoquímicos	Kg eq.de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF)

Fuente: Sociedad pública de gestión ambiental (2009)

El sector de la construcción consume un 40% de los recursos naturales y más del 30% del consumo de energía y también más de un 30% de las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero. Pero también es culpable del consumo de madera y agua en el mundo de una manera significativa. Por eso esta gran huella ecológica que genera la construcción debe ser estudiada desde los procesos de fabricación de insumos para este sector, los procesos, operación y demolición. Ver Figura N° 4. (Marulanda, 2018).



Figura N° 4: Impactos ambientales ligados al proceso de construcción

Fuente: Materiales de construcción (2018)

Con el desarrollo humano también se desarrolla la industria, el cual para su funcionamiento es de vital importancia el uso de energía que mayoritariamente son los combustibles fósiles, y el uso cada vez mayor de este combustible como fuente de energía ha llevado a una mayor cantidad de residuos sólidos, líquidos y gaseosos que estos a su vez provocan el incremento de gases de efecto invernadero (GEI) que trae como consecuencia el incremento de la temperatura media de la tierra que se denomina calentamiento global. Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2017 pág. 86). Ver Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Gases de efecto invernadero

Nombre	Fórmula
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>
Metano	CH <sub>4</sub>
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O
Hidrofluorocarbonos	HFC
Perfluorocarbonos	PFC
Hexafluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>

Fuente: FONAM (2012)

En el siguiente gráfico se hace notar el inventario nacional de emisiones de la industria, que genera el 3 % de las emisiones totales del país, en tal sentido es de suma importancia generar acciones de eficiencia energética a fin de disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> generados por el sector industrial. Ver Figura N° 5.

### Participación de emisiones GEI a nivel nacional

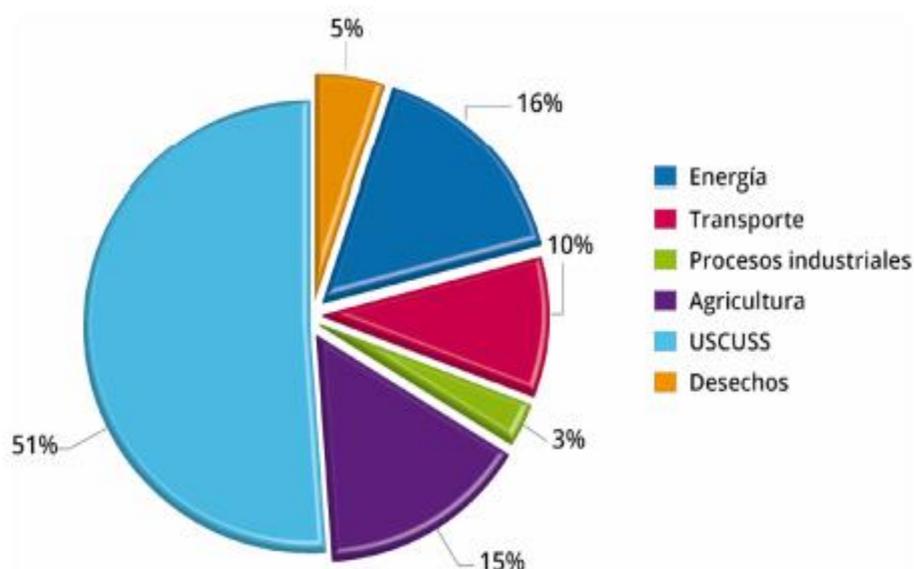


Figura N° 5: USCUS Uso Cambio de uso de suelo y silvicultura

Fuente: MINAM (2012)

Con el objetivo de no incrementar en más de 2 °C la temperatura del planeta, la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), el protocolo de Kyoto y el reciente acuerdo de París, plantearon impulsar el desarrollo

bajo en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que compromete a los países tener esta responsabilidad que también recae para el Perú, que ha demostrado gran capacidad y buen futuro de inversiones de proyectos de reducción de GEI que representa más de US\$ 13 mil millones con gran participación de proyectos de energía como se muestra en la siguiente tabla N° 3.

Tabla N° 3: Potencial de proyectos de reducción de emisiones de GEI de Perú Kyoto y voluntario

Sector	Reducción de emisiones (tCO <sub>2</sub> e/año)	Inversión (Millones US\$)	N° Proyectos
Hidroeléctricas	18,070,249.69	7,972.36	88
Líneas de transmisión	30,327.00	130.41	5
Solar	1,028,998.00	385.30	6
Eólicos	2,874,654.60	1,175.90	9
Residuos sólidos	6,154,218.00	645.33	22
Transporte	649,146.00	742.50	4
Biomasa	1,618,906.00	243.41	22
Cambio de combustible	600,313.00	150.54	9
Cogeneración	36,359.00	15.92	7
Eficiencia energética	3,621,513.00	1,725.53	19
Petroquímico	160,000.00	8.00	1
Geotérmico	224,406.00	140.00	1
Total	35,069,090.29	13,335.20	193

Fuente: FONAM (2012)

Las emisiones de dióxido de carbono son las que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas. En la figura N°6 se observa las emisiones de CO<sub>2</sub> desde 1960 hasta el 2015 en el Perú.

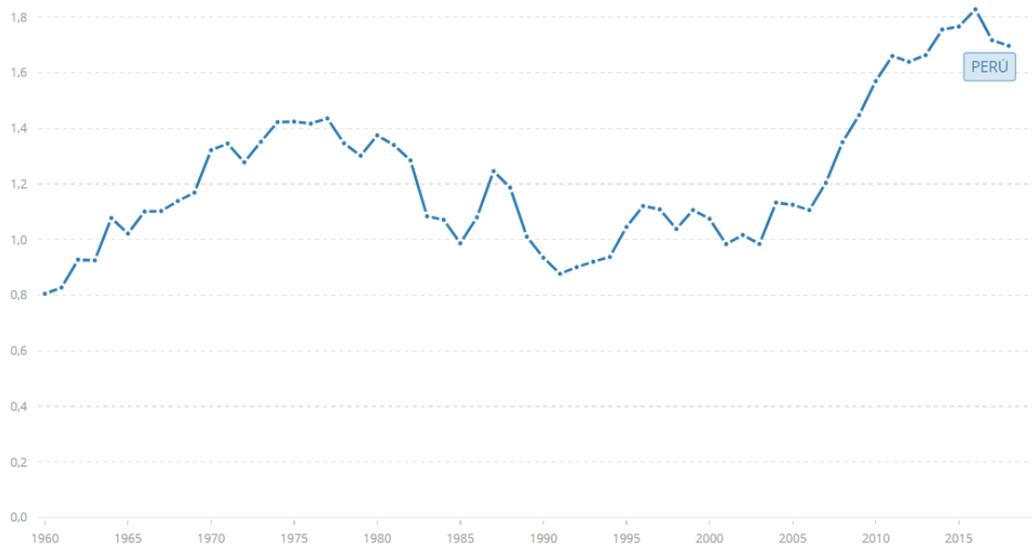


Figura N° 6: Emisiones de CO2 (Toneladas métricas per cápita)

Fuente: Banco Mundial (BM) (2020)

La gran mayoría de las evaluaciones de impacto ambiental en el Perú para las obras civiles no reflejan la realidad del daño ambiental que causan en los ecosistemas, que se da por la contaminación que se crean al ejecutar dichas obras, la mala evaluación de impactos ambientales se debe a la carencia de información o también que se toman el problema medioambiental a la ligera ya sea por las empresas y/o entidades ejecutoras lo que da como resultado estudios de impacto ambiental mal elaborados o incompletos (Aguilar, 2018).

En los procesos constructivos de la obra se encuentran las partidas de trabajos provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras, transporte de materiales, etc. que traen contaminación como toda obra civil, que a su vez requieren una evaluación de impacto ambiental para descubrir todas las consecuencias que puede tener la obra como por ejemplo como afecta las condiciones ambientales del lugar tales como el clima, flora, fauna, agua y suelo para luego estudiar la posibilidad de evitar las consecuencias de dichas alteraciones. (Vázquez, 2017).

Perú siendo parte de un mundo globalizado la industria de la construcción utiliza materiales, insumos, mano de obra, equipos y maquinaria pesada que alteran el orden ecológico y medioambiental, aún más en nuestro país que tiene una gran biodiversidad. La construcción daña los ecosistemas que se ve en la contaminación de los ríos, lagunas, suelos, etc que trae como consecuencia el cambio climático, la deglaciación de los andes (gran reserva de agua dulce). La población demanda obras civiles, en este aspecto las defensas ribereñas cumplen el propósito de brindar a la ciudadanía una calidad de vida, en el proceso de ejecución y operación de la obra defensa ribereña con gaviones trae consecuencias ambientales a lo largo de su eje, el cual se presenta en todas las etapas del proceso constructivo de la obra, en tal sentido es necesario la evaluación de impacto ambiental para poder así realizar un diseño de diferentes medidas de mitigación. En el proyecto está ubicado en la ciudad de Huari distrito de Paucas en el proceso constructivo se realizó partidas como trabajos provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras, transporte de materiales, etc lo cual trae una alteración al medio ambiente como en los suelos, aire, agua, vegetación, población, paisaje. Como se aprecia en las figuras N° 7 y N° 8.



Figura N° 7: Distrito de Paucas – Quebrada Barrio Picuto.

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)



Figura N° 8: Distrito de Paucas – Quebrada Barrio Picuto.

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

#### 1.1.1 Formulación de la pregunta

Por lo descrito en la formulación del problema se plantea la siguiente pregunta:

- ¿Qué impacto ambiental producirá la instalación de la defensa ribereña con gaviones en el distrito de Paucas – Huari - Ancash?

Preguntas específicas

- ¿Cuál es el diseño estructural óptimo de la defensa ribereña con gaviones?

- ¿En qué medida la instalación de la defensa ribereña con gaviones generará impactos ambientales?

- ¿Cómo evaluar los impactos ambientales producidos por la instalación de la defensa ribereña con gaviones?

- ¿Qué medidas de mitigación se realizará frente al impacto ambiental producido por la instalación de la defensa ribereña con gaviones?

#### 1.2 Objetivos

##### 1.2.1 Objetivo general

Evaluar el impacto ambiental analizando las partidas en la instalación de la defensa ribereña con gaviones en el distrito de Paucas – Huari - Ancash.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Diseñar estructuralmente la defensa ribereña con gaviones en el distrito de Paucas.
- b) Analizar las partidas de la instalación de la defensa ribereña con gaviones para determinar el impacto ambiental producido.
- c) Evaluar los impactos ambientales producidos por la instalación de la defensa ribereña con gaviones en el distrito de Paucas.
- d) Elaborar un plan de mitigación ambiental

### 1.3. Limitaciones del estudio

En el contexto mundial de la epidemia causada por el virus SARS-CoV2, se imposibilita la visita a campo, otra limitación es la lejanía donde se encuentra la obra “Instalación de defensa ribereña con gaviones en el distrito de Paucas - Huari - Ancash”

### 1.4. Importancia y justificación del estudio

#### 1.4.1 Importancia

La evaluación de impacto ambiental es de vital importancia en toda obra civil y por ende en este proyecto de instalación de la defensa ribereña con gaviones, ya que en la actualidad se está dando fenómenos mundiales como el cambio climático, el calentamiento global y demás problemas ambientales, en tal sentido se requieren estudios y evaluaciones ambientales con valoraciones adecuadas y rigurosas para así prevenir y mitigar los efectos causados por la ejecución y funcionamiento de la obra.

#### 1.4.2 Justificación teórica

Esta investigación llevará a tener una base teórica en el ámbito de la evaluación del impacto ambiental el cual se tomará en cuenta para siguientes estudios e investigaciones de este tipo.

#### 1.4.3 Justificación ambiental

Actualmente toda obra civil tiene beneficios a las poblaciones adyacentes, para los cuales fueron diseñados, por otro lado, se tiene el problema medioambiental que es generado por las obras realizadas, en la cual, en la presente investigación se tomará la metodología adecuada para así definir los impactos ambientales provocados por dicha ejecución y funcionamiento, para

así disminuir y mitigar con eficiencia tales impactos ambientales generados por la obra.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio de investigación

#### 2.1.1 Antecedente internacional

Marchevsky, Giubergia y Ponce (2018), plantearon en su investigación como objetivo principal adelantar la evaluación ambiental de la cantera de piedra laja La Represa en la provincia de San Luis, Argentina. El método empleado es una matriz de doble entrada que evalúa los impactos ambientales originados en el ambiente. Esta matriz estudia diferentes características de los pasivos ambientales (IM). A través de la evaluación de los índices se puede definir cuáles son las zonas afectadas del estudio. Los resultados indican que la parte más afectada es el medio ambiente pero la población mejoró su calidad de vida gracias a la actividad minera. En conclusión, la extracción de piedra de laja es muy importante para la localidad de Riocito porque a través de ella pueden mantener económicamente a sus familias. Sin embargo, es muy importante realizar un plan de mitigación ambiental para disminuir los efectos en el ambiente de la zona en cuestión.

Galindo y Silva (2016), en su investigación tiene como propósito investigar y analizar todo lo relacionado con los impactos ambientales que se producen por el uso de maquinarias en proyectos de construcción en ingeniería civil, para lo cual se llevó una revisión bibliográfica que permitió realizar la caracterización de impactos ambientales bióticos, abióticos y las fuentes de generación de los mismos, así como las áreas de influencia que son afectadas; igualmente se hace una descripción de las diferentes maquinarias, vehículos y equipos que son usados en obras de construcción y se describen en detalle cada uno de los impactos y efectos que éstas generan a nivel ambiental y social; una vez realizada esta caracterización se indican las medidas de control, prevención y mitigación que se deben aplicar para cada uno de los impactos identificados, estas etapas de la investigación fueron desarrolladas con el uso de diferentes guías y manuales de gestión ambiental diseñados por entes gubernamentales distritales y nacionales encargados de la regulación y control del sector de la construcción. Finalmente para determinar, si en la actualidad se aplican los

procesos de identificación, valoración y manejo de impactos ambientales generados por las maquinarias, se hace un estudio de caso, en el cual se toma un proyecto constructivo analizando la gestión ambiental que llevó a cabo en su proceso de planificación y ejecución, haciendo hincapié en lo que a las maquinarias se refiere, luego se toman este proyecto y uno de mayor magnitud para comparar el proceso de identificación de impactos y planes de manejo ambiental de cada uno por el uso de maquinarias, esto con el fin de determinar si hace falta medidas de mejora en cuanto al manejo ambiental de este tipo de equipos para su uso en proyectos de construcción.

### 2.1.2 Antecedentes nacionales

Urteaga (2019), en su investigación propone como objetivo principal contribuir al desarrollo de nuevas alternativas de defensa ribereña con un sistema de geoestructuras. En primer lugar, se expone y evalúa los problemas de erosión y socavación que se presentan en las riberas del río Tahuamanu, analizando y describiendo las características principales de los suelos, flujos de agua y materiales predominantes en la zona de estudio. Luego de conocer a detalle la problemática presentada y las características del sector, se idealizan dos escenarios de posibles soluciones: sistema de gaviones y geoestructuras, con la finalidad de desarrollar un análisis técnico y económico de ambas soluciones e identificar la solución más viable para atenuar la problemática presentada. Posteriormente, se describen las características más relevantes de las estructuras a implementar su diseño y finalmente su proceso constructivo. Para culminar con el estudio realizado, se presenta un capítulo con el análisis de los resultados obtenidos y un último capítulo con las conclusiones y lecciones aprendidas durante el desarrollo de la presente tesis; en la cual se concluye que la solución más viable, tanto técnica como económica, es la implementación de un sistema de defensa ribereña con geoestructuras para proteger las riberas del río Tahuamanu en la zona de estudio.

Vásquez (2018), propone en su proyecto diseñar y aplicar las defensas ribereñas en el cauce del río La Leche, aplicando los diferentes métodos de diseño, como alternativa de solución ante eventualidades de desborde del río en crecidas del caudal; con el fin de conocer los diferentes tipos que pueden

ser flexibles y rígidos, materiales, consideraciones tomadas características, ventajas, desventajas u otros factores que se puedan considerar en el diseño tomando en cuenta ciertas consideraciones según el manual de diseño de la autoridad nacional del agua. Se identificará las zonas más vulnerables a desbordes es decir zonas críticas que es donde se han producido inundaciones, originando costosas pérdidas en la región; mediante un estudio de vulnerabilidad teniendo en cuenta las condiciones hidrológicas que se presenta en la cuenca del río. Con los resultados obtenidos, se determinará cuál de las opciones de diseño de defensas ribereñas es la mejor técnica y económica, para este tipo de estudio.

Aguilar (2016), en el presente trabajo de tesis se evaluó dos revestimientos contra la erosión ribereña mediante tres variables. Los revestimientos analizados son los colchones de gaviones y las geoceldas con relleno de concreto, mientras que las variables definidas para la comparación son la resistencia a la erosión y durabilidad, la rugosidad de la superficie y la estabilidad del sistema de protección. Con la finalidad de lograr una comparación objetiva de las variables definidas, se propone el caso del proyecto de defensas ribereñas del río Zarumilla en Tumbes para servir como marco de condiciones de diseño de los recubrimientos evaluados. Este proyecto de construcción de defensas ribereñas se dio en el marco de cooperación entre el Perú y Ecuador para mitigar los efectos de las inundaciones producto de la influencia de la oscilación climática del sur, conocida como el fenómeno de “El Niño”. Así mismo, se realiza una propuesta de diseño para cada tipo de revestimiento con el objetivo de mostrar los criterios generales que influyen en la concepción y diseño de estas estructuras. Luego de realizar este diseño, se procede con el análisis de las variables definidas para la comparación. Estas variables han sido determinadas para representar las características básicas de análisis de los revestimientos comparados. Se ha demostrado que los colchones de gaviones y las geoceldas con relleno de concreto poseen la capacidad de resistir las solicitaciones mínimas del proyecto. Sin embargo, en base al análisis realizado, se ha determinado que las geoceldas con relleno de concreto tienen el mejor desempeño como recubrimiento contra la erosión ribereña. Por

último, si bien se concluye que las geoceldas son el recubrimiento más adecuado, se recomienda el uso conjunto de estos recubrimientos como parte de una solución integral.

Cochachin (2014), el presente estudio de ingeniería diseño de muro de gaviones para la protección de la margen izquierda del río Mosna en el tramo km: 17 + 000 al km : 17 + 330 en el distrito de Chavín , aplicando Hecras,2013”, se realizó de acuerdo a los fines y objetivos del proyecto de encauzamiento mediante muros de gavión, de acuerdo a las normas que rigen para el diseño de este tipo de estudios; así como reglamento nacional de gestión de infraestructura vial aprobado mediante Decreto Supremo N° 034 - 2008 - MTC, para cálculo de caudal de diseño por el método racional modificado. Se determinó el caudal máximo para un tipo de suelo intermedio teniendo en consideración que las condiciones pluviométricas en la parte oriental de los Andes no tiene el mismo comportamiento que el flanco occidental. Bajo esta premisa se analizó los datos de precipitación en tres subcuencas en la parte más baja cercana al proyecto obteniéndose un caudal de diseño de 370.689 m<sup>3</sup>/s

Vallejos (2016), en su investigación propone como objetivos la explicación ambiental del proyecto y su situación, de esta manera se realizará una observación de los posibles impactos que origina la ejecución y operación del proyecto. Se cuenta con una información minuciosa del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), con sus respectivas particularidades y restricciones. Gracias a este proceso se exponen instrumentos que se pueden usar para la identificación e incrementos de impactos ambientales en determinadas etapas del proyecto. Se dividió el proyecto en tres tramos o etapas dependiendo de la importancia de la hidrología en el tramo a evaluar para poder reconocer los impactos en la fase de construcción y también se evaluó por completo el eje para la fase de operación. De esta forma se determinó que el suelo es la parte más dañada por la fase de construcción y que en la fase de operación beneficia a la población generando empleo. El sector que sufrió de un gran impacto ambiental se encuentra entre las progresivas 14 + 700 – 47 + 400, porque ahí se encuentra la zona más

importante de explotación de canteras y de instalaciones auxiliares. En conclusión, se determina la creación de normas para prever o mitigar los posibles impactos ambientales localizados y analizados, por tal motivo se creó un plan de manejo de residuos y un programa de salud zonal. Así mismo se cuenta con un plan de emergencia para eventuales desastres a futuro que sucederían en la zona del proyecto y un plan de monitoreo ambiental para vigilar los impactos ambientales reconocidos y la evaluación periódica de ciertos factores ambientales como son el suelo, agua y aire.

Hernández (2018), en su investigación, su objetivo fue diseñar un sistema de drenaje pluvial para la urbanización El Chilcal (Piura) siendo seleccionado este sector debido a su relieve y a las constantes precipitaciones. El sistema elegido permite la recolección, transporte y evacuación de aguas producidas por las lluvias para su posterior bombeo por medio de bombas tornillo de Arquímedes para luego ser transportado al dren César Vallejo. La intensidad es uno de los indicadores que son utilizados en el proyecto que se encuentra conectado con el tiempo de demora en cada etapa de la evaluación, así como los caudales de escorrentía hallados por el método racional y también los criterios estipulados en la norma técnica de drenaje pluvial urbano (OS. 060) de esa forma se garantiza una óptima sucesión de acopio, traslado, transporte y eliminación de las aguas de lluvia hasta el punto final que es el receptor. El diseño contempla rejillas transversales al eje de la vía y tuberías para la recolección y transporte de aguas lluvia en la urbanización. Se implementa, además, una caseta de bombeo a través de bombas de Arquímedes, demostrando su correcta elección ante otros tipos de bombas y finalmente se evalúan los impactos de esta propuesta a favor del medio ambiente y la comunidad en general. En conclusión, el diseño utilizado permitirá que aguas producidas por las lluvias en la urbanización El Chilcal, que es el lugar con una mayor depresión de la cuenca no se genere inundaciones, se verificó al efectuar la evaluación de escorrentía interna luego de su captación por medio de rejillas, de esta manera se determinó que esta zona considerada la más grave con una magnitud de flujo de agua que alcanza una altura de 20 cm, por lo tanto se propone conservar las condiciones adecuadas de tránsito vehicular y peatonal.

Segovia (2018), en su investigación el objetivo principal es evaluar los impactos ambientales generados por la explotación en la producción y transformación de los insumos básicos para generar el concreto de la empresa Concretos Supermix S.A. En el proceso se desarrollaron distintas operaciones como el chancado, zarandeo y lavado de minerales no metálicos todas estas etapas se realizaron en la planta de procesamiento, ubicada en el departamento de Cusco, provincia de Quispicanchi, distrito de Oropeza. En conclusión, las operaciones producidas por la planta de procesamiento pueden originar impactos ambientales irreversibles por lo tanto los procesos con una gran capacidad desfavorable deben ser controlados con un plan de manejo ambiental.

Vargas (2018), en su investigación su objetivo principal es examinar la operatividad de la planta desalinizadora de ósmosis inversa y de la planta de tratamiento de aguas residuales para poder comprender el plan de provisión de servicios de saneamiento para los distritos del Sur (PROVISUR). Además de evaluar los impactos ambientales generados por el plan en el mar peruano y sugerir alternativas de solución al vertimiento del efluente de ambas plantas. Se describieron los impactos ambientales modelando las emisiones en el programa CORNIX. Finalmente, después de estudiar los resultados generados por el programa CORNIX por lo tanto concluimos que el plan debe ser analizado por las autoridades respectivas porque cuenta con errores respecto a temas legales y errores en el modelamiento de emisión del contaminante. Los resultados hallados en la modelación numérica son estimaciones a la evaluación efectuada por la empresa PROVISUR con los criterios ambientales.

Contreras (2017), en el siguiente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar la ejecución del procedimiento de evaluación de opciones para mejorar las operaciones mineras de gran dimensión y realizar una comparación de normas emitidas por el gobierno regional. Los resultados generados por la investigación son muy importantes, permitiendo conocer lo importante de las fases de progreso y evaluación de proyectos de actividades mineras. En conclusión, al observar una muestra del expediente indica la

ausencia de concordancia al ejecutar opciones para el proyecto, en los estudios de impacto ambiental y que no han sido registrados por el evaluador. Por lo tanto, se propone una modificación en el método a la hora de preparar opciones y ejecutar un reglamento que posibilite identificar el desarrollo sostenible e incluyente en el proyecto de inversión.

Lipa (2019), en su investigación su objetivo principal es la estabilidad de las estructuras de contención y de la defensa ribereña, esta obra genera confianza en los pobladores y reduce las zonas críticas, tras ejecutarse estudios geológicos y geotécnicos, se analizó el sector para saber su verdadero estado y también se examinó las estructuras y las operaciones que se van ejecutando en el tiempo hasta la fecha.

El siguiente estudio se dividió en tres etapas importantes para un mejor trabajo, en la primera etapa se ejecutó las evaluaciones del talud a través de ensayos de laboratorio, la segunda etapa fue el cálculo del factor de seguridad aplicando el método de elementos finitos y equilibrio límite con el software SLOPE y en la tercera etapa y última se evaluó las estructuras. En conclusión las estructuras desempeñan la función de soporte de talud, el 92% del almacén está en óptimas condiciones por lo tanto el 8% sobrante está con mínimas deficiencias por actividades del ser humano, en las progresivas ubicadas en los kilómetros 00+400, 00+360, 00+320 y 00+40; y en la progresiva 00+600 se aprecia deficiencias por desprendimientos de rocas que afecta muy leve a la estructura modificando su factor de seguridad de volcamiento a 5.19 de todas maneras cumple porque es mayor a 2.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Defensas ribereñas

Las defensas ribereñas son estructuras que tienen como objetivo proteger áreas adyacentes a los ríos. Evitan la erosión o socavación de las laderas de los ríos e inundaciones en temporadas de crecida por consecuencias de las lluvias. Estas estructuras se ubican en zonas críticas para evitar posibles desastres donde la población es la más afectada. Cumplen su función de proteger, pero si no tiene un buen diseño se podría generar cambios en el flujo de los ríos.

Existen dos tipos de defensas ribereñas:

Las defensas ribereñas continuas, también llamadas marginales o longitudinales. Se apoyan sobre el lecho del río y el talud está en contacto permanente con las aguas del río. Pueden ser diques, muros de contención, etc. Es muy importante el diseño de la cimentación porque influye en el factor de profundidad de erosión que puede alcanzar el río en épocas de crecida.

Las defensas ribereñas discontinuas, son estructuras transversales en las orillas de los ríos se desempeñan básicamente como espigones. (Alvites y Parco, 2018).

Las defensas ribereñas también son llamados controladores ribereños. Las cuencas son muy importantes para las defensas ribereñas porque depende de la geomorfología si es costa, sierra o selva se realizan los diseños adecuados. Pero en general todas cumplen las siguientes funciones: (Andrade y Rafael, 2019).

- Reducir la velocidad de la corriente cerca de la orilla.
- Desviar la corriente de la orilla cuando ocurren desbordes.
- Prevenir la erosión de las márgenes del río.
- Establecer y mantener un ancho fijo para el río.
- Estabilizar el cauce fluvial.
- Controlar la migración de meandros. (Andrade y Rafael, 2019)

#### 2.2.1.1 Tipos de defensas ribereñas

##### 1. Geoceldas

Es un sistema tridimensional de confinamiento que permite a través de un suelo artificial lograr una buena compactación y drenaje del terreno. Estas celdas se constituyen de una malla formada por tiras plastificadas de polietileno de alta densidad por una alta soldadura ultrasónica en los anchos de las tiras. Ver Figura N° 9. (Aguilar, 2016).



Figura N° 9: Refuerzo de talud con Geoceldas

Fuente: Grupo Geofort (2016)

## 2. Muros de contención

Estos muros emplean su propio peso para poder soportar las fuerzas de empuje laterales de la tierra. Usualmente son macizos y no necesitan refuerzos. Son muy económicos y se utilizan en muros hasta de 3.00 m. de altura. Para alturas mayores se emplean otros tipos de muros con refuerzos. Ver Figura N° 10. (Gómez y Cahuana, 2018).



Figura N° 10: Vilcabamba, Santa Ana de Tusi y Tupac – Pasco

Fuente: Diario el Siglo (2018)

### 3. Espigones

Son estructuras que se utilizan para proteger y recuperar orillas, laderas erosionadas. Su principal función es desviar el flujo de las corrientes. Se utiliza en conjunto con una determinada distancia entre uno y otro para evitar el remanso y la sedimentación. Los espigones se pueden construir con concreto ciclópeo y también usando rocas. Se instala de manera transversal al cauce del río formando un ángulo de inclinación. Como se muestra en la figura N° 11. (Alvites y Parco, 2018).



Figura N° 11: Refuerza Sistema Hídrico en Huánuco y San Martín

Fuente: MINAGRI (2018)

### 4. Gaviones

Son componentes modulares de distintas formas, elaborados con mallas metálicas de forma hexagonal de doble torsión. Que se llena con gravas con una granulometría seleccionada para después ser cosido. Conjuntamente forman un armazón diseñado para evitar problemas geotécnicos, hidráulicos y control de erosión. Se arma y llena de forma manual o con equipos mecánicos ordinarios (Maccaferri, 2013)

Los gaviones son cajas de alambre galvanizado montadas en el mismo lugar del proyecto y se llenan con gravas, generalmente sacadas del río. Colocando cada elemento sobre otro se obtiene la forma de muros tipo gravedad con características permeables y flexibles. Como

recomendaciones generales para el dimensionamiento de gaviones, desde el punto de vista hidráulico, se tienen las siguientes consideraciones: (MTC, 2008)

El tamaño de las piedras debe ser suficientemente grandes y homogéneas para que no se produzcan pérdidas de material a través de las mallas de los gaviones, se recomienda en lo posible, piedras de tamaño nominal 1.5 veces el tamaño mínimo de la abertura de la malla.

Las piedras se deben seleccionar, tamizar y limpiar antes de rellenar las cajas de gaviones. La altura del muro de gaviones debe ser mayor que el nivel de avenida esperado. La sección transversal del muro de gaviones debe ser estable. El muro de gaviones debe contar con un colchón antisocavante que se extienda horizontalmente sobre la orilla una distancia mínima de 1.5 veces la profundidad de socavación esperada. (MTC, 2008)

#### 2.2.1.2 Tipos de gaviones

##### 1. Gaviones tipo caja

Es una estructura metálica, con forma de paralelepípedo que se construye con un único paño de malla hexagonal de doble torsión, que comprende base, tapa, paredes frontales y una trasera. El paño base se une durante su fabricación, los paneles que forman las dos paredes de las extremidades y los diafragmas. Ver Figura N° 12. (Maccaferri, 2013)

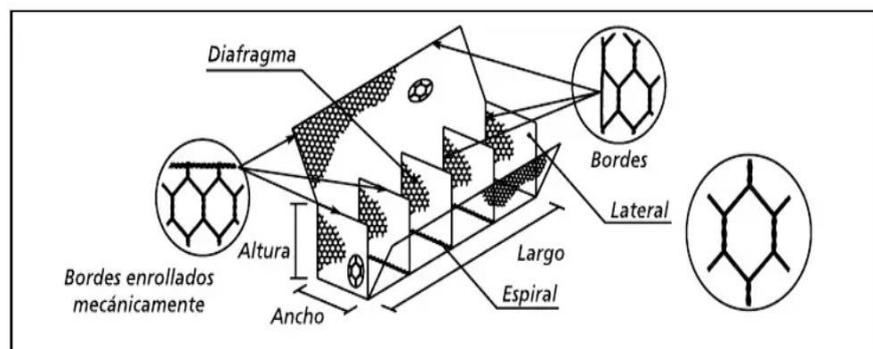


Figura N° 12: Elementos constituyentes de los gaviones tipo caja.

