



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA,
TRAMO HUACA “EL ORO Y LAS VENTANAS”, RÍO
LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Autor:

**Bach. Navarro Medina Jainer Luysin
<https://orcid.org/0000-0002-8499-7578>**

Asesor:

**Dr. Muñoz Pérez Sócrates Pedro
<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>**

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2020

**ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA,
TRAMO HUACA “EL ORO Y LAS VENTANAS”, RÍO LA
LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE**

Aprobado por:

Dr. Muñoz Pérez Sócrates Pedro
Asesor:

Dr. Coronado Zuloeta, Omar
Presidente:

Mg. Villegas Granados, Luis Mariano
Secretario:

Mg. Idrogo Pérez, César Antonio
Vocal:

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a Dios por brindarme la vida, salud y fuerza para seguir y superar cada obstáculo, a mi madre por guiarme y enseñarme el valor de la disciplina y la perseverancia, a mi abuela por ser mi soporte y ayuda en los momentos más difíciles, a mi institución policial por brindarme la oportunidad de avanzar y crecer personalmente, a las personas que me acompañaron y brindaron su apoyo y a los docentes que mediante su guía y enseñanza aportaron en mi formación universitaria para adquirir el conocimiento necesario para culminar mi investigación.

Jainer Luysin Navarro Medina.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi familia y amigos por el incondicional apoyo en los momentos difíciles.

A mis docentes, por apoyarme y guiarme en cada paso de mi formación universitaria.

A la Universidad Señor de Sipán, por permitir usar el Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos para realizar mis ensayos, así como brindarme información escrita y virtual para el desarrollo de la presente investigación.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo el desarrollar el estudio hidráulico para defensa ribereña, tramo huaca “El Oro y Las Ventanas”, río La Leche, Íllimo-Lambayeque, y evitar que las estructuras arqueológicas pertenecientes a la cultura Sicán colapsen o se deterioren por las inundaciones provocadas en épocas de máximas avenidas; mediante el estudio hidrológico elaborado con los registros históricos meteorológicos e hidrométricos se ha determinado el caudal que se usará en el predimensionamiento de la defensa ribereña y socavación, los estudios topográficos han establecido las características morfológicas del área de estudio y escoger qué estructura hidráulica tendrá una mayor eficiencia en evitar inundaciones, el estudio geológico de la cuenca es una descripción de la composición y origen del suelo que complementa a los ensayos de mecánica de suelos que se han realizados en la zona, esto ha permitido obtener los parámetros necesarios que permitirán calcular el ancho estable, el tirante hidráulico, socavación, velocidad, número de Froud, descolmatación del lecho del río y predimensionamiento del dique homogéneo de tierra con protección de enrocado.

Durante el desarrollo de la presente investigación se ha simulado constantemente en el software Hecras V 5.0.7 y Civil 3d V. 2019 las secciones del río y dimensiones de la defensa ribereña para evitar que las áreas arqueológicas se vean invadidas o alteradas, además de evitar alterar los caminos de acceso al área de estudio, ya que el proyecto se encuentra ubicado dentro del Santuario histórico del Bosque de Pómac, motivo por el cual se tuvo constante asesoramiento de entidades públicas como son el Ministerio de Cultura mediante la Unidad Ejecutora N° 05 Naylamp – Lambayeque y la Asociación Local del Agua Motupe, Olmos y La Leche.

PALABRAS CLAVES: Hidrología, inundación, defensa ribereña, socavación, dique, depósito fluvial, talud, descolmatación, estabilidad.

ABSTRACT

The objective of this research is to develop a hydraulic study for riverbank defense, huaca “El Oro y Las Ventanas” section, La Leche river, Íllimo – Lambayeque, and prevent the archaeological structures belonging to the Sicán culture from collapsing or deteriorating due to flooding during periods of maximum flooding; the hydrological study prepared with historical meteorological and hydrometric records has determined the flow that will be used in the pre-dimensioning of the riparian defense and scour, the topographic studies have established the morphological characteristics of the study area and choose which hydraulic structure will have greater efficiency in preventing flooding, the geological study of the basin is a description of the composition and origin of the soil that complements the soil mechanics tests that have been carried out in the area ; this has made it possible to obtain the necessary parameters for calculating the stable width, hydraulic flow scour, velocity, Froude number, delcomatation of the riverbed and pre-dimensioning of the homogeneous earth dike with rockfill protection.

During the development of the present investigation, the river sections and dimensions of the river were constantly simulated in Hecras V 5.0.7 and Civil 3d V2016 software, the river sections and dimensions of the river defense to avoid invading or altering the archaeological areas, as well as to avoid altering the access roads to the study area, since the project is located within the historical sanctuary of the Pómac Forest, which is why there was constant advice from public entities such as the Ministry of Culture through the Executing Unit N° 05 Naylamp – Lambayeque and the Local Water Association Motupe, Olmos and la Leche.

KEY WORDS: Hydrology, flooding, riparian defense, scour, dike, fluvial deposit, slope, desilting, stability.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Realidad Problemática.....	15
1.1.1 Ámbito internacional.....	15
1.1.2 Ámbito nacional.....	15
1.1.3 Ámbito Local.....	16
1.2 Antecedentes de estudio.....	17
1.2.1 A nivel internacional.....	17
1.2.2 A nivel nacional.....	18
1.2.3 A nivel local.....	19
1.3 Teoría relacionada al tema.....	21
1.3.1 Hidrológico.....	23
1.3.2 Geológico.....	36
1.3.3 Geotécnico.....	51
1.3.4 Hidráulico.....	56
1.4 Formulación del problema.....	71
1.5 Justificación e importancia del estudio.....	71
1.5.1 Justificación técnica.....	71
1.5.2 Justificación social.....	71
1.5.3 Justificación económica.....	71
1.5.4 Justificación ambiental.....	72
1.6 Hipótesis.....	72
1.7 Objetivos.....	72
1.7.1 Objetivo General.....	72
1.7.2 Objetivos Específicos.....	72
II. MATERIAL Y MÉTODO.....	73
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	73
2.2 Variables, Operacionalización.....	74
2.3 Población y muestra.....	75
2.3.1 Población.....	75
2.3.2 Muestra.....	75

2.4	Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad	75
2.4.1	Técnica	75
2.4.2	Instrumentos de recolección de datos.....	75
2.5	Procedimiento de análisis de datos.....	76
2.5.1	Diagrama de flujo.....	76
2.5.2	Descripción de los procesos	76
2.6	Criterios éticos.....	80
2.7	Criterios de rigor científico	80
III.	RESULTADOS.....	80
3.1	Resultados en tablas y figuras	80
3.1.1	Determinar las características topográficas del cauce del río.....	80
3.1.2	Determinar el área de la cuenca y el caudal de diseño mediante el estudio hidrológico.	82
3.1.3	Determinar las características geotécnicas del lecho y márgenes del cauce del río, mediante los ensayos de mecánica de suelos.	100
3.1.4	Establecer las características geológicas de la cuenca delimitada del río La Leche....	107
3.1.5	Proponer la defensa ribereña como solución para evitar desbordes en los tramos huaca El Oro y Las Ventanas del río La Leche.	107
3.2	Discusión de Resultados.....	121
3.2.1	Determinar las características topográficas del cauce del río.....	121
3.2.2	Determinar el área de la cuenca y el caudal de diseño mediante el estudio hidrológico.	122
3.2.3	Determinar las características geotécnicas del lecho y márgenes del cauce del río, mediante los ensayos de mecánica de suelos	122
3.2.4	Establecer las características geológicas de la cuenca delimitada del río La Leche....	123
3.2.5	Proponer la defensa ribereña como solución para evitar desbordes en los tramos huaca El Oro y Las Ventanas del río La Leche.	123
3.3	Aporte práctico.	124
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
4.1	Conclusiones.	125
4.1.1	Determinar las características topográficas del cauce del río.....	125
4.1.2	Determinar el área de la cuenca y el caudal de diseño mediante el estudio hidrológico. 125	125
4.1.3	Determinar las características geotécnicas del lecho y márgenes del cauce del río, mediante los ensayos de mecánica de suelos.	125
4.1.4	Establecer las características geológicas de la cuenca delimitada del río La Leche....	125

4.1.5	Proponer la defensa ribereña como solución para evitar desbordes en los tramos huaca El Oro y Las Ventanas del río La Leche.....	126
4.2	Recomendaciones.....	126
V.	REFERENCIAS	127
VI.	ANEXOS	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos de estaciones meteorológicas	25
Tabla 2: Pendiente para los diferentes tipos de terreno	27
Tabla 3: Valores de Kn para datos dudosos	31
Tabla 4: Valores críticos para la prueba Kolmogorov - Smirnov	33
Tabla 5: Factor de fondo	57
Tabla 6: Factor de orilla.....	57
Tabla 7: Factor de fondo y orilla	58
Tabla 8: Coeficiente del tipo de Material.....	58
Tabla 9: Coeficiente de cauce	58
Tabla 10: Condiciones de Cowan para determinar diversos valores para el coeficiente n de Manning	59
Tabla 11: Coeficiente de rugosidad Ks.....	60
Tabla 12: Valores de coeficiente \emptyset	61
Tabla 13: Valores de diámetro y peso específico de la partícula.....	62
Tabla 14: Coeficiente de tiempo de retorno.....	63
Tabla 15: Coeficiente de corrección	65
Tabla 16: Factor de seguridad.....	66
Tabla 17: Valores representativos empleados en la selección del movimiento sísmico de diseño	67
Tabla 18: Normativa usada.....	70
Tabla 19: Cuadro de operacionalización	74
Tabla 20: Características morfológicas de la cuenca del río La Leche	84
Tabla 21: Distribución de la red hídrica en la cuenca del río La Leche.....	85
Tabla 22: Valores de C para las diferentes pendientes y uso de suelo de la cuenca del río La Leche	85
Tabla 23: Comparación del Δ tabular y Δ crítico	88
Tabla 24: Caudales obtenidos para diferentes TR según el estudio hidrométrico	89
Tabla 25: Datos corregidos de las estaciones pluviométricas de la cuenca del río La Leche ...	91
Tabla 26: Tabla de precipitaciones media de la cuenca del río La Leche	98
Tabla 27: Intensidades para los diferentes tiempos de retornos	99
Tabla 28: Valores de permeabilidad para suelos granulares	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Colocación de sacos llenos de arena en el borde del río La Leche, año 2015.	19
Figura 2: Trabajos de prevención culminados.	20
Figura 3: Vista panorámica del bosque de Pómac.	21
Figura 4: Tramo del río La Leche donde se encuentran apilados los sacos con arena.	22
Figura 5: Delimitación distrital de la cuenca del río La Leche.	23
Figura 6: Cuenca del río La Leche y delimitación de áreas con sus límites de alturas medidos en m.s.n.m.	24
Figura 7: Ubicación de las estaciones meteorológicas y recorrido del río La Leche.	24
Figura 8: Loma metamórfica ubicada en la quebrada Agua Blanca-Olmos.	36
Figura 9: Ladera de montaña sedimentaria altamente disectada cortada por la carretera Oyotún-Las Delicias.	37
Figura 10: Depósito proluvio-aluvial del río Motúpe-sector Pampa de Lino en Mórrope.	38
Figura 11: Planicie fluvio aluvial ubicada en la parte baja del río Reque.	39
Figura 12: Playa La Punta Canaloche ubicada en el distrito de Lagunas.	40
Figura 13: Cerro Sonolipe ubicada en Oyotún es descrito como una montaña volcánica sedimentaria.	41
Figura 14 : Depósitos semiconsolidados de arena y limos de grano medio a fino atrapados en la vegetación, quebrada EL Virrey-Olmos.	42
Figura 15: Depósito lagunar rodeado por depósitos eólicos ubicados en el sector La Niña-playa de Mórrope.	43
Figura 16: Depósito fluvial ubicado en el río Saña.	43
Figura 17: Acantilados o barrancos compuesto por niveles de yeso y algas, Playa Punta Canaloche – distrito de Lagunas.	44
Figura 18: Adamelitas intemperizadas y fuertemente fracturadas ubicadas en el sector San Nicolas-Saltur-Chiclayo.	45
Figura 19: Tobas con niveles de cuarcitas muy fracturadas en laderas con fuertes pendiente.	46
Figura 20: Calizas bituminosas con niveles de lutitas en delgados bancos de Calizas, lutitas y niveles de margas-Incahuasi.	47
Figura 21: Esquistos y filita muy intemperizados y fracturados ubicados en el complejo Olmos-tramo carretera Olmos Jaén.	47
Figura 22: Carta de plasticidad de Casagrande para clasificación SUCS.	53
Figura 23: Clasificación AASTHO para suelos granulares.	54
Figura 24: Clasificación AASTHO para suelos limo-arcillosos.	54
Figura 25: Relación de la tangente del ángulo ϕ con respecto al valor de K_1	66
Figura 26: Distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia y 100 años de vida útil.	68
Figura 27: Área de Estudio y ubicación de las Huacas El Oro y Las Ventanas.	81
Figura 28: Visita de campo realizada al área de estudio el 03MAYO2019.	81
Figura 29: Levantamiento Topográfico del Tramo Huaca El Oro y Las ventanas.	82
Figura 30: Cartas Nacionales Geológicas 13d-13e-14d-14e.	83
Figura 31: Distritos que comprenden la cuenca del río la Leche.	83
Figura 32: Curva: Hipsométrica & Frecuencia de Altitudes.	84
Figura 33: Orden de los ríos en la cuenca del río La Leche.	84
Figura 34: Caudales máximos diarios.	86

Figura 35: Valores máximos y mínimos en el registro de caudales.	87
Figura 36: Análisis de doble masa de la estación de aforo Puchaca.	87
Figura 37: Prueba de bondad de ajuste K – S.	88
Figura 38: Registro histórico de caudales.	89
Figura 39: Estaciones pluviométricas de la cuenca del río La Leche.	90
Figura 40: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Jayanca.	92
Figura 41: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.	93
Figura 42: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Tocmoche.	93
Figura 43: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.	93
Figura 44: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Puchaca.	94
Figura 45: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.	94
Figura 46: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Cueva Blanca.	94
Figura 47: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.	95
Figura 48: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Incahuasi.	95
Figura 49: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.	95
Figura 50: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Tinajones.	96
Figura 51: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.	96
Figura 52: Delimitación de las áreas de influencia usando el polígono de Thiessen.	97
Figura 53: Delimitación de las curvas de isoyetas.	97
Figura 54: Curvas IDF para las precipitaciones medias obtenidas por el método del polígono de Thiessen.	98
Figura 55: Curvas IDF para las precipitaciones medias obtenidas por el método de las Isoyetas.	99
Figura 56: Ubicación de las calicatas realizadas en el área de estudio.	101
Figura 57: Muestras de suelo extraídas de los bordes del río La Leche.	101
Figura 58: Elaboración del ensayo de análisis granulométrico por tamizado.	102
Figura 59: Curva obtenida del ensayo granulométrico realizado a la muestra 01 extraída de la calicata 01.	103
Figura 60: Curva obtenida del ensayo granulométrico realizado a la muestra 01 extraída de la calicata 02.	103
Figura 61: Ensayo de permeabilidad para suelos granulares.	104
Figura 62: Curva de resistencia obtenidas del ensayo de corte directo aplicado a la C1-M1.	105
Figura 63: Gráfica de esfuerzo de corte máximo y esfuerzo normal obtenido del ensayo de corte directo aplicado a la C1-M1.	105
Figura 64: Curva de resistencia obtenidas del ensayo de corte directo aplicado a la C2-M1.	106
Figura 65: Gráfica de esfuerzo de corte máximo y esfuerzo normal obtenido del ensayo de corte directo aplicado a la C2-M1.	106
Figura 66: Ubicación del camino que une la cantera Tres Tomas y el área de estudio.	107
Figura 67: Simulación del tramo de 2 Km del río La Leche en el software Hecras V 5.0.7	108
Figura 68: Perfil Longitudinal del tramo simulado de 2 km correspondientes al río La Leche	108
Figura 69: Cuadro de velocidades del agua que recorre el cauce y borde correspondientes a l río La Leche.	109
Figura 70: Dimensiones del dique homogéneo de tierra.	112

Figura 71: Simulación del tramo de 2 Km del río La Leche con descolmatación del lecho con protección de dique homogéneo de tierra con protección de enrocado en el software Hecras V 5.0.7.....	113
Figura 72: Simulación en 3D del río La Leche con descolmatación del lecho y protección de dique de tierra con protección de enrocado.....	113
Figura 73: Gráfica de distancia con velocidades del cauce y bordes del río La Leche.	114
Figura 74: Secciones típica que comprenden la cota 0+000 km hasta la cota 1+850 km...	114
Figura 75: Cuadro de propiedades y usos de los diferentes tipos de suelo.	115
Figura 76: Determinación del equipo de compactación según la clasificación SUCS del suelo.....	115
Figura 77: Gráfica de las curvas de compactación para la subdivisión del suelo grava arcillosa (GC) con valores máximos, promedios y mínimos.	119

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Factor de forma de la cuenca.....	25
Ecuación 2: Índice de Gravelious.....	25
Ecuación 3: Lado mayor del rectángulo equivalente.....	26
Ecuación 4: Lado menor del rectángulo equivalente.....	26
Ecuación 5: Fórmula de Kirpich.....	26
Ecuación 6: Coeficiente de escorrentía ponderado.....	27
Ecuación 7: Riesgo admisible de falla.....	27
Ecuación 8: Polígono de Thiessen.....	28
Ecuación 9: Precipitación media por el método de las Isoyetas.....	28
Ecuación 10: Fórmula de la intensidad máxima.....	29
Ecuación 11: Caudal por el método racional.....	29
Ecuación 12: Caudal por el método de Mac Math.....	29
Ecuación 13: Caudal por el método de Burkli – Zieger.....	30
Ecuación 14: Media y desviación estándar del periodo 1 del análisis de consistencia.....	31
Ecuación 15: Media y desviación estándar del periodo 2 del análisis de consistencia.....	32
Ecuación 16: Varianza del periodo 1 y periodo 2 en el análisis de consistencia.....	32
Ecuación 17: Cálculo del Fc de la desviación estándar.....	32
Ecuación 18: Fórmula de corrección de las muestras del análisis de consistencia.....	32
Ecuación 19: Caudal máximo obtenido por el método de Gumbel.....	34
Ecuación 20: Caudal máximo obtenido por el método de Nash.....	34
Ecuación 21: Caudal máximo obtenido por el método de Levediev.....	35
Ecuación 22: Coeficiente de no uniformidad.....	52
Ecuación 23: Coeficiente de graduación o curvatura del material.....	52
Ecuación 24: Coeficiente de permeabilidad tomado a temperatura de ensayo.....	54
Ecuación 25: Coeficiente de permeabilidad a 20 °C.....	55
Ecuación 26: Máxima resistencia al corte de la muestra.....	55
Ecuación 27: Método de Petits para calcular el ancho estable.....	56
Ecuación 28: Método de Blench y Altunin para calcular el ancho estable.....	57
Ecuación 29: Método de Simon Henderson para calcular el ancho estable.....	57
Ecuación 30: Método de Manning para calcular el ancho estable.....	58
Ecuación 31: Coeficiente de resistencia de Manning.....	59
Ecuación 32: Fórmula de la velocidad del flujo.....	60
Ecuación 33: Fórmula tirante hidráulico.....	60
Ecuación 34: Fórmula del N° de Froud.....	60
Ecuación 35: Fórmula del borde libre del dique.....	61
Ecuación 36: Método de Lischtvan – Levediev para suelos cohesivos.....	62
Ecuación 37: Método de Lischtvan – Levediev para suelos no cohesivos.....	62
Ecuación 38: Método de Blench para arenas de 0.06 mm < d50 < 2 mm para calcular el diámetro de la roca.....	64
Ecuación 39: Método de Blench para arenas de d50 > 2 mm para calcular el diámetro de la roca.....	64
Ecuación 40: Método de Maynord para calcular el diámetro de la roca.....	64
Ecuación 41: Método del U.S. Departament of Transportation para calcular el diámetro de la roca.....	65

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

1.1.1 Ámbito internacional

Los daños originados por inundaciones, no solo ocurren en los países sub desarrollados, según Cevallos, Baró y Díaz (2016) señalan “En el 2013 las inundaciones que tuvieron un mayor impacto económico ocurrió en Alemania, donde se tuvieron mermas económicas de \$16.5 000 000 000, seguida por Canadá con \$4.7 000 000 000,” (p.3). Dando a conocer que el cambio climático acelerado ha originado que los fenómenos naturales se conviertan en eventos sucesivos en los últimos años y causen efectos negativos a nivel mundial.