Fuente: Maccaferri. (2013)

Luego se retira el fardo y todos los elementos deben ser desdoblados y armados en la obra tomando la forma de un paralelepípedo. Para luego ser trasladado y montado a la obra y atado todavía vacío a los gaviones colindantes. Se llena con gravas de un diámetro medio nunca inferior al menor tamaño de la malla hexagonal. La red es de malla hexagonal de doble torsión, se produce con alambres de acero con bajo contenido de carbono, revestido con una aleación de zinc, aluminio 5% y tierras raras (recubrimiento Galfan). Se recomienda cuando está en contacto con el agua se utilice una malla elaborada de alambres con un recubrimiento complementario de plástico para proteger finalmente contra la corrosión. Los tamaños de los gaviones tipo caja son estandarizados como se muestra en la tabla N° 4. Las dimensiones de los gaviones tipo caja son estandarizadas:

- El largo, siempre múltiplo de 1 m y varía de 1 m a 4 m, con excepción del gavión de 1.5 m.
- El ancho es siempre de 1 m.
- El alto puede ser de 0.5 m ó 1m. (Maccaferri, 2013)

Tabla N° 4: Dimensiones estándar de los gaviones tipo caja

Gaviones Caja con Diafragmas				
Dimensiones Estándar			Volumen (m <sup>3</sup> )	Diafragmas
Largo (m)	Ancho(m)	Alto(m)		
1.50	1.00	0.50	0.75	-
2.00	1.00	0.50	1.00	1
3.00	1.00	0.50	1.50	2
4.00	1.00	0.50	2.00	3
1.50	1.00	1.00	1.50	-
2.00	1.00	1.00	2.00	1
3.00	1.00	1.00	3.00	2
4.00	1.00	1.00	4.00	3

Fuente: Maccaferri (2013)

## 2. Gaviones tipo saco

Es un armazón metálico con una forma de cilindro, que se arma con un solo paño de malla hexagonal de doble torsión que en sus extremos se encuentra un alambre especial que pasa alternadamente por las mallas que permite la instalación del elemento en el proyecto. Ver Figura N° 13. (Maccaferri, 2013)

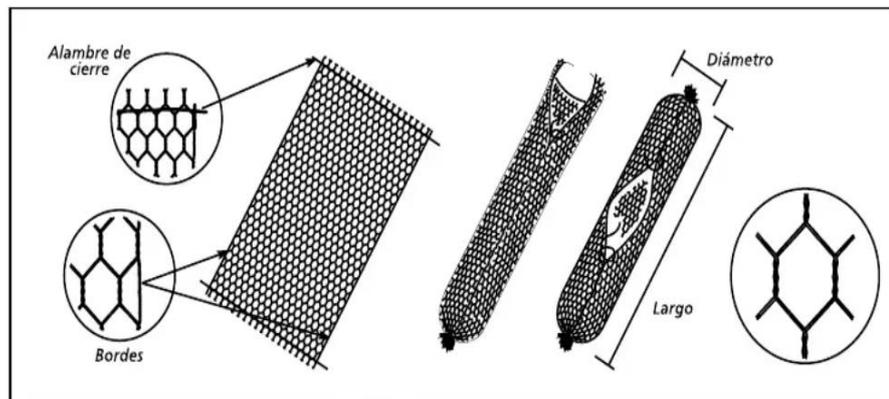


Figura N° 13: Elementos constituyentes de los gaviones tipo saco

Fuente: Maccaferri (2013)

Este tipo de gavión es multifuncional por la forma de cilindro y procedimiento constructivo, de esta manera se permite que el armado y llenado se realice en obra para su siguiente instalación, con ayuda de equipos mecánicos. Casi siempre se utiliza como armazón de contención cuando existe presencia de agua o sobre suelos de baja capacidad de soporte, por su fácil instalación. Esta cualidad del gavión tipo saco se considera como un mecanismo importante en obras de emergencia. Luego de ser armado se llena con celeridad cerca al lugar de uso. El llenado se procede por un lado (tipo saco). Después se procede a su almacenamiento para su futuro uso o su inmediata colocación con la ayuda de una grúa. Se llena con gravas y su instalación no es riguroso como los gaviones tipo caja. La dimensión menor de las gravas no puede ser menor a la abertura de la malla. No es necesario atar a los gaviones tipo saco. La red de la malla hexagonal de doble torsión se hace con alambres de acero con bajo contenido de carbono y está recubierto con una aleación de zinc, aluminio de (5%) y tierras raras (recubrimiento Galfan) que protege contra la corrosión.

Se emplea una malla de recubrimiento adicional de material de plástico para una protección permanente contra la corrosión. Las dimensiones de los gaviones saco son estandarizadas:

- El largo siempre es múltiplo de 1 m y varía de 1 m a 6 m.
- El diámetro es siempre de 0.65 m. (Maccaferri, 2013)

Tabla N° 5: Dimensiones estándar de gaviones seco

Gaviones Tipo Saco		
Dimensiones estándar		
Largo (m)	Diámetro (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
2.00	0.65	0.65
3.00	0.65	1.00
4.00	0.65	1.30
5.00	0.65	1.65
6.00	0.65	2.00

Fuente: Maccaferri (2013)

### 3. Gaviones tipo colchón Reno

“Es una estructura metálica, con forma de paralelepípedo, de una gran área y pequeño espesor. Está compuesto por dos elementos separados, la base y la tapa ambos son producidos con una malla hexagonal de doble torsión” (Maccaferri, 2013, p.20) Ver Figura N° 14

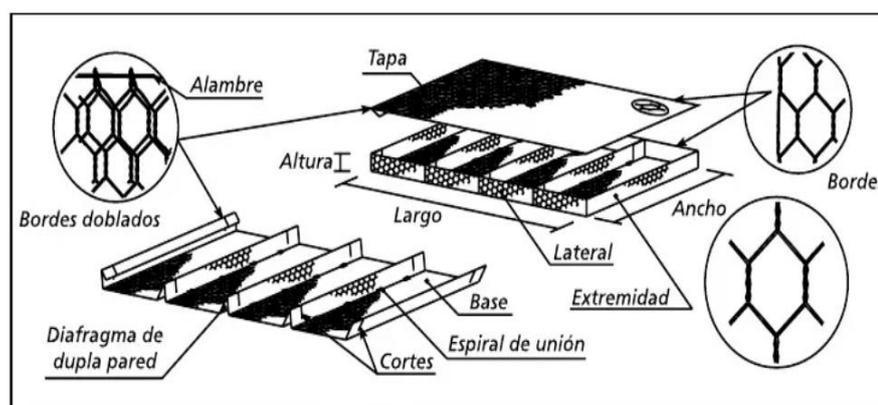


Figura N° 14: Elementos Constituyentes de los Colchones Reno

Fuente: Maccaferri (2013)

El paño que forma la base es doblado, durante la producción, para formar los diafragmas, uno a cada metro, los cuales se divide el colchón en celdas de aproximadamente dos metros cuadrados. En obra, el colchón es desdoblado y montado para que asuma la forma de paralelepípedo. Posteriormente se transporta y ubica conforme a lo especificado en el proyecto y cosido aún vacío a los colchones reno adyacentes. Se llena con material pétreo, con diámetro medio nunca inferior a la menor dimensión de la malla hexagonal. Son estructuras flexibles adecuadas para la construcción de obras complementarias tales como plataformas de deformación para proteger la base de los muros, canaletas de drenaje, revestimiento de taludes además de su función principal, que es actuar como revestimiento flexible de márgenes y fondos de cursos de agua. La red, en malla hexagonal de doble torsión, se produce con alambres de acero con bajo contenido de carbono, revestido con una aleación de zinc, aluminio (5%) y tierras raras (revestimiento Galvan), que confiere protección contra la corrosión. Como estos elementos trabajan en contacto constante con agua y en ambientes normalmente agresivos, se utiliza para la producción de colchones reno, una malla producida con alambre con revestimiento adicional de material de plástico, que ofrece una protección definitiva contra la corrosión. Se indica que, aun cuando en la fase de diseño el análisis del agua indique que esta no es agresiva, es casi imposible realizar una estimación de la calidad después de unos años. Las dimensiones de los colchones reno son estándar. Su longitud, siempre es múltiplo de 1 m y varía entre 3 m a 6 m, en cuanto a su ancho es siempre de 2 m. Su espesor puede variar entre 0.17 m, 0.23 m y 0.30 m. (Maccaferri, 2013)

Tabla N° 6: Dimensiones estándar de gaviones tipo colchón Reno

Colchones Reno				
Dimensiones estándar			Área (m <sup>2</sup> )	Diafragmas
Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)		
3.00	2.00	0.17	6	2
4.00	2.00	0.17	8	3
5.00	2.00	0.17	10	4
6.00	2.00	0.17	12	5
3.00	2.00	0.23	6	2
4.00	2.00	0.23	8	3
5.00	2.00	0.23	10	4
6.00	2.00	0.23	12	5
3.00	2.00	0.30	6	2
4.00	2.00	0.30	8	3
5.00	2.00	0.30	10	4
6.00	2.00	0.30	12	5

Fuente: Maccaferri (2013)

### 2.2.1.3 Estructuras de gaviones

- Material de llenado

Para el llenado de los gaviones se usa material de origen pétreo que cumpla con las características técnicas, funcionales y de durabilidad. Como cantos rodados o gravas trituradas. Si no se cuenta con canteras disponibles o el material tiene un precio elevado se puede optar por sacos llenos de arena, escombros, escorias de alto horno, bloques de concreto, etc. Aunque estas alternativas reducen las cualidades del muro como flexibilidad y permeabilidad. Se recomienda el uso de material con alto peso específico, porque se trata de un muro de gravedad que depende de su propio peso. Se debe rechazar gravas solubles, friables o de poca dureza. Si la obra o proyecto se encuentra en una zona de bajas temperaturas se tiene que rechazar gravas que se fracturen por efectos de congelamiento. Las medidas que más se

utilizan para el llenado varía entre 1.5 a 2 veces la dimensión “D” de la malla de red. Las gravas de menor tamaño facilitan una mejor distribución de las gravas a la hora de llenar los gaviones y genera una mejor distribución de las cargas actuantes y mayor flexibilidad en el armazón. (Maccaferri, 2013)

- Trabajos Preliminares

Los gaviones se distribuyen doblados y unidos en fardos. La cuerda o acople que se necesita para las actividades de armado y unión de los gaviones se envía dentro del mismo fardo o por separado. El fardo se debe almacenar en un sitio cerca al lugar de montaje. Se recomienda que el sitio de armado de los gaviones debe ser plano y duro con medidas de 16 m<sup>2</sup> y con una pendiente de 5%. El gavión se forma de un solo paño que se dobla y forma la cara superior, anterior, inferior y posterior de la caja. A este paño se fija dos paños menores y cuando se levanta estos paños se forma las caras laterales. A continuación, otros paños se colocan al paño mayor con una espiral para formar los diafragmas internos. (Maccaferri, 2013)

- Montaje

En el montaje se retira cada pieza de fardo y se transporta doblada al sitio elegido. Se abre el fardo y con los pies se suprimen las irregularidades de los paños como se observa en la figura N° 15. La cara frontal y la tapa se dobla y levanta en posición vertical y de la misma manera la cara posterior. De esta manera se obtiene la forma de un paralelepípedo abierto (una caja). Finalmente creada la caja se juntan los alambres de las aristas que sobresalen de los bordes de los paños que se doblan como se observa en la figura N° 16. Se utiliza el alambre que se entregó junto con los gaviones, se atan los bordes verticales. De igual manera se ata los diafragmas. De esta forma los gaviones se dividen en células iguales. (Maccaferri, 2013)



Figura N° 15: Preparación para el montaje de un gavión

Fuente: Maccaferri (2013)



Figura N° 16: Posicionamiento de los paneles laterales y diafragma

Fuente: Maccaferri (2013)

- Colocación

Se transporta el elemento montado al sitio establecido y se sitúa adecuadamente. Se amarran los elementos todavía vacíos uno al otro

a lo largo de todos los bordes en contacto excepto la tapa, de esta manera se forma la primera serie de la estructura como se observa en la figura N° 17. Las tapas se doblan hacia la cara externa para facilitar el llenado. (Maccaferri, 2013)

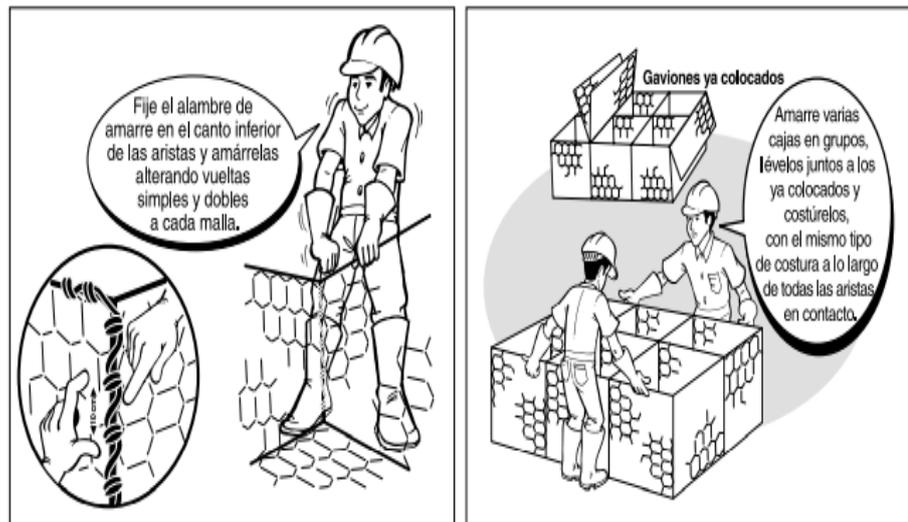


Figura N° 17: Costuras de las aristas con alambre de amarre y posicionamiento de los gaviones antes de su llenado.

Fuente: Maccaferri (2013)

Se debe nivelar y preparar el terreno con antelación. Asimismo, se tiene que verificar las características de resistencia del terreno. Sin embargo, si las características del terreno no se cumple la hilera superior del terreno debe ser reemplazado por material granular con excelentes propiedades. (una resistencia con características menores a lo proyectado puede generar un peligro para la estabilidad de la obra). Para que la estructura presente una estética adecuada, se debe realizar un buen acabado de la cara frontal, para esto se debe realizar un buen encofrado. El encofrado se forma con tres tablas con medidas de 2 a 3 cm de espesor, 4 a 5 m de largo y 20 cm de ancho, se mantiene paralelas a 20 cm de distancia una de la otra por tablas transversales menores y se forman grillas de alrededor de 1 x 4 m o 1 x 5 m. Cada

encofrado se fija a la cara externa y se utiliza el mismo alambre de amarre. Ver figura N° 18. (Maccaferri, 2013)

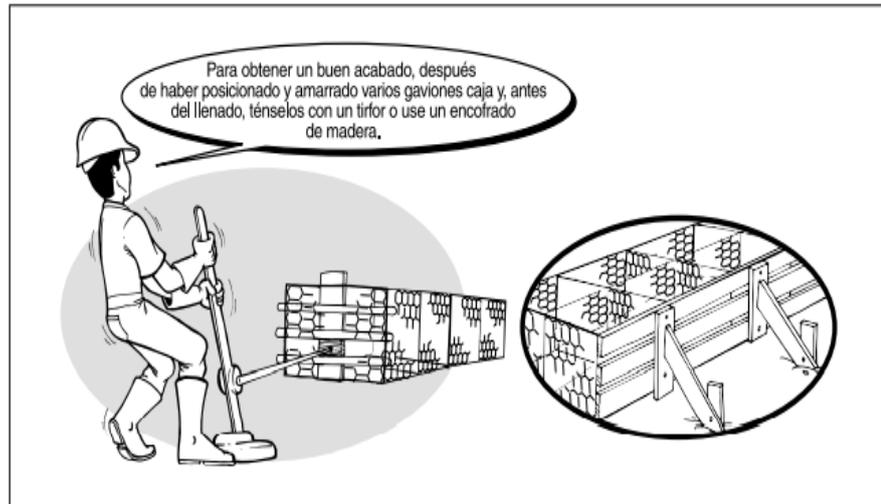


Figura N° 18: Detalle de utilización del encofrado

Fuente: Maccaferri (2013)

- Llenado

Se utilizan gravas limpias, compactas, no friables, ni solubles al agua para alcanzar con el comportamiento y resistencia que se desea para la estructura. Las gravas se deben colocar adecuadamente para disminuir al máximo el índice de vacíos. Se colocan dos tirantes de forma horizontal a cada metro cúbico en cada unidad. Los tirantes se amarran a dos torsiones (mínimo cuatro alambres diferentes) de la cara frontal (se aprovecha el área libre entre las tablas del encofrado) y a dos de la posterior de la siguiente célula. Los gaviones de 1 m de altura después de esta fase de llenado, se debe llenar otro tercio de la unidad y repetir la actividad como se observa en la figura N° 19. Se debe tener mucha precaución para que el desnivel de las gravas adyacentes no exceda los 30 cm, de esta manera se evita la deformidad del diafragma y las caras de los costados, por tanto, se facilita el llenado cerrado de la tapa. De esta forma se llena cada celda hasta una altura que sobrepase alrededor de los 0.03 a 0.05m del gavión. Si pasa este límite se pueden producir problemas al momento de cerrar el gavión. (Maccaferri, 2013)

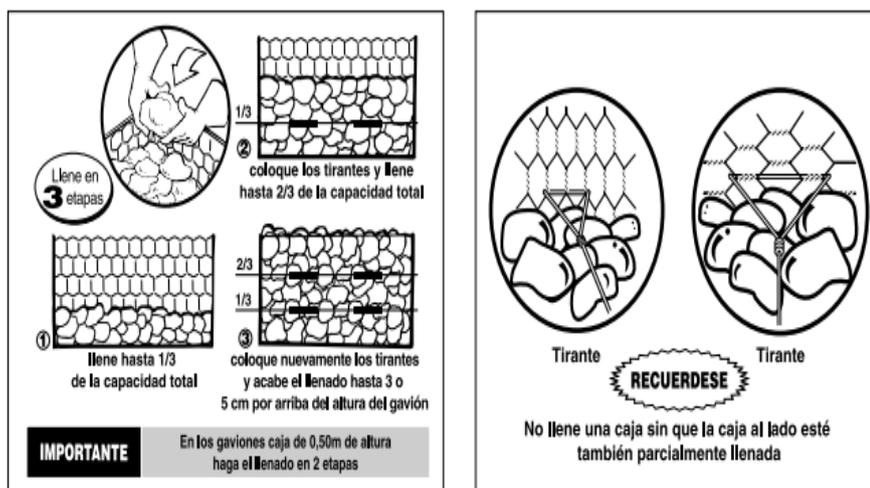


Figura N° 19: Llenado de un gavión con 1,0 m de altura y detalle de la colocación de los tirantes

Fuente: Maccaferri (2013)

- Cierre

Ya finalizado el llenado de las células, la tapa que se ubica plegada, tendrá que ser desplegada sobre la caja con el objetivo de cerrar superiormente el gavión. Para luego ser atada a todo su perímetro libre y todos los paneles verticales para terminar con los diafragmas. La atadura debe conectar a los límites de los gaviones adyacentes. (Ver figura N° 20). (Maccaferri, 2013)

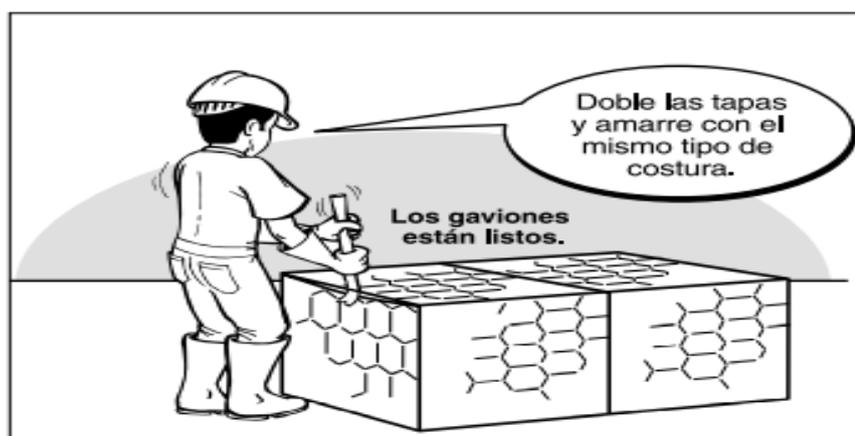


Figura N° 20: Detalle de la etapa de cierre del gavión tipo caja

Fuente: Maccaferri (2013)

### 2.2.2 Diseño de gaviones

En el diseño estructural de los gaviones, Rojas (2009), indica que para tener un diseño adecuado se debe considerar los siguientes aspectos:

- Los componentes del muro deben ser capaces de resistir los esfuerzos de corte y momento internos generados por las presiones del suelo y demás cargas.
- El muro debe ser seguro contra un desplazamiento lateral.
- El muro debe ser seguro contra un posible volcamiento.
- Las presiones no deben sobrepasar la capacidad de soporte del peso de fundación. (Cochachin, 2014)

#### a) Fuerzas y parámetros de los suelos

- Peso del muro
- Empuje activo
- Empuje pasivo
- Fuerza sustentable, y
- Fuerza de resistencia al deslizamiento.
- Así mismo, los parámetros del suelo de relleno y de fundación:
- Peso unitario ( $\gamma'1$ ), ángulo de fricción ( $\phi'1$ ) y cohesión ( $c'1$ ) del suelo de relleno.
- Peso unitario ( $\gamma'2$ ), ángulo de fricción ( $\phi'2$ ) y cohesión ( $c'2$ ) del suelo de fundación.

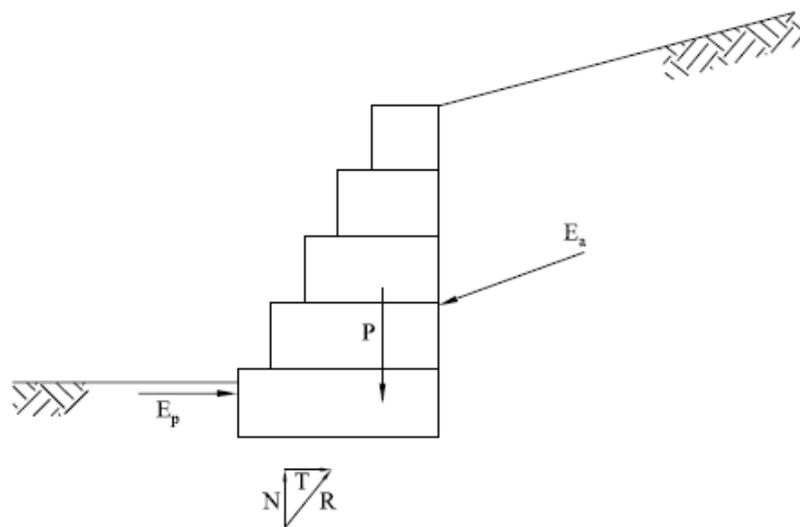


Figura N° 21: Fuerzas actuantes en un muro de contención

Fuente: Maccaferri (2013)

Las comprobaciones de estabilidad externa se considera la evaluación de las siguientes fallas:

- Por volcamiento
- Por deslizamiento
- Por hundimiento o capacidad de carga.

b) Método de obras de contención a gravedad

Según Crespo (1996), indica las fórmulas de Rankine para el cálculo de empuje activo y pasivo. Este método se basa en las teorías de Coulomb y Rankine. La experiencia de obras realizadas y las pruebas efectuadas demuestra que los resultados obtenidos, adaptando estas teorías a proyectos en suelos reforzados, conducen a resultados (dimensionamientos) a favor de la seguridad y muy conservadores. Existen límites de validez de tales teorías debido a la esquematización de los cálculos que son relativamente simples (terreno en una única camada, sin la presencia del nivel freático, suelo no cohesivo, terreno a contener con superficie constante, etc.). Estas teorías tratan de determinar los diferentes empujes que se produce en la tierra, tanto en caso pasivo como en activo: Coulomb supone en su teoría las siguientes premisas. (Cochachin, 2014)

1. El suelo es isotrópico y homogéneo.
2. La superficie de ruptura es un plano. (Coulomb reconoció que esto no es cierto, pero facilita enormemente los cálculos sin alejarse mucho de la realidad).
3. Las fuerzas de fricción están distribuidas uniformemente a lo largo del plano de ruptura y supone un coeficiente de fricción.
4. La cuña de ruptura es un cuerpo rígido.
5. Existen las fuerzas de fricción entre suelo y muro.
6. La falla es un problema tridimensional

Rankine (1789), propone que la estabilidad de una masa granular sea tratada por medio de la teoría matemática de la estabilidad direccional sin recurrir a sus posiciones ni artificios, tomando en cuenta las siguientes condiciones

1. Suelo isotrópico y homogéneo.
2. La superficie de falla es un plano.

3. No hay fricción entre suelo y muro.
4. La masa que falla actúa como un cuerpo rígido.
5. La dirección del empuje es paralela al talud del terreno.
6. El talud se prolonga indefinidamente.
7. Considera al suelo sin cohesión  $C = 0$  (Cochachin, 2014)

c) Empuje activo.

Para identificar el área del empuje activo hay dos alternativas. La primera es la geometría de los gaviones y que la cara en contacto con el macizo contenido sea plana como en la figura N° 22(a). En el segundo caso la parte con forma de escalones de los gaviones está en contacto con el macizo como se observa en la figura N° 22 (b).

Para identificar el empuje activo que se ejerce sobre la estructura de contención se necesita saber los parámetros del suelo. Estos parámetros son el peso específico ( $\gamma$ ), el ángulo de fricción interno ( $\phi$ ) y su cohesión ( $c$ ). (Maccaferri, 2013)

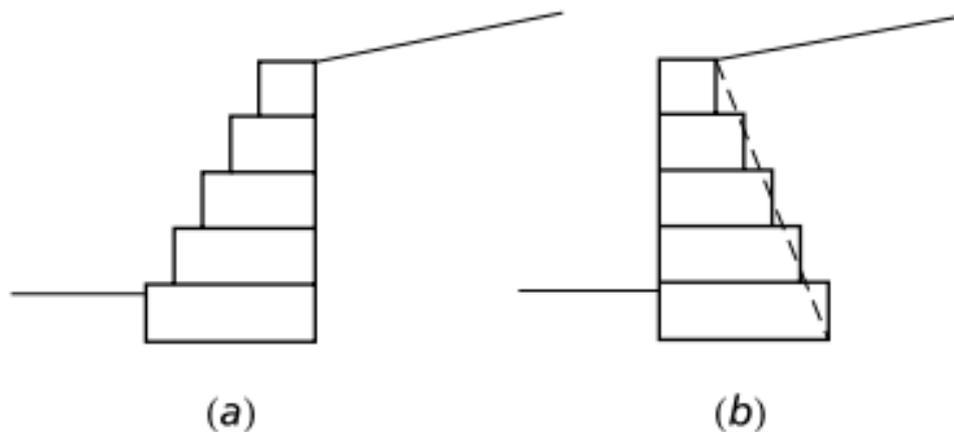


Figura N° 22: Plano de aplicación de empuje activo

Fuente: Maccaferri (2013)

El empuje activo se debe a una altura igual de tierra. (Ver fórmulas N° 29-30-31)

$$Ph = Ka \gamma h \quad \dots\dots\dots (29)$$

$$Ka = \cos(\delta) \frac{\cos(\delta) - \sqrt{\cos^2(\delta) - \cos^2(\theta)}}{\cos(\delta) + \sqrt{\cos^2(\delta) - \cos^2(\theta)}} \quad \dots\dots\dots (30)$$

$$Ea = \frac{1}{2} Ka \gamma h^2 \quad \dots\dots\dots (31)$$

Siendo:  $\gamma$  = peso del relleno

d) Empuje Pasivo

Fuerzas provocadas por el estado pasivo, donde exista la opción que el suelo se deforma lateralmente, incrementando la fuerza horizontal hasta un valor máximo donde se alcance su estado de tensión de falla. (CE.020, 2012) (Ver fórmula N° 32)

$$Ka = \frac{1}{2} \gamma h_1^2 \cos(\delta) \frac{\cos(\delta) + \sqrt{\cos^2(\delta) - \cos^2(\theta)}}{\cos(\delta) - \sqrt{\cos^2(\delta) - \cos^2(\theta)}} \quad \dots\dots\dots (32)$$

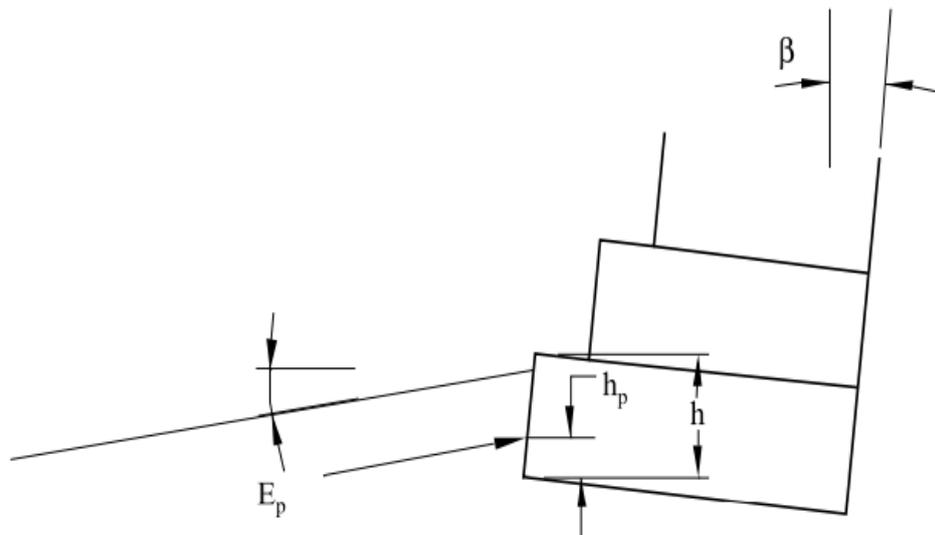


Figura N° 23: Diagrama de empuje pasivo

Fuente: Maccaferri (2013)

e) Ángulo de fricción

El ángulo de fricción interno del suelo se debe determinar a partir de ensayos de resistencia al corte directo o compresión triaxial. Se recomienda realizar un análisis de tensiones normales efectivas que actúan en el terreno. Se debe realizar ensayos que permitan determinar la envolvente de la resistencia efectiva del suelo. En la tabla N° 7 se observa valores de ángulos de fricción. (Maccaferri, 2013)

Tabla N° 7: Ángulo de fricción interna

Tipo de suelo	Angulo de fricción (grados)
Arena angular, suelta	32 – 36
Arena angular, compacta	35 – 45
Arena sub - angular, suelta	30 – 34
Arena sub - angular, compacta	34 – 40
Arena redondeada, suelta	28 – 32
Arena redondeada, compacta	32 – 38
Arena limosa, suelta	25 – 35
Arena limosa, compacta	30 – 36
Limo	25 – 35

Fuente: Maccaferri (2013)

f) Capacidad portante del suelo

Según Sans (1975), la capacidad portante es la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzca un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. (Cochachin, 2014) (Ver tabla N°8).