Pero no sólo se registran pérdidas económicas en este tipo de desastres, según lo descrito por Fernández de Córdova, León, y Rodríguez (2020) en su investigación indican “El número promedio anual de muertes originadas por inundaciones a nivel global alcanzaron los 38577 personas” (p.2). siendo los países en vía de desarrollo en donde ocurren la mayoría de muertes, ya sea durante los eventos de inundación o como consecuencias de los mismos. Esto se puede observar en en países como Ecuador, donde se registraron en la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos desde el año 2010 hasta el 2016 un total de “ 756 viviendas destruidas, 7239 damnificados y 11 333.77 hectáreas de cultivo perdidas; además, también se vieron afectadas un total de 191 205 personas, 28 035 viviendas, 329 centros educativos y 4 678.79 hectáreas de cultivo”. (Burgos, Cartaya, & Mero, 2019, p.2)., o lo descrito por Chavez, Binnquist, y Salas, (2016) indicando que las “pérdidas económicas que se tuvieron en las inundaciones ocurridas en México durante los años 1980 a 1990, fueron de 4 537 millones de dólares”. (p.3).

1.1.2 Ámbito nacional

“Durante los años transcurridos en el 2003 hasta el 2012, las inundaciones originadas por las fuertes precipitaciones afectaron a 4.3% de la población nacional, datos obtenidos del Instituto de Defensa Civil INDECI, reportaron la cantidad de 687 820 personas que fueron damnificadas y 66 943 viviendas que colapsaron” (Mechato, 2017, p.12). En años sin incidencia de eventos extraordinarios por fenómeno El Niño, se ha producido daños económicos ocasionados por inundaciones, dejando la interrogante si en las diferentes ciudades del Perú existe la infraestructura adecuada para prevenir riesgos ante lluvias intensas, o la protección adecuada por medio de defensas ribereñas para evitar inundaciones por desbordes de ríos.

Pero este tipo de eventos no son recientes, durante el transcurso de la historia, según Takahashi (2017) comenta “que en el año 1891 una fuerte contracorriente oceánica trajo aguas

cálidas desde Ecuador hasta La Libertad” (p.3)., lo que originó una en un excesivo calor e inundaciones en la costa del Perú; evento extraordinario que continuaron repitiéndose durante los años 1925, 1987, 1998 y 2017, este último que ocasionó pérdidas de vidas humanas, así como daños materiales, ocasionado ya sea por las fuertes precipitaciones o inundaciones por desborde de ríos.

El desborde de los ríos en el Perú ha sido la causa de la mayoría de inundaciones registradas, esto se ha visto en el departamento de Lima en el año 1998, según lo descrito por Villacorta (2018) “durante ese año, se produjo una inundación que tuvo su origen en el desborde del río Huaycoloro, afectando a los distritos de Rímac y San Juan de Lurigancho, al este de Lima. También se vio afectado el distrito de San Martín (San Diego) por el desborde proveniente del río Chillón” (p.82). Asimismo, los daños económicos que sufre el país ante eventos extraordinarios por el Fenómenos El Niño, según lo registrado por el Ministerio de Economía y finanzas son “USD 3,5 000 000 000 (Aproximadamente el 6,2% del PBI), catástrofe similar ocurrió en los años 1982-1983 donde se registró daños por USD 3,3 000 000 000(Aproximadamente el 11,6% del PBI), teniendo un mayor impacto de pérdidas en los departamentos de Lambayeque, La Libertad y Tumbes” (Hernández, et al, 2016, p.1)

Pero no sólo existen inundaciones en zonas costeras, Asurza, Ramos, y Lavado W, (2018) indica que “Las inundaciones en Huancané han estado fuertemente relacionadas con el nivel y volumen de agua contenido en el lago Titicaca, tal como ocurrieron en las inundaciones de los años 1982, 1986, 2003 y 2004” (p.6). Esto originó pérdidas en cultivos, viviendas colapsadas, daños en la infraestructura de Instituciones educativas y postas sanitarias, así como la interrupción en caminos, carreteras y puentes.

1.1.3 Ámbito Local

Se tiene registros que “en diferentes ciudades como Chiclayo, Trujillo, Piura, Huarney han soportado precipitaciones intensas, las cuales superaron récord históricos solamente observados en eventos extraordinarios El Niño” Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” [ENFEN], (2017, p.20); información que se corrobora con la obtenida de las estaciones meteorológicas de “Morropón (Piura) la cual el 22 de febrero tuvo el más alto registro histórico durante el mes de febrero con 150 mm/24hrs” Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” [ENFEN], (2017, p.20) y 04 de marzo en la estación Jayanca (Lambayeque) donde se registró el segundo valor más alto con 113 mm/24hrs, valores que se vieron reflejados en los efectos negativos causados por las inundaciones de terrenos y ciudades, colapsos de sistema de desagües, desbordes de ríos, entre otros.

Vasquez (2018) señala “en el trayecto del río La Leche, se tiene una zona crítica vulnerable de 14 kilómetros de largo, en dónde han ocurrido desbordes en épocas de lluvia” (p.14). Demostrando que los distritos del departamento de Lambayeque por donde recorre el río La Leche no cuentan con un plan estratégico o infraestructura adecuada para prevenir los efectos negativos originados por desbordes de eventos extraordinarios o máximas avenidas, ocasionando cuantiosas pérdidas de bienes tangibles e intangibles, afectando a la población de los distritos de Íllimo, Pacora, Jayanca y Pítipo principalmente; esto se vio reflejado en el año 2017, donde fueron afectadas miles de familias por el derrumbe de viviendas, aumento de enfermedades y la proliferación de plagas, además de ocasionar la inundación de terrenos destinados al cultivo, lo que ocasionó pérdidas económicas y de vidas humanas; demostrando la no planificación de los gobiernos distritales y/o provinciales en obras de protección de ríos como descolmatación, muros de concreto, espigones de roca, trabajos de forestación y rehabilitación de la infraestructura de las defensas ribereñas.

1.2 Antecedentes de estudio

1.2.1 A nivel internacional

“Los estudios de vulnerabilidad son importantes ya que permiten identificar las características internas que hacen a un sistema proclive ante los efectos adversos de un evento natural” (Chavez, Binnquist, y Salas, 2016, p.2)., autor que indica en su investigación que las pérdidas económicas y de vidas humanas por inundaciones se pueden evitar con acciones previas, tal como lo han realizado algunas ciudades en sus proyectos, claro ejemplo se ve en la ciudad de La Guajira “donde busca los puntos vulnerables de la zona Urbana frente a inundaciones con el apoyo de la modelación matemática computacional en Riohacha, La Guajira-Colombia” (Pérez, Escobar, y Fragozo, 2018, p.3)., y plantea posibles soluciones a inundaciones pluviales urbanas en los límites del río Ranchería.

Según (Arreguín y López, M, 2016) ”Las inundaciones ocurridas en el planeta desde 1985 a 2010 (3713 casos), el mayor número de ellas han sucedido en zonas urbanas” (p.6). esto se debe a que diversas ciudades no tienen un sistema de drenaje pluvial efectivo, o en su defecto, carecen del mismo, además de contar con infraestructuras inadecuadas o mal ubicadas, sumado a la deforestación y modificación de los ecosistemas, ello ha generado la impermeabilización del suelo, y que los volúmenes de agua que se infiltren sea menor a los terrenos inalterados, escurriendo por las calles y se descarguen en los ríos, generando que se cambie el comportamiento de las inundaciones al modificar su ciclo.

En lo descrito por Aldana (2016) “Los registros de alerta temprana deberían formar parte de las normas legislativas y estructuras institucionales nacionales, complementándose con servicios de profesionales; además de realizar actividades de asignación estratégica de los recursos y formación para la creación de capacidad” (p. 2), esto indica que se debería contemplar servicios de alerta temprana ante inundaciones como metas para un desarrollo sostenible en la sociedad, y se reduzcan los daños ante eventos extraordinarios, previniendo los resultados negativos con acciones estratégicas en las zonas vulnerables, con una adecuada proyección y administración, maximizando de esta manera el uso de los recursos.

1.2.2 A nivel nacional

Se tiene como medidas preventivas las acciones tangibles como lo plantea Vasquez (2018) en su investigación donde indica que “el ANA (Autoridad Nacional del Agua) en la evaluación e inspección técnica realizada logro identificar a 137 ríos en el Perú, los cuales requieren que se ejecuten un aproximado de 868 obras de defensa ribereñas y limpieza de cauces “(p.29). Y las acciones intangibles que son “Actividades de gestión (políticas y leyes; una mayor conciencia pública; capacitación y educación, etc.)” (Aldana, 2016, p.2)

Con lo planteado anteriormente, se demuestra que en los gobiernos distritales, municipales y regionales no existe una adecuada proyección de riesgos por inundaciones, o que no se da la importancia debida, esto se demuestra en las pérdidas económicas ocasionadas en el evento fenómeno El Niño del año 2017; según Vasquez (2018) da a conocer que “Para que se ejecuten estas obras de prevención, se necesita una inversión aproximada de S/. 786 059 373,00” (p.13), es decir que sólo en obras de prevención se necesita la inversión descrita, ya que después de ocurrir los desastres de inundación en zonas expuestas, la inversión aumenta considerablemente en la ejecución de obras destinadas a la reconstrucción.

Moreno y Oliva, D, J (2017) en su investigación indican como tema de planificación “Evaluar la capacidad que tiene un cauce para soportar un determinado caudal de avenida, con la finalidad de impedir o reducir los daños producidos por inundaciones” (p.17)., este tipo de acciones ayudarían a reducir los impactos negativos que se presentasen antes, durante y después de ocurrida la amenaza, y con la ayuda de la tecnología actual, se puede complementar con resultados más apegados a la realidad al momento de realizar los estudios hidrológicos e hidráulicos; proyectando acciones que eviten el desborde por pérdida en la sección hidráulica de los ríos (originado por el transporte y decantación de sedimentos durante épocas de máximas avenidas) así como la erosión de sus márgenes.

Tapara (2018) plantea como solución del problema “Analizar y aplicar modelos probabilísticos y el modelo HEC HMS” (p.2), se puede “Generar información base para fines de acondicionamiento y protección de defensa ribereña, lo cual serviría para elaborar propuestas de prevención de desastres ante eventos extremos” (p.2). Discrepando con el autor en relación al modelo HEC HMS, ya que actualmente existen diversos programas que pueden brindar información más completa y acorde con la zona de estudio; asimismo, se concuerda que la información base para diseñar obras de acondicionamiento y defensa ribereña sería el estudio hidrológico, teniendo en cuenta el riesgo de falla de cada estructura hidráulica, asimismo se deberían ejecutar acciones de limpieza en cauces y descolmatación de ríos; mantenimiento y rehabilitación de defensas ribereñas.

1.2.3 A nivel local

En el departamento de Lambayeque se realizaron acciones preventivas de urgencia con la finalidad de salvaguardar parte de la historia del departamento de Lambayeque, tales como los trabajos preventivos realizados por la Unidad Ejecutora N° 005 Naylamp Lambayeque en el año 2015, donde por intermedio de coordinaciones con personas aledañas, apilaron sacos llenos de arena para elevar los bordes de la orilla del río La Leche, con la finalidad de evitar ante futuros eventos por fenómeno El Niño inundaciones en los tramo vulnerable donde se ubican las huacas El Oro y Las Ventanas, y se continúen dañando las estructuras que conforman dichos centros arqueológicos, los cuales tienen un alto valor histórico y cultural.



Figura1: Colocación de sacos llenos de arena en el borde del río La Leche, año 2015.
Fuente: Panel fotográfico obtenido por la UE N° 005 Naylamp Lambayeque.



Figura 2: Trabajos de prevención culminados.
Fuente: Panel fotográfico obtenido por la UE N° 005 Naylamp Lambayeque.

“En el bosque de Pómac, la huaca Las Ventanas tiene un área de cobertura de 700 m², donde se busca proteger dos sucesiones de muros de adobe en la parte alta de la pirámide” Acciones preventivas y de emergencia en zonas arqueológicas de Lambayeque y La Libertad frente al fenómeno El Niño (2015, p.7). La zona de estudio se encuentra como zona vulnerable desde 2015, como lo indica el informe elaborado por contraloría general de la república, y que requiere ser intervenido en un corto lapso de tiempo para en caso de desastres, la estructura no se vea vulnerada, y se reduzcan en un futuro los daños en dicho centro arqueológico.

El actual cauce del río La Leche se encuentra parcialmente descolmatado en los sectores correspondiente a las huacas Las Ventanas, La Merced y el Oro lo que genera el riesgo de incrementar el nivel de colmatación y de acumulación de sedimentos y materiales arqueológicos arrasados por el río La Leche, provocando una afección irreversible en el patrimonio arqueológico, acciones preventivas y de emergencia en zonas arqueológicas de Lambayeque y La Libertad frente al fenómeno (El Niño, 2015, p.22).

La necesidad de realizar trabajos de limpieza y descolmatación en el río La Leche son necesarios, urgentes e indispensables para aumentar el área hidráulica, asimismo reforzar los tramos donde los bordes puedan originar inundaciones, impedirá en caso de máximas avenidas el desborde del río, preservando las diferentes zonas arqueológica ubicadas en el Bosque de Pomac, evitando el bloqueo o destrucción de carreteras u vías de comunicación, inundación de terrenos agrícolas o el colapso de viviendas.

1.3 Teoría relacionada al tema.

El bosque de Pómac comprende un área arqueológica de 35 km², ubicado al norte del distrito de Chiclayo, este lugar es reconocido por su variada fauna (pequeños mamíferos, aves y reptiles), y flora (predominando los árboles de zapotes, guarángos y algarrobo); pero también es reconocido por los importantes hallazgos y restos arqueológicos pertenecientes a la cultura Sicán o Lambayeque encontrados, tales como un valioso ajuar funerario compuesto por cornas, cintillos, brazaletes, máscaras, armas, collares, protectores y objetos de elaborados a base de oro y cuentas de turquesas, conchas spondylus, lapislázuli y ámbares.

También se han encontrado estructuras arqueológicas de forma piramidal construidas a base de adobe, las cuales tienen un importante valor histórico a nivel nacional e internacional, por ser la mayor concentración de pirámides de adobe en toda Sudamérica, siendo conformadas por la huaca La Merced, huaca Lercanlech o Rodillona, huaca La Colorada, huaca El Oro, huaca Las Ventanas, entre otras; siendo las huacas Lercanlech, El Oro y Las Ventanas donde se han elaborado la mayor cantidad de trabajos arqueológicos; llevando a descubrimientos de importantes objetos tales como el famoso “Tumi de Oro”, descubierto en el año 1930 por el reconocido arqueólogo Julio C. Tello en sus trabajos de excavación realizados en la plataforma funeraria ubicada al sur de la pirámide Las Ventanas, describiéndola como un templo y mausoleo de culto a los ancestros enterrados en el entorno de la base de la pirámide.

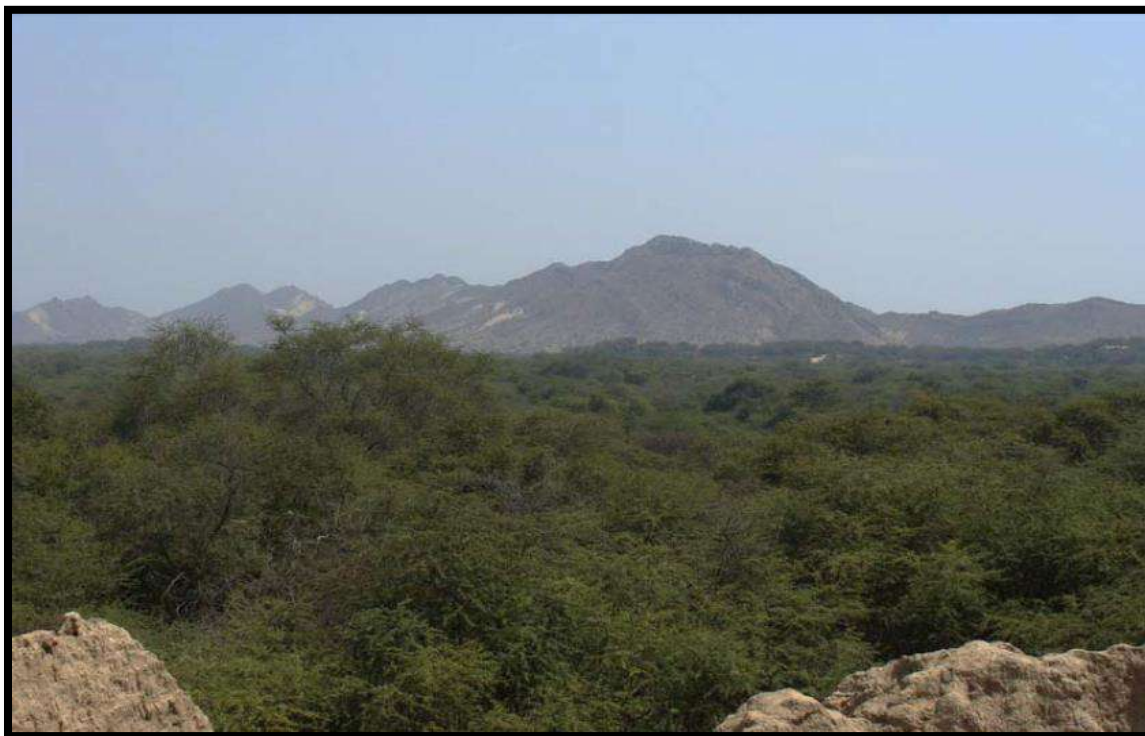


Figura 3: Vista panorámica del bosque de Pómac.

Fuente: Foto obtenida por la UE N° 005 Naylamp Lambayeque.

Los desbordes en los ríos ocurren por diversos factores, pero uno de los más resaltantes es la erosión ocasionada por la fuerza de desplazamiento del agua, además del transporte de sedimentos que origina la colmataciones y disminución del área hidráulica, “En el lecho y márgenes de los ríos, la parte externa es la que más se encuentra expuesta a ser erosionada, debido a que la energía producida por el agua se dirige hacia ella” (Terán, 1998, p.11), lo que origina que la energía erosiva reduzca los márgenes de los ríos y colmate los lechos con material transportado, esto se puede apreciar en la figura 4 del cauce del río La Leche en el tramo de las Huacas el Oro y las Ventanas, donde la disminución del área hidráulica y la erosión de los bordes del río han sido causadas por la colmatación de la margen izquierda, así como la constante erosión en el margen donde se ubican los sacos con arena apilados, llegando en determinados tramos superar la barrera y el agua inunde determinadas áreas.



Figura 4: Tramo del río La Leche donde se encuentran apilados los sacos con arena.
Fuente: Ortofoto obtenida por parte de la UE N° 005 Naylamp Lambayeque.

1.3.1 Hidrológico

El río La Leche pertenece a la cuenca hidrológica que lleva su mismo nombre, la cual está ubicada “en la jurisdicción departamental de Lambayeque y Cajamarca, comprendiendo provincias como Lambayeque, Ferreñafe, y Chota; y los distritos de Tocmoche, Pítipo, Incahuasi, Pacora, Miracosta, Mórrope y Túcume, entre los meridianos de longitud oeste 79°12` y 80°00` y los paralelos de latitud Sur 6°08` y 6°40`30`” (Arriola, 2016, p.6), con registro de coordenadas UTM 639817E y 9288025.64S, y una altitud que promedia los 57 m.s.n.m.

“Su límite inicia en la compuerta Huaca La Cruz por el norte y termina con el dique San Isidro por el Sur, teniendo como eje principal el recorrido del río La Leche” (Vásquez, 2018, p.55); su limitación a nivel de cuenca es por el sur con la cuenca del río Chancay, por el este con la cuenca del río Chotano, por el norte con la cuenca por donde transcurre el río Salas y por el oeste con el océano pacífico.

En la figura N° 05, se muestra la delimitación de la cuenca donde transcurre el río la leche y las áreas que abarcan en la jurisdicción de los diferentes distritos de los departamentos de Cajamarca y Lambayeque, y su área de influencia por donde discurren las aguas provenientes de las precipitaciones, las cuales tienen como cota mínima 50 m.s.n.m y una cota máxima de 4117.5 m.s.n.m, tal como se muestra en la en la figura N° 06, donde cada color simboliza la variación de nivel con relación a las áreas que conforman la cuenca por donde transcurre el río La Leche.

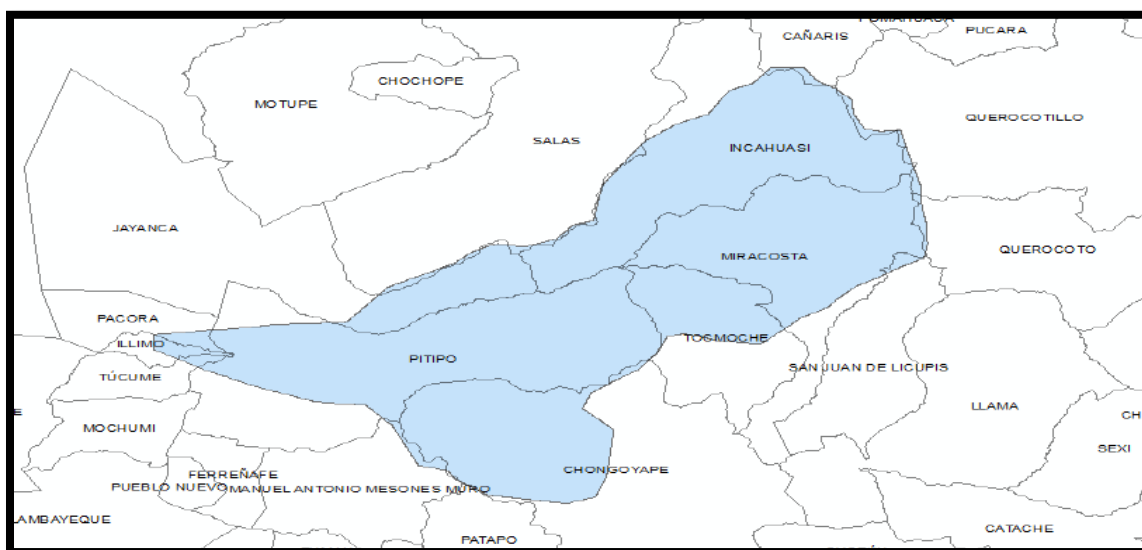


Figura 5: Delimitación distrital de la cuenca del río La Leche.
Fuente: Elaboración propia usando el programa ArcMap 10.5.

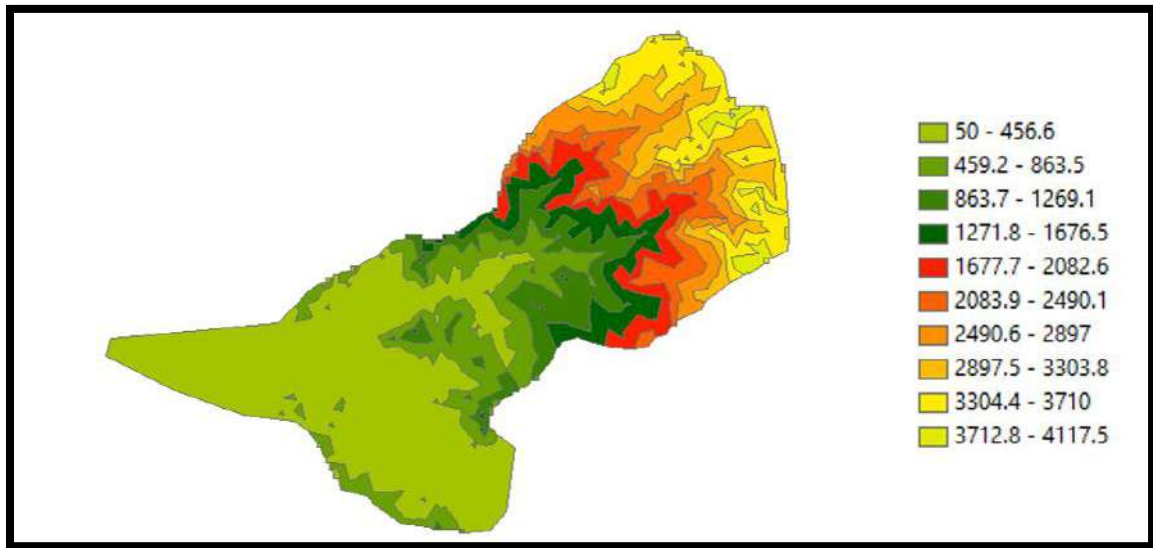


Figura 6: Cuenca del río La Leche y delimitación de áreas con sus límites de alturas medidos en m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia usando el programa ArcMap 10.5.

“El río “La Leche” se origina con la unión de los ríos Sangana y Moyán” (Arriola, 2016, p.7), los cuales son los afluentes principales que alimentan las aguas que discurren en el río La Leche, tal como se muestra en la figura N° 07, y tiene como estaciones meteorológicas descritas en la tabla N° 01.

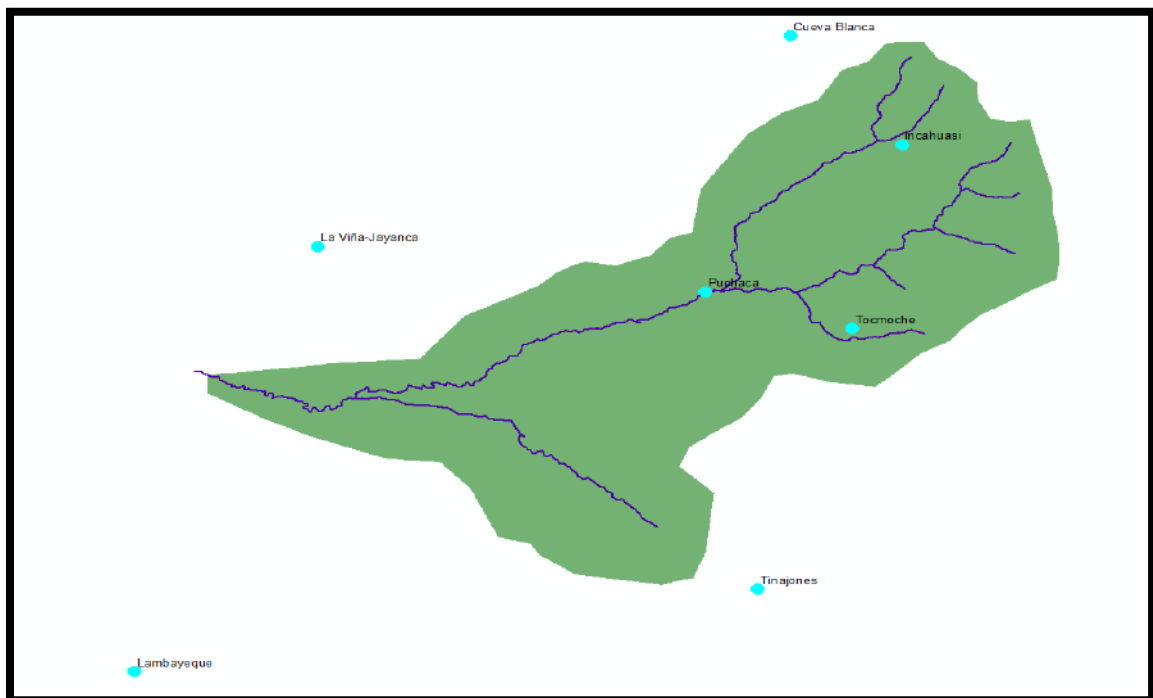


Figura 7: Ubicación de las estaciones meteorológicas y recorrido del río La Leche.

Fuente: Elaboración propia usando el programa ArcMap.

Tabla 1*Datos de estaciones meteorológicas*

Nombre de la Estación	Coordenadas: Latitud, Longitud	ID	m.s.n.m
Estación La Viña-Jayanca	636193.9, 9299978.9	1	78
Estación Tocmoche	681843.6, 9291396.5	2	336
Estación Puchaca	669278.9, 9295244.3	3	1435
Estación Cueva Blanca	676552.8, 9322018.6	4	3300
Estación Incahuasi	686085.2, 9310644.1	5	3052
Estación Tinajones	673786.2, 9264120.7	6	182
Estación Lambayeque	620483.9, 9255480.5	7	18

Fuente: Elaborado por el autor usando los datos del SENAMHI.

1.3.1.1 Parámetros morfológicos de la cuenca

1.3.1.1.1 Factor de forma de la cuenca (F)

Indica la relación que existe entre la longitud y el ancho promedio, permitiendo saber si una tormenta intensa puede darse en toda el área de la cuenca, está dado por la siguiente fórmula:

$$F = \frac{\text{ancho}}{\text{longitud}} = \frac{B}{L}$$

Ecuación 1: Factor de forma de la cuenca.

1.3.1.1.2 Índice de Gravelious

Esto permite expresar la influencia del área (A) y perímetro (P) de la cuenca con respecto a la escorrentía, siendo definido como una cuenca de forma circular si $K=1$, y alargada si $K>1$, y está dado por la siguiente fórmula:

$$K = \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Ecuación 2: Índice de Gravelious.

1.3.1.1.3 Rectángulo equivalente

Trata de representar las características morfológicas de la cuenca dentro de una figura geométrica con forma de rectángulo, siendo el lado menor del rectángulo (l) y lado mayor del rectángulo (L) definidos por las siguientes fórmulas:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

Ecuación 3: Lado mayor del rectángulo equivalente.

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right)$$

Ecuación 4: Lado menor del rectángulo equivalente.

A= Área de la cuenca

P= Perímetro de la cuenca

Asimismo, el concepto de precipitación está definido como humedad que se forma en las nubes, y llega hasta la parte superficial del suelo; siendo el punto de partida la medición y análisis, con la finalidad de estudiar el uso y control del agua, su medición se realiza en (hp) y se expresa en milímetros, según Villón, M (2002, p.73) indica “la altura de lámina de agua se refiere a la altura de agua que se acumula en una superficie horizontal”.

Para los problemas hidrológicos, es necesario conocer la altura de la precipitación media anual o de una tormenta, y se calcula mediante el Polígono de Thiessen y el Método de las Isoyetas

1.3.1.2 Estudio pluviométrico de la cuenca

1.3.1.2.1 Tiempo de concentración

Determina el tiempo que demora en recorrer una gota de agua desde que ingresa a la parte más alejada de la cuenca hasta el momento que sale de la misma, usando la siguiente fórmula para calcular:

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Ecuación 5: Fórmula de Kirpich.

L= distancia en metros del máx. recorrido que se puede realizar en la cuenca

H= diferencia de altura entre los puntos extremos de la cuenca

tc=tiempo de concentración dado en minutos, si se quiere obtener el tiempo en horas se divide entre 60.

1.3.1.2.2 Escorrentía

Es definida como el agua procedente de las precipitaciones que discurren o transcurren sobre o bajo la superficie del suelo, y llega a un fluente de agua para ser transportada hasta la salida de la cuenca, según Suárez (2001, p.22) lo define como “la distancia recorrida en un determinado tiempo por el cual un volumen de agua cae en forma de lluvia hasta alcanzar una cañada o río, valores que dependen de la característica física de la cuenca”. Para realizar la medición de desbordes se tomará las medidas de la sección y pendiente, es un número adimensional y está definido por la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Ecuación 6: Coeficiente de escorrentía ponderado.

C= Coe. de escorrentía ponderado

C_i= Coe. De escorrentía para A_i

A_i= área parcial i

N= cantidad de áreas parciales.

Los valores de C_i están determinados de acuerdo a las características topográficas, tipo de cubierta vegetal del terreno u otros, tomando los valores signados en la tabla 2

Tabla 2

Pendiente para los diferentes tipos de terreno

Característica de la superficie	topografía	
	Ondulado (pendiente comprendida entre 5 a 10%)	Inclinado (pendiente comprendida entre 10 a 30%)
Cultivos generales	0.6	0.72
Cultivos de pastos	0.36	0.42
Bosques	0.18	0.21
Áreas sin cubierta	0.8	0.90

Fuente: Blair (1957, p.42).

1.3.1.2.3 Tiempo de retorno

Para calcular el tiempo de retorno, se usa la relación existente entre el riesgo de falla admisible, la probabilidad de excedencia de un evento y la vida útil de la estructura, para lo cual se usa la siguiente fórmula:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Ecuación 7: Riesgo admisible de falla.

R= riesgo admisible de falla

n=vida útil de la obra en años

1.3.1.2.4 Polígono de Thiessen.

Este método consiste en determinar por medio de la triangulación de las estaciones meteorológicas el área de influencia de cada estación dentro de la cuenca, para posterior calcular la precipitación media.

$$P_{med} = \frac{l}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i$$

Ecuación 8: Polígono de Thiessen.

P_{med}=precipitación media

A_T =área de toda la cuenca

A_i=área parcial de influencia de la estación i en el polígono de Thiessen

P_i= precipitación correspondiente a la estación i

n= número de estaciones que influyen en la cuenca

1.3.1.2.5 Método de las Isoyetas

Este método consiste en trazar curvas similares a las curvas de nivel donde unen las diferentes estaciones dentro y fuera de la cuenca para interpolar la altura de precipitación y obtener el área de influencia de cada una, y posterior obtener la precipitación media por la siguiente fórmula:

$$P_{med} = \frac{l}{A_T} \sum_{i=1}^n \frac{A_{i-1} + P_i}{2} A_i$$

Ecuación 9: Precipitación media por el método de las Isoyetas.

P_{med}=precipitación media

A_T =área de toda la cuenca

A_i=área parcial de influencia de la isoyeta P_{i-1} y P_i

P_i= Altura de precipitación correspondiente a la isoyeta i

n= cantidad de áreas parciales

1.3.1.2.6 Análisis de frecuencia de las tormentas.

Se determina por medio de las curvas IDF, las cuales se elaboran de las precipitaciones obtenidas según los tiempos de retornos estudiados, el análisis realizado es por intermedio de la siguiente fórmula:

$$i_{max} = \frac{KT^a}{D^b}$$

Ecuación 10: Fórmula de la intensidad máxima.

i_{max} = intensidad máx. en mm/hr.

T= periodo de retorno medido en años.

D=duración medido en minutos.

a,b,K= parámetros obtenidos de correlación potencial múltiple

1.3.1.2.7 Caudal por el método racional

Este método se usa para cuencas con áreas mayores a 10 Km², y para una intensidad igual al tiempo de concentración, siendo dado por la siguiente fórmula:

$$Q = 0.278CIA$$

Ecuación 11: Caudal por el método racional.

Q= caudal de diseño m³/s

C= coeficiente de escorrentía

A= área de la cuenca en Km²

I= Intensidad de la máxima precipitación horaria mm/h

1.3.1.2.8 Caudal por el método de Mac Math

Este método toma como variable adicional la pendiente promedio del cauce principal de la cuenca:

$$Q = 0.0091CIA^{\frac{4}{5}}S^{\frac{1}{5}}$$

Ecuación 12: Caudal por el método de Mac Math.

Q= caudal de diseño m³/s

C= coeficiente de escorrentía

A= área de la cuenca en Km²

I= Intensidad de la máxima precipitación horaria mm/h

S= pendiente obtenida del cauce principal

1.3.1.2.9 Caudal por el método de Burkli – Zieger

$$Q = 0.022CIA \left(\frac{S}{A}\right)^{\frac{1}{4}}$$

Ecuación 13: Caudal por el método de Burkli – Zieger.

Q= caudal de diseño m³/s

C= coeficiente de escorrentía

A= área de la cuenca en Km²

I= Intensidad de la máxima precipitación horaria cm/h

S= pendiente obtenida del cauce principal ‰

“En las limitaciones que tiene el país y sus cuencas para contar con la disponibilidad de datos ya sea hidrométricas como pluviométricas, se suele utilizar métodos indirectos para el cálculo del caudal de diseño” (MTC, 2008, p.21), es decir que se debe completar en caso de faltar información y verificar los registros históricos para validar su confiabilidad, realizando los análisis de consistencia y pruebas de bondad y ajuste, posterior usando el software Hydroesta versión 2 se calcularan las distribuciones estadísticas (Normal, Gumbel, Lg Normal 2P, Lg Normal 3P, Gamma 2P, Gamma 3P y Lg Gumbel), para finalizar con escoger el método que mejor se ajuste a los registros históricos y seleccionar el tiempo de retorno estipulado.

1.3.1.3 Estudio hidrométrico

1.3.1.3.1 Análisis de datos dudosos

Este procedimiento selecciona los valores que no se encuentran dentro de la tendencia de datos de un registro histórico, por intermedio del cálculo de los coeficientes de Sesgo, se permite saber si existen datos dudosos altos (Asimetría mayor a + 0.4 y coeficiente de Sesgo=1.2387), bajos (Asimetría menor a - 0.4 y coeficiente de Sesgo=-1.4832) o cuando existen datos dudosos altos y bajos (Asimetría comprendida entre - 0.4 y + 0.4y coeficiente de Sesgo=0.3890), calculado mediante las siguientes ecuaciones

$$X_H = \bar{x} + k_N * S \quad X_L = \bar{x} - k_N * S$$

X_H= umbral alto en las unidades registradas

\bar{x} = logaritmo medio de los picos sistemáticos (X's) altos.

S= Desviación estándar

K_N= Valor k obtenido del tamaño de la muestra

$$X_L = \bar{M} - k_H * \bar{S} \quad X_L = \bar{M} - k_H * \bar{S}$$

X_L = umbral alto en las unidades registradas

\bar{M} = logaritmo medio histórico ajustado.

\bar{S} = Desviación estándar

K_H = Valor k obtenido del tamaño de la muestra para calcular M y S

$$PH = 10^{X_H} \quad PL = 10^{X_L}$$

PH= Valor máximo del tamaño de la muestra

PL= Valor mínimo del tamaño de la muestra

Tabla 3

Valores de Kn para datos dudosos

Muestra n	Kn	Muestra n	Kn	Muestra n	Kn	Muestra n	Kn
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: obtenido del libro de análisis de hidrología.

1.3.1.3.2 Análisis de consistencia:

Se inicia con el análisis estadístico usando la prueba de hipótesis t, si los valores medios son estadísticamente iguales o presenta diferencias, se deberán ajustar a una probabilidad del 95% o un 5% de significancia aplicando las siguientes fórmulas:

$$\bar{x} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} X_i \quad S_1(x) = \left[\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{1/2}$$

Ecuación 14: Media y desviación estándar del periodo 1 del análisis de consistencia.

$$\bar{x} = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} X_j \quad S_2(x) = \left[\frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{1/2}$$

Ecuación 15: Media y desviación estándar del periodo 2 del análisis de consistencia.

Variables

X_i = Valores de la serie del periodo 1

X_j = Valores de la serie del periodo 2

\bar{x}_1, \bar{x}_2 = media de los periodos 1 y 2.

$S_1(x)$ y $S_2(x)$ = Desviación estándar de los periodos 1 y 2

n = tamaño de la muestra

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{a}}}$$

n_1 y n_2 = tamaño de las sub muestra

$S_{\bar{a}}$ = desviación estándar de los promedios

Debiendo compararse los t_c con el t_t , al 95% de probabilidad, y si resultase que t_c es mayor, se procederá a corregir las muestras, posterior se realiza el análisis para probar mediante la prueba F si los valores de la desviación estándar son estadísticamente iguales o diferentes, comparando si están dentro del 95% de probabilidad o 5% de nivel significancia:

$$S_1^2(x) = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \quad S_2^2(x) = \left(\frac{1}{n_2 - 1} \right) \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2$$

Ecuación 16: Varianza del periodo 1 y periodo 2 en el análisis de consistencia.

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}, S_1^2(x) > S_2^2(x) \quad F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}, S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

Ecuación 17: Cálculo del F_c de la desviación estándar.

Debiendo compararse los F_c con el F_t , al 95% de probabilidad, y si resultase que F_c es mayor, se procederá a corregir las muestras

$$X'_t = \frac{x_t - \bar{x}_1}{S_1(x)} * S_2(x) + \bar{x}_2 \quad X'_t = \frac{x_t - \bar{x}_2}{S_2(x)} * S_1(x) + \bar{x}_1$$

Ecuación 18: Fórmula de corrección de las muestras del análisis de consistencia.