Tabla N° 8: Capacidad portante del suelo

Datos referenciales	
Roca maciza	100
Roca sedimentaria	15
Gravas (compactadas, med. comp. Sueltas)	5,4,3
Arenas (compactadas, med. comp. Sueltas)	3.75, 3, 2.25
Arena o grava arcillosa	2
Suelos inorgánicos, arena fina	1
Arcilla inorgánica plástica	1

Fuente: Cochachin (2014)

g) Granulometría

Coefficiente de rugosidad de cauces naturales (n de Manning)

Se necesita de experiencia para conseguir el coeficiente de Manning para efectuar las estimaciones. Asimismo, se puede buscar antecedentes de casos semejantes, tablas y publicaciones técnicas existentes.

En la tabla N° 9 se observa valores del coeficiente de rugosidad de Manning donde se aprecia que el valor del coeficiente de rugosidad se basa de diversos factores vinculados a la vegetación, geomorfología y características geométricas de los cauces naturales, según el cálculo del coeficiente de rugosidad se estima mediante la siguiente relación:

$$n = m5(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \dots\dots\dots(33)$$

n<sub>0</sub>: Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.

n<sub>1</sub>: Rugosidad adicional se debe a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo de estudio.

n<sub>2</sub>: Rugosidad adicional equivalente se debe a la variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo en estudio.

n<sub>3</sub>: Rugosidad equivalente se debe a obstrucciones existentes en el cauce.

n<sub>4</sub>: Rugosidad adicional equivalente se debe a la presencia de vegetación.

m<sub>5</sub>: Factor de corrección para incorporar efecto de sinuosidad del cauce o presencia de meandros. (MTC, 2011)

Tabla N° 9: Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente “n”

Condiciones del canal		Valores	
	Tierra		0.020
Material involucrado	Corte de roca	n0	0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
	Suave		0.000
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
	Gradual		0.000
Variaciones de la sección transversal	Ocasionalmente alternante	n2	0.050
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
	Insignificante		0.000
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor	n3	0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
	Baja		0.005-0.010
Vegetación	Media	n4	0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.10
Grado de los efectos por meandro	Menor	m5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: MTC (2011).

#### 2.2.2.1 Verificación al deslizamiento

El deslizamiento de una estructura sucede cuando la resistencia contra el deslizamiento de toda la base del muro de contención más la suma del empuje pasivo no es suficiente para resistir el empuje activo. (Maccaferri, 2013) (Ver figura N° 24)

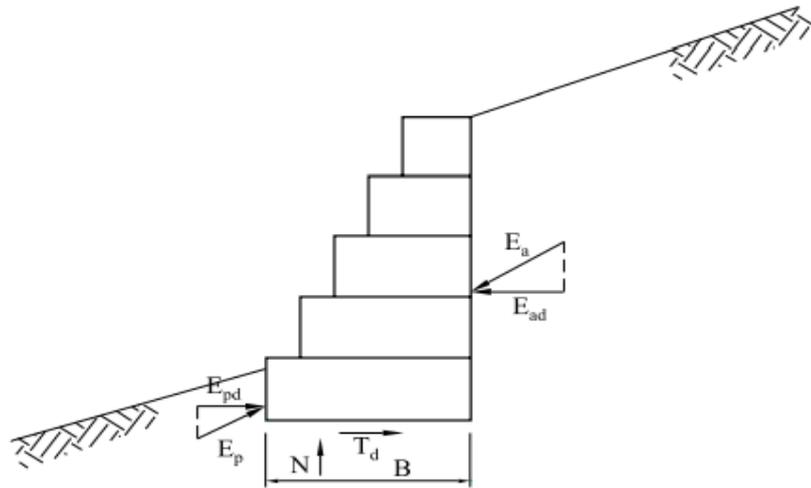


Figura N° 24: Diagrama de fuerzas

Fuente: Maccaferri (2013)

Dónde:

- Ea: Empuje activo
- Td: Fuerza de tensión
- N: Fuerza normal
- Ep: Empuje pasivo

La fuerza que sostiene es igual a la suma de fuerzas verticales, incluyendo la componente vertical del empuje. (Ver fórmula N° 34)

$$N = \sum Fr \dots (34)$$

La resistencia al deslizamiento no es más que el coeficiente de fricción multiplicado por la fuerza sustentante: (Ver fórmula N° 35)

$$T = Fn \dots (35)$$

Dónde:

- F = Factor de deslizamiento
- N = Fuerza sustentante
- f = Coeficiente de fricción
- T = Fuerza de tensión

El coeficiente de fricción (f) se toma como la tangente del ángulo ( $\varphi$ ) de fricción externa: ( $2/3 \varphi$ ). (Ver fórmula N° 36)

$$f = \text{tg}(2/3 \varphi) \dots\dots\dots (36)$$

El factor de seguridad contra deslizamiento es usual tomarlo como 1.5 aunque se puede tomar un valor mayor, según sea el caso. Por consiguiente, para el análisis de estabilidad contra deslizamiento tenemos que la fuerza resistente dividida por el empuje activo horizontal es igual al factor de seguridad: (Cochachin, 2014) (Ver fórmula N° 37)

$$F.S = \frac{Fr}{EaH} \dots\dots (37)$$

Dónde:

- F.S. =Factor de seguridad.
- Fr = Fuerza resistente
- EaH =Empuje activo horizontal

#### 2.2.2.2 Verificación al volcamiento

El vuelco de una estructura ocurre cuando el valor del momento del empuje activo con relación al punto “A” que se ubica en el pie del muro como se observa en la figura N°25 supera el valor del momento del peso propio de la estructura sumado el momento del empuje pasivo. El punto de giro es el punto “A”. El valor mínimo para el coeficiente de seguridad contra el vuelco es de 1.5. (Maccaferri, 2013) El momento estabilizante dividido el momento de volteo es igual al factor de seguridad contra volteo. (Ver fórmula N° 38)

$$F.S = \frac{M_E}{M_Y} \dots\dots (38)$$

Dónde:

- F.S. =Factor de seguridad contra volteo.
- ME =Momento estabilizante.
- Mv = Momento de volteo.

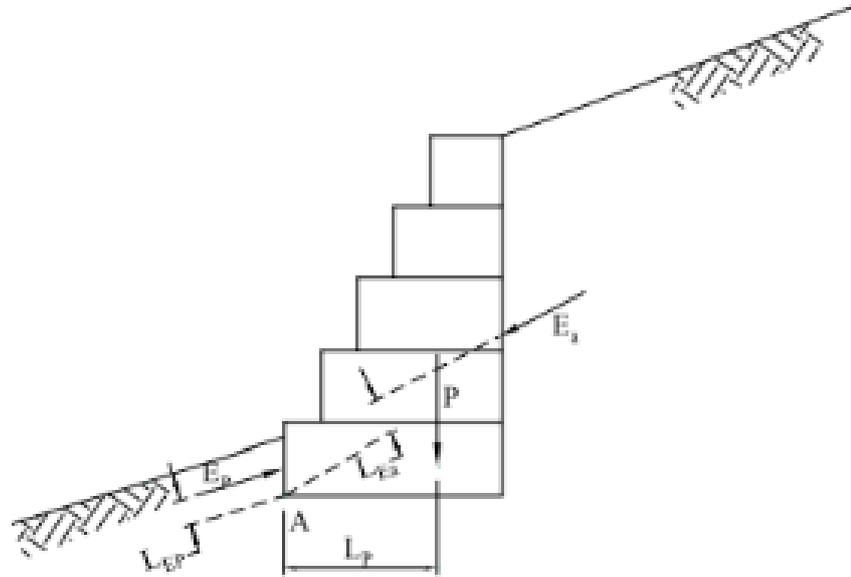


Figura N° 25: Diagrama de fuerzas verificación al volcamiento

Fuente: Maccaferri (2013)

### 2.2.2.3 Verificación de las tensiones transmitidas al terreno

Una de las verificaciones necesarias son las presiones aplicadas al terreno. Estas tensiones no pueden superar la capacidad portante del suelo o terreno. Se utiliza el equilibrio de momentos que actúa sobre la estructura y se determina el punto donde se aplica la fuerza normal. La fuerza normal es la resultante de las presiones normales que actúa en la base de la estructura de contención. Estas presiones para ser identificadas se debe conocer la forma de distribución. Generalmente se acepta una distribución lineal para las presiones por lo tanto los valores máximos y mínimos sucede en los extremos de la base de la estructura. (Ver figura N° 26) (Maccaferri, 2013)

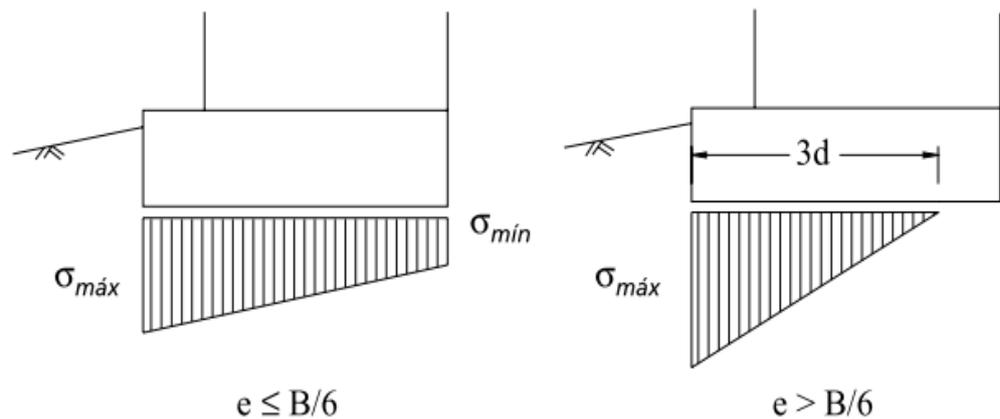


Figura N° 26: Diagrama de fuerzas de las tensiones transmitidas al terreno

Fuente: Maccaferri (2013)

$$\{\sigma_{max} \sigma_{min} = \frac{N}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right); \text{ para el caso de } e < \frac{B}{6} \text{ t/m}^2 \sigma_{min}. B$$

(Ver fórmula N°39)

Dónde:

- $\sigma_{max}$ . = Presión máxima
- $\sigma_{min}$ . = Presión mínima
- N = Fuerza sustentante
- B = Base del muro
- $e = B/2 - (M_r - M_v) / N$ , es la excentricidad de la resultante

El valor de la tensión resultante se debe mantener debajo de la tensión permisible del terreno. Este valor puede obtenerse por diferentes métodos como las expresiones de Terzaghi, Hansen, Meyerhoff, etc. También puede usarse tablas que dan la resistencia en función del tipo de suelo y para arenas y arcillas, en función del SPT.

Debido a la flexibilidad de los gaviones, es posible que la resultante caiga fuera del núcleo central de inercia, sin llegar a valores elevados en la tensión de tracción, ya que se reduce la sección de trabajo de la base. (Cochachin, 2014)

La excentricidad real será:

- $e' = B/2 - e$ ; para  $e > B/6$  ..... (Ver fórmula N°40)
- $q_{max.} = 2 N/3 e'$ ;  $t/m^2$  ..... (Ver fórmula N°41)
- $q_{min.} = q_{max.} (B - 3e') / 3e'$ ;  $t/m^2$  ..... (Ver fórmula N°42)

Se considera conveniente que  $q_{min}$  sea  $\leq 2t/m^2$  en tracción y  $q_{max}$  no deba sobrepasar la tensión admisible del terreno. (Cochachin, 2014)

d) Ventajas y desventajas de uso de gaviones

- Ventajas

- Flexibilidad: los muros de gavión son construidos con mallas de triple torsión, que permiten asentamientos y deformaciones sin perder la eficiencia y función estructural. Esta propiedad es muy importante cuando la obra debe soportar grandes empujes del terreno y a la vez, está fundada sobre terrenos inestables. Por el contrario, de las estructuras rígidas, el colapso no ocurre de manera repentina, lo que permite realizar acciones de recuperación.
- Permeabilidad: al estar conformados por malla y rellenos de roca, son estructuras en gran medida permeables, lo que dificulta que se generen presiones hidrostáticas. De igual manera cumplen la función de drenes que permiten la evacuación de las aguas de percolación, optimizando así las secciones de estas estructuras. Además, es recomendable el uso de geotextil sobre todo el área de contacto suelo-muro, y, la colocación de un material granular, como filtro, en la espalda del muro, con la finalidad de evitar que el material fino penetre en el gavión, y obstruya el paso de las aguas. Este material de filtro debe estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de 19 mm (3/4") y el de 75 mm (3"), y el porcentaje pasando el tamiz #200 debe ser menor o igual al 3%. Así se garantiza que no se generará presiones hidrostáticas, a largo plazo, para las cuales el muro no ha sido diseñado.

- Durabilidad: A razón de la presencia de la malla de acero, el peso propio y el carácter monolítico, las estructuras con gaviones son aptos de resistir esfuerzos de tracción y empujes generados por el terreno y cargas adyacentes. Los gaviones modernos incorporan galvanizado, logrando así retardar el efecto que las condiciones climatológicas ejercen sobre el acero. El alambre de triple torsión evita mediante su trenzado que se desarme por efecto de una rotura accidental o intencionada.
  - Sencillez constructiva: regularmente no requiere cimentación. No requiere de mano de obra especializada. Por la naturaleza de los materiales que se emplean en los gaviones, estos permiten su construcción de manera manual o mecanizada en cualquier condición climática.
  - Resistencia: el cesto metálico tiene la misión de evitar el desprendimiento de la roca, así como las sollicitaciones laterales. Se consigue un gran dominio en todos los esfuerzos de compresión, tensión y torsión.
  - Poco mantenimiento: requieren poco o ningún mantenimiento.
  - Estética e integración al ambiente: estos muros se integran de manera natural a su entorno, no constituyen barreras al paso de las aguas y están formados por materiales inertes que benefician el crecimiento de vegetación conservando el ecosistema existente.
  - Economía: al ser comparados con otras estructuras de contención, los muros de gaviones presentan costos más bajos. La facilidad de armado de las unidades de gaviones hace que estos no requieran mano de obra especializada. Las herramientas para emplearse son simples (cizallas, alicates, etc.), logrando de esta manera altos rendimientos en la instalación.
- Desventajas
- Obtención de la roca: depende de la ubicación de la obra, conseguir la piedra necesaria puede resultar costoso. En estos casos el traslado de la piedra desde la cantera de origen hasta el lugar de colocación puede convertirse en una carga no asumible.

- Tamaño y tolerancia: se pueden realizar muros de gaviones a medida para todo tipo de necesidades, aunque tienen un costo elevado. Al ser muros de gravedad, su espesor aumenta proporcionalmente con la altura, por lo que para grandes alturas el volumen de piedra aumenta de tal forma que hace antieconómica la solución.
- Deterioro: existen variados tipos de alambre. Si los utilizados cuentan con un galvanizado pobre, el paso del tiempo acabará por deteriorarlos hasta provocar roturas irreversibles. Las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambientes ácidos.
- Colonización de plantas y animales: el relleno de los gaviones puede convertirse en un lugar donde proliferan las plantas o aniden diversos animales, si no es algo planificado puede resultar una desventaja. (Arroyo y Capuñay 2016).

### 2.2.3 Hidrología

#### 2.2.3.1 Cuenca hidrográfica

La cuenca de drenaje o hidrográfica de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido. (Villón, 2011).

Hay dos tipos de cuenca, la superficial y la subterránea y que ambas están ligadas, también por su punto de salida del drenaje existen básicamente dos tipos de cuencas, la endorreica y la exorreica el cual, en la primera, el punto de salida está dentro de los límites de la propia cuenca y casi siempre es un lago, de la exorreica su punto de salida se halla en los límites de la cuenca y está en el mar u otra corriente. (Aparicio, 1992)

#### 2.2.3.2 Precipitación

Según Villón (2011), la precipitación, es la humedad en todas sus formas que, se origina en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo con esta definición las precipitaciones pueden ser en forma de:

- Lluvias
- Granizadas
- Garúas
- Nevadas

En la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

- Medición de precipitación

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua, y se expresa comúnmente en milímetros (mm). Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumula en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. (Villón, 2011).

Existen aparatos especiales para medir la precipitación que cae sobre una zona, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones en:

- Pluviómetros.
- Pluviógrafos.

### 2.2.3.3 Tormenta

Según Villón (2011), al total de lluvias que están dentro de una misma perturbación meteorológica se le denomina tormenta o borrasca que tienen características bien definidas. Con esta definición una tormenta puede durar minutos, horas y también días, que pueden abarcar extensiones variables dependiendo de la zona geográfica en el cual se está dando la tormenta.

Para realizar los cálculos o estudios previos, al diseño de las obras ingenieriles en la parte hidráulica se debe de tomar en cuenta el análisis de las tormentas, como son:

- Estudio de drenaje.
- Determinación de caudales máximos, que deben pasar por el aliviadero de una represa, o que deben encauzarse para impedir las inundaciones.

- Determinación de la luz de un puente.
- Conservación de suelos.
- Cálculo del diámetro de alcantarillas.

Las dimensiones de estas obras hidráulicas dependen directamente de la magnitud que las tormentas tengan, y de la frecuencia o período de retomo, esto a su vez determina el coeficiente de seguridad que se da a la obra, o los años de vida probable de la misma.

Se entiende que debe ser mejor diseñar una obra para una tormenta de máxima intensidad y de duración indefinida, pero esto significa dimensiones grandes de las obras hidráulicas y lógicamente hay un límite, después del cual, los gastos ya no compensan el riesgo que se pretende cubrir. Entonces, en la práctica, no se busca una protección absoluta, sino la defensa contra una tormenta de características bien definidas, o de una determinada probabilidad de ocurrencia.

- Intensidad de lluvia

Según Villón (2011), la intensidad de lluvia es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado, ella es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo. Según esto la intensidad se expresa de la siguiente forma:

$$I \text{ máx.} = P/t$$

En nuestro país la gran mayoría de estaciones de lluvias, no cuentan con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas. En estos casos para poder estimarlas se recurre a principios teóricos.

- Duración de tormenta

La duración de una tormenta es el intervalo de tiempo que transcurre entre el inicio y el fin de la tormenta. En este punto se define el periodo de duración, que es un determinado periodo de tiempo, tomado en minutos u horas, dentro del total que dura la tormenta. La determinación de las intensidades máximas tiene mucha relevancia en el análisis de las tormentas. (Villón, 2011).

- Periodo de retorno

Es el intervalo de tiempo promedio en donde se encuentra un evento de Magnitud x, que puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. Está dado por la inversa de la frecuencia de la siguiente manera:

$$T = 1/f$$

A la hora de optar por un periodo de retorno se tendrá en cuenta la probabilidad de excedencia de un evento, el riesgo de falla admisible y la vida útil de la estructura hidráulica y se define de la siguiente forma:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

- R: Riesgo de falla admisible T: Periodo de Retorno
- n: Vida útil

En la figura N° 27 se muestra el riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.

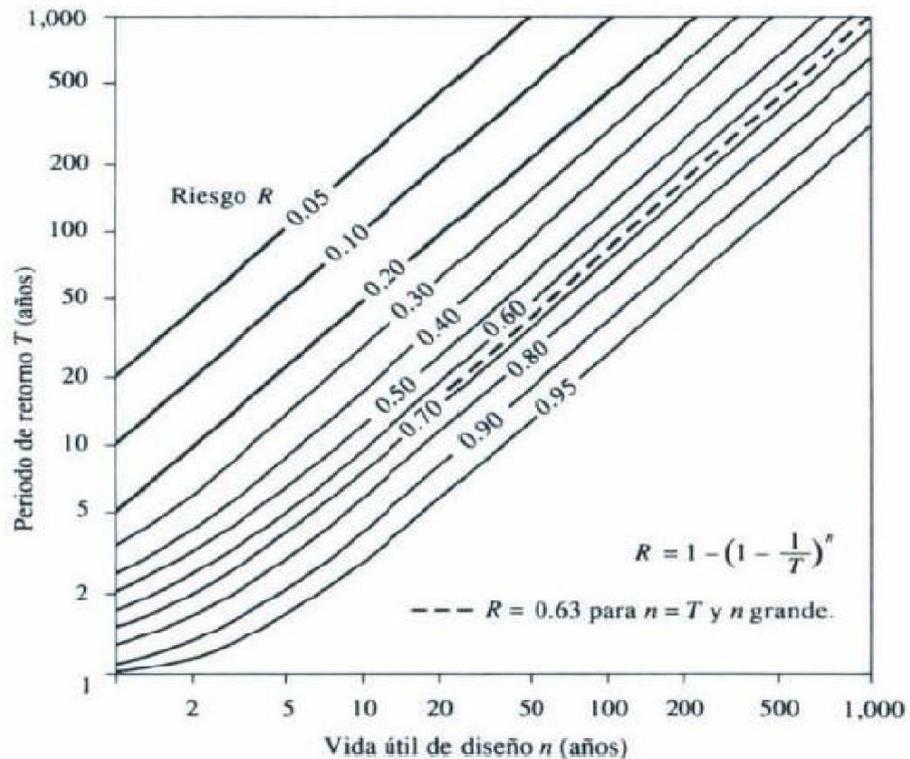


Figura N° 27: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil

Fuente: Chow (1994)

#### - Tiempo de concentración

Según Villón (2011), se define como el tiempo que se tarda una gota de lluvia en llegar desde el punto más alejado hasta la salida de la cuenca (estación de aforo). El tiempo de concentración tiene relación directa con factores como la geometría de la cuenca, la pendiente, el área característica del suelo, la vegetación y otros. En una estructura que se va a diseñar el tiempo de concentración debe de incluir los escurrimientos sobre los canales, terrenos, cunetas y los recorridos.

Existen varias fórmulas para calcular el tiempo de concentración, las más utilizadas son: Temez, Bransby -Williams y la fórmula del SCS.

#### - Hietograma

El hietograma es un gráfico que tiene una forma escalonada como el de un histograma, que representa la variación de la intensidad que está dada en mm/hora de la tormenta, en el transcurso de la misma expresada en minutos u horas, como podemos observar en la figura N° 28. Mediante este histograma es muy sencillo determinar a qué hora la precipitación adquirió su máxima intensidad y cuál fue el valor de ésta. (Villón, 2011)

#### - Hietograma del bloque alterno

El método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en  $n$  intervalos de tiempos sucesivos de duración. Así sobre una duración total de  $T_d = nA_t$ . Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones  $A_t, 2A_t, 3A_t$ , etc. y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo  $A_t$ . Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida  $T_d$  y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia

la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño. Chow (1994)

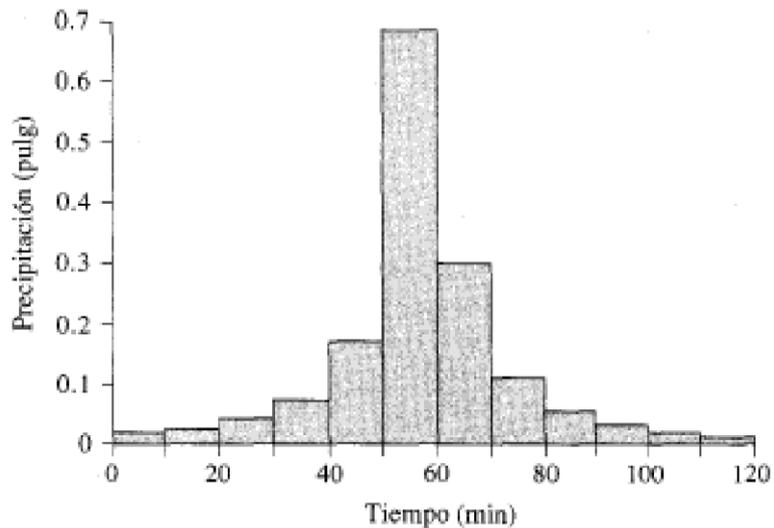


Figura N° 28: Hietograma por el método de bloque alterno

Fuente: Chow (1994)

#### 2.2.3.4 Escorrentía

El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. (Villón, 2011).

El agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre una vez que una parte ha sido interceptada y evaporada sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca. Conviene dividir estos caminos en tres clases: escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo.

Escurrimiento superficial: Es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre toda la superficie del suelo.

Escurrimiento subsuperficial: Es aquel que proviene de una parte de la precipitación infiltrada.

Escurrimiento subterráneo: Es aquel que proviene del agua subterránea, la cual es recargada por la parte de la precipitación que se infiltra, una vez que el suelo se ha saturado. (Villón, 2011)

#### 2.2.3.5 Infiltración

Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares.

La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre genérico de pérdidas. En general, las pérdidas están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos (que posteriormente se evapora o se infiltra), la evaporación y la infiltración. Además de que en la práctica es difícil separar estos cuatro componentes, la porción más considerable de las pérdidas está dada por la infiltración, por lo que es costumbre calcularlas conjuntamente bajo este nombre.

La infiltración juega un papel de primer orden en la relación lluvia-escurrimiento y, por lo tanto, en los problemas de diseño y predicción asociados a la dimensión y operación de obras hidráulicas. En general, el volumen de infiltración es varias veces mayor que el de escurrimiento durante una tormenta dada, especialmente en cuencas con un grado de urbanización relativamente bajo. (Aparicio, 1992)

#### 2.2.3.6 Hidrograma de caudal

Un hidrograma de caudal es una gráfica que muestra la tasa de flujo versus el tiempo en un determinado lugar de la corriente. En efecto, el hidrograma es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y la escorrentía de una cuenca de drenaje particular. (Chow, 1994)

##### - Hidrograma de tormenta

El estudio de los hidrogramas anuales muestra que los picos de crecientes se producen en forma poco frecuente y son el resultado de la lluvia por sí sola o acompañada por el derretimiento de nieve. La figura N° 29 muestra cuatro componentes de un hidrograma de caudal durante una tormenta.

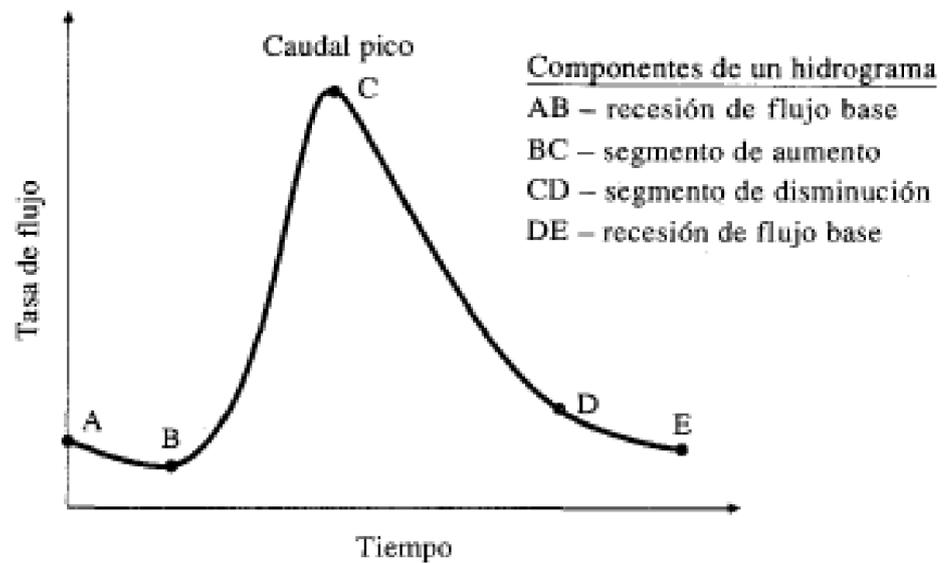


Figura N° 29: Componentes de un hidrograma de caudal durante una tormenta

Fuente: Chow (1994)

- Hidrograma unitario sintético

Para usar el método del hidrograma unitario, siempre es necesario contar con al menos un hidrograma medido a la salida de la cuenca, además de los registros de precipitación. Sin embargo, la mayor parte de las cuencas, no cuentan con una estación hidrométrica o bien con los registros pluviográficos necesarios. (Villón, 2011)

Por ello, es conveniente contar con métodos con los que se puedan obtener hidrogramas unitarios usando únicamente datos de características generales de la cuenca. Los hidrogramas unitarios así obtenidos se denominan sintéticos.

Debido a su importancia, se ha desarrollado una gran cantidad de hidrogramas unitarios sintéticos; a continuación, se explicarán dos de ellos.

### - Hidrograma adimensional SCS

El hidrograma adimensional SCS es un hidrograma unitario sintético en el cual el caudal se expresa por la relación del caudal “q” con respecto al caudal pico “qp” y el tiempo por la relación del tiempo “t” con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario, “Tp”. Dados el caudal pico y el tiempo de retardo para la duración de exceso de precipitación, el hidrograma unitario puede estimarse a partir del hidrograma sintético adimensional para la cuenca dada. Los valores de “qp” y “Tp” pueden estimarse utilizando un modelo simplificado de un hidrograma unitario triangular tal como se muestra en la figura N° 30 en donde el tiempo está dado en horas y el caudal en m<sup>3</sup>/s. (Chow, 1994)

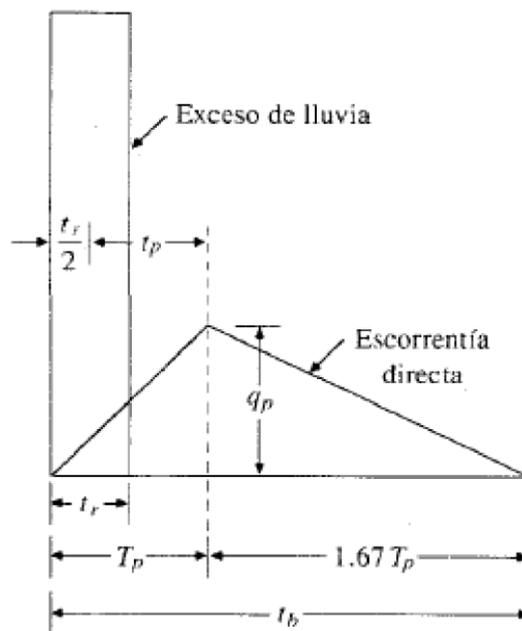


Figura N° 30: Hidrograma adimensional SCS

Fuente: Chow (1994)

### 2.2.3.7 Análisis estadístico de datos hidrológicos

#### - Funciones de distribución de probabilidad

MTC, (2011), indica que el análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según

sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos. En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

a. Distribución Gumbel

La distribución de valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión. (MTC, 2011) (Ver fórmula N° 43)

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \dots\dots (43)$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones: (Ver fórmulas N° 44 y N° 45)

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \dots\dots (44)$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \dots\dots (45)$$

Donde:

- $\alpha$ : Parámetro de concentración
- $\beta$ : Parámetro de localización

Se obtiene la siguiente fórmula analítica para calcular las precipitaciones para un período de retorno de T(x): (Ver fórmula N° 46)

$$X = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \left[ -\ln \left( \frac{T(x) - 1}{T(x)} \right) \right] \dots\dots (46)$$

b. Distribución Normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:  
(Ver fórmula N° 47)

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2} \dots\dots (47)$$

Donde:

- f (x) = función densidad normal de la variable x
- X = variable independiente
- $\mu$  = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.
- S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

c. Distribución Log Normal 2 Parámetros

La función de distribución de probabilidad es: (Ver fórmula N° 48)

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(\frac{-(x-\bar{X})^2}{2S^2}\right)} \dots\dots (48)$$

Donde  $\bar{X}$  y S son los parámetros de la distribución.