Variables

$X'_{(t)}$ = Valor corregido de datos

X_t = Valor a ser corregido

1.3.1.3.3 Pruebas de bondad de ajuste:

Estas son hipótesis que permite determinar en una muestra de datos independiente la distribución elegida, para la presente investigación, que usa datos no agrupados se utilizará la

prueba de Kolmogorov – Smirnov, la cual compara el valor máximo absoluto de la resta D entre la distribución de la función de probabilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$.

$$D = \text{máx} / F_o(x_m) - F(x_m)/$$

Y para calcular la función de probabilidad se usan las siguientes fórmulas:

$$P. \text{ empírica Weibull} = m / (N+1)$$

$$P. \text{ empírica California} = m / N$$

$$P. \text{ empírica Hazen} = (2m-1) / 2N$$

Variables

$N = N^\circ$ total de datos

$m = N^\circ$ de orden en el dato x_m en una lista de mayor a menor

Tabla 4

Valores críticos para la prueba Kolmogorov - Smirnov

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: MTC (2008, p.32).

1.3.1.3.4 Caudal de diseño

Se define como los caudales máximos, su magnitud es una función que directamente es influenciada por el periodo que se le asigne, suele estimarse por métodos indirectos y, “dependiendo de la cantidad en años de registro histórico (25 años como mínimo) brindará una calidad, representatividad; datos que deben tener una extensión y consistencia para ejecutar el estudio hidrológico, lo que permitir a partir de esta data histórica, realizar la predicción aproximada de eventos futuros, con el objetivo que el resultado sea confiable” (MTC, 2008, p.22).

Se debe tener en cuenta que para años en los cuales se han registrado evento del fenómeno “El Niño”, cuenta con valores extraordinarios y debe ser evaluada de tal manera que no se origine sobredimensionamiento; asimismo el tiempo en años del periodo de ocurrencia de una inundación (Periodo de retorno) deberá ser escogido de acuerdo por el tipo de estructura hidráulica a ejecutar.

1.3.1.3.4.1 Método de Gumbel.

Se usa la siguiente ecuación:

$$Q_{max} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (\bar{Y}_N - \ln T)$$

Ecuación 19: Caudal máximo obtenido por el método de Gumbel.

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - N Q_m^2}{N - 1}}$$

Q_{max} = caudal máx., calculado para determinado tiempo de retorno m^3/s

Q_i = registro histórico de los caudales máximos m^3/s

Q_m = caudal promedio m^3/s

T = tiempo de retorno en años

\bar{Y}_N, σ_N = constantes

σ_Q = desviación estándar

$$\Delta Q = \pm \sqrt{N\alpha\sigma} \frac{\sigma_Q}{\sigma_N \sqrt{N}}$$

N = cantidad de años registrados

$\sqrt{N\alpha\sigma}$ = constante en función de ϕ

σ_N = constante en función

σ_Q = desviación estándar

1.3.1.3.4.2 Método de Nash.

Se ordenan los valores de forma decreciente, para luego aplicar la fórmula de Weibull:

$$Q_{max} = a + b \log \log \frac{T}{T - 1}$$

Ecuación 20: Caudal máximo obtenido por el método de Nash.

$$T = \frac{N + 1}{m_i}$$

$$a = Q_m - b X_m$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N x_i - N x_m Q_m}{\sum_{i=1}^N x_i^2 - N x_m^2}$$

$$x_i = \log \log \frac{T}{T - 1}$$

Q_i = registro histórico de los caudales máximos m^3/s

Q_m = caudal promedio m^3/s

N = cantidad de años registrados

X_i = constante de un caudal determinado según su periodo de retorno

X_m = valor medio de la X_s

T = valor de Weibull

$$\Delta Q = \pm 2 \sqrt{\frac{S_{qq}}{N^2(N-1)} + (X - X_m)^2 \frac{1}{S_{xx}(N-1)} \left(S_{qq} - \frac{S_{xq}^2}{S_{xx}} \right)}$$

$$S_{xx} = N \sum X_i^2 - \left(\sum X_i \right)^2$$

$$S_{qq} = N \sum Q_i^2 - \left(\sum Q_i \right)^2$$

$$S_{xq} = N \sum Q_i x_i - \left(\sum Q_i \right) \left(\sum x_i \right)$$

1.3.1.3.4.3 Método de Levediev.

Este método es una suposición en donde se asume que los caudales son variables aleatorias Pearson tipo III:

$$Q_{max} = Q_m (K C_v - 1)$$

Ecuación 21: Caudal máximo obtenido por el método de Levediev.

$$Q_d = Q_{max} + \Delta Q \qquad \Delta Q = \pm \frac{AE_r Q_{max}}{\sqrt{N}}$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1 \right)^3}{N C_v^3} \qquad C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1 \right)^2}{N}} \qquad Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N}$$

A = coeficiente que varía entre 0.7 a 1.5 según la cantidad de años en el registro

C_s = Coeficiente de asimetría, este valor se obtiene si:

- $C_s = 2C_v$ para avenidas que son producidas por deshielo.
- $C_s = 3C_v$ para avenidas que son producidas por tormentas
- $C_s = 5C_v$ para avenidas que son producidas por tormentas en cuencas ciclónicas.

C_v = Coeficiente de variación

E_r = Coeficiente que depende de la probabilidad $P=1/T$ y los valores de C_v

K = Coeficiente dependiente expresado en % en cuanto se repite el coeficiente de asimetría y caudal de diseño, según la probabilidad $P=1/T$

Q_i = registro histórico de los caudales máximos m^3/s

Q_m = caudal promedio m^3/s

N = cantidad de años registrados

ΔQ = intervalo de confianza m^3/s

Q_d = caudal diseño m^3/s

1.3.2 Geológico

1.3.2.1 Geomorfología

Es la rama de la geografía y geología que se encarga de estudiar las formas de la superficie terrestre y los procesos que le han dado origen, en la cuenca donde transcurre el río la leche se encuentra conformada por las siguientes unidades geomorfológicas:

1.3.2.1.1 Geoformas de origen Denudacional:

Loma Intrusiva: es el afloramiento de rocas intrusivas de formas Sub redondeadas, con desniveles de hasta 300 metros formados por erosión y pendientes suaves, por su alto grado de fracturamiento, son susceptibles a derrumbes y desprendimiento de rocas, como se aprecia en el sector Callanca ubicado al margen izquierdo del río Reque.

Loma metamórfica: son formados con afloramientos metamórficos de hasta 300 metros de altura, con relieve suave y pendiente media, susceptible al desprendimiento de rocas, con vegetación estacional y sembríos de árboles, tal como se aprecia en ambos márgenes de la carretera que une los distritos de Olmos y Motupe.



Figura 8: Loma metamórfica ubicada en la quebrada Agua Blanca-Olmos.
Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

Loma Sedimentaria: está formado por cerros aislados con altitudes que varían desde los 100 hasta los 300 metros modelados sobre material sedimentario (Lutitas, calizas y limoarcillitas), generando líneas cumbres redondeadas muy suaves, teniendo una dirección NO-SE; este tipo de unidad se aprecia en los distritos de Olmos y Motupe, con pendientes

menores (Suaves y moderadas), es poco probable que se produzcan deslizamientos, teniendo como mayor predominancia los flujos de detritos y lodo.

Montaña intrusiva: son formaciones de laderas y crestas de topografía abrupta modeladas en rocas intrusivas del batolito de la costa, ubicándose en el trayecto de quebradas y ríos, formando valles con flancos profundos de gran inclinación y crestas que van desde 900 hasta los 3600 m.s.n.m. Los procesos asociados en estos flujos son los deslizamientos, erosiones en laderas, derrumbes en sectores de roca intensamente fracturada y desprendimientos.

Montaña metamórfica: son formaciones de afloramientos de rocas metamórficas de topografía agreste, con laderas sin vegetación y pendientes fuertes; se aprecian en el sector Olmos-La Pilca (carretera Olmos -Jaén) y el sector de Colaya en el distrito de Motupe.

Montaña sedimentaria: son afloramiento de rocas sedimentarias con laderas de pendientes fuertes, en donde se incluye farallones y barrancos; aquí se aprecia la erosión de laderas originado por la meteorización química y mecánica a la que se encuentran sometidas las rocas componentes; se observan en los distritos de Cañaris, Oyotún e Incahuasi.

Montaña sedimentaria altamente disectada: esta unidad se encuentra caracterizada por montañas sedimentarias modeladas sobre cuarcitas, areniscas y calizas de formaciones Chulec y Pariatambo; presentando laderas muy fragmentadas que las hacen susceptibles al desprendimiento de rocas, como se observa en los distritos de Oyotún y Chongoyape.



Figura 9: Ladera de montaña sedimentaria altamente disectada cortada por la carretera Oyotún-Las Delicias.

Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

Montaña Volcánica: su origen data de la actividad volcánica ocurrida durante el Terciario y Eoceno, que dio lugar a afloramientos con laderas con pendientes media a fuerte y desniveles que varían entre los 200 hasta 1000 m.s.n.m. La orientación que presenta es NO-SE y se distribuye al sector occidental de la región; se observa en los distritos de Incahuasi-Cañaris (Laquipampa) y en la parte alta de la cuenca del río Motupe en el sector Botijilla (Distrito de Salas), siendo susceptible a deslizamientos y flujos de detritos.

Montaña volcánica altamente disectada: Son montañas modeladas en lavas andelsíticas con laderas muy diaclasadas y fallamiento local, siendo susceptible a desprendimientos y a los flujos de detritos; se observan en el sector occidental de la Región Lambayeque.

Piedemonte de erosión: son las superficies rocosas de pendiente bajas formados por la erosión que se acumula al pie de estas, se presentan a lo largo de la vertiente montañosa de la región, sobre todo en rocas intrusivas. Su origen se asocia al transporte hídricos de las precipitaciones y la erosión que realiza; en estas geoformas es común observar generación de derrumbes, cárcavas, deslizamientos y hasta flujos.

1.3.2.1.2 Geoformas de origen fluvio aluvial:

Conos y abanicos proluviales: constituidos por conos o abanicos acumulados en la desembocadura de quebradas y ríos, están compuestos por arcillas con mezcla de fragmentos heterométrico y heterogéneo de rocas de distinta composición y arenas; se pueden observar en el río Motupe entre los sectores Pampa de Lino-Mórrope.



Figura10: Depósito proluvio-aluvial del río Motúpe-sector Pampa de Lino en Mórrope.
Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

Fondo de valle y terraza: han sido formados por cursos fluviales que han acumulado y modelado materiales finos que emplastan materiales como gravas, bloques y bolones en los fondos planos, o también se pueden acumular en forma de terrazas como se aprecia en el río Saña entre los sectores de Pítipo – Ferreñafe; siendo utilizadas para sembríos, esto se debe a que se ubican en forma adyacente a los principales ríos y afluentes, siendo susceptibles a inundación y erosión fluvial.

Planicie fluvio-aluvial: son superficies amplias y planas ubicadas en las zonas bajas de las cuencas de los diferentes ríos, siendo conformadas por material no consolidado movable (arcillas, arenas y conglomerados) ubicados en lechos de los ríos; es debido a su pendiente y a la acción fluvial que son susceptibles a procesos de inundación estacional o excepcional; parte de esta subunidad se aprecia en el valle productor del río Reque.



Figura 11: Planicie fluvio aluvial ubicada en la parte baja del río Reque.
Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

Piedemonte proluvial: este tipo de geoforma corresponde a laderas de pendiente media que van desde los 20° hasta 40°, siendo formados por detritos no consolidados y originados por el arrastre, desprendimiento o caída por gravedad, y cubiertas en determinados lugares por vegetación en la falda de la cordillera y cumbres de las partes altas de las cuencas del río Olmos, La Leche, Motupe y Saña esta subunidad se aprecia en las montañas del Sector Algarrobito del distrito de Pítipo.

1.3.2.1.3 Geformas de origen eólico:

Campo de dunas: se denominan de acuerdo a su forma como barjanes, dunas y mantos, en el caso de las dunas, por su actividad, pueden clasificarse en fijas (Se han detenido por la presencia de vegetación) y móviles (Se desplazan de acuerdo a la dirección y temporada de los vientos fuertes). Se encuentran a lo largo de la costa que va desde playa Mórrope hasta la Punta (Lagunas), tal como se observa en el caserío Dos Palos, en la trocha carrozable Mórrope.

Explanada eólica: han sido formadas por la acumulación de arenas que bordean la planicie fluvio-aluvial, siendo parte de las pampas de los desiertos costeros, con montículos de arenas móviles y fijas; siendo considerados como terrenos eriazos, y por su composición son susceptible a procesos de licuación de suelos y arenamiento.

1.3.2.1.4 Geformas de origen marino:

Los rasgos geomorfológicos son las playas y pampas, que es continuado hasta el sur del río Reque, con una línea casi continua de acantilados, siendo cortadas por valles angostos de los principales ríos, siendo el límite los bancos de grava depositados al alcance de las olas.

Borde litoral: son franjas paralelas a la línea de la costa, y se extienden de noroeste a sureste, está configurado por puntas, bahías y playas cubiertas por la acumulación de arenas originadas por las corrientes literales, y cuya ancho varía entre 1 a 2 km tierra adentro, lo que propicia a que sean susceptibles a tsunamis.



Figura12: Playa La Punta Canalocha ubicada en el distrito de Lagunas.
Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

Los acantilados que forman parte del paisaje del borde litoral, están constituidos por material conglomerádico pertenecientes a conos de deyección antiguos, siendo susceptible de derrumbes debido a la erosión ocasionada por las olas.

1.3.2.1.5 Geformas de origen poligénico:

Loma poligénica: la pendiente del afloramiento de rocas que lo forman es suave y con desniveles de hasta 300 metros, siendo su Genesis mixta y formado por procesos continuos; este tipo de paisajes se encuentran en los distritos de Pítipo, Olmos y Chongoyape, observándose afloramientos volcánicos – sedimentarios susceptibles a los procesos erosión de laderas.

Montaña volcano-sedimentario: son afloramientos de rocas de origen volcánico-sedimentarias, que presentan intensas fracturas y fallas, caracterizando por una morfología abrupta. Forman parte de la cadena de montañas en la cordillera occidental al sureste del departamento de Lambayeque, exactamente entre los distritos de Chongoyape, Pítipo-Incahuasi y Oyotún.



Figura13: Cerro Sonolipe ubicada en Oyotún es descrito como una montaña volcano sedimentario.

Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

1.3.2.2 Litología

Permite caracterizar los rasgos geomorfológicos de los diferentes tipos de rocas, relieve volcánicas, relieves graníticos, relieves clásticos, entre otras; clasificando a los materiales de acuerdo a su génesis o formación, diferenciando por dos grupos conformado por diversos materiales como son roca y suelo, en la cuenca donde transcurre el río La Leche se tiene las siguientes unidades litológicas:

1.3.2.2.1 Unidad I. Depósitos Inconsolidados.

Se agrupan depósitos poco o nula coherencia y composición litológica heterogénea con clastos heterométricos, con expansión y espesor variable; estos depósitos forman parte de los conos de deyección y cauces de ríos y afluentes, y son susceptibles de erosión fluvial. En este grupo también se encuentran los depósitos antiguos (eólicos y lagunares), son estables y se activan en tiempos de viento fuerte y precipitaciones, produciendo flujos de lodo, arenamientos y anegamientos.

1.3.2.2.1.1 Sub Unidad I-1

-Depósitos eólicos: consisten en formaciones inconsolidadas de grano fino a medio, cubriendo parcialmente afloramientos más antiguos y llanuras aluviales, como se observa en la quebrada El Virrey ubicada en el distrito de Olmos.



Figura 14 : Depósitos semiconsolidados de arena y limos de grano medio a fino atrapados en la vegetación, quebrada EL Virrey-Olmos.

Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

1.3.2.2.1.2 Sub Unidad I-2

-Depósito lagunares: está compuesto por antiguas llanuras inundables, que actualmente se encuentran en proceso de colmatación con arenas eólicas, lo que origina en las partes más profundas estén constituidas por lodo o arcillas bituminosas gris – negras, y en la superficie sea constituida por arenas salobres húmedas o costras de arena con Caliche originada por las aguas salada del mar, donde se suelen realizar trabajos de extracción de materiales evaporíticos tales como sal y yeso, encontrando estos materiales

en los sectores Caldereta al suroeste de San José, y en el sector La Niña al noroeste de Mórrope, teniendo una extensión aproximadamente de 16 km.



Figura 15: Depósito lagunar rodeado por depósitos eólicos ubicados en el sector La Niña-playa de Mórrope.

Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

1.3.2.2.1.3 Sub Unidad I-3

-Depósito fluviales: conformado por mezcla de gravas, bloques sub-redondeados de diferente granulometría y cantos, comprendidos en una matriz de arenolimososa u arenoarcillosa poco compactada. Su permeabilidad está entre valores que oscilan entre medios y altos, su uso como suelo para cimentación es moderado; y su distribución está ubicadas a lo largo del cauce de ríos, tal como se observa en el mapa geológico de la cuenca del río La Leche dónde la parte baja del río se encuentra dentro de un depósito fluvial; asimismo están relacionados a los cambios de cursos de los cauces.



Figura16: Depósito fluvial ubicado en el río Saña.

Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

1.3.2.2.1.4 Sub Unidad I-4

-Depósito marinos: están formado por terrazas marinas con espesores que van desde los 10 hasta los 40 metros de altura; su composición es por niveles, en la parte superior por gravas y cantos rodados, gradando a niveles finos de limos y en la parte inferior depósitos de arenas, con niveles de yeso que surcan como venas al depósito. Se pueden observar en Punta Canalоче en Puerto Eten y La Ensenada de Cherrepe.



Figura 17: Acantilados o barrancos compuesto por niveles de yeso y algas, Playa Punta Canalоче – distrito de Lagunas.
Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

1.3.2.2.1.5 Sub Unidad I-5

-Depósito aluviales y proluviales: Formado por abanicos y conos a lo largo de los valles que conforman los ríos Cascajal, Motupe, Lambayeque y Saña, y la parte media y baja de los cauces de los ríos mencionados. Corresponde a conglomerados inconsolidados en una matriz areno-limosa o arcillas lenticulares, con muestras que evidencian como mínimo cuatro crisis climáticas, con épocas de sequías seguido por intensas precipitaciones.

1.3.2.2.1.6 Sub Unidad I-6

-Depósitos fluvioglaciares: estos depósitos están constituido una mezcla de bloques, gravas y cantos subangulosos a angulosos, englobados en matriz arcillo arenosa o limo

arenosa; siendo transportado por las aguas de fusión de antiguos glaciares hacia las vertientes de la zona andina. Como suelo de cimentación es regular, su permeabilidad es moderada y tiene espesores menores a 5 metros y se encuentran en alturas superiores a los 3800 m.s.n.m., como se aprecia en el distrito de Incahuasi

1.3.2.2.2 Unidad II. Rocas intrusivas.

Estos conjuntos de rocas pertenecen al batolito de la costa y se encuentra a lo largo de la cordillera occidental en forma de afloramientos alineados.

1.3.2.2.2.1 Sub Unidad II-1

-Adamelita, cuarzo, monzogranito, granodiorita: Son asociadas por su alto grado de fracturamiento, son asociadas al desprendimiento de rocas, se encuentran dentro del complejo de rocas ácidas emplazadas en estratos cretácicos; como se observan en los desprendimientos de rocas y flujos de detritos en el sector San Nicolas – Saltur – Cayaltí.



Figura18: Adamelitas intemperizadas y fuertemente fracturadas ubicadas en el sector San Nicolas-Saltur-Chiclayo.

Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

1.3.2.2.3 Unidad III. Rocas volcánicas.

Forman parte de las rocas que afloran en las partes altas de los distritos de Cañaris, Oyotún e Incahuasi, con cumbres semiredondeadas propias de flujos y derrames lávicos.

1.3.2.2.3.1 Sub Unidad III-1

Rocas volcánicas andesíticas. Son rocas procedentes de la formación Llama, y con naturaleza andesítica, se las puede apreciar en la parte alta y media de la cuenca del río Saña, entre el sector de Espinal y Oyotún.

1.3.2.2.3.2 Sub Unidad III-2

Rocas volcánicas dacíticas. Son rocas procedentes de la formación Huambos y Porculla, aflorando en mayor representación en la parte alta de la cuenca del río La Leche, entre los sectores de los distritos de Incahuasi y Tallapampa, también se aprecia entre los taludes del camino que une la carretera de Ferreñafe e Incahuasi.