Si la variable “x” de la ecuación (2) se reemplaza por una función  $y=f(x)$ , tal que  $y=\log(x)$ , la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal, N (Y, Sy). Los valores originales de la variable aleatoria “x”, deben ser transformados a  $y = \log x$ , de tal manera que: (Ver fórmula N° 49)

$$\underline{Y} = \sum_{i=1}^n \frac{\log x_i}{n} \dots\dots (49)$$

Donde  $\underline{Y}$  es la media de los datos de la muestra transformada. (Ver fórmula N° 50)

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}} \dots\dots (50)$$

Donde Sy es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada. Asimismo; se tiene las siguientes relaciones: (Ver fórmula N° 51)

$$C_s = \frac{a}{s^3 y}$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3 \dots (51)$$

Donde:

Cs es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada. (Monsalve, 1999).

#### d. Distribución Gamma 2 Parámetros

La función de densidad es: (Ver fórmula N° 52)

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \dots (52)$$

Válido para:

$$0 \leq x < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Donde:

- $\gamma$ : parámetro de forma
- $\beta$ : parámetro de escala

#### e. Distribución Log Pearson Tipo III

La función de densidad es: (Ver ecuación N° 53)

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \dots (53)$$

Válido para:

$$X_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < X_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

- $X_0$ : parámetro de posición

- $\gamma$ : parámetro de forma
- $\beta$ : parámetro de escala

#### f. Distribución Log Gumbel

La variable aleatoria reducida log gumbel, se define como: (Ver ecuación N° 54)

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha} \dots (54)$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log gumbel es: (Ver ecuación N° 55)

$$G(y) = e^{-e^{-y}} \dots (55)$$

#### - Pruebas de ajuste de bondad

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida.

#### -Prueba Kolmogorov – Smirnov

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste. Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_o(xm)$  y la estimada  $F(xm)$ : (Ver ecuación N° 56).

$$D = \frac{\text{máx}}{F_o(xm) - F(xm)} \dots (56)$$

Con un valor crítico “d” que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (Tabla N° 10). Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de  $X^2$  de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como: (Ver ecuación N° 57)

$$Fo(xm) = \frac{1 - m}{(n + 1)} \dots (57)$$

Donde m es el número de orden de dato xm en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos. (Aparicio, 1996).

Tabla N° 10: Valores críticos d para la prueba Kolmogorov-Smirnov

		Kolmogorov-Simirnov		
Tamaño de la muestra		$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5		0.51	0.56	0.67
10		0.37	0.41	0.49
15		0.30	0.34	0.40
20		0.26	0.29	0.35
25		0.24	0.26	0.32
30		0.22	0.24	0.29
35		0.20	0.22	0.27
40		0.19	0.21	0.25

Fuente: Aparicio (1992)

#### 2.2.4 Evaluación de impacto ambiental

La EIA es un método para determinar la valoración de los impactos ambientales de las diferentes opciones que tiene un proyecto, con el propósito de identificar la mejor opción desde una mirada ambiental. No se pretende paralizar proyectos o dejar de ejecutar obras, se trata de buscar o encontrar la mejor alternativa para la explotación del terreno y plantear la manera más apropiada de realizarla. Además de elevar la calidad ambiental del medio impactado y si no es viable evitar la mayor cantidad de impactos. La selección de opciones es muy importante en la EIA. Las opciones no pueden ser semejantes porque no se notará las diferencias. No se recomienda realizar una descripción detallada de una opción imposible, porque tan solo con mostrar que lo es, será suficiente. (Garmendia, Salvador, Crespo y Garmendia, 2005)

#### 2.2.4.1 Factores ambientales

Se llaman factores a las características y componentes que determinan el ambiente. Solo se toma en cuenta a los factores más importantes, aquéllos que poseen un valor y podrían ser afectados por el proyecto. Se recomienda que deben ser sencillos de ubicar, definir y verificar. También deben ser medibles, importantes y simples de identificar e independientes. Asimismo, el factor escogido debe indicar una característica en particular del componente o proceso del medio. Los factores no se deben repetir en el momento de identificación y valoración para evitar posibles errores en los resultados. Ya identificados los factores con un gran valor ambiental y posibles afectados por una determinada actividad se enumeran y representan en una tabla. Esta representación se llama árbol de factores ambientales y se encuentra distribuida en diferentes niveles. Ver tablas N° 11. La forma de confeccionar los árboles de factores empieza por reconocer los distintos niveles en los que se divide el ambiente. Como se observa en las siguientes tablas N° 12 y N° 13. (Garmendia et al., 2005)

Tabla N° 11: Niveles de árbol de factores ambientales

---

Primer nivel los sistemas

---

Sistema biofísico

Sistema socioeconómico-cultural

Segundo nivel los medios

(Sistema biofísico)

Medio físico

Medio biótico

Medio perceptual

(Sistema socioeconómico-cultural)

Medio sociocultural

Medio económico

Medio territorial

Medio demográfico

Planteamiento

Tercer nivel los elementos ambientales

Los elementos se pueden dividir en los factores ambientales susceptibles de recibir impactos, los que interesan en realidad

---

Fuente: Garmendia (2005)

Tabla N° 12: Árbol de factores genérico para un estudio de impacto ambiental

Sistema	Medio	Elemento	Factor
			1
		Aire	...
			n
			1
		Tierra-Suelo	...
	Físico		n
			1
		Agua	...
			n
			1
		Procesos del medio físico	...
			n
			1
Biofísico		Flora	...
			n
			1
		Vegetación	...
	Biótico		n
			1
		Fauna	...
			n
			1
		Procesos del medio biótico	...
			n
			1
	Perceptual	Paisaje	...
			n

Fuente: Garmendia (2005)

Tabla N° 13: Árbol de factores genérico para un estudio de impacto ambiental

Sistema	Medio	Elemento	Factor	
Socioeconómico-cultural	Territorial	Núcleos de población	1 ... n 1	
		Red viaria	... n 1	
		Usos del suelo	... n 1	
		Evolución	... n 1	
		Demográfico	Movimientos	... n 1
			Población activa	... n 1
	Sector primario		... n 1	
	Económico	Sector secundario	... n 1	
		Sector terciario	... n 1	
		Patrimonio histórico-artístico	... n 1	
	Sociocultural	Rasgos culturales de la población	... n 1	
		Planeamiento	Desarrollo urbanístico territorial	... n

Fuente: Garmendia (2005).

#### 2.2.4.2 Identificación de impactos

La evaluación de impactos ambientales se determina por medio de diferentes métodos que sirve para colocar un valor a cada impacto y al impacto total de cada alternativa del proyecto, de forma que se pueda comparar alternativas diferentes. (Garmendia et al., 2005)

#### - Matriz causa – efecto

La matriz causa – efecto es una buena herramienta para determinar impactos ambientales. (Garmendia et al., 2005)

Es un método cualitativo, previo y muypreciado para valorar las distintas opciones de un proyecto. Para la elaboración de una matriz de interacción simple se puede seguir los siguientes pasos: (Conesa, 2010)

1. Se define todas las actividades preliminares del proyecto (actividades del proyecto capaz de producir impactos) y se junta en etapas momentáneas.
2. Se define los factores ambientales capaces de ser impactados por las actividades del proyecto como: aspectos biótico, abiótico, cultural y socioeconómico.
3. Se somete la lista obtenida a un análisis extenuante por él evaluador o equipo.
4. Se establece el planteamiento de distribución y valoración de los impactos (símbolos, atributos, números, etc.)
5. Se somete a la matriz resultante a un análisis extenuante por parte del evaluador o equipo para comparar cada acción del proyecto y destinar valores a cada casilla de cruce de la matriz.
6. Se expone cada uno de los impactos, así como los resultados finales de la matriz (elementos, factores con mayor daño etc.) (Conesa, 2010).

#### - Matriz de Leopold

La matriz de Leopold se desarrolló en 1971 por el servicio geológico de los Estados Unidos de América del Norte para la evaluación de los impactos ambientales producidos por una mina de fosfato en California. Desde esa fecha se sigue utilizando dicha matriz para las evaluaciones ambientales. Asimismo, cuenta con dos listas una de 100 acciones como se muestra en la tabla N° 14 y N° 15 además de una lista de 88 elementos ambientales como se observa en la tabla N° 16 Y N° 17. (Garmendia et al., 2005)

Tabla N° 14: Lista de acciones de la Matriz de Leopold

Acciones que pueden causar impacto ambiental	
A) Modificación del régimen	13. Ruido vibraciones
1. Introducción de flora y fauna exótica	B) Transformación del territorio y construcción
2. Controles biológicos	14. Urbanización
3. Modificación de hábitat	15. Emplazamiento industriales y edificio
4. Alteración de la cubierta terrestre	16. Aeropuertos
5. Alteración de la hidrología	17. Autopistas y puentes
6. Alteración del drenaje	18. Carreteras y caminos
7. Control del río y modificación del flujo	19. Vías férreas
8. Canalización	20. Cables y elevadores
9. Riego	21. Líneas de transmisión, oleoductos y corredores
10. Modificación del clima	22. Barreras incluyendo vallados
11. Incendios	23. Dragados y alineado de canales
12. Superficie o pavimento	24. Revestimiento de canales

Fuente: Garmendia et al. (2005)

Tabla N° 15: Lista de acciones de la Matriz de Leopold

Acciones que pueden causar impacto ambiental	
25. Canales	E) Alteraciones del terreno
26. Presas y embalses	55. Control de la erosión, cultivo en terrazas o bancales
27. Escolleras, diques, puertos y terminales marítimas	56. Sellado de minas y control de residuos
28. Estructuras en alta mar	57. Rehabilitación de minas a cielo abierto
29. Estructuras recreacionales	58. Paisaje
30. Voladuras y perforaciones	59. Dragado de puertos
31. Desmontes y rellenos	60. Aterramientos y drenajes
32. Túneles y estructuras subterráneas	F) Recursos renovables
C) Extracción de recursos	61. Repoblación forestal
33. Voladuras y perforaciones	62. Gestión y control vida natural
34. Excavaciones superficiales	63. Recarga aguas subterráneas
35. Excavaciones subterráneas	64. Fertilización
36. Perforación de pozos y transporte de fluidos	65. Reciclado de residuos
37. Dragados	G) Cambios en tráfico
38. Explotación forestal	66. Ferrocarril
39. Pesca comercial y caza	67. Automóvil
D) Procesos	68. Camiones
40. Agricultura	69. Barcos
41. Ganaderías y pastoreo	70. Aviones
42. Piensos	71. Tráfico fluvial
43. Industrias lácteas	72. Deportes náuticos
44. Generación energía eléctrica	73. Caminos
45. Minería	74. Telesillas, telecabinas, etc.
46. Metalurgia	75. Comunicaciones
47. Industria química	76. Oleoductos
48. Industria textil	H) Situación y tratamiento de residuos
49. Automóviles y aeroplanos	77. Vertidos en mar abierto
50. Refinerías de petróleo	78. Vertedero
51. Alimentación	79. Emplazamiento de residuos marinos
52. Herrerías (explotación de maderas)	80. Almacenamiento subterráneo
53. Celulosa y papel	81. Disposición de chatarra
54. Almacenamiento de productos	82. Derrames en pozos de petróleo

Fuente: Garmendia (2005)

Tabla N° 16: Lista de elementos ambientales de la Matriz de Leopold

Elementos ambientales	
A) Características físicas y químicas	32. Especies en peligro
A.1 Extracción de recursos	33. Barreras, obstáculos
1. Recursos minerales	34. Corredores
2. Material de construcción	C) Factores culturales
3. Suelos	C.1 Usos del territorio
4. Geomorfología	44. Espacios abiertos y salvajes
5. Campos magnéticos y radiactividad del fondo	45. Zonas húmedas
6. Factores físicos singulares	46. Selvicultura
A.2 Agua	47. Pastos
7. Superficiales	48. Agricultura
8. Marinas	49. Zona residencial
9. Subterráneas	50. Zona comercial
10. Calidad	51. Zona industrial
11. Temperatura	52. Minas y canteras
12. Recarga	C.2 Recreativos
13. Nieve, hielos y heladas	53. Caza
A.3 Atmósfera	54. Pesca
14. Calidad (gases, partículas)	55. Navegación
15. Clima (micro, macro)	56. Zona de baño
16. Temperatura	57. Camping
A.4 Procesos	58. Excursión
17. Inundaciones	59. Zonas de recreo
18. Erosión	C.3 Estéticos y de interés humano
19. Deposición (sedimentación y precipitación)	60. Vistas panorámicas y paisajes
20. Solución	61. Naturaleza
21. Sorción (intercambios de iones complejos)	62. Espacios abiertos
22. Compactación y asientos	63. Paisajes
23. Estabilidad	64. Agentes físicos singulares
24. Sismología (terremotos)	65. Parques y reservas
25. Movimientos de aire	66. Monumentos
B) Condiciones biológicas	67. Especies o ecosistemas especiales
B.1 Flora	68. Lugares u objetos históricos o arqueológicos
26. Árboles	69. Desarmonías
27. Arbustos	
28. Hierbas	
29. Cosechas	
30. Microflora	
31. Plantas acuáticas	

Fuente: Garmendia et al. (2005)

Tabla N° 17: Lista de elementos ambientales de la Matriz de Leopold

Elementos ambientales	
C.4 Nivel cultural	D) Relaciones ecológicas
70. Modelos culturales (estilos de vida)	80. Salinización de recursos hidráulicos
71. Salud y seguridad	81. Eutrofización
72. Empleo	82. Vectores, insectos y enfermedades
73. Densidad de población	83. Cadenas alimentarias
C.5 Servicios e infraestructura	84. Invasión de maleza
74. Estructuras	85. Controladores biológicos
75. Red de transportes (movimientos, accesos)	86. Modificación hábitat
76. Red de servicios	87. Introducción de fauna y flora exótica
77. Disposición de residuos	E) Otros
78. Barreras	88. Otros
79. Corredores	

Fuente: Garmendía et al. (2005)

Este método consiste en 100 acciones y 88 factores posibles con una interacción de  $88 \times 100 = 8800$ , asimismo se destaca que son pocas de gran importancia, reduciendo a una matriz de 50 interacciones y por lo tanto de mayor facilidad para una evaluación.

Cada cuadrado se divide con una diagonal que separa en dos partes una superior donde se ubica la magnitud con el signo +/- dependiendo si el impacto es positivo o negativo se coloca el signo correspondiente y se evalúa en un rango del 1 al 10.

La magnitud expone el nivel de perturbación de la calidad ambiental del factor analizado. Se hace referencia del tamaño, relevancia y dimensión del efecto. En la parte inferior del cuadrado dividido se localiza la importancia con un rango del 1 al 10.

La importancia es un valor ponderal que ofrece el peso relativo del impacto potencial, expone el sentido y trascendencia. Asimismo,

como la amplitud o aspecto del ambiente alterado. La magnitud y la importancia se realiza desde una mirada subjetiva al no ver parámetros de valoración.

La suma total de las filas señala las incidencias en total sobre cada factor ambiental y su fragilidad frente al proyecto. La sumatoria de las columnas indica la valoración relativa del impacto sobre cada actividad que se realice en el ambiente por lo tanto indica su agresividad.

Asimismo, la matriz se transforma en una reseña y el centro de la evolución del impacto ambiental.

Para el desarrollo de la matriz de Leopold se realizan los siguientes pasos: Se identifican todas las actividades de la obra o programa y se ubica en la columna de la matriz.

1. Se identifican todas las actividades de la obra o proyecto y se coloca en la columna de la matriz.
2. Se identifica el nivel de distribución apropiado para los componentes y factores ambientales que pudiera ser impactado por las actividades de la obra y se ubica en la fila de la matriz.
3. Se marca los cuadrados de intersección donde se pronostica que ocurrirá un impacto y se delimita con una línea en diagonal separando en dos el cuadrado.
4. Se termina de marcar la matriz, en la esquina superior izquierda de cada cuadrado se coloca un número del 1 al 10 que señala la magnitud del eventual impacto. Si el impacto es positivo se coloca el signo (+) y si es negativo el signo (-).
5. En la otra mitad del cuadrado se dividió por una línea diagonal. Se coloca en la esquina inferior derecha, de cada cuadrado interceptado un número del 1 al 10 que señala la importancia del potencial impacto.
6. Se realiza la sumatoria de los valores positivos y negativos por filas y columnas como se observa en la Tabla N° 18.
7. Por último, se define el significado de las intersecciones y efectos identificados en la matriz. (Conesa, 2010)

Tabla N° 18: Matriz de Leopold

Componente Ambiental	Factor Ambiental	Partidas del proyecto			Impacto Total				
		Instalación de conducciones de agua	Movimientos de tierra	Consumo de agua	Magnitud +/- Importancia	Ponderado			
Aire	Nivel de ruidos	-3	-8	1	2	-	-11	-19	
	Nivel de polvo	-2	-4	2	6	-	-6	-28	
Tierra	Permeabilidad		5		8	-	5	40	
	Erosión		2		7	-	2	14	
Agua	Recursos hídricos				-2	6	-	-2	-12
	Magnitud +/-	-5	-5	-2	-2	-	-	-	
Impacto Total		-	-	-	-	-	-	-	
	Ponderado						-	-	
		-7	14		-12			-5	

Fuente: Conesa (2010)

- Ventajas y desventajas de la matriz de Leopold

En la siguiente tabla se muestran las ventajas y desventajas del uso de la matriz de Leopold. Ver tabla N° 19

Tabla N° 19: Ventajas y desventajas de la matriz de Leopold

Sistema	Método	Ventajas	Desventajas
Matriz causa - efecto	Matriz de Leopold	Visualización de las relaciones causa- efecto	Subjetividad
		Evaluación cualitativamente (tipo matricial) los efectos	Carácter no selectivo. No distingue entre efectos a corto y largo plazo
		Evaluación subjetiva numérica	No incluye la variable tiempo (estático)
		Establece la importancia relativa del impacto (ponderación)	No valora cuantitativamente (la cuantificación es cualitativa)
		Posibilita comparar proyectos similares y sus alternativas	Los efectos no son exclusivos ni finales. Posibilidad de duplicación

Fuente: Conesa (2010)

#### 2.2.4.3 Valorización de impactos

Si se aplica algún método que posibilite aumentar la capacidad de criterio del valor realizado, se habla de una valoración, que puede ser cualitativa o cuantitativa. En una valoración cualitativa se evalúa un conjunto de características de los impactos ambientales. (Garmendia et al., 2005)

##### - Valoración cualitativa (Matriz de importancia)

La valoración se define como subjetiva. Los diferentes métodos de valoración de impactos se empeñan en reducir lo subjetivo de las conclusiones explicando de la manera más adecuada todos los criterios de valor que se realizan. En los métodos de valoración cualitativa se valora de manera subjetiva a pesar de obtener datos

numéricos. Se asigna valores a una sucesión de características de impactos según su característica sea alta, media o baja. Los valores que se obtienen permiten realizar una matriz de elementos y factores que ciertos autores suelen llamar matriz de importancia y otros índices de incidencia. La causa para denominar valoración cualitativa es porque indica de alguna forma la importancia del impacto, calculando la envergadura de las actividades sobre cada factor afectado a través de determinadas características. Asimismo, se continúa con las características de las once variables que son parte de la matriz de importancia. (Garmendia et al., 2005).

- Signo (+/-)

El signo se refiere si es positivo (+) o negativo (-) en las diferentes actividades que van a intervenir sobre los factores ambientales. El impacto se trata como positivo cuando el resultado del factor determinado genera una mejor calidad ambiental sobre el factor evaluado. El impacto es negativo cuando el resultado de las actividades genera una reducción de la calidad ambiental del factor analizado. (Conesa, 2010)

- Intensidad (In)

Esta expresión menciona el nivel de influencia de la actividad en torno al factor, en el contexto que actúa. Se refiere al nivel de devastación del factor evaluado en el supuesto caso que se genere un impacto negativo, independientemente del área alterada. Se puede generar una devastación muy elevada, sin embargo, en un área reducida. La valoración está en un rango de 1 al 12, siendo el número 12 el valor de mayor destrucción y el número 1 de alteración mínima e irrelevante. El resto de los valores que se encuentra entre el 1 y 12 expresa situaciones intermedias, como los números 8, 4 y 2 con intensidades de muy alta, alta y media respectivamente. (Conesa, 2010)

- Reversibilidad (RV)

Se refiere a la alternativa de una recuperación del factor alterado por un proyecto, o sea volver al estado inicial por medios naturales después de terminado la obra o proyecto. El impacto reversible puede

ser asimilado por acciones naturales todo lo contrario del impacto irreversible, aunque después de un periodo de tiempo extendido. Se dice que un impacto es reversible cuando el factor afectado se recupera sin la ayuda del ser humano a su estado inicial en un tiempo menor a 15 años. Los valores 1,2,3 y 4 indican el plazo de recuperación como corto, medio, largo e irreversible respectivamente. (Conesa, 2010)

- Recuperabilidad (MC)

Se menciona la opción de reconstituir total o parcial el factor alterado como resultado del proyecto, en otras palabras, la capacidad de regresar al estado original con ayuda de la actividad humana a través de planes de recuperación ambiental. Los valores 1,2,3,4 y 8 señalan el efecto de recuperabilidad como inmediato, corto plazo, medio plazo, largo plazo e irremediable respectivamente. (Conesa, 2010)

- Sinergia (SI)

Se refiere a la actividad de dos o más causas cuyo resultado es superior a la sumatoria de los impactos particulares. Asimismo, se dice que esta clase de efecto en el transcurso del tiempo genera nuevos impactos. (Conesa, 2010)

- Extensión (EX)

“Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el impacto)” (Collazos,2007, p. 208).

- Momento (MO)

Se define como el tiempo de exposición, desde el comienzo de la actividad y el inicio del impacto sobre el factor analizado. El tiempo puede ser de corto plazo (ciclo anual), mediano plazo (2 a 5 años) y largo plazo (mayor a 5 años). (Collazos, 2007).

- Persistencia (PE)

Se trata del tipo de impacto con respecto al tiempo. Se dice que un impacto es permanente cuando su alteración al medio ambiente es indeterminada en el tiempo. Asimismo, se dice que un impacto no es

permanente cuando su alteración no es duradera en el tiempo. (Garmendia et al., 2005).

- Acumulación (AC)

Se diferencia entre impactos simples, acumulativos o sinérgicos según el modo de relación con los impactos. El impacto simple se muestra en torno a un solo elemento ambiental. Asimismo, el impacto acumulativo se mantiene en el tiempo y aumenta el grado de contaminación debido a la falta de programas de mitigación ambiental. De igual forma el efecto sinérgico se genera cuando el total de varios agentes implica la repercusión ambiental mayor que el efecto de la sumatoria de repercusión particular. (Garmendia et al., 2005)

- Efecto (EF)

Se dice que el efecto es directo cuando el impacto de la actividad es resultado de esta y se destina un valor de 1 y es indirecto cuando el impacto de la actividad no es resultado directo de la acción sino de un efecto primario y se destina un valor de 4. (Collazos, 2007).

- Periodicidad (PR)

Se dice que es un impacto continuo genera un cambio duradero en el tiempo y se destina un valor de 4 y es impacto discontinuo cuando se muestra de manera intermitente y se destina un valor de 2 y 1 resultados irregulares. (Collazos, 2007).

En la siguiente tabla N° 20 se observa la clasificación de los impactos y sus rangos para una determinada valoración.

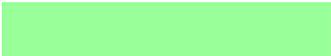
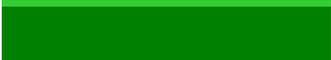
Tabla N° 20: Tabla de importancia

SIGNO (+/-)	ACUMULACIÓN (AC)	
Positivo	Simple	1
Negativo	Acumulativo	4
INTENSIDAD (IN)	MOMENTO (MO)	
Mínima	1 Largo plazo	1
Media	2 Medio plazo	2
Alta	4 Corto plazo	3
Muy alta	8 Inmediato Critico	4
Destrucción total	12 Critico	8
REVERSIBILIDAD (RV)	PERSISTENCIA (PE)	
Corto plazo	1 Momentáneo	1
Medio plazo	2 Temporal	2
Largo plazo	3 Pertinaz	3
Irreversible	4 Permanente	4
RECUPERABILIDAD (MC)	PERIODICIDAD (PR)	
Inmediato	1 Irregular	1
Corto plazo	2 Discontinuo	2
Medio plazo	3 Constante	4
Largo plazo	4	
Irrecuperable	8	
SINERGIA (SI)	EFECTO (EF)	
Sin sinergia	1 Directo	1
Con sinergia	2 Indirecto	4
Mucha sinergia4	4	
EXTENSIÓN (EX)		
Puntual	1	
Parcial	2	
Extenso	4	
Total	8	
Critico	12	
$I = +/- (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$		

Fuente: Conesa (2010)

A continuación, en la tabla N° 21 se muestra la tabla de clasificación de impactos ambientales y en el anexo 1 se observa un modelo de matriz de importancia.

Tabla N° 21: Clasificación de impactos ambientales positivos y negativos

Impacto Positivo		
Tipo de impacto	Código de colores	Rango
Ligero		Importancia $\leq$ 25
Moderado		25 < Importancia $\leq$ 50
Bueno		50 < Importancia $\leq$ 75
Muy bueno		75 < Importancia
Impacto Negativo		
Irrelevante y/o leve		25 $\leq$ Importancia
Moderado		50 $\leq$ Importancia < - 25
Severo		75 $\leq$ Impacto < - 50
Crítico		Impacto < - 75

Fuente: Conesa (2010)

### 2.2.5 Medidas de mitigación y prevención

Las actividades que se aplican para reducir los impactos ambientales se consideran como el aspecto más relevante o por lo menos uno de los más significativos del estudio del impacto ambiental. El impacto que produce cierta actividad depende mucho de cómo se ejecute, por tal motivo en el plan o proyecto se debe indicar las acciones requeridas para reducir dicho impacto. El propósito de una (EIA) es evitar y reparar los impactos negativos que genera una acción al medio ambiente, por tal motivo se evalúa ciertas opciones de protección o verificación para prevenir o reducir los impactos negativos que origina las actividades del proyecto asimismo incrementar los impactos positivos sobre el medio ambiente.

#### 2.2.5.1 Clasificación de medidas de minimización de impactos ambientales

- Según la forma de actuación
  - a. Medidas protectoras o preventivas
 

Son las que impide la existencia de un efecto ambiental perjudicial por medio de un diseño adecuado, una mejora de la tecnología, etc.

#### b. Medidas correctoras

Son todas las actividades que modifican, anulan, corrigen un impacto rescatable, mejorando el método constructivo o sus características de operatividad. Como los que cambian un efecto hacia otro de menor importancia, también puede ser un factor que mejora la dilución como agente trasmisor.

#### c. Medidas Compensatorias

Son las que no evita ni anula la existencia de efectos negativos, pero neutraliza la alteración del factor al ejecutar actividades con efectos positivos que compensa los impactos negativos que no es posible corregir y disminuye el impacto final del proyecto. (Garmendia,2005).

### 2.2.5.2 Programa de medidas de mitigación

#### a. Medidas de ingeniería

Las medidas de ingeniería generalmente significan las soluciones más frecuentes para reducir los impactos negativos. Estas acciones comprenden como ejemplo tratamiento de residuos sólidos, uso de equipos, materiales o alternativas para mejorar el medioambiente.

#### b. Medidas de manejo

Las medidas de manejo implican el entendimiento de las características de operación con el propósito de adaptarlas a las necesidades ambientales. Su planificación se basa en el nivel de información de los grados máximos admisibles de contaminación.

#### c. Revisión de políticas

Se necesitan requisitos muy específicos que produzcan interés en la población, parlamentarios del gobierno sobre actividades de proyectos en una determinada ciudad, región del país. Prácticamente se trata de una revisión de normas, leyes con el propósito de decidir su apelación, suspensión, etc. Es indispensable que la población tenga acceso a la información:

- Las leyes, normas que han sido estudiadas y el fundamento técnico-científica.
- Las consecuencias negativas y beneficios que pueda ocurrir.

- Los procesos de protección sobre la obra o proyecto y el incumplimiento de las leyes o normas ambientales actuales.  
(Collazoz,2007)

### 2.3 Definición de términos básicos

- Bancales: relleno de tierra que se hace en un terreno pendiente y que se aprovecha para el cultivo.
- Biofísico: Estudio de los fenómenos biológicos mediante los principios y los métodos de la física.
- Biótico: Características de los seres vivos que se refiere a ellos.
- Canal: cauce artificial por donde se conduce el agua para darle salida o para otros usos.
- Cualitativo: perteneciente o relativo a la cualidad.
- Cuantitativo: perteneciente o relativo a la cantidad.
- Defensa Ribereña: son estructuras construidas para proteger de las crecidas de los ríos a las áreas aledañas.
- Demográfico: estudio estadístico de una colectividad humana, referido a un determinado momento de su evolución.
- Densidad: magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo y cuya unidad en el sistema internacional es el kilogramo por metro cúbico.
- Dique: Muro o construcción para contener las aguas.
- Drenaje: acción de drenar.
- Drenar: hacer salir el exceso de agua de un lugar, en especial de un terreno o de una maceta.
- Dragados: El dragado es la operación que consiste en la limpieza y el ahondamiento de un cuerpo de agua, a partir de la remoción de rocas y sedimentos.
- Embalse: gran depósito que se forma artificialmente, por lo común cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa.
- Erosión: desgaste o destrucción producidos en la superficie de un cuerpo por la fricción continua o violenta de otro.
- Ecosistema: comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.