1.3.2.2.4 Unidad IV. Rocas Volcánico-Sedimentarias.

Son rocas formadas por derrames y brechas de composición andesítica, estratificada con intercalaciones de arenisca, cuarcita, lutita, caliza y margas. Su morfología asociada a este tipo de afloramiento de rocas son valles encañonados y laderas muy escarpadas; como se observa en la formación Oyotún, que aflora a lo largo del valle del río La Leche, entre los sectores de Mayascón y Algarrobito-Pítipo-Ferreñafe.



Figura19: Tobas con niveles de cuarcitas muy fracturadas en laderas con fuertes pendiente.
Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

1.3.2.2.5 Unidad V. Rocas sedimentarias.

Comprende a calizas, lutitas, margas, areniscas con niveles de lutitas.

1.3.2.2.5.1 Sub Unidad V-1

Calizas, lutitas y niveles de margas constituidas por calizas nodulares y/o bituminosas de bancos delgados con niveles de lutita y esporádicamente margas que comprenden las formaciones Chulec y Pariatambo, se les asocia a procesos de flujos de detritos y erosión en laderas, como se observa en los distritos de Mochumí e Incahuasi.

1.3.2.2.5.2 Sub Unidad V-2

Areniscas con niveles de lutitas. Comprende la formación Tinajones y el grupo Goyllarisquizga; son areniscas feldespáticas de color rojizo con intercalaciones esporádicas de lutitas y cuarcitas, su afloración se ubica al noroeste del distrito de Chongoyape, en ambos márgenes de la quebrada Montería y en pequeños segmentos de los cerros Caña Brava, Chaparrí, y Peña Rajada.



Figura 20: Calizas bituminosas con niveles de lutitas en delgados bancos de Calizas, lutitas y niveles de margas-Incahuasi.

Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 serie C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

1.3.2.2.6 Unidad VI. Rocas metamórficas.

Comprende las rocas del tipo filitas, pizarras, esquistos micáceos y gneis granodiorítico, su morfología se asocia a lomas de mediana pendiente cubiertas por abundante escombros y suelo residual, tal como se observa en el cuadrángulo de los distritos de Jayanca y Olmos.



Figura 21: Esquistos y filita muy intemperizados y fracturados ubicados en el complejo Olmos -tramo carretera Olmos Jaén.

Fuente: Foto obtenida del Boletín N° 43 - C "Riesgo geológico en la región Lambayeque".

1.3.2.3 Estratigrafía

Permite determinar la composición de los estratos del área de estudio, y así tener conocimiento sobre la composición del suelo y saber cuál fue el proceso de formación que dio origen; en la cuenca donde recorre el río La Leche se tiene la siguiente estratigrafía:

1.3.2.3.1 Formación Salas:

En su formación predominan las tobáceas negruzcas o marrones y filitas pelíticas, de forma laminar o en delgadas capas, que afloran en la parte baja de los cerros y disectados, siendo una combinación entre material pelítico y afloramientos de rocas con origen volcánico. En determinados afloramientos existe presencia de conglomerados sin forma definida, y consisten en fragmentos de esquistos, cuarzo lechoso y roca plutónica; la mayoría de los fragmentos que están en promedio de 3-4 cm de diámetro y su forma es ovalada, excepto los guijarros de 10 cm de diámetro aproximadamente de rocas plutónica maciza.

La presencia de vetas de cuarzo es habitual en esta formación, siendo el cuarzo de aspecto lechoso y grano grueso es el más común, presentándose en vetas irregulares, alcanzando en determinados casos, anchos de 1 metro y largos que pueden llegar a los 100 metros; asimismo, el grosor de la formación Salas es variado y con una estructura compleja, pudiendo variar entre centenas hasta llegar a los 1000 metros.

Estructuralmente, se caracteriza por una foliación paralela a la estratificación, siendo afectado de forma posterior por pliegue y clivaje con fracturas en direcciones variadas, teniendo como rumbos NO-SE, NE-SO y ESE.

Al describir la relación estratigráfica de las formaciones: el techo presenta una discordancia angular donde se separan las capas de color rojo pertenecientes al grupo Mitu, teniendo como demostración angular los lados del trayecto del río La Leche, en el sector del pueblo Traposa. También existen afloramientos, en donde las filitas están recubiertas con discordancias y formaciones jóvenes, teniendo las formaciones Oyotún y La Leche (Jurásico inferior - Triásico superior), el volcánico Porculla (Terciario inferior) y el grupo Goyllarisquizga (Cretáceo Inferior).

Edad y correlación: se representa en la parte del Paleozoico inferior, y con correlaciones provisionales de unidades litológicas similares con el Paleozoico inferior ubicadas en otras partes del país.

1.3.2.3.2 Grupo Mitu

Las rocas asignadas a este grupo afloran en una franja que inicia en el cerro La Traposa ubicada en el trayecto del río La Leche, y culmina en el flanco sur del cerro Peche, su ubicación es dirección NE a 5 km del pueblo de Salas.

En el río La Leche, el grupo Mitu consiste en una capa delgada que están entre los 100 a los 200 metros, de color rojo violáceo oscuro, compuesto por lodolitas rojas, areniscas y conglomerados de granulometría fina con fragmentos de granito color rojo en la base, y tobas brechosas soldadas con gran cantidad de material calcáreo, que se intercalan en la parte superior con derrames delgados de origen volcánicos. Estas rocas yacen sobre el complejo Marañón y sobre el granito de Balsas en los afloramientos ubicados en el río Catange; y en el contacto superior son discrepantes con calizas pertenecientes al Grupo Pucará.

Edad y Correlación: al no existir fósiles que posibilite datar la edad del grupo Mitu, sólo se tiene la correlación estratigráfica asumiendo que corresponde al Permiano superior, asignado para este y otros afloramientos de los andes.

Ambiente de sedimentación: El escaso transporte de clastos y el grado de angularidad, indica un ambiente con características deposicional y del tipo continental con posible presencia de oxidantes, y que fue acompañado de actividades volcánicas con baja intensidad; su ubicación sugiere cuencas aisladas por relieves fuertes, dónde al parecer indica que se han producido factores tectónicos fuertes.

1.3.2.3.3 Triásico-Jurásico Inferior

Rocas conformadas por calizas y volcánicas afloran ampliamente entre los sectores septentrional y occidental de la región, ubicados entre los cuadrángulos de Chiclayo, Jayanca, Chepén, Incahuasi, Cutervo, y el valle Zaña (C. de Chongoyape) perteneciendo a la secuencia de rocas calizas y volcánicas del valle La Leche.

En esta secuencia se ha creído por conveniente dividir en dos unidades litológicas designadas Formación La Leche (Compuesto por calizas intercaladas con tobas) y Formación Volcánico Oyotún (Compuesto por tobas, brechas y derrames de caliza con intercalaciones muy escasas).

Relaciones estratigráficas: esta secuencia Triásico - Jurásico sólo se ha observado en el cuadrángulo Jayanca, consistiendo en una disconformidad cortada angular pertenecientes al grupo Mitu.

1.3.2.3.4 Formación La Leche

Este tipo de estratigrafía se ubica en los cuadrángulos de Incahuasi y Jayanca en la parte inferior del río La Leche, teniendo aproximadamente un grosor que está entre los 400 hasta los 1000 metros, y se encuentra compuesto por roca caliza grisáceas algo silicificadas y bien estratificadas intercalados con capas de tobas, derrames y lutitas.

Las lutitas y tobas en general son de color violáceas y rosado, mientras que el color de los derrames (los cuales incluyen dacitas y andesitas) es más oscuros, mientras que el material volcánico puede aparecer con delgadas intercalaciones, o paquetes gruesos con dimensiones que llegan hasta los 100 metros.

Los restos fósiles encontrados indican que pertenecen al triásico superior, probablemente al Liásico Superior y Noriano; en la edad del techo de la formación se tienen indicativos que pueden pertenecer al Liásico Inferior, siendo posible que las calizas encontradas hallan llegado a los pisos más jóvenes del Liásico.

1.3.2.3.5 Volcánico Oytún

Se encuentra ubicado cerca al valle Zaña (C. de Chongoyape), que consiste en afloramiento macizos de forma irregular y sin evidencias de estratificación, mostrando en su mayoría colores oscuros a consecuencia del intemperismo, menos en las áreas mineralizadas, predominando los colores rosado, anaranjado y amarillo.

Su litología consiste en bancos gruesos o medianos de derramas de composición dacítica, andesítica y piroclásticos; siendo la brecha andesítica maciza la roca más común, con colores negro y azulino, lo cual se aprecia en el cuadrángulo de Incahuasi. Otra roca predominante es la dacita porfirítica, presentándose como piroclástico o como flujo, mostrando cuarzo en una pasta color gris verdosa y fencristales de plagioclasas, tal como se muestran al sur de Batan Grande, y en el valle Chancay - Zaña.

El volcánico Oytún contiene probablemente sills y diques que resultan difícil de distinguir, siendo los sills dacíticos comunes en los afloramientos del río La Leche, su litología es muy similar a las rocas extrusivas, siendo probablemente parte del mismo complejo ígneo. También contiene intercalaciones de origen sedimentario que de forma general son areniscas feldespática, tobas y grauvacas, muy escaza en determinadas áreas, pero respectivamente comunes entre Tocmoche y Chongoyape (C. de Incahuasi). Asimismo, se ha observado, aunque raramente capas de caliza laminada y algo silicificada.

Relaciones estratigráficas entre el Volcánico Oytún y formación La Leche:

Dentro del Jurásico inferior - Triásico no se conocen a detalle, en determinadas áreas occidentales solo se ha encontrado la Formación La Leche; lo que supone que la ausencia del Volcánico Oyotún podría deberse a erosiones posteriores, o por la no deposición de las facies volcánicas. Pero no en toda la región es así, en la carretera Chiclayo – Chongoyape, se observa la intercalación Volcánico Oyotún suprayaciendo a lo que es la Formación “La Leche”.

En el sector oriental y central de la región estudiada, el Triásico – Jurásico está en su mayoría representado por el Volcánico Oyotún, desconociendo la presencia de la Formación La Leche en estas áreas, pero existe la probabilidad que las calizas de esta formación se encuentren más al este, pudiendo también confundirse con el grupo Pucará, ya que presenta similitud a la Formación “La Leche”.

Edad y correlación: Los fósiles encontrados en el área de la Formación “La Leche” muestran que pertenecen al Liásico y al Noriano inferior; al parecer el tope del Volcánico Oyotún podría alcanzar niveles superiores al Liásico, pero no se han hallado fósiles para validar esta teoría.

1.3.3 Geotécnico

1.3.3.1 Análisis Granulométrico

Es el estudio de la forma y distribución de los tamaños de partículas contenidas en una porción de tierra; lo cual permite tener una aproximación de las posibles propiedades mecánicas de un determinado suelo. El análisis granulométrico consiste en separar las partículas al hacerlas pasar por una serie de mayas o tamices con determinados diámetros de abertura, permitiendo de esta manera separar las partículas por tamaño, según Botia (2015, p.) indica “en la clasificación y análisis de suelos para ejecutar infraestructuras viales, túneles, estabilidad de taludes, diques y aeropistas; es muy importante los estudios de análisis granulométrico”.

Cuando se tratan de suelos finos en estado inalterado, las propiedades hidráulicas y mecánicas están definidas por su estructuración e historia geológica, aunque el análisis granulométrico nos da indicios de sus propiedades mecánicas, graficándose en porcentajes las ordenadas y el tamaño de la muestra en las abscisas, representado en escala semilogarotmico (eje de las abscisas en escala logarítmica). La forma de la curva nos puede indicar su composición y variación granulométrica; como una medida de uniformidad, Allen Hazen propuso la siguiente fórmula:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Ecuación 22: Coeficiente de no uniformidad.

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Ecuación 23: Coeficiente de graduación o curvatura del material.

Variable

D_{60} = comprende el 60% del peso del suelo sea igual o menor

D_{30} = se define entre un valor que va entre 1 a 3 en suelos bien graduados, con un gran margen en tamaño de partícula y cantidades apreciables de cada tamaño.

D_{10} = conocido también como diámetro efectivo, y se define como el tamaño que sea igual o mayor al 10% al peso del suelo.

C_u = coeficiente de no uniformidad, ya que su valor decrece cuando la uniformidad aumenta.

C_c = coeficiente que define la graduación o curvatura del material.

1.3.3.2 Límite de Atterberg

Sirve para determinar el índice de plasticidad, límite plástico y límite líquido de los suelos, según Campos & Vásquez (1992, p.9) lo define como “Un ensayo utilizado para determinar el porcentaje de grano fino de suelos y los materiales”, asimismo existen los siguientes límites.

Límite líquido (LL): se define como el porcentaje de agua en una porción de suelo, consistiendo el ensayo en colocar en una copa estándar una porción de suelo cortado por un surco de dimensiones estándar, fluyendo en la base del surco a una distancia de 1.3 cm (1/2”) al someterse a 25 golpe a la copa, debiendo tener una distancia de 1 cm, operando a razón de 2 golpes por cada segundo.

Límite plástico (LP): es el porcentaje de agua contenido en un suelo entre los límites del estado quebradizo (Deleznables) y plástico, siendo definido como el contenido de agua en el suelo al no poder deformarse en rollos 0.32 cm (1/8”) en diámetro que las hebras ya no se pueden desmenuzar.

Límite de plasticidad (IP): es el rango de humedad en la cual es suelo mantiene sus propiedades plásticas; se calcula con la diferencia del límite líquido y límite plástico.

1.3.3.3 Método para la clasificación de suelos

1.3.3.3.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Este sistema fue propuesto por Casagrande en el año 1942, y consiste en clasificar el suelo de acuerdo al porcentaje de material que pasa por el tamiz N° 04 hasta el tamiz N° 200, teniendo como criterios los valores obtenidos en los límites de Atterberg (índice plástico y límite líquido) y la ubicación en el que ambos valores se encuentran dentro de la carta de Plasticidad de A. Casagrande, asimismo se consideran los coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura para la presente clasificación.

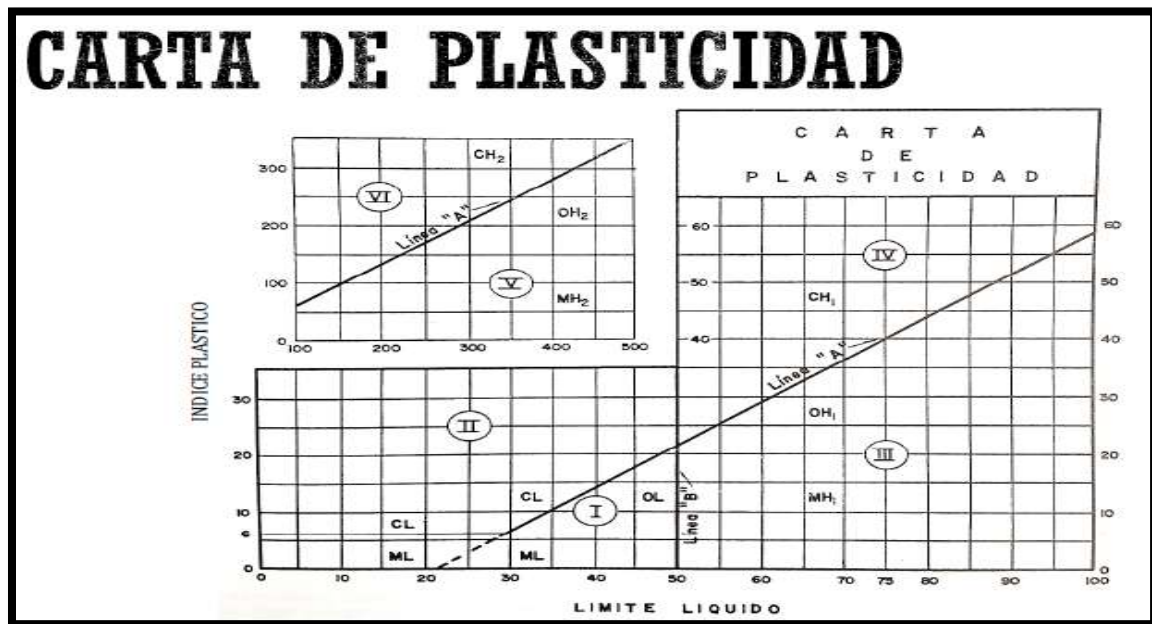


Figura 22: Carta de plasticidad de Casagrande para clasificación SUCS.
Fuente: Imagen obtenida de Das (Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica).

1.3.3.3.2 Sistema de clasificación AASHTO

Este sistema fue desarrollado en el año 1929 por la Public Road Administration System y revisada en el año 1975, la cual es utilizada en la actualidad, y consiste en clasificar el suelo de acuerdo al porcentaje de material que pasa el tamiz 75 mm y es retenido en el tamiz N° 10 (Grava), porcentaje de material que pasa el tamiz N° 10 y es retenido en el tamiz N° 200 (Arena) y porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200 (Limo y arcilla). El término limoso se aplica cuando el porcentaje de suelo fino tiene un índice de plasticidad que va de 11 a más; también se considera el material que es retenido en el Tamiz 75 mm, excluyéndose este material de la muestra para posterior ser registrado.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasan el tamiz N°200)						
	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis del tamizado (porcentaje que pasa) N° 10 N° 40 N° 200	50 max. 30 max. 15 max.	50 max. 25 max.	51 min. 10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
características de la fracción que pasa el tamiz N°40 Limite liquido Índice de plasticidad	6 max.	6 max.	NP	40 max. 10 max.	41 max. 10 min.	40 max. 11 min.	41 min. 11 min.
Tipos usuales de los materiales constituyentes	Fragmento de roca, Grava y arena		Arena fina	Grava con limo o arcilla y arena			
Evaluación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Figura 23: Clasificación AASTHO para suelos granulares.

Fuente: Imagen obtenida de Das (Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica).

Clasificación general	Materiales limo – Arcilla (más del 35% del total de la muestra pasa el tamiz N°200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 ^a A-7-6 ^b
Clasificación de grupo				
Análisis de tamiz (porcentaje que pasa) N° 10 N° 40 N° 200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fracción que pasa el tamiz N°200 Limite liquido Índice de plasticidad	40 max. 10 max.	41 min. 10 max.	40 max. 11 min.	41 min. 11 min.
Tipos usuales de los materiales constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
^a Para A-7-5, IP ≤ LL-30 ^b Para A-7-6, IP > LL-30				

Figura 24: Clasificación AASTHO para suelos limo-arcillosos.

Fuente: Imagen obtenida de Das (Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica).

1.3.3.4 Ensayo de Permeabilidad de suelos granulares

La permeabilidad de un suelo es un factor importante porque nos brinda información del comportamiento de las estructuras ingenieriles en caso existan flujos de agua subterránea; este ensayo permite determinar la distancia que toma en recorrer un cuerpo de agua en una muestra de suelo inalterada durante 1 segundo, y varía según las características y composición del suelo como son: Densidad del suelo, distribución del tamaño de las partículas, viscosidad del suelo según los cambios de temperatura, forma y orientación de las partículas, grado de saturación y presencia de aire.

$$K(T_x) = \frac{QxL}{Axhxt}$$

Ecuación 24: Coeficiente de permeabilidad tomado a temperatura de ensayo.

$$K(T_{20}) = K(T_x) \frac{T_x}{T_{20}}$$

Ecuación 25: Coeficiente de permeabilidad a 20 °C.

Variables

K_t = coeficiente de permeabilidad tomado a temperatura de ensayo

K_{20} = coeficiente de permeabilidad a 20 °C.

T_x = temperatura obtenida del agua del ensayo.

T_{20} = temperatura obtenida del agua del ensayo a 20 °C.

Q = volumen del agua drenada al tiempo del ensayo.

L = altura de la muestra del ensayo.

A = área de la muestra del ensayo.

h = altura de la cabeza variable del ensayo.

t = tiempo que toma el volumen de agua en pasar por la muestra ensayada

1.3.3.5 Ensayo de Corte directo

Este ensayo permite calcular la resistencia al esfuerzo cortante que tiene una muestra de suelo en una determinada superficie de falla, y nos permite predecir la capacidad que tiene el suelo para soportar cargas antes de que llegue a su resistencia más alta y falle, los parámetros de resistencia que intervienen son el ángulo de fricción interna y el intercepto cohesivo, y su representación es realizada por intermedio de una curva de envolventes de fallas obtenidas de las combinaciones de esfuerzos normales y esfuerzos cortantes, representándose por la ecuación:

$$\tau = c + \sigma_n * \tan\phi$$

Ecuación 26: Máxima resistencia al corte de la muestra.

c = cohesión.

ϕ = ángulo de fricción.

Los ensayo de resistencia no consolidado-no drenado se usa para cuando el suelo no drena libremente o el esfuerzo aplicado es rápido (la presión de poros no se disipa durante la carga, ocasionando que el suelo falle antes de consolidarse), ensayo consolidado-no drenado es usado cuando el suelo se encuentra saturado o el esfuerzo aplicado es lento (la presión de poros no se disipa durante la carga, y el suelo falla en condiciones saturadas) y luego está el ensayo consolidado- drenado que se usa para cuando el suelo ha drenado de manera lenta libremente y

el esfuerzo aplicado es lento (la presión de poros se ha disipado durante la aplicación de la carga, y el suelo ha terminado de consolidarse y posterior se ha originado la falla).

El área de estudio está compuesta por un suelo no cohesivo, y según el proceso constructivo por capas que se aplicará en el dique homogéneo de tierra con protección de enrocado, se ha realizado el ensayo de corte directo en condiciones consolidado – drenado; en el caso de suelos cohesivos, los parámetros se encuentran influenciados por el método de ensayo y su grado de saturación o que el material que conforma el suelo se encuentre consolidado o sobre consolidado.

1.3.4 Hidráulico

Se calculará los parámetros hidráulicos del río La Leche, como son ancho estable, tirante hidráulico, socavación y posterior se realizará el predimensionamiento del dique, teniendo presentes parámetros como la socavación, ya que esta origina que las paredes de las márgenes de los ríos se vayan erosionando, según Pérez, Rodríguez, & Molina (2014, p.232) lo indica “este fenómeno sucede cuando se modifican las condiciones hidráulicas de un conducto o una sección de un tramo”, para lo cual se simulara en el software Hecras el tramo del río diseñado

Para las fórmulas se ha recopilado del Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje; así como del Manual de diseño de defensa ribereña.

1.3.4.1 Ancho estable

Es cuando la sección hidráulica de un río se encuentra en equilibrio, no presentando erosión ni sedimentación a corto, mediano ni largo plazo.

Para determinar el ancho estable se usará las siguientes fórmulas:

1.3.4.1.1 Método de Petits

Esta función está dada de acuerdo al caudal de diseño

$$B = 4.44(Q)^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 27: Método de Petits para calcular el ancho estable.

Variables

Q= caudal m³/s

1.3.4.1.2 Método de Blench y Altunin:

Se basa en la teoría del régimen estable dependiente del factor de fondo (Fb), caudal de diseño y factor de orilla (Fs)

$$B = 1.8(Q \frac{Fb}{Fs})^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 28: Método de Blench y Altunin para calcular el ancho estable.

Variables

Fs= F.de orilla

Fb = F. de fondo

Q = Caudal en m³/s

Tabla 5

Factor de fondo

Característica del fondo del río	Fórmula
Canal con fondo arenoso y poco arrastre de sedimentos	$Fb = 1.9(D)^{\frac{1}{2}}$
Canal con fondo arenoso y arrastre de sedimentos	$B = (D_{50})^{\frac{1}{3}}$

Fuente: Elaborado por Alfaro, T (2010, p.16)

Tabla 6

Factor de orilla

Característica de la orilla del río	Valor que toma Fs
Orilla Compuesta de arena y barro	0.1
Orilla Compuesta de arcilla fangosa y barro	0.2
Orilla Compuesta de material muy cohesivo	0.3

Fuente: Elaborado por Alfaro, T (2010, p.16)

1.3.4.1.3 Método de Simon Henderson

Se basa en el régimen estable, caudal de diseño y condiciones del fondo del río:

$$B = K_1(Q)^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 29: Método de Simon Henderson para calcular el ancho estable.

Variables

K₁= F. de orilla y fondo

Q= Caudal en m³/s

Tabla 7*Factor de fondo y orilla*

Características de fondo y orilla de río	Valor de K_1
La orilla y fondo se compone de arena	5.70
La orilla de material cohesivo y fondo de arena	4.20
La orilla y fondo se compone de material cohesivo	3.60
La orilla y fondo se compone de grava	2.90
La orilla de material no cohesivo y fondo de arena	2.80

Fuente: Elaborado por Alfaro, T (2010, p.15)

1.3.4.1.4 Método de Manning

$$B = \frac{Q^{1/2}}{S^{1/5}} (nK^{5/3})^{\frac{3}{3+5m}}$$

Ecuación 30: Método de Manning para calcular el ancho estable

Variables

Q = caudal m^3/s

S = Pendiente

B = Ancho superficie libre de agua (m)

K = Coeficiente que está en función de la resistencia de las orillas

Tabla 8*Coeficiente del tipo de Material*

Tipo de Material en la orilla	Valor de K
Material muy resistente	3 a 4
Material aluvial o material de acarreo	8 a 12
Material fácilmente erosionable	16 a 20

Fuente: Elaborado por Alfaro, T (2010, p.17)

M = Coeficiente de Cauce

Tabla 9*Coeficiente de cauce*

Tipo de cauce	Valor de m
Ríos de montaña	0.50
Cauces de composición arenosa	0.70
Cauces aluviales	1.00

Fuente: Elaborado por Alfaro, T (2010, p.17)

n = Coeficiente de resistencia de Manning, el cual consta de la siguiente fórmula

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

Ecuación 31: Coeficiente de resistencia de Manning.

n_0 =Rug. para base de un canal uniforme, recto, prismático y homogéneo.

n_1 = Rug. adicional por irregularidad superficial del perímetro mojado en el tramo estudiado.

n_2 = Rug. adicional por variación de formas y dimensiones en el tramo estudiado.

n_3 = Rug. debido a obstrucciones en el cauce.

n_4 = Rug. debido por presencia de vegetación.

m_5 = Rug. por factor de corrección ante presencia de meandros o sinuosidad del cauce.

Tabla 10

Condiciones de Cowan para determinar diversos valores para el coeficiente n de Manning

Condiciones del Canal		Valores	
Material Involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.050
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
Grado de los efectos por meandros	Muy alta	m_5	0.050-0.100
	Menor		1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Elaborado por MTC (2008, p.96)

1.3.4.2 Pendiente hidráulica

Para el diseño de la defensa ribereña, se tomará la pendiente hidráulica de acuerdo a lo indicado en los planos topográficos del tramo del río La Leche.

1.3.4.3 Tirante de máxima avenida

1.3.4.3.1 Sección teórica del cauce

Para esta parte se obtendrá la velocidad, el tirante hidráulico, el N° de Fraude, el tirante hidráulico, perímetro, ancho, y área aplicando el método de Manning y Strickler. Alfaro, T (2010, p.17).

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

Ecuación 32: Fórmula de la velocidad del flujo.

$$Y = \left(\frac{Q}{K_S * b * S^{1/2}} \right)^{3/5}$$

Ecuación 33: Fórmula tirante hidráulico.

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

Ecuación 34: Fórmula del N° de Froud.

Variables

A	=	Área mojada en m ²
S	=	Pendiente
Y	=	Tirante hidráulico
Q	=	Caudal m ³ /s
B	=	Ancho medio de la sección estable
V	=	Velocidad m/s
R	=	R. hidráulico
K _s	=	inversa del coeficiente de rugosidad

Tabla 11

Coeficiente de rugosidad K_s

Descripción	K _s
Lecho natural compuesto de fondo sólido y sin irregularidades	40
Lecho natural con presencia de acarreo regular	33-35
Lecho natural con presencia de vegetación	30-35
Lecho natural con presencia de irregularidades y derrubio	30
Lecho natural con un alto transporte de acarreo	28
Torrente con presencia de derrubios gruesos (piedras Ø ≈ 0.20m) y acarreos inmóviles	25-28
Torrentes con derrubio grueso y acarreos móviles	19-22

Fuente: Elaborado por Alfaro, T (2010, p.18)

1.3.4.3.2 Borde libre

Para encontrar el borde libre se usará la siguiente fórmula.

$$Bl = \emptyset \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 35: Fórmula del borde libre del dique.

Variable

g= aceleración de la gravedad en m/s²

V= Velocidad en m/s

∅= coeficiente que será determinado por

Tabla 12

Valores de coeficiente ∅

Caudal Máximo m ³ /s	∅
3000-4000	2
2000-3000	1.7
1000-2000	1.4
500-1000	1.2
100-500	1.1

Fuente: Elaborado por Alfaro, T (2010, p.18)

1.3.4.4 Dimensionamiento de defensa ribereña

Para el planteamiento de solución se ha tenido en cuenta que el área de estudio se encuentra ubicada dentro de una zona arqueológica, motivo por el cual la presente investigación plantea alternativas hidráulicas para ser analizadas y se expida el permiso correspondiente. En el artículo 1 del Reglamento de Intervenciones Arqueológicas indica que los “los bienes integrantes del patrimonio cultural de la nación son reconocidos como recursos culturales no renovables”, es decir que son bienes protegidos por el estado y su conservación es de interés nacional y estarán incluidas dentro de las políticas de desarrollo local, regional y nacional.

En el artículo 11.6. de nombre “Acciones Arqueológicas de Emergencia” busca conservar, recuperar o impedir la destrucción o afectación del patrimonio cultural mediante tareas de carácter excepcional y urgentes; comprendiendo trabajos de conservación preventiva como estabilización de estructuras, colocación de techumbres y gaviones, entre otros. Con la finalidad de buscar su preservación o evitar su deterioro.

En el proceso de controlar la fuerza erosiva en las márgenes de ríos, ya sea su trayectoria curva o recta, se recurre a estructuras longitudinales paralelas a la misma, lo cual sirve como barrera entre el flujo y el margen, a través de una mayor resistencia, interrumpe el proceso de erosión; además se suelen usar estructuras transversales, las cuales pueden correr de un margen hacia el otro, con la finalidad de disminuir la velocidad de la corriente del flujo, lo que evita la erosión, logrando la sedimentación del material transportado; también se puede usar estructuras (espigones) que desvíe la corriente para alejarla del área de erosión.

1.3.4.4.1 Cálculo de la profundidad de socavación

Método de Lischtván – Levediev

El MTC (2008, p.105) se calculará usando el método de (Lischtván – Levediev), por ser el más usado para hallar la socavación general, se basa en el equilibrio de la velocidad media erosiva (V_e) y velocidad media real de la corriente (V_r), considerando el caudal unitario como la mínima franja elemental obtenido de la división del cauce natural permanente constante que ocurre en los procesos erosivos, se aplica para suelos cohesivos y suelos no cohesivos

Según lo indicado en Alfaro, T (2010, p.19) dice:

$$ts = \left(\frac{\theta * t^{5/3}}{0.60 * \beta * w^{1.18}} \right)^{1/(1+x)}$$

Ecuación 36: Método de Lischtván – Levediev para suelos cohesivos.

$$ts = \left(\frac{\theta * t^{5/3}}{0.68 * \beta * w^{0.28}} \right)^{1/(1+x)}$$

Ecuación 37: Método de Lischtván – Levediev para suelos no cohesivos.

$$\theta = \frac{Q}{\mu * B * t^{5/3}}$$

$$\mu = 1 - 0.387 \frac{V}{B}$$

Variable

x= valor obtenido según el peso específico o diámetro de la partícula.

β = Coeficiente para tiempo de retorno, ver tabla.

t= Tirante hidráulico (m).

μ = Coeficiente de contracción.

w= diámetro medio de la partícula del fondo friccionante (mm).

B= Ancho del cauce (m).

Q= Caudal en (m^3/s).

Tabla 13

Valores de diámetro y peso específico de la partícula

Selección de x en suelos cohesivos (Tn/m^3) o suelos no Cohesivos (mm)					
Suelos Cohesivos			Suelos no cohesivos		
Tn/m^3	x	$1/(1+x)$	D (mm)	x	$1/(1+x)$
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71

0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			

Fuente: Elaborado por Alfaro, T (2010, p.20)

Tabla 14

Coefficiente de tiempo de retorno

Valores del coeficiente β		
$\beta = 0.6416 + 0.03342 \ln (T)$		
15<=T<=1500		
Periodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (Años)	Coefficiente β
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1000.00	0.10	1.07

Fuente: Elaborado por Alfaro, T (2010, p.21)

Método de Blench

Este método se basa en la socavación general a largo plazo en suelos de ríos de grava gruesa, y está definido por las siguientes fórmulas:

$$h_{ms} = 1.20 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}^{1/6}} \right)$$

Ecuación 38: Método de Blench para arenas de $0.06 \text{ mm} < d_{50} < 2 \text{ mm}$ para calcular el diámetro de la roca.

$$h_{ms} = 1.23 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}^{1/12}} \right)$$

Ecuación 39: Método de Blench para arenas de $d_{50} > 2 \text{ mm}$ para calcular el diámetro de la roca.

Variable

d_{50} = diámetro medio de la partícula del fondo friccionante (mm).

B= Ancho de la superficie del agua (m).

Q= Caudal en (m^3/s).

q= Caudal en ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$).

h_{ms} = profundidad media de socavación (m)

1.3.4.4.2 Altura de uña (Profundidad de socavación)

$H_s = (\text{Profundidad de socavación}) = t_s (\text{tirante de socavación}) - t (\text{tirante hidráulico})$

1.3.4.4.3 Cálculo del tamaño de la piedra de protección

El MTC (2008, p.162) indica el siguiente método:

1.3.4.4.3.1 Método de Maynard

Usa la siguiente fórmula:

$$D_{50} = F^3 * C_1 * t$$

Ecuación 40: Método de Maynard para calcular el diámetro de la roca.

$$F = \frac{C_2 * V}{(y * g)^{0.5}}$$

Variable

C_1 = Coeficiente de talud

C_2 = Coeficiente de ubicación de roca

F = N° de Froud

V = Velocidad media del flujo m/s

g = Aceleración de la gravedad m/s^2

y = Altura hidráulica m

t = Tirante de socavación m

d_{50} = Diámetro de la roca m

Tabla 15

Coefficiente de corrección

	C_1			C_2
0.28	Fondo	Plano	1.50	Tramos en curva
0.28	Talud	1V : 3H	1.25	Tramos rectos
0.32	Talud	1V : 2H	2.00	Extremo de espigones

Fuente: Elaborado por MTC (2008, p.162)

1.3.4.4.3.2 Método del U.S. Department of Transportation

Para el cálculo del diámetro medio de rocas, se propone el siguiente método:

$$d_{50}^I = c \frac{0.00594 * V^3}{y^{0.5} K_1^{1.5}}$$

Ecuación 41: Método del U.S. Department of Transportation para calcular el diámetro de la roca.

$$K_1 = \left[1 - \left(\frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \emptyset} \right) \right]^{0.5}$$

$$C = C_{sg} C_{sf}$$

$$C_{sg} = \frac{2.12}{(y_s - 1)^{1.5}}$$

$$C_{sf} = \left(\frac{FS}{1.2} \right)^{1.5}$$

$$d_{50} = C d_{50}^I$$

Variable

- Θ = Ángulo del talud con respecto a la horizontal
- V = Velocidad media del flujo m/s
- y_s = Peso específico del material enrocado Tn/m²
- Y = Profundidad de flujo m
- F_s = Factor de seguridad
- d_{50} = Diámetro medio de la roca m
- K_1 = Factor de corrección
- C = Factor de corrección
- \emptyset = Ángulo de reposo del material enrocado

Tabla 16

Factor de seguridad

Condición	Rango del FS
Mínima influencia de impacto de material flotante y sedimento. tramos rectos o medianamente curvos (radio de la curva / ancho del cauce > 30), flujo uniforme.	1.0 – 1.2
Moderada de Impacto de material flotante y sedimento. Curvatura moderada, flujo gradualmente variado (10 < radio de la curva/ancho del cauce < 30).	1.3 – 1.6
Moderada Impacto de material flotante y sedimento. Flujo rápidamente variado, curvas cerrada (radio de la curva/ancho del cauce < 10).	1.6 – 2.0

Fuente: Elaborado por MTC (2008, p.164)

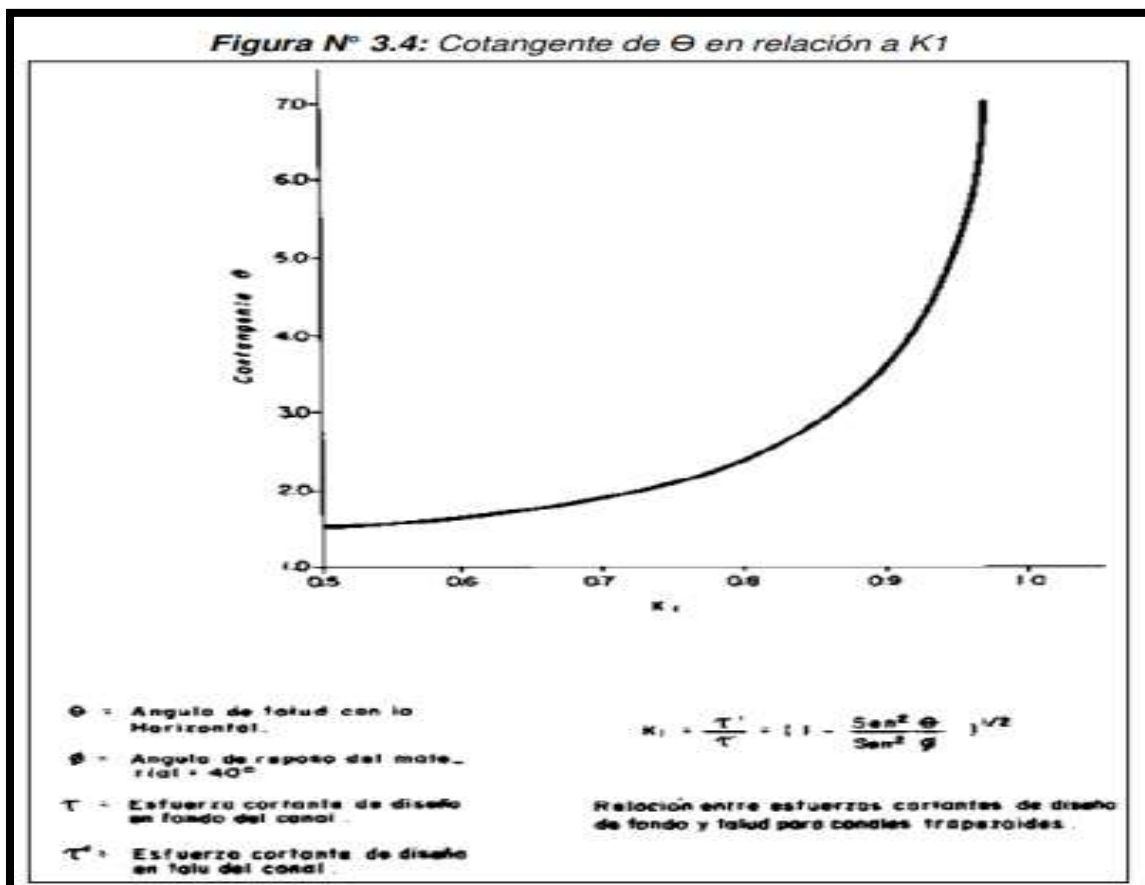


Figura 25: Relación de la cotangente del ángulo θ con respecto al valor de K_1 .

Fuente: Cuadro obtenido del libro de mecánica de suelos de Barrios, J (1967).

1.3.4.4.4 Estabilidad ante el deslizamiento, volteo y análisis del factor de seguridad

Usando el programa Slide Versión 5.0, se simularán los materiales que van a intervenir en la construcción del dique homogéneo de tierra con protección de enrocado, y el lecho del río La Leche, empleando los datos obtenidos por investigaciones de los diferentes suelos y resultados de los ensayos de mecánica de suelos realizados en la presente investigación (granulometría, coeficiente de permeabilidad en suelos granulares, grado de cohesión y ángulo interno del material, etc.) para verificar si los materiales que conforman la simulación cumplen con los factores de seguridad; asimismo se empleará el mapa de isoaceleraciones para el análisis pseudo estático.