- Escollera: Conjunto de bloques de cemento que se depositan en el fondo del mar para proteger un dique o espigón de la acción del oleaje o como fundamento para la construcción de un muelle.
- Eutrofización: incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses, que provoca un exceso de fitoplancton.
- Físico: ciencia que estudia las propiedades de la materia y de la energía y las relaciones entre ambas.
- Flujo: acción y efecto de fluir.
- Galvan: revestimiento de aleación de zinc y aluminio que proporciona excelentes propiedades de resistencia contra la corrosión.
- Gaviones: son estructuras en forma de canasta prismática rectangular, construidos en malla metálica de acero inoxidable o hierro galvanizado.
- Geomorfología: estudio de las características propias de la corteza terrestre.
- Hidrología: disciplina que estudia las aguas de la tierra.
- Impacto Ambiental: es la alteración favorable o desfavorable que se presenta en alguno o todos los componentes del ambiente, en la salud humana o en el bienestar de la sociedad, esto como consecuencia de la realización de una acción o actividad humana.
- Impacto: efecto de una fuerza aplicada bruscamente.
- In situ: en el lugar de origen ó en el sitio.
- Magnético: del imán, que tiene sus propiedades o está relacionado con el imán o el magnetismo.
- Matriz: es una tabla cuadrada o rectangular de datos (llamados elementos) ordenados en filas y columnas, donde una fila es cada una de las líneas horizontales de la matriz y una columna es cada una de las líneas verticales.
- Metalurgia: arte de beneficiar los minerales y de extraer los metales que contienen, para ponerlos en disposición de ser elaborados.
- Oleoducto: tubería provista de bombas y otros aparatos para conducir el petróleo a larga distancia.
- Pavimento: capa lisa, dura y resistente de asfalto, cemento, madera, adoquines u otros materiales con que se recubre el suelo para que este firme y llano.
- Piensos: alimento seco que se da al ganado.
- Polietileno: es un tipo de polímero que se utiliza extendidamente en la fabricación de envases, bolsas, para recubrir cables, tuberías entre otros.

- Presa: muro grueso construido a través de un río, arroyo o canal para embalsar agua o reconducirla.
- Radiactividad: fenómeno físico que presentan ciertos cuerpos, consistente en la emisión de partículas o radiaciones o de ambas a la vez, procedentes de la desintegración espontánea del átomo.
- Residuos: material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.
- Revestimiento: capa o cubierta con que se resguarda o adorna una superficie.
- Vertedero: conducto por el que se arrojan a un depósito situado a nivel inferior basuras, desechos, ropa sucia, etc.
- Vallados: cerco que se levanta y se forma de tierra apisonada, o de bardas, estacas, etc.
- Voladuras: Destrucción total de una cosa utilizando explosivos y haciendo que salte por los aires.
- Valoración: acción y efecto de valorar.

## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### **3.1 Hipótesis**

#### **3.1.1 Hipótesis general**

La instalación de la defensa ribereña con gaviones en el distrito de Paucas genera un impacto ambiental en el área de influencia del proyecto.

#### **3.1.2 Hipótesis específicas**

Las partidas ejecutadas en la instalación de la defensa ribereña con gaviones generan un impacto ambiental en la zona de ejecución de la obra.

### **3.2 Variables**

#### **3.2.1 Definición conceptual de las variables**

-Instalación de la defensa ribereña con gaviones

La instalación de la defensa ribereña con gaviones es la ejecución de la obra la cual que se realiza con el tipo por motivos de prevención de desastres naturales para la población adyacente.

-Impacto ambiental

Impacto ambiental es el cambio en el ambiente, ya sea positivo o negativo por parte de las actividades económicas como también es parte la ejecución de obras civiles.

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1 Tipo y método de investigación**

#### **4.1.1 Tipo**

Una investigación es básica cuando pretende dar una descripción, explicación o predicción según Alvites (2000), la presente tesis es de tipo básica.

#### **4.1.2 Nivel**

Una investigación podrá ser exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa; según Hernández, Fernández y Baptista (2014), indica que la investigación explicativa se basa en comprender y explicar las causas de un fenómeno y en qué medida se expresan, Esta investigación determinó las causas y consecuencias del impacto ambiental producido por la ejecución del proyecto, por lo tanto, esta investigación se encuentra dentro del nivel explicativo.

### **4.2 Diseño de la investigación**

#### **4.2.1 Tipo de diseño de investigación**

Según Hernández et al (2014) la investigación de tipo no experimental, se basan en la obtención de información sin manipular los valores es decir tal como se manifiestan. Por lo tanto, esta tesis tiene como tipo de diseño de investigación, no experimental.

#### **4.2.2 Enfoque de investigación**

De acuerdo con Borja (2016), un enfoque cuantitativo permite al investigador analizar la veracidad de sus hipótesis y aportar de una manera confiable la realidad. Por ello, de esta manera se realizará un análisis del problema del proyecto a través de la recopilación de datos para luego analizar la problemática.

#### 4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### 4.3.1 Tipos de técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se realizó con la revisión de libros, información de internet, artículos, tesis relacionadas al tema y análisis de estudios e investigaciones previas, también se obtuvo observando el expediente técnico el cual se sacó datos sobre todas las partidas que se presentan en el proyecto.

##### 4.3.2 Procedimientos para la recolección de datos

Para la recolección de datos se procedió con la revisión de todas las partidas del expediente técnico instalación de la defensa ribereña con gaviones en el distrito de Paucas provincia de Huari, se revisó la normatividad existente sobre medio ambiente, también se hará uso de la metodología pertinente para así clasificar toda la información obtenida de dicho expediente.

#### 4.4 Técnicas de procesamientos y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de los datos se usó el programa Excel que permitió realizar tablas comparativas, análisis de las partidas del proyecto, también el programa AutoCAD el cual se obtuvo todos los datos que se requirió en la presente investigación, luego se utilizó el software ArcGis, Hec-HMS y Hec RAS para procesar los datos obtenidos.

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Descripción del proyecto

#### 5.1.1 Generalidades

La instalación de la defensa ribereña con gaviones busca mejorar la calidad de vida de los pobladores aledaños, dicha obra se encuentra en la zona urbana del barrio Santa Cruz de Picuto, el cauce de la quebrada Puente Unión, el cual tiene una distancia de 300 m del cual se encuentra colmatado, producto de las avenidas ocurridas a lo largo del tiempo y la cultura de los vecinos de arrojar sus residuos sólidos al lecho de la quebrada, lo que ha permitido formar bancos de arena y grava, estos a su vez pequeños meandros que desvían el curso de las aguas de la quebrada, afectando a ambos márgenes.

#### 5.1.2 Ubicación geográfica

La instalación de la defensa ribereña con gaviones se encuentra ubicada en la región Ancash, departamento de Ancash, provincia de Huari, distrito de Paucas, ubicado en las coordenadas: Norte 8987515 y Este 291326 y una altitud de 3450 msnm. (Ver figuras N° 31 y N° 32)



Figura N° 31 y N° 32: Ubicación del departamento de Ancash y sus provincias

Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura N° 33: Distrito de Paucas – Quebrada Puente unión en el barrio Santa cruz de Picuto

Fuente: Google earth (2021)

### 5.1.3 Estado inicial existente

El proyecto se inicia en el Km 0+00 del levantamiento topográfico y culmina en el tramo 0+300 en donde se encontró cuatro puentes a lo largo del trayecto de la obra instalación de defensa ribereña con gaviones, del tramo 0+00 al 0+120 se encontró colmatado de residuos sólidos producidos por la población adyacente y también de instalaciones sanitarias clandestinas como se muestra en la figura N° 34, esta parte tiene la mayor pendiente, que está en un promedio de 25 %. En el tramo 0+120 a 0+300 se encontró la zona de menor pendiente que es 18% en promedio, en el cual se encuentra colmatado por las avenidas producidas años pasados, como se muestra en la siguiente figura N° 35.



Figura N° 34: Parte alta de la zona de estudio

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)



Figura N°35: Parte baja de la zona de estudio

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

La zona del proyecto se encuentra a una altura promedio 3435 msnm. El Anexo de Santa Cruz de Picuto, mantiene una climatología típica de la región andina, variando su clima de frío a templado, aumentando la sensación térmica conforme se llega a las zonas más altas.

A) Vías de acceso

- Vías de Acceso al distrito de Paucas

Para llegar al distrito de Paucas, se tienen los siguientes accesos desde la ciudad de Huaraz.

La localidad de Paucas, capital del distrito de Paucas, provincia de Huari se encuentra localizada al este de la ciudad de Huaraz. Se accede a la localidad a través de transporte vehicular, siguiendo la vía principal asfaltada Huaraz – Lima, hasta Catac, luego se toma el desvío hacia la Provincia de Huari, se realiza el siguiente recorrido: Ver tabla N° 23.

Tabla N° 22: Vías de acceso

Descripción	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Tipo de carretera	Época transitada
Huaraz - Pomachaca	148.00	4.0	Vía asfaltada	Todo el año
Pomachaca - Piuroc	35.00	1.5	Afirmada	Todo el año
Piuroc - Paucas	21.00	1.0	Afirmada	Todo el año

Fuente: Elaboración propia (2021)

- Vía de acceso a la cantera

La cantera contemplada para el proyecto, considerando que el material predominante es el hormigón, arena gruesa y arena fina para todos los concretos a emplearse, será de la cantera ubicada en la zona del río Puchca.



Figura N° 36: Cantera río Pushca

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

#### B) Topografía del lugar

La topografía del lugar tiene una pendiente entre el 18 % al 25 %. El barrio Santa Cruz de Picuto mantiene una topografía con pendientes moderadas y acentuadas, rodeadas por cerros rocosos adyacentes. La flora y tipo de vegetación están constituidas en su mayoría por pastos naturales emplazados en toda el área de la zona, así como la diversidad de gran cantidad de arbustos.

#### C) Actividades económicas y sociales

- Vivienda

El barrio Santa Cruz de Picuto tiene viviendas construidas esencialmente de material de adobe, con cobertura de teja artesanal y planchas de calamina y paja.

- Actividad económica

- a. Agricultura

El barrio Santa Cruz de Picuto, como la mayoría de los centros poblados del Distrito de Paucas, cuenta con una actividad económica de manutención, basada en la agricultura. La actividad agrícola está enfocada en cultivos permanentes, como es el cultivo maíz, oca, papa y trigo.

#### b. Ganadería

La actividad pecuaria del barrio Santa Cruz de Picuto, se caracteriza básicamente por ser de auto subsistencia y en una menor proporción se destina para comercio local. Los productos más importantes son los ovinos, porcinos, vacunos, cuyes y animales menores.

#### D) Descripción de la situación actual

En la zona urbana del barrio Santa Cruz de Picuto, el cauce de la quebrada puente unión, se encuentra colmatado, producto de las avenidas ocurridas a lo largo del tiempo y la cultura de los vecinos de arrojar sus residuos sólidos (basura), al lecho de la quebrada, originando la formación de bancos de arena y grava, estos a su vez meandros que desvían el curso de las aguas de la quebrada, afectando a ambos márgenes. Estos cambios en el curso de las aguas, han producido que los terrenos de cultivos adyacentes a las márgenes hayan perdido su capacidad de defensa, permitiendo la constante erosión y en algunos casos hasta la pérdida de cultivos sembrados. Colindante a estos terrenos se encuentra una vía de tránsito (calle) a la margen derecha de la quebrada que se encuentra en peligro de ser arrasado.

#### E) Descripción técnica de la instalación de la defensa ribereña con gaviones.

El proyecto abarcó la construcción de defensa ribereña en los dos márgenes de la quebrada, con gaviones de tipo caja (zn+5al+pvc, 3.4 mm), en los 300 ml. Construcción del cauce de la quebrada, en gradería con concreto ciclópeo, de  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ ; en 370 ml y ancho de 3m, el espesor  $e=0.20 \text{ m}$ . habilitación vial, consistente en relleno y compactación, instalación de dos tomas laterales, con concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , y tubería pvc c-10 de 6, y la instalación de muro y escalinata de ingreso a la quebrada. Mitigación del impacto ambiental, durante el proceso constructivo, capacitación a los beneficiarios en temas de defensa civil y mantenimiento de obras de defensa, a fin de evitar desgracias futuras a la población.

## 5.2 Defensa ribereña

### 5.2.1 Hidrología del proyecto

#### - Delimitación de la microcuenca

Con el uso del software Arc Gis y luego Google Earth se realizó la delimitación de la microcuenca, que está ubicado en el distrito de Paucas, se requirieron datos de tipo ráster para delimitar la microcuenca y luego de ubicada, se pasó a exportar al Google Earth. Ver figura N°37.



Figura N° 37: Delimitación de microcuenca del proyecto

Fuente: Google Earth, (2021)

#### 5.2.1.1 Características morfológicas principales de la microcuenca

La microcuenca tiene una extensión de 2.206 Km<sup>2</sup> lo cual indica que es una extensión pequeña, la pendiente es de 36.37 por ciento, las pendientes más pronunciadas están en la parte superior y media de la microcuenca, se trata de pendientes altas donde los suelos son propensos a erosiones lo cual traería perjuicios a la población que se encuentra en la zona baja de la microcuenca a continuación, se muestra el cuadro donde se especifican los principales parámetros morfológicos de la microcuenca. Ver tabla N° 24.

Tabla N° 23: Parámetros de microcuenca

Parámetros	
% Pendiente promedio	36.36945192
Pendiente en grados	0.348822366
Longitud del cauce principal	2764.98m
Área	2.206872 Km <sup>2</sup>
Perímetro	8.805538 Km

Fuente: ArcGIS v.10.8 (2021)

### 5.2.1.2 Información hidrometeorológica

El distrito de Paucas se encuentra en la provincia de Huari, donde está ubicada la estación pluviométrica de Chavín dentro del distrito de Chavín de Huántar de la provincia de Huari Ancash, del cual se tomó los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas, ya que esta estación pluviométrica se encuentra más cerca al área de trabajo.

Para realizar el análisis y procesamiento de los datos obtenidos de dicha estación pluviométrica se realizó primero la prueba de datos dudosos a los 28 datos obtenidos, el cual arrojaron los siguientes valores que se muestran en la tabla N° 25.

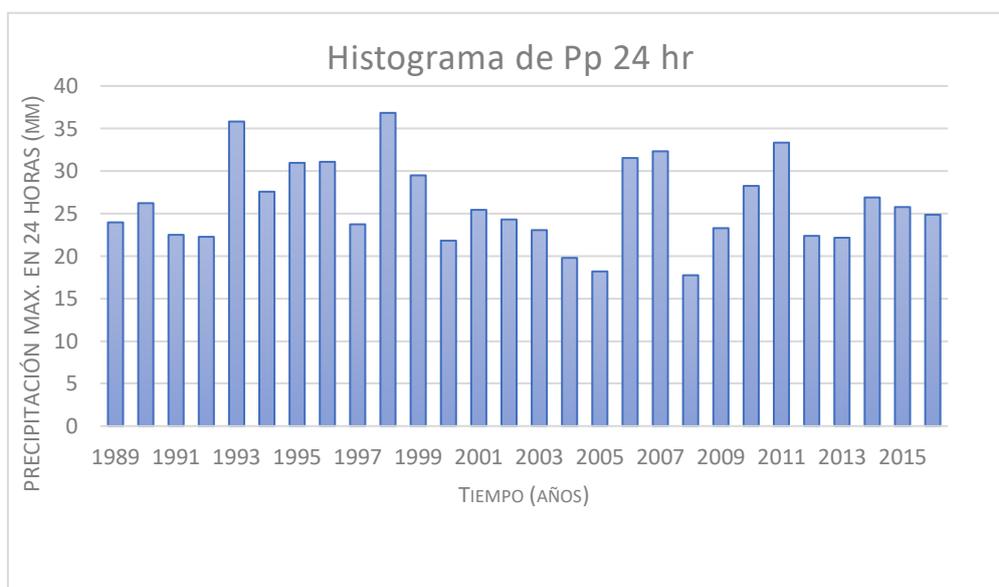


Figura N° 38: Histograma de precipitación 24 horas

Fuente: Elaboración propia (2021)

Para detectar los datos dudosos calculamos los umbrales superiores e inferiores los cuales nos arrojaron los siguientes resultados.

Tabla N° 24: Tabla de precipitaciones

N	Precipitación	AÑO	LN Max	CONDICIÓN
1	23.96	1989	3.18	VERIFICADO
2	26.22	1990	3.27	VERIFICADO
3	22.49	1991	3.11	VERIFICADO
4	22.26	1992	3.10	VERIFICADO
5	35.82	1993	3.58	VERIFICADO
6	27.57	1994	3.32	VERIFICADO
7	30.96	1995	3.43	VERIFICADO
8	31.08	1996	3.44	VERIFICADO
9	23.73	1997	3.17	VERIFICADO
10	36.84	1998	3.61	VERIFICADO
11	29.49	1999	3.38	VERIFICADO
12	21.81	2000	3.08	VERIFICADO
13	25.43	2001	3.24	VERIFICADO
14	24.3	2002	3.19	VERIFICADO
15	23.05	2003	3.14	VERIFICADO
16	19.78	2004	2.98	VERIFICADO
17	18.19	2005	2.90	VERIFICADO
18	31.53	2006	3.45	VERIFICADO
19	32.32	2007	3.48	VERIFICADO
20	17.74	2008	2.88	VERIFICADO
21	23.28	2009	3.15	VERIFICADO
22	28.25	2010	3.34	VERIFICADO
23	33.34	2011	3.51	VERIFICADO
24	22.37	2012	3.11	VERIFICADO
25	22.15	2013	3.10	VERIFICADO
26	26.89	2014	3.29	VERIFICADO
27	25.76	2015	3.25	VERIFICADO
28	24.86	2016	3.21	VERIFICADO
PROMEDIO	26.12	MEDIA	3.25	
DEV EST	5.01	DESV LN	0.19	
		KO	2.534	
		LIM SUP	3.73	
		LIM INFE	2.76	

Fuente: Elaboración propia. (2021)

Lo que muestra la tabla N° 25 son los valores de los datos pluviométricos, que se encuentran dentro del rango aceptable, quiere

decir que, si están bien los datos para poder hacer los siguientes cálculos, entonces los valores hidrológicos tomados de la estación Huari están dentro de los parámetros permitidos por la función estadística.

### 5.2.1.3 Pruebas de bondad ajuste

Se utilizó el software Easy Fit que determinó las funciones de probabilidad al cual los datos estadísticos se ajustan más, en el siguiente gráfico N° 39 se muestran los resultados, que arrojó el modelo de distribución de frecuencias Log Pearson III.

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
38	Log-Pearson 3	0.08956	1	0.24084	8	1.0171	21
35	Log-Gamma	0.09002	2	0.2366	3	1.0198	22
16	Fatigue Life (3P)	0.0906	3	0.24149	9	1.0658	29
22	Gen. Gamma	0.09064	4	0.30346	25	1.7315	31
20	Gamma (3P)	0.09097	5	0.24006	7	0.11197	4
19	Gamma	0.09106	6	0.28179	23	1.8006	33
15	Fatigue Life	0.09142	7	0.26325	19	1.0559	27
49	Pearson 6 (4P)	0.09143	8	0.23921	4	0.11369	5
41	Lognormal (3P)	0.09146	9	0.24422	11	1.0585	28
40	Lognormal	0.092	10	0.26442	20	1.0518	24
46	Pearson 5	0.09201	11	0.243	10	1.0542	26
47	Pearson 5 (3P)	0.09222	12	0.24713	12	1.0524	25
48	Pearson 6	0.09255	13	0.24892	14	1.0513	23
7	Dagum	0.09439	14	0.23968	6	0.13247	10
18	Frechet (3P)	0.09495	15	0.23587	2	0.16246	12
37	Log-Logistic (3P)	0.09555	16	0.24772	13	0.12692	8
21	Gen. Extreme Value	0.09791	17	0.22303	1	0.10065	3
42	Nakagami	0.09796	18	0.32298	27	1.9212	37
9	Erlang	0.09962	19	0.27851	22	0.32254	16
25	Gumbel Max	0.09965	20	0.30357	26	0.16846	13
60	Weibull (3P)	0.10015	21	0.25903	15	0.12329	7

Figura N° 39: modelos de distribución

Fuente: Elaboración propia (2021)

Como se observa la función de probabilidad Log Pearson III, es la mejor que se ajusta a los datos de Pp máx. 24 hr de la estación pluviométrica, cabe resaltar que el manual de carreteras de hidrología, hidráulica y drenaje del ministerio de transportes recomienda utilizar las funciones de distribución que son la distribución normal, log normal, Pearson tipo III, Gumbel u log Pearson tipo III.

El siguiente gráfico muestra que no se rechazan los valores. Ver Figura N° 40.

Bondad de ajuste - Detalles [ocultar]					
<b>Log-Pearson 3 [#38]</b>					
Kolmogorov-Smirnov					
Tamaño de la muestra	28				
Estadística	0.08956				
Valor P	0.96339				
Rango	1				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	0.1968	0.22497	0.24993	0.27942	0.29971
Rechazar?	No	No	No	No	No
<b>Anderson-Darling</b>					
Tamaño de la muestra	28				
Estadística	0.24084				
Rango	8				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	1.3749	1.9286	2.5018	3.2892	3.9074
Rechazar?	No	No	No	No	No
<b>Chi-cuadrado</b>					
Grados de libertad	2				
Estadística	1.0171				
Valor P	0.60136				
Rango	21				
$\alpha$	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valor crítico	3.2189	4.6052	5.9915	7.824	9.2103
Rechazar?	No	No	No	No	No

Figura N° 40: funciones de distribución de probabilidad

Fuente: Elaboración propia (2021)

Con la prueba de bondad de Kolgomorov Smirnov se usará el  $\alpha$  de 0.05 que se ajusta bien, luego se realizó la extrapolación con estos datos.

#### 5.2.1.4 Diseño de tormentas

Con la información de precipitaciones máximas en 24 hrs para la microcuenca, se calculó las precipitaciones máximas para duraciones menores a 24 hrs ( $d < 24$  hrs) mediante el método Dick Peschke.

La precipitación obtenida en el paso anterior fue transformada en intensidades medias, esto se hace para las diferentes duraciones menores a 24 horas y para todos los periodos de retorno como se observa en la tabla N° 26.

Tabla N° 25: Tabla de distribución de valores extremos

Periodo de retorno	pp (mm)
25	35..99
50	38.23
100	40.38
200	42.47
500	45.16
1000	47.16

Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla N° 26: Tabla de intensidades máximas mm/hora

Duración (hora)	Periodo de retorno (años)					
	25	50	100	200	500	1000
1	16.26	17.27	18.24	19.19	20.40	16.26
2	9.67	10.27	10.85	11.41	12.13	9.67
3	7.13	7.58	8.00	8.42	8.95	7.13
4	5.75	6.11	6.45	6.78	7.21	5.75
5	4.86	5.17	5.46	5.74	6.10	4.86
6	4.24	4.51	4.76	5.00	5.32	4.24
7	3.78	4.01	4.24	4.46	4.74	3.78
8	3.42	3.63	3.84	4.03	4.29	3.42
9	3.13	3.32	3.51	3.69	3.93	3.13
10	2.89	3.07	3.24	3.41	3.63	2.89
11	2.69	2.86	3.02	3.18	3.38	2.69
12	2.52	2.68	2.83	2.98	3.16	2.52
13	2.38	2.52	2.66	2.80	2.98	2.38
14	2.25	2.39	2.52	2.65	2.82	2.25
15	2.13	2.27	2.39	2.52	2.68	2.13
16	2.03	2.16	2.28	2.40	2.55	2.03
17	1.94	2.06	2.18	2.29	2.44	1.94
18	1.86	1.98	2.09	2.20	2.33	1.86
19	1.79	1.90	2.00	2.11	2.24	1.79
20	1.72	1.83	1.93	2.03	2.16	1.72
21	1.66	1.76	1.86	1.96	2.08	1.66
22	1.60	1.70	1.80	1.89	2.01	1.60
23	1.55	1.64	1.74	1.83	1.94	1.55
24	1.50	1.59	1.68	1.77	1.88	1.50

Fuente: Elaboración propia (2021)

Luego de este proceso se procedió con la obtención de los hietogramas el cual para la tesis se utilizó un periodo de retorno de 100 años.

### 5.2.1.5 Hietograma

El hietograma es el paso previo para encontrar el caudal de diseño, el cual se muestra en el siguiente gráfico.

Tabla N° 27: Tabla de hietograma para T = 100 años

Duración (horas)	Intensidad (mm/h)	Prof. Acum. (mm)	Prof. Increm. (mm)	Tiempo (hora)	Precipitación (mm)
1	18.24	18.24	18.24	1	0.44
2	10.85	21.70	3.45	2	0.47
3	8.00	24.01	2.31	3	0.51
4	6.45	25.80	1.79	4	0.56
5	5.46	27.28	1.48	5	0.61
6	4.76	28.55	1.27	6	0.69
7	4.24	29.68	1.12	7	0.78
8	3.84	30.68	1.01	8	0.92
9	3.51	31.60	0.92	9	1.12
10	3.24	32.44	0.84	10	1.48
11	3.02	33.23	0.78	11	2.31
12	2.83	33.96	0.73	12	18.24
13	2.66	34.64	0.69	13	3.45
14	2.52	35.29	0.65	14	1.79
15	2.39	35.90	0.61	15	1.27
16	2.28	36.49	0.58	16	1.01
17	2.18	37.05	0.56	17	0.84
18	2.09	37.58	0.53	18	0.73
19	2.00	38.09	0.51	19	0.65
20	1.93	38.58	0.49	20	0.58
21	1.86	39.06	0.47	21	0.53
22	1.80	39.51	0.46	22	0.49
23	1.74	39.95	0.44	23	0.46
24	1.68	40.38	0.43	24	0.43

Fuente: Elaboración propia (2021)

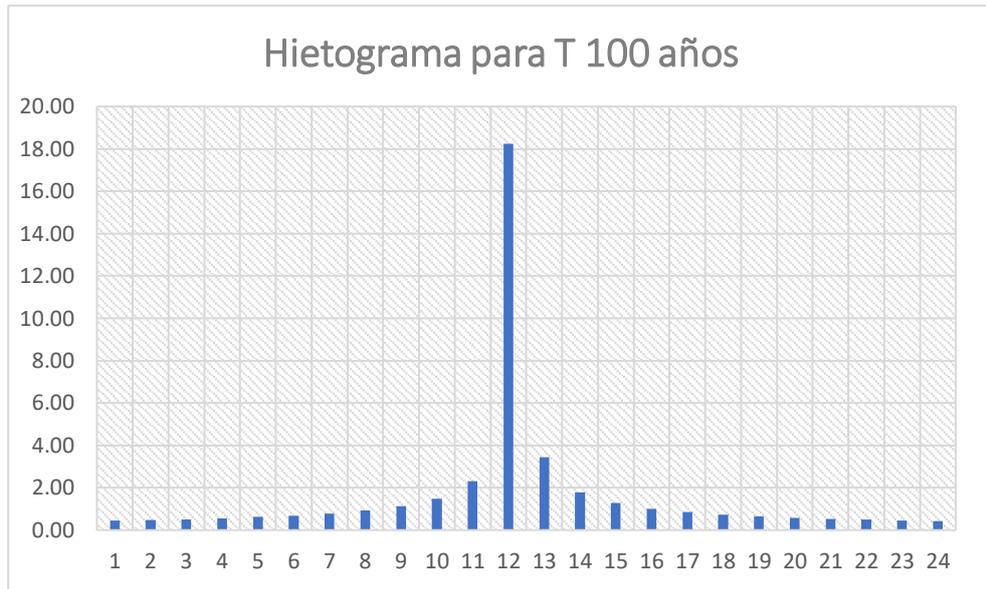


Figura N° 41: Hietograma para periodo de retorno 100 años

Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 5.2.1.6 Modelamiento hidrológico

Por medio del programa Hec HMS se ingresó los datos de las precipitaciones en 24 horas luego con el hietograma ya realizado anteriormente, se hizo el modelamiento para hallar el caudal de diseño requerido, para el método de transformación de la precipitación-escorrentía se utilizó el método de hidrograma unitario SCS, por último para el modelo de precipitación se utilizó la tormenta del Dick Pescke y su hietograma específico, las precipitaciones máximas para el período de retorno de 100 años, y se obtuvo un caudal de máxima avenida de 5.7 m<sup>3</sup>/s para un Tr 100 años como se muestra en la figura N° 42.

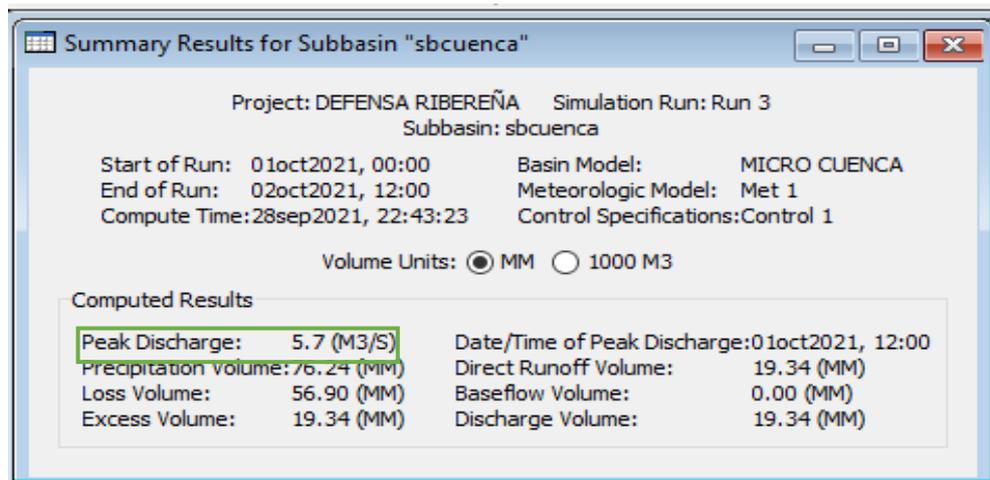


Figura N° 42: Caudal de diseño con el programa Hec HMS

Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.2.2 Hidráulica del proyecto

Por medio del programa HEC RAS se realizó el modelamiento hidráulico de la defensa ribereña con gaviones en el distrito de Paucas, en el cual se utilizó los datos topográficos del expediente técnico, la distancia total es 300 m. para la instalación de los gaviones, con una pendiente de 24 por ciento, del libro manual práctico para diseño de canales se obtuvo el coeficiente de Manning (n), y se utilizó el valor de  $n = 0.030$ , que es para rocas lisas y uniformes en buenas condiciones.

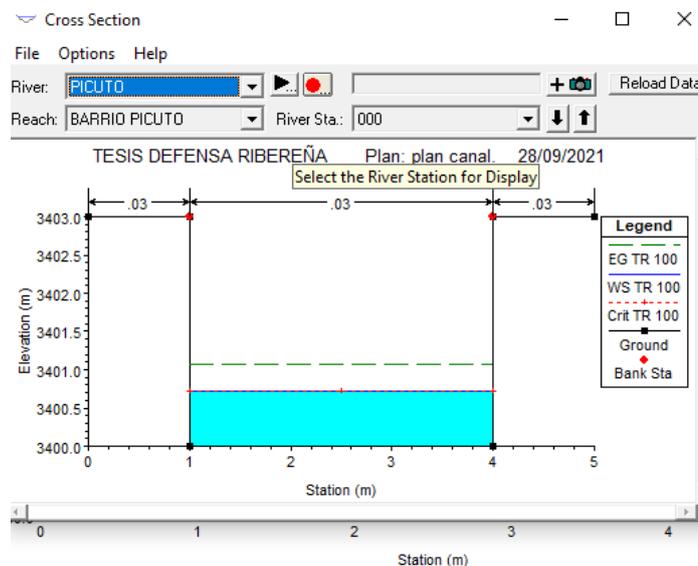


Figura N° 43: Modelamiento hidráulico con el software Hec ras

Fuente: Hec ras 4.1.0 (2021)

Cross Section Output					
File Type Options Help					
River:	PICUTO	Profile:	TR 100		
Reach:	BARRIO PICUTO	RS:	000	Plan:	canal01
Plan: canal01 PICUTO BARRIO PICUTO RS: 000 Profile: TR 100					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	3401.08	Wt. n-Val.		0.030	
Vel Head (m)	0.36	Reach Len. (m)			
W.S. Elev (m)	3400.72	Flow Area (m2)		2.14	
Crit W.S. (m)	3400.72	Area (m2)		2.14	
E.G. Slope (m/m)	0.016760	Flow (m3/s)		5.70	
Q Total (m3/s)	5.70	Top Width (m)		3.00	
Top Width (m)	3.00	Avg. Vel. (m/s)		2.66	
Vel Total (m/s)	2.66	Hydr. Depth (m)		0.71	
Max Chl Dpth (m)	0.71	Conv. (m3/s)		44.0	
Conv. Total (m3/s)	44.0	Wetted Per. (m)		4.43	
Length Wtd. (m)		Shear (N/m2)		79.53	
Min Ch El (m)	3400.00	Stream Power (N/m s)	239.39	0.00	0.00
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)			
Frctn Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			
C & E Loss (m)					

Figura N° 44: Tirante para el diseño

Fuente: Hec ras 4.1.0

Por último, el número de froude es de 3.77 el cual es un valor de un régimen supercrítico que significa que hay peligro de socavación.