También se ha considerado simular las condiciones de la estructura hidráulica, la cual se ha dividido en dos etapas, en embalse lleno y fin de la construcción, y se verificará si los taludes de la cara seca y húmeda del terraplén cumplen con los mínimos factores de seguridad.

Tabla 17:

Valores representativos empleados en la selección del movimiento sísmico de diseño.

Tipo de obra	Vida útil (t años)	Probabilidad de excedencia	Tiempo de retorno (años)
Instalaciones esenciales con capacidad muy limitada para resistir deformaciones inelásticas y peligro de contaminación (contenedor de reactores nucleares).	50 a 100	0.01	> 5000
Equipos de S/E eléctricas de alto voltaje.	50	0.03	1600
Puentes o viaductos de arterias principales.	100	0.10	950
Tanques de almacenamiento de combustible.	30	0.05	590
Edificaciones para viviendas.	50	0.10 – 0.20	225/500
Construcciones temporales que no amenacen obras de importancia mayor.	15	0.30	40

Fuente: Elaborado por Grases (1989)

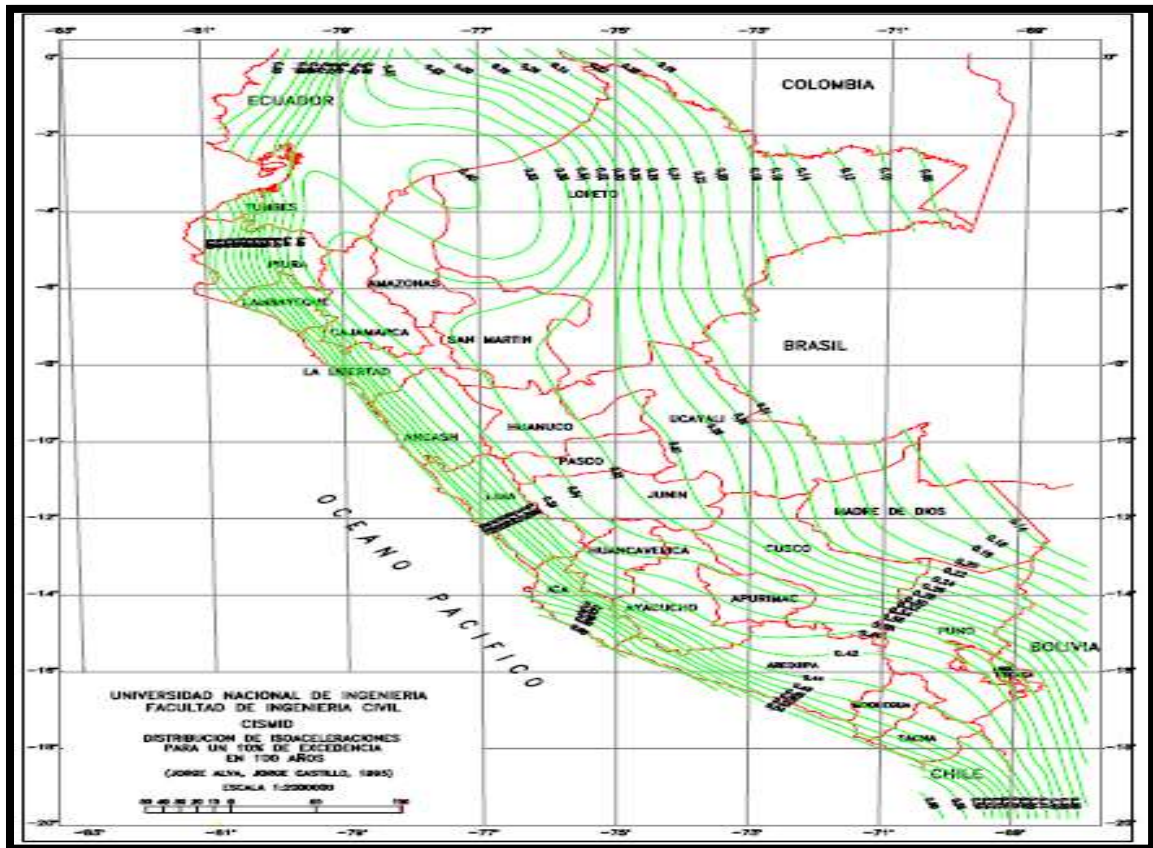


Figura 26: Distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia y 100 años de vida útil.

Fuente: Cuadro obtenido del libro de mecánica de suelos de Barrios, J (1967).

1.3.4.4.5 Altura de uña

Altura uña = H_s

H_s (profundidad de socavación) = t_s (tirante de socavación) – t (tirante hidráulico)

1.3.4.4.6 Protección de taludes

Se considerará de acuerdo al diseño a ejecutar.

1.3.4.4.7 Diseño del filtro

Se puede usar material granular para cubrir el lecho donde se ubicará la base del enrocado, asimismo se usará una geomembrana para impermeabilizar al cuerpo del terraplén, diseñándose de acuerdo a las características del terreno

1.3.4.5 Espigones

Son estructuras que permite despistar el flujo de la corriente con la finalidad de desviar la fuerza erosiva al centro del río, pueden tener diferentes formas geométricas, y dependiendo de su forma, origina la sedimentación del material transportado aguas abajo en el margen del río, evitando su erosión; y al ser estructuras que se encuentran interrumpiendo la trayectoria del río,

ocasiona una disminución del área hidráulico y un aumento del tirante, desarrollando turbulencia con forma de remolinos, originando socavación local del fondo.

Su uso tiene como objetivo estabilizar el curso del río, reduciendo la velocidad erosiva en las márgenes de los ríos, y favorecer la sedimentación del material de arrastre; dependiendo si el río presenta determinadas características morfológicas, se determinará el uso de espigones, algunas de estas características son:

No usar espigones en cursos de agua que tienen 2% de pendiente o superior.

Usar espigones con un número mínimo de 3 a 4.

Optar por espigones flexibles que puedan acomodarse

Evitar la estrangulación del cauce, especialmente durante la época de máximas avenidas.

Posicionar el espigón más corto aguas arriba, el cual deberá contar con un mayor empotramiento

Aumentar la longitud de los dos espigones que siguen, debiendo ser de forma gradual hasta alcanzar la longitud deseada en el cuarto espigón.

Se deberá diseñar los espigones considerando que no deben originar cambios bruscos de dirección

En el empotramiento, la corona o cresta debe ser más baja que la margen

La corona o cresta en el área de empotramiento debe ser más alto que el máximo nivel de agua en crecidas

En la zona de la punta, la cresta debe ser más alta que el nivel mínimo previsto, con la finalidad de no quedar completamente sumergido en periodo de estiaje

Se deberá empezar aguas arriba con la construcción de espigones, continuando progresivamente aguas abajo, cuando la construcción es en seco, logrando que los espigones ya construidos protejan los siguientes en época de máximas avenida, evitando interrumpir así el proceso constructivo.

1.3.4.5.1 Normativa.

Para el presente trabajo de investigación se ha tomado en cuenta las normativas vigentes en el estudio de la hidrología y diseño de estructuras hidráulicas, estudio de mecánica de suelos, ejecución y diseño de estructuras en zonas arqueológicas, e impacto ambiental

Tabla 18*Normativa usada.*

Técnica	Cultural	Ambiental
Manual de Hidrología e hidráulica	Ley N° 28296 “Ley general del patrimonio de la nación”	Ley N° 29338 “Ley de Recursos Hídricos”
Método para el análisis granulométrico por tamizado (NTP.339.128)	Decreto Supremo N°003-2014-MC “Reglamento de Intervenciones arqueológicas”	Ley N° 28611 “Ley general del medio ambiente”
Método para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad en suelos (NTP.339.129)		
Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (SUCS) en suelos (NTP.339.134)		
Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares (NTP.339.147)		
Método de ensayo de corte directo (NTP.339.171)		

Fuente: Elaborado por el autor.

1.3.4.5.2 Definición de términos

Hidrología: ciencia que estudia el agua en sus diferentes estados dentro de un espacio geográfico, con la finalidad de calcular posibles eventos extraordinarios.

Inundación: es una zona libre de agua y por efectos climatológicos o de actividades humanas ha terminado con una determinada área ocupada con un cuerpo de agua.

Defensa ribereña: son estructuras hidráulicas ejecutadas como medidas preventivas para evitar que ocurran inundaciones.

Socavación: es la erosión de las cimentaciones en estructuras hidráulicas producidas por la fuerza de empuje y arrastre del agua.

Dique: estructura hidráulica compuesta de materiales homogéneos o mixtos ubicadas comúnmente en las márgenes de los ríos, y tiene por finalidad prevenir que ocurran inundaciones.

Depósito fluvial: es la sedimentación de clastos de geometría redondeada o alargadas, y que están envueltos en una matriz arcillosa o arenosa, suelen tener buenas características geotécnicas para el diseño de diques, presas etc.

Talud: inclinación que tiene un terreno o estructura hidráulica y se usa como factor en diferentes fórmulas.

Descolmatación: acción que se realiza para retirar residuos o sedimentos del lecho de un río, con la finalidad de aumentar su área hidráulica.

Estabilidad: estado en el que se encuentra una estructura hidráulica para no colapsar durante el tiempo de su vida útil o ante eventos sísmicos extraordinarios.

1.4 Formulación del problema

Para la formulación del problema se ha optado por realizar la siguiente pregunta:
¿Cómo repercute el estudio hidráulico para defensa ribereña tramo huaca “El Oro y Las Ventanas”, río La Leche, en la prevención de inundaciones y desbordes?

1.5 Justificación e importancia del estudio

La presente investigación servirá como base teórica para obtener con la aplicación de los conocimientos hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y geológicos, y definir cuál será el tipo de protección ideal para la defensa ribereña del río La Leche en los Tramos en los que se ubican las Huacas El Oro y Ventanas; logrando de esta manera evitar que parte del patrimonio cultural del departamento de Lambayeque se dañe o colapse ante futuros eventos extraordinarios por fenómenos El Niño.

1.5.1 Justificación técnica

En el área de estudio se aprecia que las orillas del río no tienen la altura apropiada para evitar la inundación de aguas, por lo cual una defensa ribereña de diques brindará una gran eficiencia como medida preventiva para inundaciones, asimismo la descolmatación sirve para recuperar el área hidráulica y el río tenga mayor capacidad de soportar caudales altos sin que ocurran desbordamientos.

1.5.2 Justificación social

La presente tesis busca proponer alternativas de solución ante las inundaciones que han ocasionado el deterioro o colapso del patrimonio cultural y arqueológico del departamento de Lambayeque.

1.5.3 Justificación económica

Al proponer el diseño de diques de material homogéneo, se busca reducir los costos y obtener una mayor eficiencia; asimismo se propone gravas arcillosas mal graduadas como material de construcción del dique, ya que podrían extraerse cerca del área de estudio, según información obtenida del estudio geográfico de la cuenca.

1.5.4 Justificación ambiental

Al proponer el uso moderado y controlado de recursos para la construcción del dique, así como zonas cercanas al área de estudio, se evitará la contaminación ambiental ocasionada por la maquinaria que trasladará los agregados en caso se use material de cantera.

1.6 Hipótesis

Si se desarrolla el estudio hidráulico para defensa ribereña, en el tramo Huaca “El Oro y Las Ventanas”, entonces permitirá evitar desbordes e inundaciones.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Desarrollar el estudio hidráulico para defensa ribereña, tramo huaca “El Oro y Las Ventanas”, río La Leche, Íllimo-Lambayeque.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características topográficas del cauce del río.
- Determinar el área de la cuenca y el caudal de diseño mediante el estudio hidrológico.
- Determinar las características geotécnicas del lecho y márgenes del cauce del río, mediante los ensayos de mecánica de suelos.
- Establecer las características geológicas de la cuenca delimitada del río La Leche.
- Proponer la defensa ribereña como solución para evitar desbordes en los tramos huaca El Oro y Las Ventanas del río La Leche.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación se ubica dentro del paradigma de la ciencia positivista, del tipo de investigación aplicada descriptiva con una modalidad propositiva

Se utilizará el diseño descriptivo simple con propuesta:

M <---- O ... P

M= tramo de las huacas El Oro y Las Ventanas del río La Leche

O=Información a recoger, estudios hidrológico, geológico, geotécnico e hidráulico

P=Propuesta

2.2 Variables, Operacionalización

Tabla 19

Cuadro de operacionalización

OBJETIVOS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	SUB INDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACION	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Desarrollar el estudio hidráulico para defensa ribereña, tramo huaca “El Oro y Las Ventanas”, río La Leche, Íllimo-Lambayeque	Estudio hidráulico para defensa ribereña	Río La Leche en los tramos de las huacas El Oro y Ventanas	Topográfico	Coordenadas	m	Observación y recolección de datos	Equipo topográfico	Software Civil 3D V.2019
			Hidrológico	Precipitación	mm/hr	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Hidrología “Máximo Villón” Software Hidroesta V2
				Caudal de diseño	m ³ /s			
			Geológico	Geomorfología	GBL	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Software ArcMap 10.5 – Google Earth
				Litología	GBL			
				Estratigrafía	GBL			
			Geotécnico	Límites de Atterberg	%	Laboratorio de ensayos mecánica de suelos	Guía de análisis de documentos y ficha de registro de datos	Formatos y ensayos realizados según la N.T.P
				Análisis granulométrico	%			
				Ensayo de Corte Directo	Kg/cm ²			
				Clasificación SUCS	%			
				Coeficiente de permeabilidad	Cm/s			
			Hidráulico	Ancho estable	m	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Manual de hidrología e hidráulica Softwares Hecras V 5.0.7 - Civil 3D V.2019 - Slide V 5.0
				Pendiente hidráulica	%o			
Tirante máximo	m							
Predimensionamiento de defensa ribereña	GBL							

Fuente: Elaborado por el autor.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

El trayecto del río La Leche.

2.3.2 Muestra

Es la ribera y el cauce del río La Leche en los tramos de las huacas El Oro y Las Ventanas.

2.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnica

2.4.1.1 Observación

En el mes de mayo del año 2019 se observó en el río La Leche entre los Tramos de las Huacas El Oro y las Ventanas que las márgenes no contaban con estructuras hidráulicas que pudieran prevenir inundaciones ante máximas avenidas, incluso se observó que la altura de los bordes del río en ciertos tramos era de un metro de altura al lecho del río, además se pudo observar una gran cantidad de sedimentos en el lecho del río.

2.4.1.2 Análisis de documentos

Se recopiló información bibliográfica, científicas, normativas y de entidades públicas relacionadas al tema de la hidrología e hidráulica, la cual se seleccionó, analizó y cotejó para elaborar la presente tesis.

2.4.1.3 Ensayos de laboratorio

Se obtuvieron muestras del área de estudio para posterior ser analizadas en el laboratorio de mecánica de suelos para el estudio hidráulico.

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

2.4.2.1 Guía de observación

Se usaron los siguientes formatos

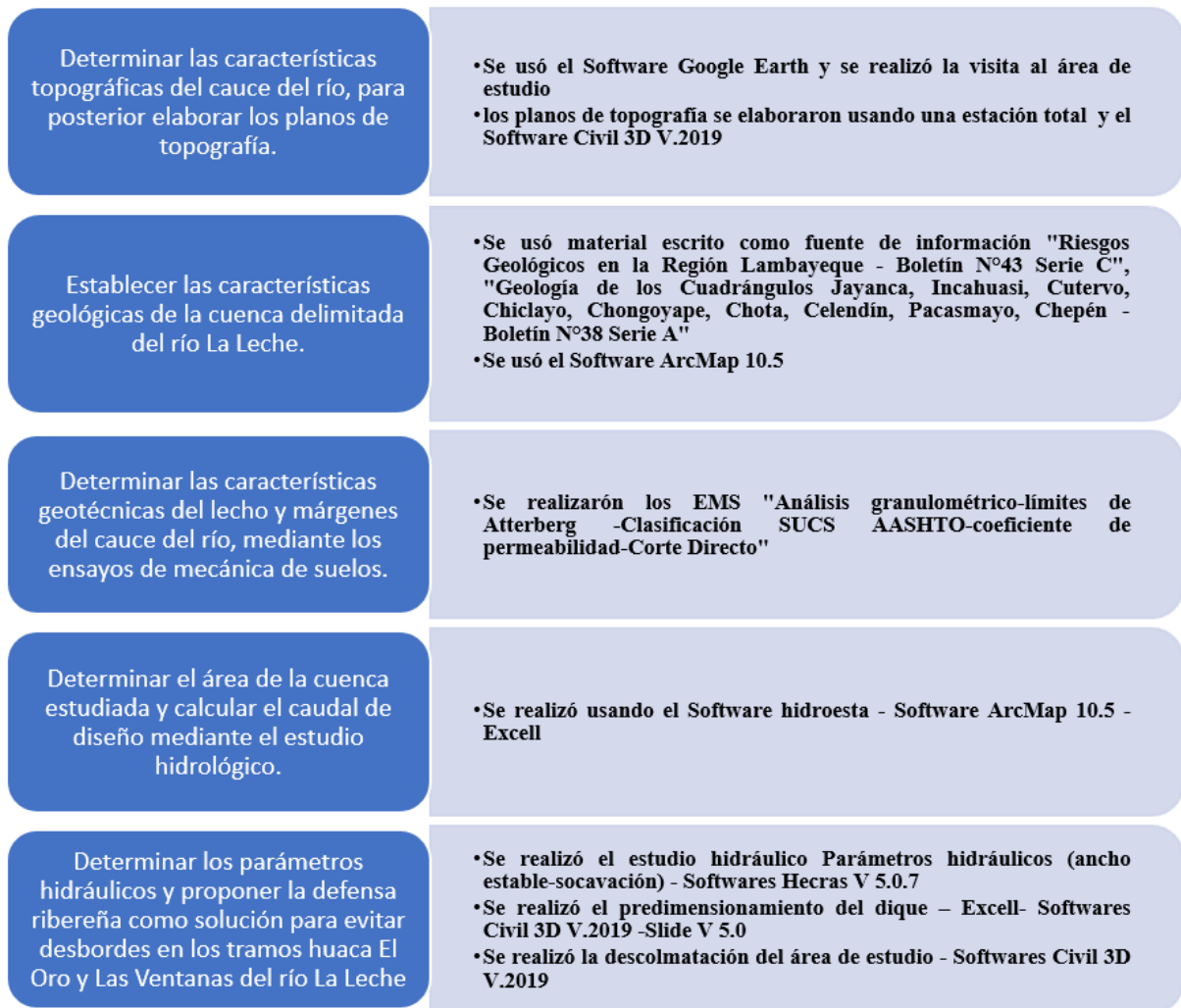
- Formato para datos históricos pluviométricos e hidrométricos obtenidos del SENHAMI y del ALA Motupe-Olmos- La Leche.
- Formato para la recolección de datos de boletines de estudios y riesgos geológicos del departamento de Lambayeque.
- Formatos para los diferentes ensayos de mecánicas de suelos de muestras obtenidas del área de estudio.
- Formato para la recolección de datos hidráulicos.

2.4.2.2 Guía de análisis documental

Se usaron los diferentes pasos dados en la NTP para la ejecución de los ensayos de mecánicas de suelos, también se analizó el manual de hidrología, hidráulica y drenaje para calcular los diferentes parámetros hidráulicos usados en la presente tesis.

2.5 Procedimiento de análisis de datos

2.5.1 Diagrama de flujo



2.5.2 Descripción de los procesos

2.5.2.1 Determinar las características topográficas del cauce del río, para posterior elaborar los planos de topografía.

Posterior de ser analizada la problemática encontrada en el bosque de Pómac, donde las estructuras arqueológicas de las Huacas El Oro y las Ventanas se vieron afectadas por el fenómeno El Niño, se realizó una inspección visual usan el programa Google Earth para definir la ubicación y áreas colindantes, posterior a ello se realizaron diversas visitas de campo para definir la longitud del área de estudio, el cual comprende un tramo de 2 Km del trayecto del río La Leche.

El levantamiento topográfico se realizó en época de estiaje del río usando como instrumento una estación total y con referencia de 2 BM ubicado en las coordenadas (634381.856-9284040.107m-64.687m) (633491.329m-9284312.800m-61.431m); se tomó

como área de estudio el tramo del río La Leche 2 Km, comprendiendo los tramos donde se ubica las Huacas El Oro y Las Ventanas, asimismo con la data topográfica obtenida se trabajó en el programa Civil 3D para posterior obtener el perfil longitudinal y secciones.