### 5.2.3 Diseño de defensa ribereña con gaviones

#### 5.2.3.1 Cálculo de diseño sobre estabilidad de muro

- Geometría y disposición de los gaviones

En este caso se realizó la configuración de los gaviones de acuerdo con las dimensiones que existe en el mercado, que es 5x1x1 m que se denominó tipo I y el segundo de 5x1.5x1 m tipo II, de tal manera que resulta una altura de 3 m y un ancho de 2 m, que en este caso se analizó. En la figura N ° 50 se ve la configuración de los gaviones que se utilizó en la instalación de la defensa ribereña, los gaviones I, II y IV son de tipo A, y el gavión III es del tipo B

Altura de cada bloque :  $h_B = 1.00 \text{ m}$

Altura total del muro :  $H_T = 3.00 \text{ m}$

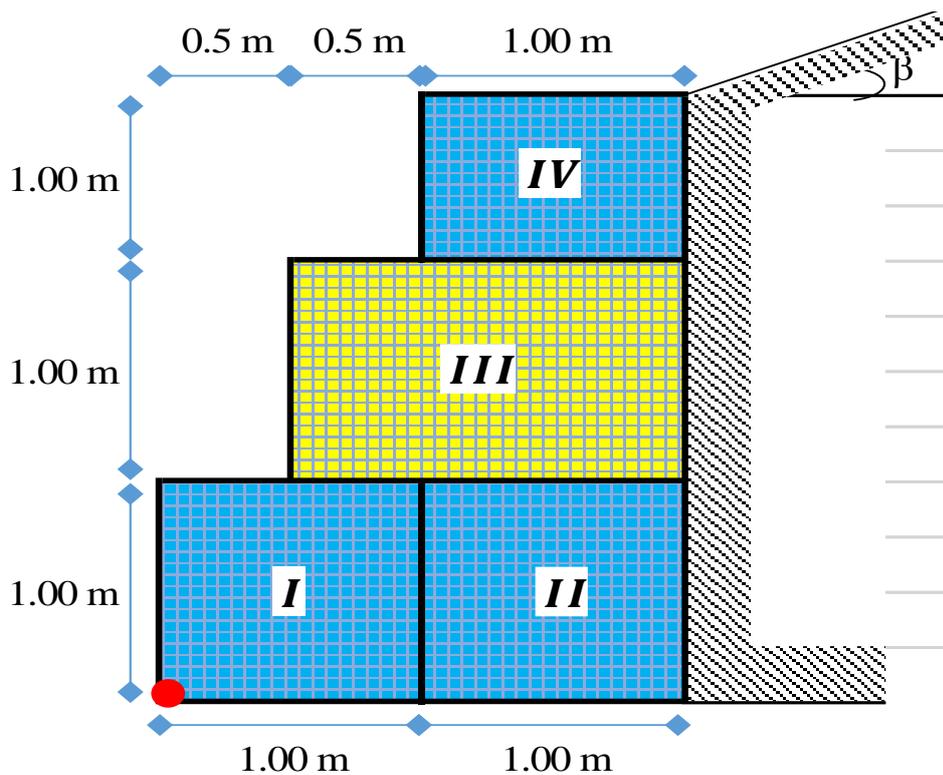


Figura N° 45: Muro de gaviones de 3 m. de altura

Fuente: Elaboración propia (2021)

Las propiedades mecánicas del suelo del macizo, de las piedras de relleno para los gaviones como también del suelo de fundación son las siguientes:

- Peso específico del suelo :  $\gamma = 1.90 \text{ tn/m}^3$
- Peso específico de la piedra :  $\text{gr} = 2.00 \text{ tn/m}^3$
- Ángulo de fricción :  $\emptyset = 32.00^\circ$
- Ángulo que forma el relleno :  $\beta = 0.00^\circ$
- Capacidad portante :  $\text{cps} = 1.20 \text{ kg/cm}^2$

Cálculo del empuje activo:

- Empuje activo:

Coefficiente de empuje activo:

$$K_a = \cos \beta * \left( \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos \beta^2 - \cos \phi^2}}{\cos \beta + \sqrt{\cos \beta^2 - \cos \phi^2}} \right)$$

$$K_a = 0.3072585$$

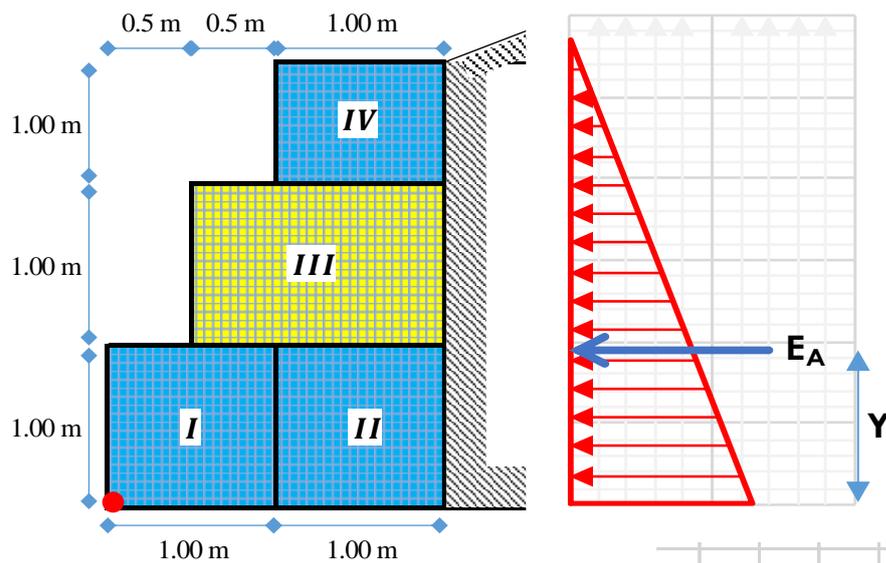
De la siguiente expresión se calcula el empuje activo

$$E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_s * H_T^2$$

Reemplazando los valores tenemos el empuje activo siguiente

$$E_A = 2.6271$$

Altura de aplicación del empuje activo



$$Y = \frac{H}{3} = 1.00 \text{ m}$$

Figura N° 46: Altura de aplicación del empuje activo

Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de la estabilidad:

Cálculo del peso total y del momento resistente

En la siguiente tabla N° 29 se hizo el cálculo de los momentos de cada gavión, que luego sumados hacen el equilibrio estático del muro de contención.

Tabla N° 28: Tabla de peso y momento total resistente

FIG.	TIPO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PESO UNITARIO	PESO PARCIAL	BRAZO X (m)	MOMENTO (tn-m)
I	Gavión	1.000	2.00 tn/m <sup>3</sup>	2.00 tn/m	0.500	1.0000
II	Gavión	1.000	2.00 tn/m <sup>3</sup>	2.00 tn/m	1.500	3.0000
III	Gavión	1.500	2.00 tn/m <sup>3</sup>	3.00 tn/m	1.250	3.7500
IV	Gavión	1.000	2.00 tn/m <sup>3</sup>	2.00 tn/m	1.500	3.0000
			Σ =	9.00 tn/m	Σ =	10.750

$$P = 9.00 \text{ tn} \qquad \qquad \qquad Mr = 10.8 \text{ tn-m}$$

Fuente: Elaboración propia (2021)

Cálculo del momento producido por el empuje activo en el muro de contención de gaviones

$$M_A = E_A * Y$$

$$MA = 2.627 \text{ tn} \times 1.000 \text{ m}$$

$$MA = 2.627 \text{ tn-m}$$

1. Verificación por deslizamiento FSV = 1.5

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD$$

; donde:

$$f = tg\phi$$

$$f = 0.625$$

$$\text{FSD} = 2.14 > 1.50$$

... Conforme

2. Verificación por volteo  $FSV = 2.00$

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

$$FSV = 4.09 > 2.00$$

... Conforme

3. Verificación de presiones sobre el terreno

Punto de aplicación de la fuerza resultante:

$$X_0 = \frac{M_r - M_A}{P} = 0.90$$

Excentricidad de la fuerza resultante:

$$e = \frac{B}{2} - X_0$$

$$e = 0.0975 \text{ m}$$

Se debe de cumplir que:

$$e < \frac{B}{6} = 0.33 \text{ m}$$

Como se cumple quiere decir que cae dentro del tercio central

Verificaciones de las presiones de contacto entre el suelo y el muro de gaviones

$$\sigma = \frac{P}{B} \left[ 1 \pm \frac{6 * e}{B} \right]$$

$$s_1 = 0.58 \text{ kg/cm}^2 < s_s = 1.20 \text{ kg/cm}^2$$

... Conforme

$$s_2 = 0.32 \text{ kg/cm}^2 < s_s = 1.20 \text{ kg/cm}^2$$

... Conforme

### Verificación de las secciones intermedias

Para cada sección entre bloques que son las capas intermedias de los gaviones se determinaron las tensiones normales y de corte actuantes para lo cual se determinó el empuje activo y el peso de los gaviones como sigue:

- Primer bloque

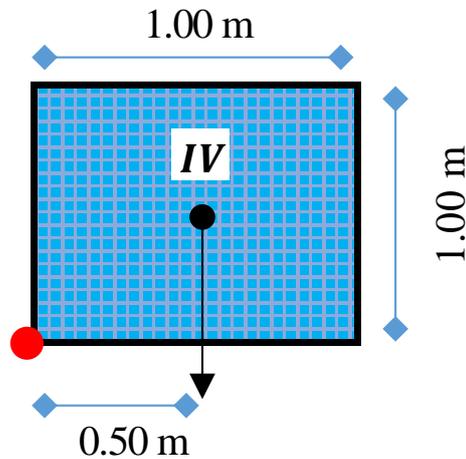


Figura N° 47: Primer bloque

Fuente: Elaboración propia (2021)

#### Fuerzas estabilizantes

$$\text{Peso (IV)} = 1.00 \times 1.00 \times 2.00 = 2.00 \text{ tn}$$

$$\text{Momento (IV)} = 2.00 \times 0.5 = 1.00 \text{ tn-m}$$

#### Fuerzas desestabilizantes

$$\text{Empuje} = E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_s * H_T^2 = 0.2919 \text{ tn}$$

$$\text{Momento} = M_A = E_A * Y = 0.097 \text{ tn-m}$$

Verificación por deslizamiento  $FSD = 1.50$

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD$$

$$f = \operatorname{tg}\phi = 0.625$$

FSD=	4.28	>	1.50
------	------	---	------

...Conforme

Verificación por volteo FSV = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

FSV=	10.28	>	2.00
------	-------	---	------

...Conforme

Segundo bloque

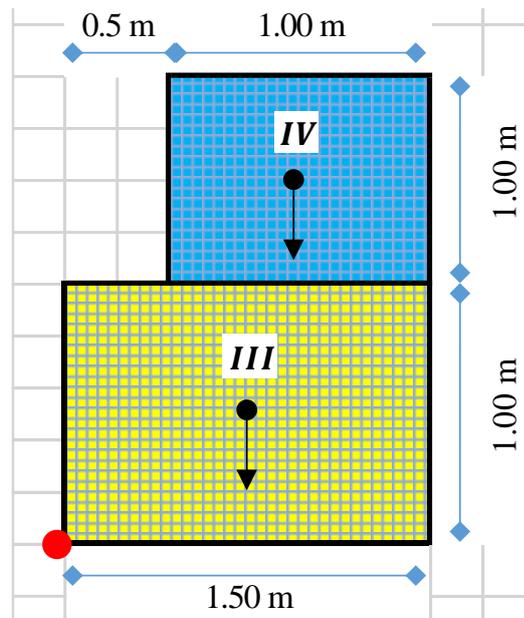


Figura N° 48: Segundo bloque

Fuente: Elaboración propia (2021)

Fuerzas estabilizantes

$$\text{Peso (IV)} = 1.00 \times 1.00 \times 2.00 = 2.00 \text{ tn}$$

$$\text{Peso (III)} = 1.00 \times 1.50 \times 2.00 = 3.00 \text{ tn}$$

$$\Sigma = 5.00 \text{ tn}$$

$$\text{Momento (IV)} = 2.00 \times 1.00 = 2.00 \text{ tn-m}$$

$$\text{Momento (III)} = 3.00 \times 0.75 = 2.25 \text{ tn-m}$$

$$\Sigma = 4.25 \text{ tn}$$

Fuerzas desestabilizantes

$$\text{Empuje} = E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_s * H_T^2 = 1.1676 \text{ tn}$$

$$\text{Momento} = M_A = E_A * Y = 0.778 \text{ tn-m}$$

Verificación por deslizamiento FSD = 1.50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD$$

$$f = \text{tg}\phi = 0.625$$

$$\boxed{\text{FSD} = 2.68 > 1.50} \dots \text{Conforme}$$

Verificación por volteo FSV = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

$$\boxed{\text{FSV} = 5.46 > 2.00} \dots \text{Conforme}$$

Tabla N° 29: Verificaciones muro de gaviones 3m.

Estabilidad	Empuje del suelo
Seguridad contra el vuelco	OK
Seguridad contra el deslizamiento	OK
Presiones de fundación	OK

Fuente: Elaboración propia (2021)

## 5.3 Evaluación de impacto ambiental

### 5.3.1 Descripción ambiental del emplazamiento

#### 5.3.1.1 Línea base física

##### a. Clima

El proyecto presenta territorios altoandinos con climas variados, que se inicia en la localidad de Paucas (3435 m.s.n.m.), están relacionadas con la ubicación geográfica, en este caso con las diferentes cadenas montañosas de la Cordillera de los Andes. Las altitudes que sobrepasan los 5000 m.s.n.m. forman una barrera natural que impide el paso de las masas de aire húmedo del Atlántico al Pacífico, que ocasiona importantes precipitaciones en el flanco oriental, en contraste con la escasez de lluvias típica de las vertientes occidentales.

Se tiene el siguiente clima:

Frío – templado entre 3000 y 3500 msnm, con temperaturas entre 10 °C a 24 °C en el día y de 5 °C a 10 °C en las noches. Este clima es de frío a templado que tiene una distribución de lluvias, descargando el mayor volumen de precipitación en casi el 95% durante los meses de octubre a abril y el resto de mayo a setiembre.

#### 5.3.1.2 Medio biológico

##### a. Flora

El escenario vegetal está constituido por pastos naturales, uno de los recursos naturales importantes para el desarrollo ganadero de la zona, sin embargo, es el más desatendido y deteriorado. Este recurso, alimenta a ovinos, vacunos y equinos, los que provocan el problema de sobrepastoreo con una paulatina erosión e improductividad creciente.

Existen zonas de cultivos donde se encuentran especies pertenecientes a la región de vegetación andina. Las formaciones vegetales predominantes son: vegetación arbustiva y algunos lugares se encuentran árboles como el “eucalipto” (*Eucalyptus globulus*), y pinos etc.

Entre la vegetación arbustiva encontramos especies como: qicuyo, trébol, alfalfa, cola de caballo, anís, llantén, achicoria, menta, muña, congona, etc.

b. Fauna:

Según la fauna, pertenece al área andina destacando entre mamíferos; el ganado vacuno, lanar, porcino y equinos. También se cuenta con animales domesticados como la gallina, pájaros de gran variedad entre los que podemos mencionar al gorrión común (*Passer domesticus*), el jilguero (*Carduelis carduleis*), la tórtola (*Streptopelia turtur*), etc.

Se debe destacar la crianza de animales menores como el cuy y conejos, que son el sustento económico de algunas familias rurales.

### 5.3.1.3 Medio socioeconómico

a. Características demográficas

Según el censo del año 2007 la población de Paucas es de 2048 habitantes.

b. Salud, higiene y limpieza pública

En lo referente a salud se tiene reportes del puesto de salud de Paucas lugar a donde acuden cuando tienen problemas de salud. Las enfermedades más frecuentes en la zona del proyecto son las EDA's e IRA's y para las demás enfermedades se asumen que son las mismas de la zona de referencia.

La higiene es un aspecto que se evidencia como inadecuada, esto a causa de las malas prácticas de higiene.

La eliminación de la basura generada por la población de la localidad de Paucas, lo hace cada poblador lo quema y gran porcentaje desecha sus residuos en campos abiertos, chacras o en las quebradas, la frecuencia de eliminación es variada.

c. Características de las viviendas

En el área de influencia directa del proyecto las viviendas son casi exclusivamente de material rústico es decir el 100%, con paredes de tapial o adobe y cubierta de teja de arcilla convencional o material fibrocemento, en el ámbito exclusivo del proyecto se cuenta con

entidades públicas. En lo referente al servicio de energía eléctrica el 100% de usuarios de la localidad de Paucas cuentan con dicho servicio. De igual forma cuentan con el servicio de agua potable el 100%, en su totalidad, el servicio se tiene de manera regular y continua. Finalmente, el 100% de los usuarios están conectados al servicio de alcantarillado sanitario.

#### d. Características de educación

IE en la zona afectada: En cuanto a los servicios educativos brindados en la localidad de Paucas, se cuenta con una institución educativa inicial, institución Educativa de Nivel Primario e Institución Educativa de nivel secundario en forma escolarizada mixta.

#### e. Características agropecuarias

El distrito de Paucas la agricultura es una de sus principales actividades, con cultivos permanentes y transitorios. Entre sus principales productos tenemos: la papa, maíz, trigo, cebada, habas, arvejas, quinua, oca, olluco, etc. La producción es principalmente para la subsistencia de los pobladores y el excedente es destinado al comercio a pequeña escala en los mercados locales de Huari. En ganadería, cuentan con ganado vacuno, porcino, ovino, caprino y equino. También crían aves de corral, cuyes, etc.

#### f. Vías de comunicación en el área de influencia

Tomando como referencia a la ciudad de Huaraz, a la capital de Paucas se llega mediante la vía asfaltada Huaraz – Catac (carretera de penetración del sistema vial nacional 3N), de aquí se continúa mediante carretera asfaltada Catac- Túnel Cahuish, luego hasta Cruce Pomachaca, pasando las ciudades de Chavín de Huántar y San Marcos mediante vía asfaltada. Luego se continúa mediante vía afirmada pasando las localidades de Masin, Huaytuna, Rahuapampa hasta Piuroc y de aquí se parte con rumbo a Uco y Paucas. El recorrido desde Huaraz a Paucas mediante vehículo es de 205 km. aproximadamente y un tiempo promedio de viaje de 7.00 horas, el estado de las vías en general es regular a malo desde túnel de Cahuish a Paucas. En la localidad de Paucas, los pobladores tienen como

actividad económica: la agricultura – ganadería entre otros. El nivel de vida de los pobladores es bajo, ya que son de condición económica baja. Por la mala y baja rentabilidad de productos, servicios básicos y la dificultad para realizar su comercialización.

g. Componentes ambientales relevantes

Para la selección de los componentes más relevantes se consideraron los siguientes criterios: intensidad, duración, extensión, probabilidad de ocurrencia, reversibilidad, ordenación del territorio, magnitud, carácter del efecto, temporalidad, calidad, productividad, evolución, control, legalidad, distancia, fragilidad, diversidad, naturaleza, rareza, visibilidad.

Del análisis de los medios físico, biológico y socioeconómico se han seleccionado los parámetros ambientales relevantes, los que son mencionados en la siguiente tabla N° 31.

Tabla N° 30: Parámetros ambientales relevantes

Medio físico	Medio biológico	Medio Socioeconómico
Suelos	Flora	Población
Erosión	Fauna	Sistema territorial
Clima	Cobertura	Uso actual de tierras
Agua – calidad	Estructura y composición	Producción
Paisaje		Generación de empleo

Fuente: Elaboración propia (2021)

A continuación, se desarrolla el análisis de las características ambientales del área del proyecto considerando la naturaleza de las actividades del proyecto. Se procedió a la identificación y evaluación de impactos ambientales potenciales que se puedan producir en la etapa de construcción.

#### 5.3.1.4 Partidas de la obra

##### 0.1. Trabajos provisionales

01.01. Caseta de almacén y guardianía con triplay y parantes de madera tornillo (aprox. 12 m<sup>2</sup>) + calamina

##### Descripción:

Para el almacenamiento de materiales y herramientas durante la ejecución de la obra, se necesita contar con un ambiente disponible para este fin.

##### Método de Construcción:

Este ambiente se ubicó en un lugar apropiado. La clase y dimensionamiento definido se realizó en base a los requerimientos de la obra y funcionalidad del conjunto.

01.02. Cartel de obra en madera de 3.60m x 2.40m

##### Descripción:

El cartel de la obra se ubicó en el tramo inicial de los gaviones que es el tramo 0+00 de modo que, a través de su lectura, cualquier persona se puede enterar de la obra que se ejecutó.

Las dimensiones del cartel son de 3.60 m de largo por 2.40 m de alto.

##### Método de Construcción:

El cartel de la obra se confeccionó con las siguientes dimensiones de 3.60 m x 2.40 m. Se preparó el marco de madera tornillo, con las dimensiones proporcionadas. Para finalizar se ancla mediante dos dados de concreto al terreno de 0.4 x 0.4 x 0.5 m de dimensión, para fijar se utilizó concreto simple de C:H 1:12. Se fijo el cartel de la obra en postes de madera mediante perno de 5/8".

01.03. Movilización y desmovilización de maquinaria

##### Descripción:

Esta partida consistió en el traslado del equipo y maquinaria que no cuenta el proyecto, al lugar donde se desarrolla la obra antes de iniciar los trabajos. La movilización incluye la obtención y pago de permisos y seguros.

##### Método de Construcción:

El traslado de la maquinaria se realizó en camiones de cama baja, mientras que el equipo liviano se trasladó por medios propios, se lleva el equipo liviano como herramientas martillos neumáticos, vibradores, etc.

#### 01.04. Letrinas ecológicas de madera y calamina de (1.55x 1.10m)

##### Descripción de los trabajos

De acuerdo con las necesidades de la obra se incluyó y contempló la construcción de una letrina provisional que está conformada por un lavadero corrido, una ducha.

Al finalizar los trabajos, todas las construcciones provisionales se retiraron quedando limpio y libre de desmonte la zona que se utilizó para este fin.

##### Calidad de los materiales

Se construyó con triplay y calamina.

##### Procedimiento constructivo

Es de tipo convencional se consideró primero la ubicación y trazo de las obras provisionales, luego se levantó los paneles, después se aseguró bien y se procedió al techado.

##### Sistema de control

El control fue con respecto por unidad, la resistencia y seguridad de los materiales empleados, el número de los ambientes necesarios.

#### 02. Trabajos preliminares

##### 02.01. Limpieza manual de terreno con presencia de maleza y vegetación

##### Descripción:

Esta partida consistió en trabajos de limpieza de malezas y vegetación que existe en el área de trabajo, de acuerdo con el replanteo general al inicio de la obra, de modo que el terreno quede limpio, libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los demás trabajos, no se incluyó elementos de ningún otro tipo.

##### Método de construcción:

La limpieza del terreno con presencia de malezas y vegetación se realizó con picos, lampas y carretillas. El producto de la limpieza se eliminó al botadero autorizado por medio del volquete municipal recolector de residuos sólidos.

02.02. Trazo y replanteo en terreno accidentado con pendiente pronunciada sin equipo

Descripción:

Se realizó todos los trabajos necesarios para el trazo y replanteo preliminar de la obra, el pintado de progresivas y las acciones necesarias para realizar el metrado de las actividades correspondientes al movimiento de tierras.

Método de Construcción:

Comprendió el suministro de la mano de obra, materiales y todas las operaciones necesarias para realizar el trazo y replanteo. Asimismo, se incluyó la mano de obra y los materiales. En la siguiente figura N° 49 se muestra el trazo realizado en la zona alta con mayor pendiente.



Figura N°49: Trazo de la defensa ribereña

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

03. Movimiento de tierras

03.01. Desvío de río para la excavación de plataforma

Descripción:

En la ejecución de la obra se procedió a realizar un desvío provisional del agua, de manera que no interfiera con el resto de los trabajos a ejecutar, en la figura N° 51 se muestra el desvío del cauce para realizar los trabajos de excavación.



Figura N°50: Desviación del cauce del río

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

### 03.02. Corte en terreno semirocoso manual

#### Descripción

Esta partida se refiere al conjunto de las actividades de excavación, remover, cargar, transportar hasta el límite de acarreo libre y colocar en los sitios de desechos, los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación y préstamos.

Comprende la excavación de masas sueltas que permitió el uso de maquinaria, además comprende, la excavación y remoción de la capa vegetal y de otros materiales blandos, orgánicos y rechazables en las áreas donde se realizó las excavaciones de la explanación y terraplenes.

#### Método de Construcción

La excavación se efectuó con el empleo de mano de obra no calificada, con herramientas manuales y retroexcavadora en las zonas necesarias para este tipo de movimiento de tierra.

También el trabajo comprende el corte, excavación y el acarreo del material en los límites del área de influencia.



Figura N° 51: Corte de terreno semirrocoso manual

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

03.03. Corte roca fija (perforación y disparo) rendimiento =110m<sup>3</sup>/día

Descripción:

Esta partida se refirió al conjunto de actividades de perforación y voladura en roca fija, los procedimientos, tipos, cantidades de explosivos y equipos que se utilizó, el cual se debe proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de lo proyectado.

Método de Construcción:

Se consideró, respecto con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio de utilización.



Figura N°52: Perforación de roca para voladura

Fuente: Municipalidad de Paucas. (2017)

#### 03.04. Excavación de plataforma y en pared en roca suelta y perfilado (a mano)

##### Descripción:

Comprende la excavación manual en pared en roca suelta, para el perfilado de plataforma, que fue excavado de acuerdo con las medidas indicadas en los planos. También se incluyó la remoción y el retiro de estructuras que interfieran con el trabajo.

##### Método de Construcción:

La excavación se efectuó con el empleo de mano de obra no calificada y con herramientas manuales de la zona necesarias para este tipo de movimiento de tierra.



Figura N° 53: Excavación de plataforma y pared manual

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

### 03.05. Corte manual en terreno tipo cascajo y piedra

#### Descripción:

Esta partida consistió en el corte manual del terreno tipo cascajo y piedra, compuesta por tierra suelta y piedras, que fue excavado de acuerdo con las medidas indicadas en los planos.

#### Método de Construcción:

El trabajo comprendió corte, excavación, acarreo del material y la conformación de un banco de escombros en los límites del área de influencia de la estructura que se construyó e instaló, las paredes son lo más rectas posible.



Figura N° 54: Corte manual de terreno tipo cascajo

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

### 03.06. Relleno con material propio compactación con equipo liviano

#### Descripción:

Comprendió el suministro de la mano de obra, materiales, equipo y operaciones necesarias para ejecutar el relleno y compactación con material de propio de acuerdo con lo indicado.

#### Método de Construcción:

Este tipo de relleno se ejecutó empleando material propio, el cual se colocó y esparció en cantidades suficientes para obtener capas horizontales de espesor menor a 20 cm. La compactación fue suficiente para obtener la densidad máxima seca, se empleó para ello medios manuales o mecánicos para obtener un 90% de compactación para el proctor modificado.

Todos los espacios excavados y no ocupados por las diferentes estructuras se rellenaron hasta la superficie del terreno circundante. Este relleno se hizo una vez que la construcción terminó. Se utilizó en lo posible material adecuado. Todos los materiales que son adecuados para el relleno compactado se usaron siempre y cuando no tengan ramas de árboles, raíces de plantas, basura, etc.

Lugares de difícil acceso o en casos excepcionales, se compactó por medio de pisones mecánicos y/o manuales tipo, peso y dimensiones. Cualquier material que después de ser colocado en el terraplén, demuestre ser inadecuado será reemplazado.

03.07. Relleno con afirmado y/o material granular e=3" incluye compactación equipo liviano

Descripción:

Comprendió trabajos de relleno con afirmado y/o material granular de cantera según la necesidad de la obra. Los trabajos se realizaron con equipo liviano.

Método de construcción:

Se recomendó en primer lugar limpiar la superficie del área donde se va a realizar el relleno. Luego con ayuda de picos y lampas se empezó a colocar el material, seleccionado de finos a gruesos, para ser compactado con los equipos.

03.08. Relleno compactado con material de préstamo incluye plancha compactadora.

Descripción:

Comprendió el suministro de la mano de obra, materiales, equipos y las operaciones necesarias para que se ejecute el relleno y compactación con material de préstamo.

Método de construcción:

Este tipo de relleno se ejecutó utilizando el material de préstamo, el cual se colocó y esparció en cantidades suficientes para obtener capas horizontales con un espesor de 20 cm. La compactación fue suficiente para obtener la densidad máxima seca, se empleó medios manuales o

mecánicos para obtener un 90% de compactación para el proctor modificado.

Todos los espacios excavados y no ocupados por las diferentes estructuras fueron rellenos hasta la superficie del terreno circundante. Este relleno se realizó cuando la construcción terminó. Se utilizó material adecuado. Todos los materiales disponibles para el relleno compactado se utilizaron, siempre y cuando no tengan ramas de árboles, raíces de plantas, basura, etc. Los lugares de difícil acceso o en casos excepcionales se compactaron por medio de pisones mecánicos o manuales. Todo material que siendo colocado en el terraplén y demuestre ser inadecuado fue reemplazado.

#### 03.09. Nivelación y apisonado manual de terreno

##### Descripción:

Esta partida consistió en los trabajos de nivelación y apisonado de fondo que son rectos y sin hendiduras significativas.

##### Método de construcción:

La nivelación y apisonado se efectuó con el empleo de mano de obra no calificada y con herramientas manuales de la zona necesarias para este tipo de movimiento de tierra.

#### 04. Transporte de materiales y agregados

##### 04.01. Eliminación de material con volquete de 8 a 10 m<sup>3</sup> no incluye carguío

##### Descripción:

Esta partida corresponde a la eliminación del material excedente después de haber terminado la partida de excavación, relleno de la obra, etc. Así como la eliminación de desperdicios de la obra que se produjeron durante la ejecución de la construcción, el lugar a ser transportado es un lugar autorizado por las autoridades.

##### Método de Construcción:

Todo material procedente de los cortes que fue inadecuado o que resultó en exceso se eliminó fuera de los límites de la obra, en los lugares permitidos por las autoridades y que no obstruya los caminos

de acceso o servicios. Esto incluyó los trabajos necesarios para mantener la obra libre de residuos y materiales no deseados.

No se puede acumular material excedente por más de cinco (5) días sin que sea eliminado. El carguío de material excedente para su transporte se realizó con equipos manuales. El lugar de eliminación contó con la autorización municipal. Los materiales transportados se humedecieron adecuadamente (piedra, arena, tierra, etc.) y se cubrieron para evitar la dispersión de los materiales. Se tuvo especial cuidado que terceros no acumulen material de desmonte en el área elegida para el almacenamiento temporal.



Figura N° 55: Eliminación de material excedente con maquinaria

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

#### 04.02. Acarreo y eliminación de material excedente $d_{max} \leq 100$ m manual

##### Descripción:

Comprendió el traslado y eliminación de material excedente en forma manual, también se utilizó carretillas para el traslado y eliminación hacia los botaderos, a una distancia de 100 m para el acopio y la ejecución de la obra correspondiente.

Método de construcción:

Se recomendó trasladar el material con mucho cuidado para evitar accidentes.

Se trasladó el material manualmente, con costales o carretillas, procurando no exceder la capacidad de esfuerzo de los trabajadores.

#### 04.03. Extracción de piedra grande en cantera

Descripción:

Esta partida consistió en la selección y acopio de gravas, teniendo en cuenta la calidad y tamaño.

Método de Construcción:

Se tuvieron controles permanentes para garantizar la buena calidad de los materiales para la conformación de los gaviones.



Figura N° 56: Cantera ubicada en el río Pushca

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

#### 04.04. Acarreo manual de p.g. (prom. 10") d>100

Descripción:

Son los trabajos que se realizaron para el traslado del material seleccionado y acopiado.

Método de Construcción:

La tarea se realizó manualmente de acuerdo con la capacidad de carguío de cada peón.



Figura N° 57: Acarreo manual de piedra grande

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

#### 04.05. Acarreo de cemento $d_{\text{máx}} \leq 100\text{m}$

Descripción:

Comprendió los trabajos de transporte de cemento de punta de carretera a zona de ejecución de la obra.

- Equipos y herramientas
- Plástico, carretilla

Procedimiento

Se realizó de acuerdo con las instrucciones dadas por el personal responsable y se verificó que los materiales estuvieran en la obra.

#### 04.06. Acarreo de agregado $50\text{m} < d < 100\text{m}$

Descripción

Comprendió el acarreo de la grava, así como los frentes de trabajo.

Las gravas que se utilizó son de 2"- 8".

Método de Construcción

La partida se realizó con herramientas manuales.

## 05. Muros de gaviones

05.01. Muro de gaviones de caja 5.0 m x 1.00 m x 1.00 m (10 x 12 / 3.40, zn + al + pvc)

### Descripción:

Comprendió el armado de las cajas para gaviones de malla metálica de dimensiones de 5 x 1 x 1 m. El alambre que se utilizó en la fabricación de las mallas para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra es de acero dulce recocido con carga de rotura media superior a 3800 kg/cm<sup>2</sup> y un estiramiento no inferior a 12%. El alambre tiene un recubrimiento de zinc 95%, aluminio 5% + tierras raras de acuerdo con la norma ASTM A856.

El diámetro del alambre de la malla es de 2.70mm para los gaviones tipo caja, para el amarre y atirantamiento es de 2.20mm y para el borde es de 3.40mm.

Si se encontrara rocas en la excavación de la zanja en la línea de conducción del sistema de alcantarillado y no se puede retirar por métodos ordinarios (pico, barreta o pala) se utilizará explosivos y equipos de perforación.

### Método de Construcción:

Las cajas de gaviones se colocaron ya armados y luego se llenaron de gravas con las dimensiones indicadas en las partidas ya mencionadas. Así se construyó el muro de gaviones uno sobre otro, se usó dos tipos de caja con las siguientes dimensiones: el tipo A es de 5m x 1m x 1m. y el tipo B es de 5m x 1.5m x 1m.



Figura N° 58: Gaviones en presentación de transporte

Fuente: Municipalidad de Paucas. (2017)



Figura N° 59: Armado de los gaviones

Fuente: Municipalidad de Paucas. (2017)



Figura N° 60: Colocación de los gaviones

Fuente: Municipalidad de Paucas. (2017)



Figura N° 61: Llenado de los gaviones

Fuente: Municipalidad de Paucas (2017)

## 06. Muros de concreto armado

### 06.01 Muro de contención - acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

#### Descripción:

Comprendió el suministro, mano de obra, materiales, equipo para la habilitación y colocación de los refuerzos metálicos estructurales requeridos en obra.

#### Método de Construcción:

Condiciones de la superficie del refuerzo: En el instante que se colocó el concreto y el refuerzo metálico se verificó que no exista lodo, aceites u otros recubrimientos no metálicos que afecte adversamente el desarrollo de las adherencias.

El acero de refuerzo se debe encontrar limpio y libre de óxido excesivo, solo es admisible una oxidación ligera.

Espaciamiento y empalmes: La distancia libre entre las varillas paralelas no debe ser menor de  $1 \frac{1}{2}$  veces el diámetro de ésta, así como tampoco de  $1 \frac{1}{2}$  veces el tamaño del agregado grueso, pero nunca menor de 1 pulgada.

Los empalmes por superposición deben ser igual a 36 diámetros o 30 cm como mínimo.

Colocación: los refuerzos se colocaron en obra y se fijaron de manera que no pueda desplazarse durante el vaciado.

Se utilizaron espaciadores u otros soportes metálicos adecuados para mantener en el sitio las armaduras.

En caso de que las extremidades de los soportes o espaciadores del refuerzo sobresalgan del concreto, los soportes serán de mortero, acero galvanizado, de metal inoxidable u otro material.

#### Características del refuerzo

Las varillas de acero que se utilizó cumplieron con una resistencia a la fluencia especificada  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  que es la resistencia adoptada para el diseño de los elementos estructurales.

### 06.02. Muro de contención - encofrado y desencofrado

#### Descripción:

Esta sección incluyó la sección del suministro de encofrado para el concreto arquitectónico y estructural. El concreto arquitectónico se definió como el concreto para las siguientes superficies expuestas de concreto armado.

- Muros
- Losa de techo
- Estructuras hidráulicas

Método de Construcción:

Se suministro acabados listos de concreto, con relieves en forma de ranura en “V” en los lugares que se indicó. El concreto estructural se definió como todo concreto que no es arquitectónico.

Los andamiajes y encofrados tienen una resistencia adecuada para resistir con seguridad y sin deformaciones apreciables, las cargas impuestas por su peso propio, el peso y empuje del concreto y una sobrecarga no inferior a 200 kg/m los agregados son herméticos a fin de evitar la pérdida de lechada y ser adecuadamente arriostradas y unidos entre sí a fin de mantener su posición y forma.

Los encofrados son debidamente alineados y nivelados.

06.03. Muro de contención de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  c:h incluye curado

Descripción:

A. Concreto:

1. Clases de concreto

Para cada tipo de construcción, la calidad del concreto especificado establece su clase sobre las siguientes condiciones:

- Resistencia a la compresión especificada  $f'c$  a los 28 días.
- Relación de agua/cemento máximo permisible en peso, incluyendo la humedad libre en los agregados, por requisitos de durabilidad e impermeabilidad.
- Consistencia de la mezcla de concreto, sobre la base del asentamiento máximo (Slump) permisible.

## 2. Resistencia de concreto

La resistencia de compresión especificada del concreto  $f'_c$  para cada porción de la estructura, se refirió a la alcanzada a los 28 días.

## 3. Diseño de mezclas de concreto

La determinación de la proporción de agregados, cemento y agua de concreto se realizó mediante mezclas de prueba de modo que se logró cumplir con los requisitos de trabajabilidad, impermeabilidad, resistencia y durabilidad exigidos para cada clase de concreto.

Las series de mezclas de prueba se realizó con el cemento Portland tipo I u otro, con proporciones y consistencias adecuadas para la colocación del concreto en obra, se utilizó las relaciones agua/cemento establecido, cubriendo los requisitos para cada clase de concreto.

## 4. Agregados

Los agregados que se utilizó son agregado fino y grueso (piedra chancada) o grava del río limpia. Otra opción es seleccionar una cantera para obtener los agregados para el concreto que cumplan con los requerimientos de las especificaciones ASTM – C33.

## 5. Arena

El agregado fino, consistió en arena natural o producida.

## 6. Agregado grueso

Es grava rota o chancada, de grano duro y compacto, limpia de polvo. Materia orgánica, barro u otra sustancia de carácter deletero. En general se debe estar de acuerdo con las normas ASTM C-33-61T, el tamaño máximo para losas y secciones delgadas incluyendo paredes, columnas y vigas es de 3.5 cm. La forma de las partículas de los agregados debe ser redonda cúbica.

El tamaño nominal del agregado grueso no debe ser mayor de un quinto de la medida más pequeña, entre los costados interiores de los encofrados, dentro de los cuales el concreto se vació.

El contenido de sustancias nocivas en el agregado grueso no puede exceder los siguientes límites expresados en % del peso de la muestra:

- Granos de arcilla: 0,25 %
- Partículas blandas: 5,00 %
- Partículas más finas que la malla # 200: 1,0 %
- Carbón y lignito: 0,5 %

El agregado grueso se sometió a cinco ciclos del ensayo de estabilidad, frente al sulfato de sodio y se tuvo una pérdida no mayor del 12%.

El agregado grueso se sometió al ensayo de abrasión de los ángeles para obtener un desgaste no mayor del 50%.

#### 7. Hormigón

El hormigón es material de río o de cantera compuesta de partículas fuertes, duras y limpias libre de cantidades perjudiciales de polvo blandas o escamosas, ácidos, materiales orgánicos o sustancias perjudiciales.

#### 8. Aditivos

Solo se utilizaron aditivos indicados en el proyecto. En caso contrario queda prohibido el uso de aditivos que contengan cloruros o nitratos.

#### 9. Agua de mezcla

El agua para la mezcla debe ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, álcalis, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser perjudiciales para el concreto.

### 5.3.2 Identificación de los impactos ambientales

La identificación de los impactos ambientales se realizó mediante la evaluación de las principales actividades del proyecto que podría ocasionar posibles impactos en el ambiente, esta evaluación tomó en consideración los siguientes puntos:

- Conocimiento del proyecto, sus etapas y acciones
- Conocimiento del ambiente y entorno donde se desarrolla el proyecto
- Determinación de las interacciones entre ambos

Como consecuencia de la aplicación de un modelo de identificación de impactos ambientales, se obtiene el diagrama de flujo, con las consideraciones conceptuales el cual se muestra en la figura N° 62.

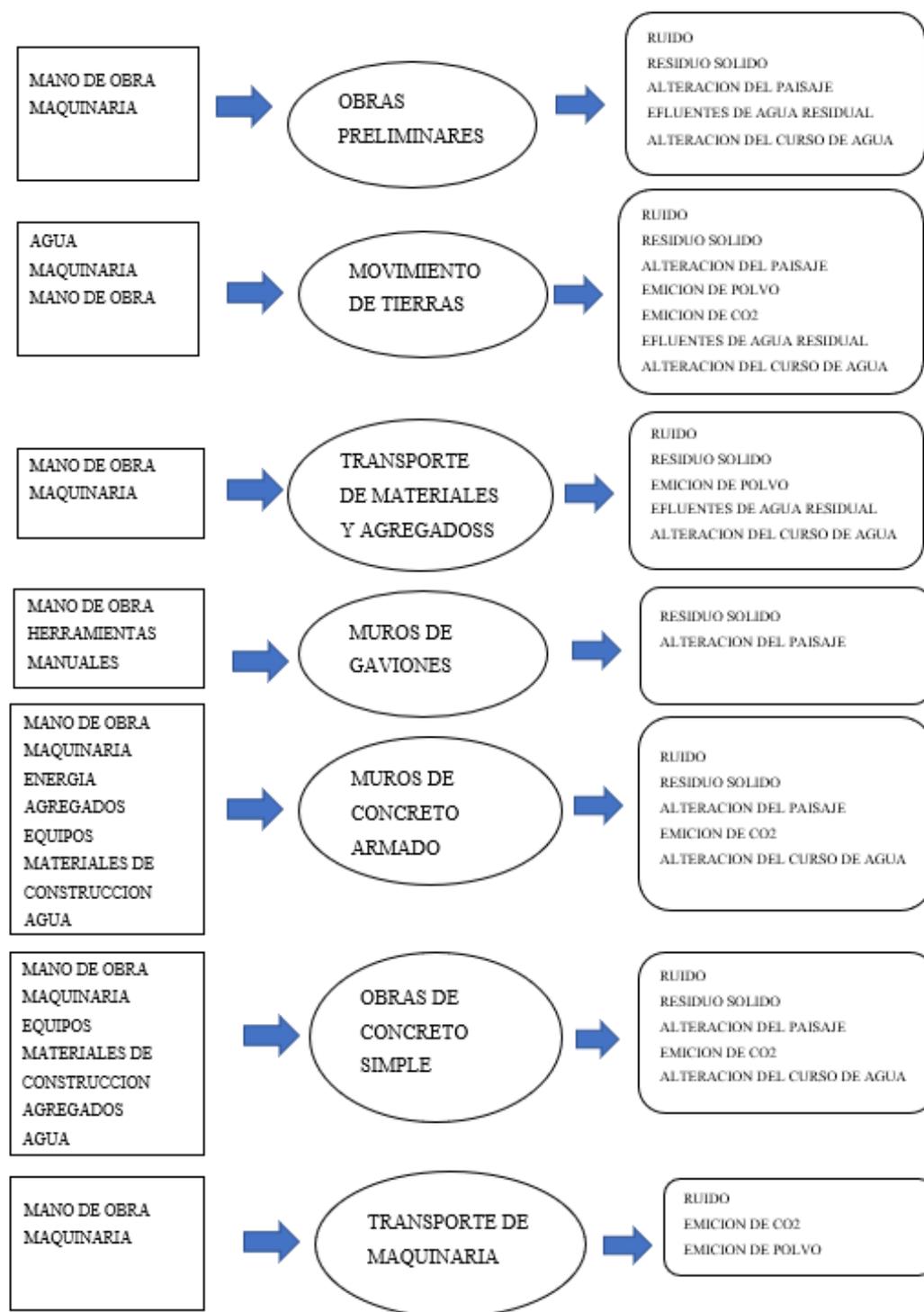


Figura N° 62: Flujo de identificación de impactos

Fuente: Elaboración propia (2021)

## 1. Factores ambientales

Tabla N° 31 Factores ambientales

Factores ambientales afectados	
Aire	Alteración de la calidad de aire Alteración de la calidad de ruido
Agua	Calidad de agua superficial
Suelo	Contaminación por residuos sólidos Contaminación por líquidos tóxicos
Flora	Cobertura vegetal
Fauna	Especies aéreas Especies terrestres
Paisaje	Calidad de agua superficial
e	
Población	Generación de empleo

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la tabla N° 31 se elaboró una lista de los factores ambientales que fueron afectados por las diferentes actividades o partidas del proyecto. Para ello se hizo un recorrido por toda el área del proyecto y alrededores analizando qué actividades y en que magnitud se generaría un impacto. Como se observa los elementos aire, agua, suelo, flora, fauna, paisaje y población son los afectados y sus respectivos factores.

### 2. Matriz de identificación de impactos

Se elaboró una matriz de identificación de impactos para evaluar los elementos y respectivos factores ambientales que son alterados en las diferentes etapas y en sus respectivas partidas del proyecto (Ver anexo 2). A través de la intercepción de las partidas y los factores ambientales se identificó los impactos ambientales que generaran las actividades del proyecto en los factores ambientales y se procedió a marcarlos con unos cuadrados de color amarillo y con una “X” que en su respectiva valoración se indicara el grado de alteración. Como se describió en el capítulo II en el punto 2.2.4.2 para

realizar la matriz se tuvo que seguir los procedimientos descritos en el punto mencionado.

### 3. Matriz de Leopold

En el anexo 3 se realizó una evaluación de los impactos a través de la matriz de Leopold realizando los procedimientos ya descritos en el punto 2.2.4.2. Se identificó los factores ambientales de mayor importancia que son afectados por las etapas de la construcción y sus respectivas partidas.

Se observa en los resultados que el elemento aire es el más afectado con un valor de negativo de 55 seguido por los elementos paisaje, flora y suelo con los siguientes valores de negativos de 27,9 y 8 respectivamente esto datos indica la fragilidad de estos elementos y sus factores ante el proyecto. El elemento más favorecido y su respectivo factor es generación de empleo con un valor positivo de 68.

#### 5.3.3 Valoración de impactos ambientales

Según el modelo de valoración cualitativa de la metodología propuesta, se estimó el valor del impacto basándose en los 11 criterios descritos en el punto 2.2.4.3. y con los respectivos factores. (Ver anexo 4).

En el anexo 4 se observa la valorización de los factores más importantes. Según lo mencionado se realizó dando un valor determinado a cada factor dependiendo del grado del impacto según la variable correspondiente. También se tomó en cuenta la tabla N° 21 clasificación de impactos ambientales para determinar su rango y el tipo de impacto que se genera para cada factor. Dando como resultado que el elemento con mayor grado de alteración es el aire con un tipo de impacto moderado y representando con un color naranja a sus respectivos factores como alteración de la calidad del aire con un valor -27 , seguido por el elemento suelo y su factor contaminación por líquidos tóxicos con un valor de -29 con un tipo de impacto moderado representado con el color naranja, el elemento flora con su factor cobertura vegetal con un valor -29 con un tipo de impacto moderado representado con un color naranja. El único elemento favorecido por este proyecto fue la población con su factor de generación de empleo con un valor de + 38 con un tipo de impacto moderado representado con un color verde.

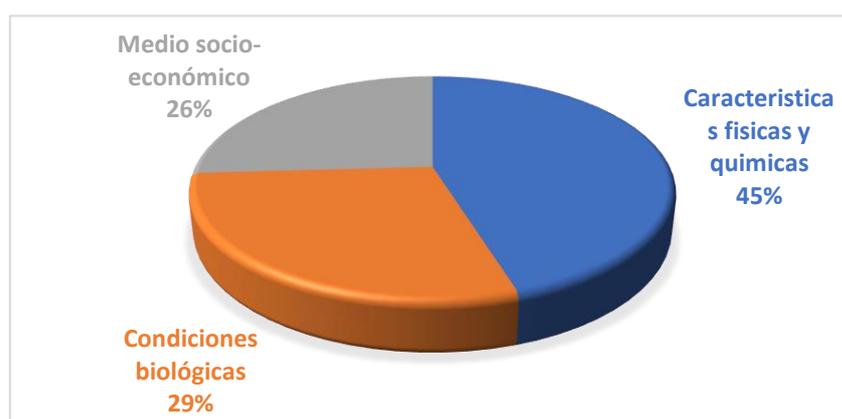
### 5.3.4 Interpretación de resultados

Tabla N° 32: Distribución de impactos ambientales

Sistema	%
Características físicas y químicas	45
Condiciones biológicas	29
Medio socioeconómico	26

Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura N° 63: Distribución de impactos ambientales



Fuente: Elaboración propia (2021)

Como se observa en la figura N° 63 distribución de impactos ambientales las características físicas y químicas tienen un valor de 45% seguido de medio socioeconómico con un 26% y por último las condiciones biológicas un valor de 29%.

Tabla N° 33: Distribución de medios ambientales

Medio	%
Abiótico	45
Biótico	29
Perceptual	11
Demográfico	15

Fuente: Elaboración propia (2021)

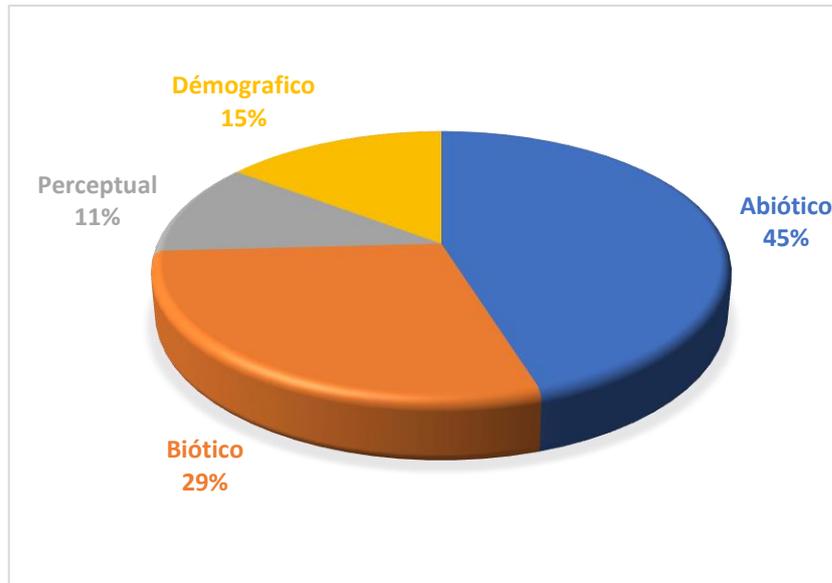


Figura N° 64: Distribución de medios ambientales

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la figura N° 64 se observa que la distribución de medios ambientales, la parte más afectada es el medio abiótico con un valor de 45%, seguido por el biótico con un valor de 29% y por último el medio con menor grado afectación es el perceptual con un 11%.

Tabla N° 34: Distribución de elementos ambientales

Elemento	%
Aire	20
Agua	7
Suelo	18
Flora	11
Fauna	18
Paisaje	11
Población	15

Fuente: Elaboración propia (2021)

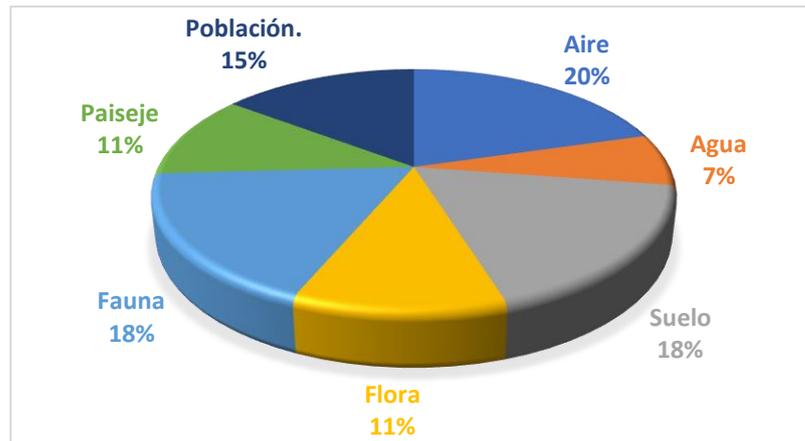


Figura N° 65: Distribución de elementos ambientales

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la distribución de elementos ambientales se aprecia los siguientes resultados siendo el aire, fauna y suelo con un mayor porcentaje de afectación con unos valores de 20,18 y 18 respectivamente y el agua y la flora con un 7 y 11 por ciento que indica un menor grado de afectación.

Tabla N° 35: Distribución de factores ambientales

Factor	%
Alteración de la calidad de aire	10
Alteración de la calidad de ruido	10
Calidad de agua superficial	7
Contaminación por residuos sólidos	7
Contaminación por líquidos tóxicos	11
Cobertura vegetal	11
Especies aéreas	9
Especies terrestres	9
Calidad	11
Generación de empleo	15

Fuente: Elaboración propia (2021)

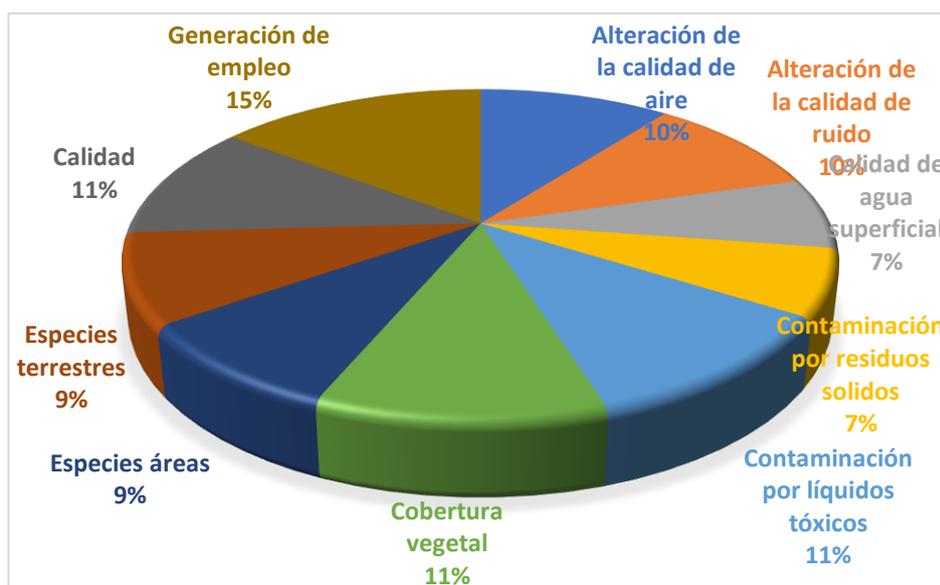


Figura N° 66: Distribución de los factores ambientales

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la distribución de factores ambientales se aprecia que la generación de empleo tiene un valor de 15% siendo positivo para la población y contaminación por líquidos tóxicos y cobertura vegetal y alteración de calidad del ruido con unos valores de 11 y 10 por ciento siendo estos perjudiciales para el medio ambiente.

### 5.3.5 Diseño de las medidas de mitigación y prevención

#### 5.3.5.1 Diseño de medidas correctoras

Como medidas correctoras se implementarán políticas de prevención, corrección y mitigación de los daños causados en la etapa de ejecución del proyecto de instalación de la defensa ribereña con gaviones.

##### a. Plan de manejo de residuos sólidos, líquidos

El plan de manejo de residuos sólidos y líquidos tiene como fin minimizar cualquier impacto sobre la zona del proyecto, en el cual se ha producido residuos sólidos y líquidos durante la ejecución de la obra, para luego su colocación final en un lugar apropiado, autorizado y acondicionado en el distrito de Paucas.

##### b. Protección de los recursos naturales

En la instalación de la defensa ribereña con gaviones se establecerán medidas necesarias para prevenir, mitigar y corregir los impactos negativos en el ámbito biológico el cual comprende las siguientes medidas para la protección de la vegetación y medidas para la protección de la fauna silvestre.

c. Programa de Salud Local

Establecer medidas necesarias para prevenir, mitigar y corregir los impactos producidos en la parte social, referidos a la salud de los trabajadores y familias que se encuentran en el área de influencia directa de la obra, para lo cual se tuvo contacto directo con la posta médica del distrito de Paucas. Asimismo, informar a la población ubicada en el área de influencia directa las medidas a tomar ante las emisiones de polvo, gases y ruidos.

d. Programa de reforestación

Tiene por finalidad generar efecto positivo y equivalente a un efecto adverso causado por la instalación de la defensa ribereña con gaviones, como por ejemplo las superficies susceptibles a ser erosionadas, corte de taludes resultantes de la obra, puntos críticos e identificados en el proyecto. Asimismo, restablecer, como mínimo, las condiciones naturales del inicio de obra del área intervenida por el proyecto, esta actividad consiste en la provisión y plantación de árboles, arbustos y en general de plantas nativas. En las zonas que hayan sido afectadas durante el proceso de construcción donde se haya dañado y perdido la vegetación inicial, para permitir readecuar el paisaje a la morfología inicial. A continuación, se plantea las consideraciones a tener en cuenta para la reforestación:

- La reforestación se efectuará con especies típicas de la zona. Se considerará los meses apropiados de siembra que permita aprovechar las aguas de lluvia, pero con las precauciones del caso para evitar el deterioro de los sembríos.
- El grupo de plantas será suministrado mediante un sistema de sostenimiento de raíz de tipo fibroso y cohesivo. No está permitido el suministro de plantas cuyo crecimiento en recipiente muestre evidencias de confinamiento forzado, reconocible cuando la parte

superior de la planta está fuera de proporción (más largo) a la dimensión del recipiente o cuando tiene sus raíces crecidas fuera de él.

- Excavación de hoyos y fondos para plantas: remover todo el material inapropiado que exista en el lugar donde se va a plantar.
- Para la fertilización mezclar el fertilizante en la tierra de relleno al momento de preparar esta última y esparcir uniformemente alrededor del área del hoyo de plantas individuales o encima de los asientos de arbustos.
- Regar las plantas durante e inmediatamente después de plantarlas y a lo largo del período de establecimiento de la planta. Saturar el suelo alrededor de cada planta en cada regado.

#### 5.3.5.2 Diseño plan de contingencia

El plan de contingencia está encaminado a minimizar los impactos ambientales en condiciones de emergencia o riesgo, la entidad ejecutora deberá implementar un plan de contingencias en el que detalle las actividades a realizar en caso de emergencias, tales como incendios, desastres naturales y otros durante la ejecución de la obra.

##### a. Identificación de eventos adversos potenciales

De acuerdo con las características geográficas y morfológicas de la zona de la instalación de la defensa ribereña se han podido identificar un grupo de eventos los cuales son los siguientes:

- Sismos.
- Derrumbes.
- Derrame de combustibles, lubricantes y/o elementos nocivos.
- Problemas técnicos.
- Accidentes laborales.
- Problemas sociales.

## b. Procedimiento

El objetivo del plan de contingencia es establecer lineamientos generales para la gestión en situaciones de emergencia. También describir los procedimientos operacionales de respuesta a eventos adversos con el fin de garantizar una gestión oportuna, adecuada y eficiente de los recursos humanos en la obra con los organismos de ayuda externa, en forma coordinada.

- Unidades de Contingencias

Se creará la brigada especializada el cual tendrá a su cargo las coordinaciones con todos los frentes de trabajo para así tener un mejor manejo y respuesta ante cualquier posible evento que se pudiera dar en la obra, la brigada tendrá las siguientes funciones de contingencia:

- ✓ Recibir capacitación teórica y práctica sobre las medidas y procedimientos que deberán implementarse para evaluar los riesgos identificados, por otra parte, deben de tener bien claro el manejo de los equipos y tener conocimiento de los primeros auxilios.
- ✓ Efectuar las coordinaciones previas con las autoridades del distrito de Paucas y establecer las acciones pertinentes.
- ✓ Tener conocimiento del establecimiento de salud (posta médica) existente en el distrito de Paucas.
- ✓ Establecer rutas de comunicación inmediata que le permita a la brigada especializada, conocer los hechos y lugar de ocurrencia del evento.
- ✓ Se delimitará el área del evento con el fin de que no sucedan nuevos accidentes.

- Equipo de socorro y primeros auxilios.

La entidad ejecutora deberá proporcionar el equipo de socorro y materiales necesarios que se establecieron en el programa de contingencias, se tendrá que revisar y evaluar su funcionamiento con el fin de un buen manejo y resultado.

- ✓ Equipo contra derrame de sustancias tóxicas: este procedimiento está orientado asegurar respuesta ante derrames de combustibles, lubricantes o elementos transportados por las unidades del proyecto y/o terceros, en las instalaciones o alrededores de la obra, originadas

por accidentes automovilísticos o desperfectos en las unidades. El equipo (kits) para contención de derrames debe de contener 10 paños absorbentes, 02 cordones absorbentes, 01 kilogramo de arena, 01 par de guantes de nitrilo o similares, bolsas rojas. Por otra parte, debe de haber traje protector, contenedores para residuos, palas, picos, carretillas y protección respiratoria y ocular.

- ✓ Sismo: el procedimiento de ocurrencia de sismos se inicia antes del evento, tomando medidas preventivas y correctivas para asegurar una correcta evacuación y respuesta durante y después del sismo. El equipo necesario para este evento es: linterna, radio, equipo de primeros auxilios y pilas de repuesto.
- ✓ Unidades de desplazamiento: la unidad de contingencias debe de contar con un vehículo de transporte para desplazarse durante las emergencias y traslados de heridos.
- ✓ Implementos de seguridad en obra: en la instalación de la defensa ribereña con gaviones se deberá proporcionar a todo el personal de la obra con el equipo de protección de acuerdo con las actividades que se realicen, y controlar la manera adecuada del uso de estos, los cuales deberán reunir condiciones mínimas de calidad, resistencia, durabilidad y comodidad, de tal forma, que contribuyan a mantener y proteger la integridad y salud de los trabajadores.

- Medidas de Contingencias

Asegurar la capacitación de los colaboradores en los procedimientos del plan de contingencia y atención de emergencias, mínimo una vez al año, así como la difusión del mismo, también se debe de tener en cuenta el abastecimiento necesario para atender las contingencias.

Todas las acciones durante la contingencia comprenden aquellas que ayuden a controlar el evento sucedido. Luego de esto se hace una inspección al área del evento para luego hacer la limpieza y reiniciar las actividades, del mismo modo se hace las investigaciones pertinentes para implementar una nueva línea base, el cual comprenda también las medidas correctivas y preventivas.

En las Tablas N° 36 y N° 37, se hacen los procedimientos que se deberán realizar ante la ocurrencia de contingencias.

Tabla N° 36: Medidas de contingencia en posibles eventos

Evento adverso (ocurrencia)	Medida de contingencia	Cuando se debe de aplicar
Sismo	Identificar y señalar las áreas seguras en las zonas de trabajo Disponer de un personal de supervisión que revise y detecte las zonas que podrían fallar en las estructuras proyectadas, ante un sismo fuerte	Antes
	Dar capacitación e instruir a todos los operadores, sobre la evacuación en caso de sismos. Realizar simulacros semestralmente.	Durante
	Paralizar toda maniobra en el uso de maquinarias y/o equipos Poner en ejecución el programa de evacuación Atención inmediata de las personas accidentadas.	
	Evaluar los daños en las instalaciones, equipos, reparación y demolición de toda construcción dañada Mantener al personal en las áreas de seguridad por un tiempo prudencial, para evitar posibles réplicas	Después
Derrumbe o deslizamiento	Identificar y señalar las áreas seguras en las zonas de trabajo Disponer de un personal de supervisión que revise y detecte las zonas con áreas de inestabilidad de taludes.	Antes
	Contar con todos los estudios geotécnicos para poder realizar un buen diseño de la estabilidad de los taludes Paralizar toda maniobra en el uso de maquinarias y/o equipos se activarán los protocolos previstos y traslado de heridos Atención inmediata de las personas accidentadas.	Durante
	Previa evaluación del ingeniero responsable de la obra efectuar la limpieza de materiales y escombros	Después

Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla N° 37: Medidas de contingencia en posibles eventos

Evento adverso (ocurrencia)	Medida de contingencia	Cuando se debe de aplicar
Derrames de combustibles, lubricantes o elementos nocivos	Contar con el kit para la contención de derrame previsto	Antes
	Dar capacitación e instruir a los trabajadores sobre la protección y cuidados en caso de derrames menores	
	Corte del fluido eléctrico en la zona, ya que una chispa puede generar un incendio. Así mismo evitar el uso de fósforos o encendedores	Durante
	Se detendrá la penetración del líquido y se absorberá o retirará (uso de paños absorbentes, u otro sistema) el líquido. Atención inmediata de las personas afectadas por el incidente. Delimitar el área afectada para su posterior restauración, lo que incluye la remoción de todo el suelo afectado, su reposición, y la eliminación definitiva.	Después
Accidentes laborales	Disponer de un personal de supervisión que revise y detecte las zonas con áreas de inestabilidad y analizar los peligros latentes	Antes
	Realizar simulacros semestralmente.	Durante
	Paralizar toda maniobra en el uso de maquinarias y/o equipos; a fin de evitar accidentes.	
	Llevar al herido al establecimiento de salud más cercano. Retorno de los trabajadores a las actividades normales Se revisarán las acciones tomadas durante el accidente y se elaborará un reporte de incidente.	Después

Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.3.5.3 Programa de manejo de residuos sólidos

El cumplimiento del programa de manejo de residuos sólidos en obra principalmente se dará con la adecuada y correcta segregación de residuos en los contenedores especificados por colores que en este plan se presenta. Este programa tiene su funcionamiento desde el inicio hasta el término de la obra.

#### a. Procedimiento

Para este propósito del manejo de residuos sólidos se tendrá en cuenta los siguientes pasos:

- ✓ Caracterización: como en toda obra de ingeniería se producirán residuos sólidos que se clasificarán en domésticos, hospitalarios e industriales y que a su vez clasificarán en peligrosos y no peligrosos,

el proceso de caracterización de los residuos sólidos se efectuará en todas las actividades de la obra, con el fin de tener una buena selección de estos residuos.

✓ Segregación:

La entidad ejecutora de la obra tendrá que agrupar los residuos sólidos para su buen manejo, con la utilización de los colores propuestos por la NTP 900.058-2005, con el fin de homogenizar todos los colores que se proponen en la gestión ambiental del país.

Residuos no peligrosos

**Color amarillo**



**Para metales:** latas de conservas, café, leche, gaseosa, cerveza.. Tapas de metal, envases de alimentos y bebidas, etc.

**Color verde**



**Para vidrio:** Botellas de bebidas, gaseosas, licor, cerveza, vasos, envases de alimentos, perfumes, etc.

**Color azul**



**Para papel y cartón:** Periódicos, revistas, folletos, catálogos, impresiones, fotocopias, papel, sobres, cajas de cartón, guías telefónicas, etc.

**Color blanco**



**Para plástico:** Envases de yogurt, leche, alimentos. etc. Vasos, platos y cubiertos descartables. Botellas de bebidas gaseosas, aceite comestibles, detergente, shampoo. Empaques o bolsas de fruta, verdura y huevos, entre otros.

**Color marrón**



**Para orgánicos:** Restos de la preparación de alimentos, de comida, de jardinería o similares.

Residuos no peligrosos

**Color negro**



**Para generales:** Todo lo que no se puede reciclar y no sea catalogado como residuo peligroso: restos de la limpieza de la casa y del aseo personal, toallas higiénicas, pañales desechables, colillas de cigarros, trapos de limpieza, cuero, zapatos, entre otros.

Residuos peligrosos

**Color rojo**



**Para peligrosos:** Escoria, medicinas vencidas, jeringas desechables, entre otros.

Figura N° 67: clasificación de los residuos sólidos

Fuente: NTP 900.058-2005

✓ Generación

La entidad ejecutora de la obra defensa ribereña con gaviones como responsable de los residuos sólidos que genera deberá hacer el conteo y pesaje de los diferentes tipos de residuos sólidos para su disposición final. Por otra parte, en el área de las maquinarias se generan trapos contaminados con grasas, suelos con combustible, grasa o aceite.

✓ Minimización

En esta parte las buenas prácticas ambientales son primordiales para minimizar los residuos sólidos generados en la obra, las actividades a realizar y tomar en cuenta serán:

- Se realizarán charlas de concientización ambiental con referencia a las prácticas durante toda la obra, teniendo mayor énfasis en las tareas que puedan generar gran cantidad de residuos sólidos.
- En la parte de la logística se buscarán productos que tengan mayor durabilidad para así tener menos residuos sólidos.
- El personal a cargo de la parte medioambiental que hacen el estudio de mercado para ver los tipos de productos que se encuentran a la venta que pueden ser biodegradables, reutilizables, etc. para así poder generar menos residuos sólidos.

✓ Recojo

- Los trabajadores encargados de esta actividad deberán contar con sus equipos de protección personal adecuado.
- Los trabajadores encargados realizarán la limpieza de las áreas de trabajo para luego derivarlas al almacenamiento y dar su disposición final.
- En el caso de los residuos sólidos de origen hospitalario se llenarán en bolsas plásticas de color rojo.
- Para los residuos sólidos con aceites o grasas se acopiarán en cilindros acondicionados para esta labor.

✓ Almacenamiento

- El lugar de acopio deberá de estar acondicionado de tal forma que garantice la seguridad del almacenamiento para que todos los residuos sólidos no se junten, en tal sentido se deberá tener un área adecuada, techado, piso de concreto y señalizado para luego su disposición final.

- En el lugar del almacenamiento se deberá tener un orden, adecuada separación de todos los residuos sólidos de acuerdo con su naturaleza y a su peligrosidad.
- ✓ Transporte y disposición final
- Las condiciones climáticas del distrito de Paucas deberán de ser tomadas en cuenta para el transporte.
- A la hora del traslado de los residuos sólidos todos los depósitos deberán de estar bien cerrados con el fin de no derramar alguna sustancia o residuo sólido por el trayecto.
- La entidad ejecutora como responsable de los residuos sólidos, debe de hacer las coordinaciones necesarias con la municipalidad distrital el cual autorizará la disposición final.

## CONCLUSIONES

- 1.- Se diseñó la defensa ribereña con gaviones de la presente investigación que cumplen con los factores de seguridad para el análisis de estabilidad de taludes, por el método de factor de seguridad global que se encuentra en la norma CE. 020 estabilización de suelos y taludes, en los resultados de los estudios hidrológicos se obtuvo una extensión de la microcuenca de 2.2 Km<sup>2</sup>, luego de esto el caudal de diseños resultó 5.7 m<sup>3</sup>/s, en el modelamiento hidráulico el tirante máximo del nivel de agua es de 0.71 m la velocidad máxima de flujo es 2.66 m/s, se utilizaron gaviones de tipo A de 5m x 1m x 1m y el tipo B de 5m x 1.5m x 1m. y configurados para una altura de 3m.
- 2.- Se analizó las partidas, y con la matriz de Leopold se determinó la magnitud de las partidas. Siendo la etapa de movimiento de tierras con mayor impacto negativo con las partidas, desvío de río, excavación de plataforma, corte de roca fija (perforación y disparo), excavación de plataforma, pared de roca suelta y perfilado (a mano), asimismo estas partidas mencionadas son de mayor importancia en esta fase. Asimismo, la etapa provisional y preliminar es la siguiente en provocar un impacto negativo con sus respectivas partidas. La etapa de transporte de materiales y agregados es la siguiente en generar un impacto negativo con las siguientes partidas eliminación de material con volquetes y extracción de piedra grande en cantera. La quinta etapa es de muro de gaviones con sus partidas muro de gaviones de caja 5m x 1m x 1m y muro de gaviones de caja 5 m x 1.50 m x 1 m en esta etapa de la obra se realizó la construcción del muro de gaviones de forma escalonada con una longitud de 300 ml con una altura de 3.00 m de altura y 2.00 m de ancho en ambas laderas de la quebrada generando un leve impacto al ambiente por los residuos sólidos sobrantes a la hora de realizar el armado de los gaviones. El resto de las partidas de las diferentes etapas no provocan un gran impacto porque sus actividades no involucran a factores ambientales. Se determinó que el impacto generado por las partidas en el proyecto es de un nivel bajo porque no afecta a muchos factores por las características del mismo proyecto.

- 3.- Se evaluó los impactos producidos por las actividades de la obra con la matriz causa – efecto se determinó los elementos y factores alterados. Seguido se realizó una valoración de impactos para determinar la importancia y el tipo impacto ocasionado sobre cada factor. Siendo el elemento aire, suelo, flora y paisaje con sus respectivos factores alterados con un valor negativo y un tipo de impacto moderado. Asimismo, el elemento población se modificó con un valor positivo y un tipo de impacto moderado. También el elemento agua y fauna se vio afectado negativamente con un tipo de impacto irrelevante. En este proyecto no se afectó al medio ambiente con un gran impacto debido a que en la zona de trabajo no había muchos factores ambientales.
  
- 4.- Se elaboró un programa de diseño de medidas mitigadoras y correctivas, que permiten implementar acciones que minimicen los efectos ocasionados por las actividades del proyecto. El plan de contingencias muestra acciones antes siniestras o accidentes que pudieran ocurrir durante la ejecución de la obra. Mientras, que el plan de manejo de residuos sólidos muestra un procedimiento para la selección de los desechos producidos por las actividades de la obra, así como recomendaciones para evitar un impacto mayor en los factores ambientales. Por último, se propuso un plan de reforestación para poder reponer los daños ambientales y paisajísticos causados por el proyecto.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Los estudios por peligros de inundaciones en el ámbito de las defensas ribereñas para el desarrollo de las ciudades existentes o las nuevas ciudades en desarrollo, para así tener un buen funcionamiento de las ciudades y prevenir los desastres naturales el cual como es en la actualidad por el cambio climático un problema latente y que involucra a la ciudadanía y profesionales.
- 2.- La evaluación de impacto ambiental se realizó con los métodos de la matriz de Leopold y Conesa. Estos métodos son conocidos por su facilidad y simpleza para una evaluación. A pesar de su antigüedad se sigue utilizando para determinar los impactos producidos por determinados proyectos. Se recomienda el uso de otras metodologías para realizar una evaluación ambiental de acuerdo con los tiempos actuales y los nuevos impactos surgidos.
- 3.- Los impactos al ambiente en los proyectos de ingeniería son inevitables por más medidas de precaución que se tomen. En este tema de defensa ribereñas con gaviones se debería implementar el uso de vegetación nativa de la zona para evitar la erosión. Asimismo, realizar una protección mixta con gaviones cubiertos de una vegetación que no cause daño a los gaviones de esta manera se tendría una protección de cerco vivo.
- 4.- Realizar en todo estudio y/o ejecuciones de proyectos de ingeniería civil los planes de mitigación y contingencia respectivos, que se ajusten a las medidas del proyecto para así realizar una mejor labor a la hora de la ejecución del proyecto y no tener contratiempos, porque no se van a poder manejar los accidente o incidentes que se podrían dar en la obra.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, D. (2016). Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil) Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP. Lima, Perú.  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6935>
- Álvarez, S. (2017). La huella de carbono y el análisis del ciclo de vida. Serie Huella de carbono. Volumen 5.  
<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/53619>
- Alvites, J. & Parco, D. (2018). Propuesta de guía constructiva para la construcción de defensas ribereñas utilizando el sistema de muro enrocado en la planta de CPPQ S.A En ñaña. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624553/Alvites\\_BJ.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624553/Alvites_BJ.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Alvites V. (2000). Método científico planificación de la investigación. Perú: Ed. Ciencia 205 p
- Andrade, J., & Rafael, R. (2019). Propuesta técnico económico de defensa ribereña con enrocado del río Rímac – sector Puente Talavera – Cuadra 17 Malecón Checa distrito del Agustino – Lima 2017. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil) Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Perú.  
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1315>
- Aparicio, F. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. México  
[https://www.academia.edu/8254237/Fundamentos\\_de\\_hidrologia\\_de\\_superficie\\_Aparicio](https://www.academia.edu/8254237/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_Aparicio)

Arroyo, Z & Capuñay, S. “Alternativas de contención en las MZ D1 y E1 del sector Arica, Distrito de Coishco – Santa – Ancash” (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil) Universidad Nacional del Sanya. Nuevo Chimbote, Perú.

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2714/42990.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BID. (2002). Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago de Chile: BID.

<http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/0458.%20Fundamentos%20de%20evaluaci%C3%B3n%20de%20impacto%20ambiental.pdf>

Banco Mundial (BM). (2020)

<https://datos.bancomundial.org/pais/peru?view=chart>

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología aplicada. Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

Cochachin, R. (2014). Diseño de muro de gaviones para la protección de la margen izquierda del río Mosna en el tramo km: 17 + 000 al km: 17 + 330 en el distrito de Chavín, aplicando HEC RAS, 2013. (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola) Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.

<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1191>

Conesa, V (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wa4SAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=conesa+&ots=r-295Lp87m&sig=0EvwSnWXRf0nmuaJ9L3VpTkca34#v=onepage&q=conesa&f=false>

Contreras, L. (2017). Análisis de alternativas de proyectos mineros en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental: Evaluación y propuestas para su implementación. (Tesis para optar segunda especialidad en Derechos Ambientales y de los Recursos Ambientales). Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP. Lima, Perú.

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10218/CONT\\_RERAS\\_TELLEZ\\_ANALISIS\\_DE\\_ALTRNATIVAS\\_DE\\_PROYECTOS\\_MINEROS\\_EN\\_EL\\_MARCO\\_DEL\\_SISTEMA\\_NACIONAL\\_DE\\_EVALUACION\\_DE\\_IMPACTO\\_AMBIENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10218/CONT_RERAS_TELLEZ_ANALISIS_DE_ALTRNATIVAS_DE_PROYECTOS_MINEROS_EN_EL_MARCO_DEL_SISTEMA_NACIONAL_DE_EVALUACION_DE_IMPACTO_AMBIENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Collazos, J. (2007). Manual de evaluación ambiental de proyectos.

<http://www.librosperuanos.com/libros/detalle/13714/Manual-de-evaluacion-ambiental-de-proyectos>

Espinoza, G. (2006). Gestión y fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago de Chile: BID-CED.

<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1052.pdf>

Galindo, J. & Silva, H. (2016). Impactos ambientales producidos por el uso de maquinaria en el sector de la construcción. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia.

<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/12566>

Garmendia, A. Salvador, A. Crespo, C & Garmendia, L (2005). Evaluación de impacto ambiental.

<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/45334>

Gómez, F, & Cahuana, J. (2018). Propuesta de diseño ribereñas en el río Locumba anexo de Oconchay, zona rural del distrito Ilabay, provincia de Jorge Basagre Grohmann - Tacna. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil) Universidad Privada de Tacna, Perú.

[http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/UPT/548/Gomez\\_Choque-Cahuana\\_Alave.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/UPT/548/Gomez_Choque-Cahuana_Alave.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Hernández, M. (2018). Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.

<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3714>

- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación  
<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Lipa, N. (2019). Estabilidad de estructuras de defensa ribereña y de contención frente a solicitaciones extraordinarias en el sector Llamaniyata en el río Sandía – Inambari, Distrito y Provincia de Sandía, Departamento de Puno. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.  
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3155>
- ISO, (2004). NTP-ISO 14001. Lima: Indecopi.  
[https://repositorio.indecopi.gob.pe/bitstream/handle/11724/4683/1011\\_CID\\_Guia\\_20101200\\_certificacion\\_ISO9001.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.indecopi.gob.pe/bitstream/handle/11724/4683/1011_CID_Guia_20101200_certificacion_ISO9001.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Maccaferri, (2013). Manual Técnico de Obras de Contención. Brasil  
<https://marcosporto.eng.br/wp-content/uploads/2018/02/TM--BR--Manual-Obras-de-Conten%C3%A7%C3%A3o--PT--Feb21.pdf>
- Marchevsky, N. J., Giubergia, A. A., & Ponce, N. H. (2018). Evaluación de impacto ambiental de la cantera “La Represa”, en la provincia de San Luis, Argentina. *Tecnura*, 22(56), 51–61.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v22n56/0123-921X-tecn-22-56-00051.pdf>
- Marulanda, J. (2018). Materiales de construcción. Primera edición, 2018, El Cid Editor. San Nicolás 336, - 5004 Córdoba, Argentina.  
<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/36726>
- Ministerio de Medio Ambiente (2013) - Sistema Nacional de Evaluación de Medio Ambiente.  
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/sistema-nacional-evaluacion-impacto-ambiental>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2011) Manual de Hidrología, hidráulica y Drenaje

[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)

Mulder, K. (2015). Desarrollo sostenible para ingenieros.

<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/61440>

Paredes Ceballos, M. Y. Uribe Villamil, L. F. y Rosales Paredes, V. F. (2019). Manual de impacto ambiental. 1ª Edición Bogotá, Ediciones de la U.

<https://elibro.net/es/lc/bibliourp/titulos/127100>

Reglamento Nacional de Edificaciones (2012) Norma CE.020

<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006>

Rosa, 2013. 33 Reunión anual de la Asociación Internacional para la Evaluación de Impacto 13

[www.iaia.org](http://www.iaia.org)

Rojas, S (2009) Diseño de muros de contención sector la Aguada comuna de corral. (Tesis para optar el título profesional en Ingeniería Civil). Universidad Austral de Chile.

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcir7411d/doc/bmfcir7411d.pdf>

Segovia, M. (2018). Evaluación de impacto ambiental en la planta de Agregados Oropesa Concretos Supermix S.A. - Cusco (Tesis para optar el grado de maestro). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5369>

SEIA. (s.f.). Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Obtenido de MINAM: [www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)

<https://www.minam.gob.pe/legislaciones/sistema-nacional-de-evaluacion-de-impacto-ambiental/>

Taaho, E.G., Kienmo, k. & Andama, E. (2020). Una evaluación de la práctica de evaluación del impacto ambiental en Uganda: desafíos y oportunidades para lograr el desarrollo sostenible. Universidad de Nairobi, Instituto Wangari Maathai para la Paz y Estudios Ambientales, Nairobi, Kenia.

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2405844020316017?token=D996A33EF8454E670EC21E3919A9B247141EDE2AA0F128CD07A953CE2C7E41833>

[8D21C6B857F67ECCCA8AA8F9AB08B45&originRegion=us-east-1&originCreation=20210710225925](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15276)

Urteaga, C. (2019). Análisis comparativo de soluciones de defensa ribereña para el puente Tahuamanu – Madre de Dios: Sistema de gaviones y Geoestructuras. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil) Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP. Lima, Perú.

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15276>

Vallejos, K. (2016). Evaluación de impacto ambiental del proyecto vial "Carretera Satipo - Mazamari - Desvío Pangoa - Puerto Ocopa" (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil) Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP. Lima, Perú.

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7412>

Vargas, J. (2018). Evaluación del impacto ambiental del efluente submarino del proyecto Provisur empleando el modelo Cormix. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil) Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP. Lima, Perú.

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12792>

Vasquez, L. (2018). Diseño de defensas ribereñas y su aplicación en el cauce del río La Leche distrito de Pacora – Lambayeque. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental) Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Lambayeque, Perú.

<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1330>

Vásquez R. (2017). Ecología y Medio Ambiente. Segunda edición ebook 2017.

<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/40505>

Villón, M. (2011). Hidrología. Lima, Perú: Villón

<https://es.slideshare.net/erickmainar/hidrologa-ingmximo-villn-53473898>

## ANEXOS

Anexo 1: Matriz de importancia

Medio	Elemento	Factor	(+/-)	IN	EX	MO	PE	RV	RC	SI	AC	EF	PR	Importancia	Tipo de impacto	Código
Abiótico	Aire	Alteración de la calidad de aire														
	Agua	Alteración de la calidad de ruido														
		Calidad de agua superficial														
Biótico	Suelo	Contaminación por residuos sólidos														
	Flora	Contaminación por líquidos tóxicos														
		Cobertura vegetal														
Perceptual	Paisaje	Especies aéreas														
		Fauna	Especies terrestres													
Demográfico	Población	Calidad														
		Generación de empleo														

Fuente: Elaboración propia (2021)

## Anexo 2: Matriz de identificación de impactos

Actividades del proyecto		Provisionales		Preliminares		Movimientos de tierra					Transporte de materiales y agregados					Muro Gaviones	Muros de concreto y desencofrado																
Factores Ambientales		Caseta de almacén y guardiamina	Cartel de obra en madera	Movilización y desmovilización de maquinaria	Letrinas ecológicas de madera y calamina	Limpieza de área	Limpieza manual de terreno	Trazo y replanteo	Desvío de río excavación de plataforma	Corte de terreno semiroscoso manual	Corte roca fija ( perforación y disparo)	Excavación de plataforma y pare roca suelta manual	Corte manual en terreno tipo cascajo y piedra	Relleno material en terreno tipo cascajo y piedra	Relleno con afirmado material granular con equipo liviano	Relleno compactado plancha con	Nivelación y apisonamiento manual de terreno	Eliminación de material con volquetes	Acarreo y eliminación de material excedente manual	Extracción de piedra grande en cantera	Acarreo manual	Acarreo de cemento	Acarreo de agregado 50m<D<100M	Muro de gaviones de caja 5mx1mx1m	Muro de gaviones de caja 5mx1.50mx1.30m	Muro de contención acero de refuerzo	Muro de contención encofrado y desencofrado	Muro de contención de concreto f 210Kg/cm2					
Componentes Ambientales	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	ABIÓTICO	AIRE	Alteración de calidad de aire		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
			AIRE	Alteración de la calidad de ruido	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	CONDICIONES BIOLÓGICAS	ABIÓTICO	AGUA	Calidad de agua superficial							X																						
			SUELO	Contaminación por residuos sólidos	X	X																					X	X	X	X	X	X	
			SUELO	Contaminación por líquidos tóxicos			X										X	X			X												
			FLORA	Cobertura vegetal			X		X	X	X	X							X	X		X											
	CONDICIONES BIOLÓGICAS	BIÓTICO	FAUNA	Especies aéreas						X					X	X																	
			FAUNA	Especies terrestres			X				X	X	X	X																			
	MEDIO SOCIO ECONÓMICO	PERCEPTUAL	DEMOGRÁFICO	POBLACIÓN	Calidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
				POBLACIÓN	Generación de empleo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia (2021)

### Anexo 3: Matriz de Leopold

Actividades del proyecto		Etapas de Construcción																										IMPACTO TOTAL	Ponderado						
		Provisionales				Preliminares			Movimientos de tierra						Transporte de materiales y agregados						Muro Gaviones		Muros de concreto y desencofrado												
Componentes Ambientales	Factores Ambientales	Caseta de almacén y guardiana	Cartel de obra en madera	Movilización y desmovilización (maquinaria)	Letrimas ecológicas de madera y calamina	Limpieza de área	Limpieza manual de terreno	Trazo y replanteo	Desvío de río excavación de plataforma	Corte de terreno semirocoso manual	Corte roca fija ( perforación y disparo)	Excavación de plataforma y pared roca suelta manual	Corte manual en terreno tipo cascajo y piedra	Relleno material en terreno tipo cascajo y piedra	Relleno con afirmado material granular con equipo liviano	Relleno compactado plancha con Nivelación y apisonamiento manual de terreno	Eliminación de material con volquetes	Acarreo y eliminación de materia excedente manual	Extracción de piedra grande en cantera	Acarreo manual	Acarreo de cemento	Acarreo de agregado 50m<D<1.00M	Muro de gaviones de caja 5mx1mx1m	Muro de gaviones de caja 5mx1.50mx1.00m	Muro de contención acero de refuerzo	Muro de contención encofrado	Muro de contención de concreto 210Kg/cm2	Magnitud +/-	Importancia +/-						
		AIRE	Alteración de calidad de aire			-1	-1	-1	-2	-1	-1	-2	-2	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1							-27	-30			
Alteración de la calidad de ruido	-1		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1							-1	-1	-28	-33			
CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS	ABIÓTICO	AGUA	Calidad de agua superficial								-1																			-1	-1				
			Contaminación por residuos sólidos	-1	-1																													-8	-8
SUELO	Contaminación por líquidos tóxicos			-1						-1																							-5	-6	
	FLORA	Cobertura vegetal			-1		-2	-1	-1	-1																								-9	-11
CONDICIONES BIOLÓGICAS	BIÓTICO	FAUNA	Especies aéreas							-1		-1	-1																					-3	-3
			Especies terrestres			-1				-1		-1	-1																						
MEDIO SOCIO ECONOMICO	PERCEPTUAL	POBLACIÓN	Calidad	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-27	-27
			Generación de empleo	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2
IMPACTO TOTAL	DEMOCRÁFICO	Magnitud +/-	0	-1	-3	-1	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-3	-2	-1	-2	-3	-2	-4	-1	-1	0	0	-1	3	3	0	-1	-1					11	
		Ponderado	3	1	0	5	-3	-5	-2	-4	-4	-7	-2	1	-1	-2	-1	0	-2	2	-2	3	0	1	13	13	2	1	1					11	11

Fuente: Elaboración propia (2021)

Anexo 4: Matriz de importancia

Medio	Elemento	Factor	+/-	IN	EX	MO	PE	RV	RC	SI	AC	EF	PR	Importancia	Tipo de impacto	Código
Abiótico	Aire	Alteración de la calidad de aire	-	2	2	3	2	2	2	2	4	1	1	27	Moderado	
		Alteración de la calidad de ruido	-	2	2	3	2	2	1	2	4	1	1	26	Moderado	
	Agua	Calidad de agua superficial	-	1	1	3	2	2	1	2	1	1	1	18	Irrelevante	
		Contaminación por residuos sólidos	-	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	17	Irrelevante	
	Suelo	Contaminación por líquidos tóxicos	-	2	2	2	2	3	3	2	1	4	2	29	Moderado	
		Flora	Cobertura vegetal	-	2	1	2	2	1	2	4	4	4	2	29	
Biótico	Fauna	Especies aéreas	-	2	2	3	2	1	2	2	1	1	1	23	Irrelevante	
		Especies terrestres	-	2	2	3	2	1	2	2	1	1	1	23	Irrelevante	
Perceptual	Paisaje	Calidad	-	2	2	2	2	2	4	2	4	4	2	29	Moderado	
Demográfico	Población	Generación de empleo	+	4	2	3	2	2	1	4	4	4	2	38	Moderado	

Fuente: Elaboración propia (2021)

Anexo 5: Permiso de la municipalidad distrital de Paucas



Ing. CARLOS ALBERTO TERAN LOLI  
CIP N° 131767 – Consultor de Obras C72640

ING. CARLOS ALBERTO TERAN LOLI

Huaraz, 15 de setiembre de 2021

Por la presente, autorizó al Sr. Dante Oliver Mayo Sauñe a fin de que pueda utilizar los datos, figuras, o fotografías de la obra “DEFENSA RIBEREÑA CON GAVIONES EN LA QUEBRADA PUENTE UNIÓN EN EL BARRIO SANTA CRUZ DE PICUTO-PAUCAS-HUARI-ANCASH” el cual desempeñé el cargo de ingeniero residente, dicha obra se ejecutó en el periodo 2017 – 2018 por la municipalidad distrital de Paucas, para la elaboración de su tesis.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,

Ing. CARLOS ALBERTO TERAN LOLI  
Residente de Obra

Urb. Palmira Jr. 30 de Agosto N° 260 – Independencia - Huaraz FIJO. (043) - 42622413 CEL. 949836010.  
cteran0702@gmail.com

Escaneado con CamScanner