2.5.2.2 Establecer las características geológicas de la cuenca delimitada del río La Leche.

Se elaboró con las cartas nacionales geológicas descargadas de la página GeogpsPerú, las cuales fueron la 13d-13e-14d-14e, posterior se exportó al Software ArcMap 10.5 en donde se limitó el área de la cuenca y se elaboró el mapa geológico, con la finalidad de verificar las formaciones geológicas, composición estratigráfica y origen litológico de la cuenca estudiada.

2.5.2.3 Determinar las características geotécnicas del lecho y márgenes del cauce del río, mediante los ensayos de mecánica de suelos.

Se realizó la excavación de trincheras y extracción de 2 calicatas en ubicaciones diferentes de las márgenes del río, con la finalidad de obtener las muestras necesarias para los ensayos de mecánica de suelos (distribución granulométrica, límite de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, coeficiente de permeabilidad y ensayo de corte directo) y poder establecer los parámetros y valores a usarse en el estudio hidráulico del río La Leche y pre dimensionamiento del dique.

2.5.3.3.1 Ensayo de análisis granulométrico

El presente ensayo se realizó con muestras alteradas, realizándose 1 análisis por calicata, y se usó los siguientes materiales:

Equipo Necesario

- Juego de tamices
- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Recipientes
- horno

Procedimiento

- Se coloca una muestra representativa, se separa con el cuarteador, se coloca la muestra sobre el tamiz N° 200 y se procede a lavar hasta que el agua no tenga rastros de arrastre de sedimentos, y con el material retenido en la malla se procederá a secar en el horno y posterior ser pesado.
- El material que ha sido arrastrado por el agua, se secó y luego se procedió a pesar.
- El material retenido en el tamiz N° 200 se colocó sobre una serie de tamices que van desde el N° 4 hasta el N° 200 y bandeja
- Se tamizó durante un lapso de 5 a 10 minutos
- Se pesó el material retenido en cada tamiz, se procedió a calcular el porcentaje de peso retenido y peso que pasa.

- Se dibujó la curva granulométrica.

2.5.3.3.2 Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Por ser un material granular (Arena mal graduada), no presenta límite líquido o plástico.

2.5.3.3.3 Ensayo de permeabilidad para suelos granulares

El presente ensayo se realizó con muestras alteradas, realizándose 1 análisis por calicata, y se usó los siguientes materiales:

Equipo Necesario

- Permeámetro de carga constante
- Cronómetro
- Termómetro
- Cilindro graduado

Procedimiento

- Se pesó y calculó el volumen de la muestra de suelo.
- Se compactó la muestra en un molde de 4", se enrasó y colocó un papel filtro encima de la muestra.
- Se cubrió la muestra con agua durante 24 horas para que sature, luego se conectó el permeámetro a la muestra por intermedio del tubo de entrada con un recipiente de cabeza constante.
- Se dejó fluir el agua hasta que se estabilice el flujo, se controló la temperatura del agua y usando un recipiente de 1000 ml se registró la cantidad de agua del recipiente durante un tiempo determinado, con lo cual se obtuvo el caudal.
- Después de calcular el caudal, se calculó la permeabilidad.

2.5.3.3.4 Ensayo de corte directo

El presente ensayo se realizó con muestras inalteradas con la finalidad de medir la resistencia de cortante del suelo, realizándose 1 análisis por calicata, y usando los siguientes materiales:

Equipo Necesario

- Aparato de corte directo
- Balanza electrónica
- Calibrador

Procedimiento

- Se extrajo cuidadosamente de las calicatas 3 o 4 muestras de similar tamaño, y se saturaron las piedras porosas.
- Se colocaron las muestras dentro de la caja de corte, se armó el pistón, la carga normal y el deformímetro de la carátula vertical.
- Se aplicó el esfuerzo vertical y posterior el esfuerzo horizontal

- Se midió la deformación hasta la falla en la resistencia de la muestra del suelo, posterior se calculó por intermedio de los círculos de Mohr la cohesión “c” y el ángulo de fricción interna “ Θ ” del material

2.5.3.4 Determinar el área de la cuenca estudiada y calcular el caudal de diseño mediante el estudio hidrológico

Se delimitó el área y perímetro de la cuenca usando las cartas geológicas nacionales descargadas de la página del MINEDU, las cuales fueron la 13d-13e-14d-14e, y se trabajaron usando el Software ArcMap 10.5, con lo cual se obtuvieron los diferentes parámetros morfológicos e hidrológicos de la cuenca; posterior se usó el Software Hydroesta para la proyección de los diferentes tiempos de retornos, cabe recalcar que para el presente estudio se empleó un tiempo de retorno de 50 años para el predimensionamiento del dique de enrocado y un tiempo de retorno de 500 años para el cálculo de socavación, pese que la norma exige un tiempo de retorno de 150 años para el diseño de la estructura, pero al ser los caudales muy altos para 150 años y diseñar el tramo del río estudiado para que soporte dichos caudales implicaría alterar la topografía poniendo en riesgo las estructuras arqueológicas o los accesos para el área de estudio, se optó por usar un tiempo de retorno de 50 años.

2.5.3.5 Proponer la defensa ribereña como solución para evitar desbordes en los tramos huaca El Oro y Las Ventanas del río La Leche

Se analizó el área de estudio, ya que al estar comprendido dentro de la zona arqueológica del Bosque de Pómac, se considera un área protegida, por lo cual se debe evitar modificar o alterar su ecosistema, a menos que sea para evitar un daño mayor en el mismo; se usó un caudal con tiempo de retorno de 50 años para el cálculo de los diferentes métodos de ancho estable del río y diseño del dique, para el cálculo de la socavación general y local se usó un caudal con un tiempo de retorno de 500 años; se usaron las curvas de nivel y secciones del tramo del río La Leche obtenidas del Software Civil 3D para estudiar el recorrido del río, las cuales fueron exportadas al Software Hecras V 5.0.7 y posterior analizar los tramos del río en dónde ocurrían desbordamientos ante máximas avenidas.

Por el tipo de orografía del río se propuso la defensa ribereña compuesta por dique homogéneo de tierra con protección de enrocado, se usó el Software Civil 3D para la ubicación del dique enrocado y descolmatación del río La Leche; datos que posterior fueron exportados al Software Hecras V 5.0.7 para verificar si las secciones del tramo del río La Leche estudiado cumple en soportar los caudales máximos calculados en el estudio hidrológico.

Finalmente se usó el Software Slide V 5.0 para realizar el análisis estático y speudo estático en circunstancia de embalse lleno y fin de la construcción del dique, usando los datos obtenidos del estudio geotécnico y referencias bibliográficas de estudios elaborados en materiales proyectados para la construcción del dique y enrocado, teniendo como valores mínimos de 1.5 para el análisis estático y de 1 para el análisis speudo estático.

2.6 Criterios éticos

Los datos generados por esta investigación han sido exclusivamente de uso científico, y se han obtenido cumpliendo los estándares y normas que establece la Universidad Señor de Sipán, lo que brinda el grado confiabilidad; asimismo la información guía ha sido correctamente citado, también se ha respetado el debido procedimiento para la obtención de muestras, teniendo como pasos las diferentes normativas nacionales e internacionales usados en el presente trabajo

2.7 Criterios de rigor científico

Se ha tomado en cuenta la información obtenida por medio validez de contenido, intención, criterio metodológico, objetividad de observación y medición, además de objetividad, actualidad, claridad, coherencia, consistencia y pertinencia; asimismo en la presente investigación se ha realizado la consulta de diferentes profesionales y especialistas para tener la guía tener resultados con un gran margen de confiabilidad y precisión.

III. RESULTADOS

3.1 Resultados en tablas y figuras

3.1.1 Determinar las características topográficas del cauce del río.

Se realizó la delimitación del área de estudio por intermedio de fotos satelitales obtenidas por el software Google Earth, donde se pudo identificar las características superficiales de la zona, ubicación de las Huacas el Oro y Las Ventanas, así como la posible longitud del tramo del río La Leche a estudiar, información que fue cotejada con las visitas de campo realizadas al área de estudio.

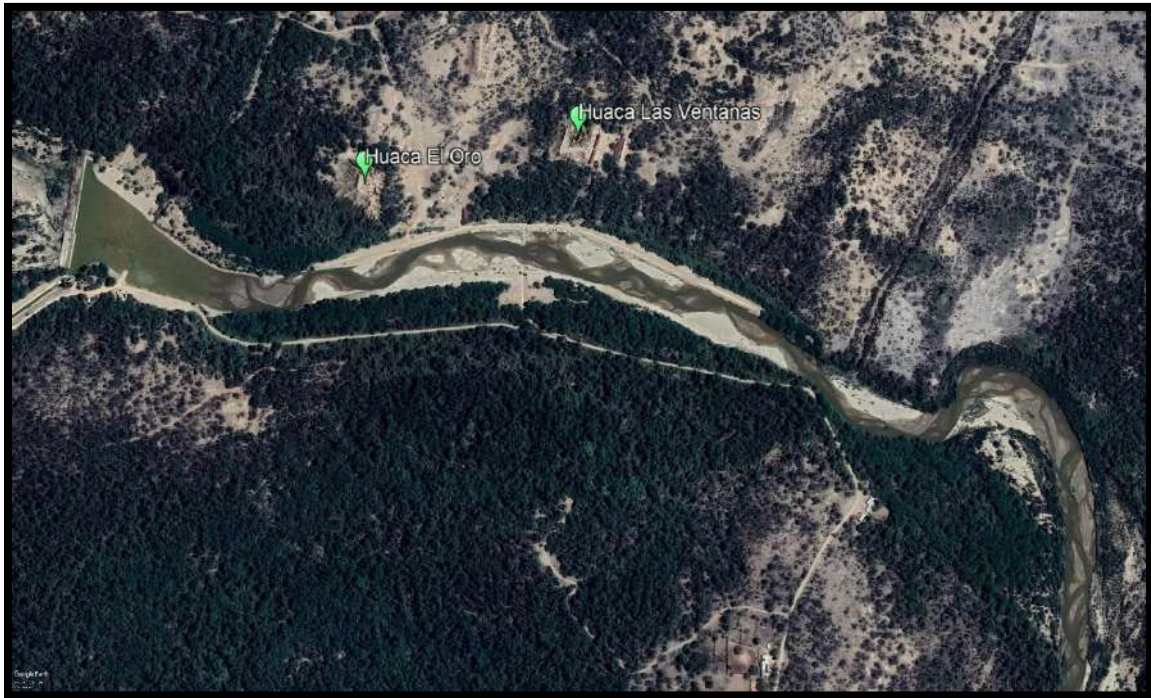


Figura 27: Área de Estudio y ubicación de las Huacas El Oro y Las Ventanas.
Fuente: Elaboración propia usando el Software Google Earth.



Figura 28: Visita de campo realizada al área de estudio el 03MAYO2019.
Fuente: Elaboración propia.

El levantamiento topográfico se realizó en época de estiaje usando como equipo una estación total la cual estuvo ubicada en puntos estratégicos para realizar el mínimo cambio

de estación y obtener el máximo de puntos topográficos, teniendo como referencia 2 BM con coordenadas (634381.856-9284040.107m-64.687m) (633491.329m-9284312.800m-61.431m)

Debido a la distancia que existe entre las Huacas El Oro y Las Ventanas (500 metros aprox.), se ha considerado realizar el levantamiento topográfico del río La Leche 1 Km aguas arriba y 1 Km aguas debajo de la Huaca Las Ventanas

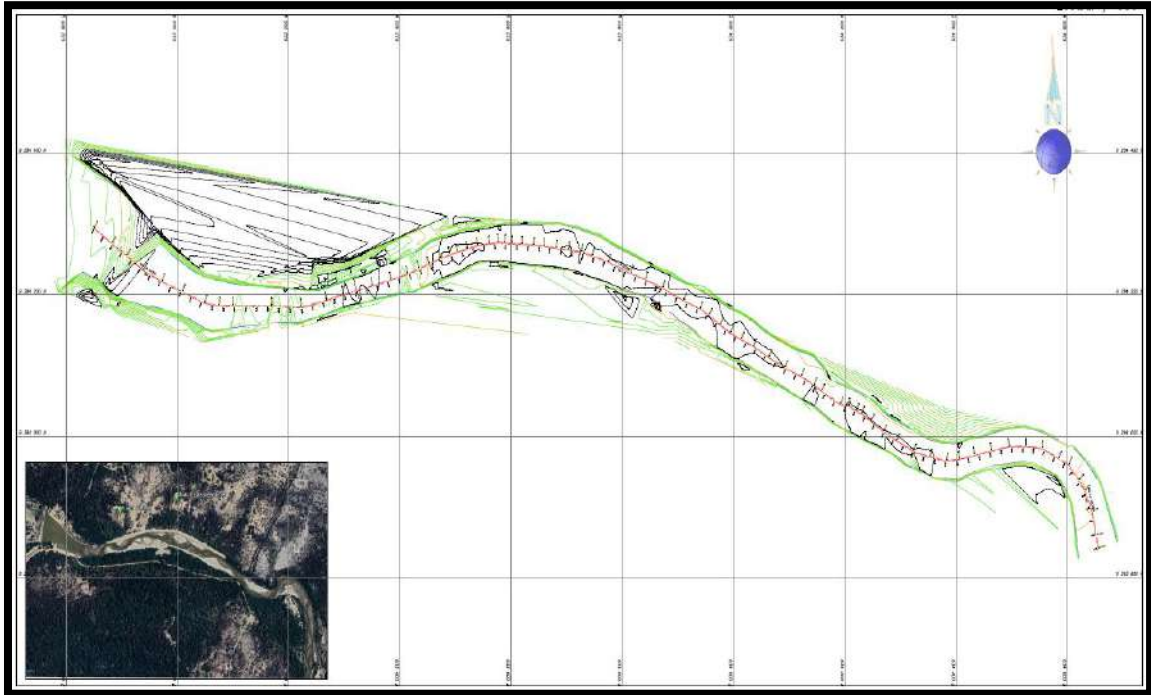


Figura 29: Levantamiento topográfico del tramo huacas El Oro y Las Ventanas.
Fuente: Elaboración propia usando el Software Civil 3D.

3.1.2 Determinar el área de la cuenca y el caudal de diseño mediante el estudio hidrológico.

3.1.2.1 Área de la cuenca del río La Leche y características morfológicas

Se descargaron las cartas nacionales geológicas 13d-13e-14d-14e en formato shapefile de la página GeogpsPerú, las cuales se trabajaron usando el Software ArcMap 10.5.

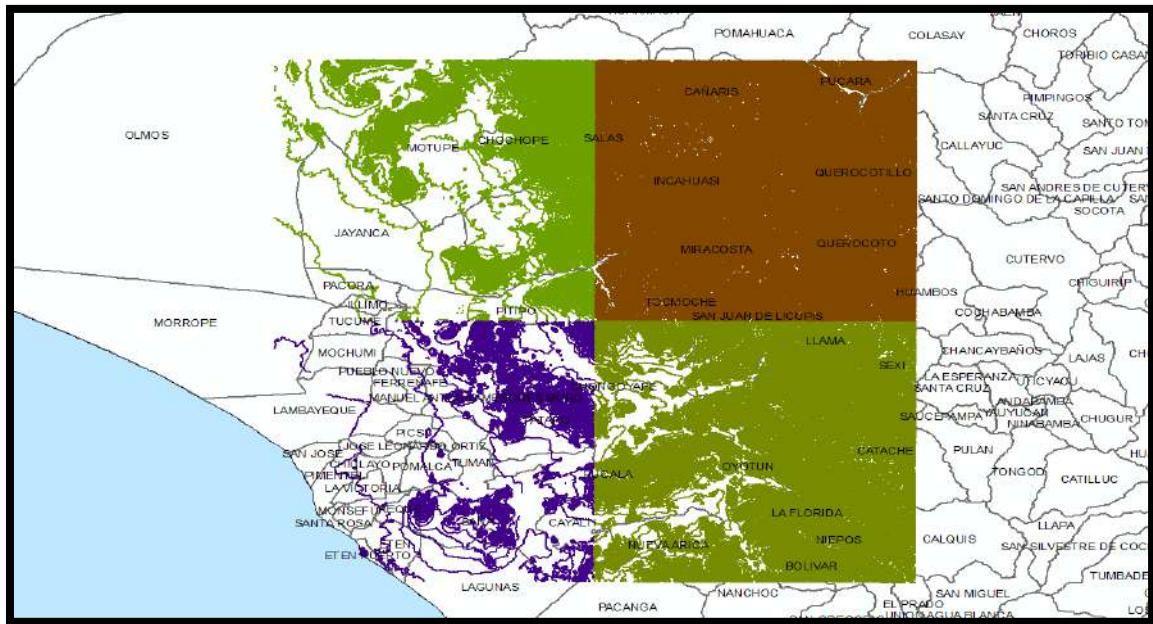


Figura 30: Cartas Nacionales Geológicas 13d-13e-14d-14e.
 Fuente: Elaboración propia usando el Software ArcMap 10.5.

Obteniendo el área y las diferentes características morfológicas de la cuenca del río La Leche

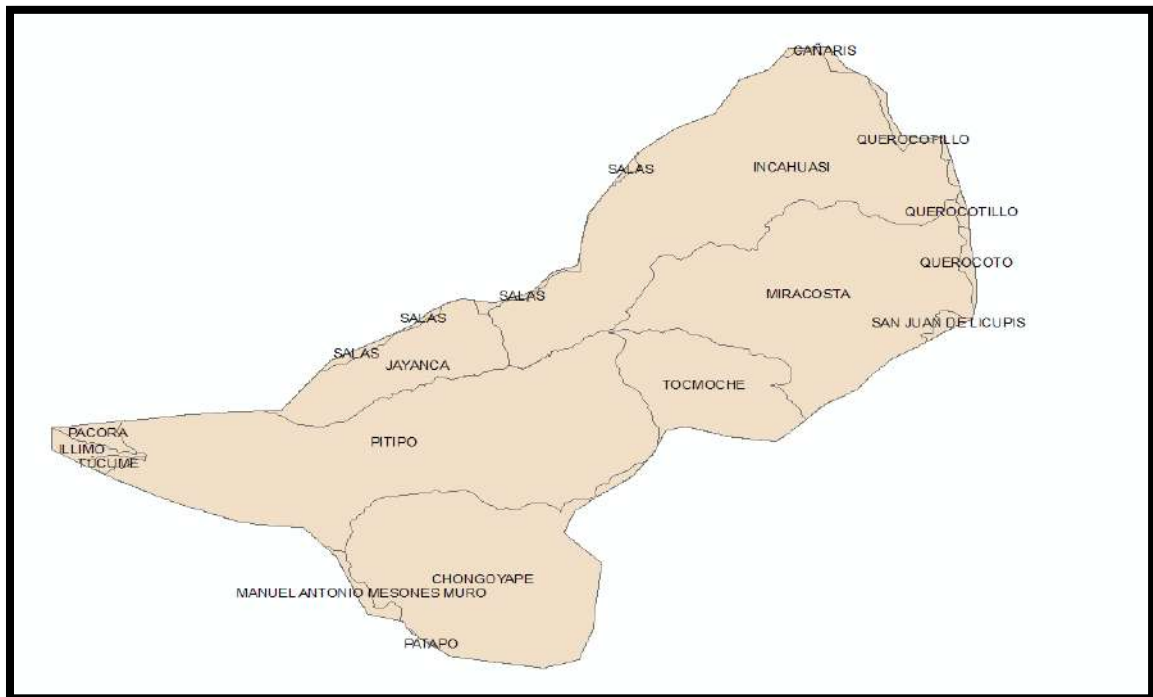


Figura 31: Distritos que comprenden la cuenca del río la Leche.
 Fuente: Elaboración propia usando el Software ArcMap 10.5.

Tabla 20

Características morfológicas de la cuenca del río La Leche

Descripción	UND	Valor
Área de la cuenca	km ²	1623.07
Perímetro de la cuenca	km	212.50
Cota Máxima	m.s.n.m	4117.00
Cota Mínima	m.s.n.m	50.00
Longitud mayor del río	km	85.40
Rectángulo equivalente (L)	km	87.75
Rectángulo equivalente (l)	km	18.50
Pendiente uniforme	%	4.77
Factor de forma		0.22
Índice de compacidad		1.48

Fuente: Elaborado por el autor usando el Software ArcMap 10.5.

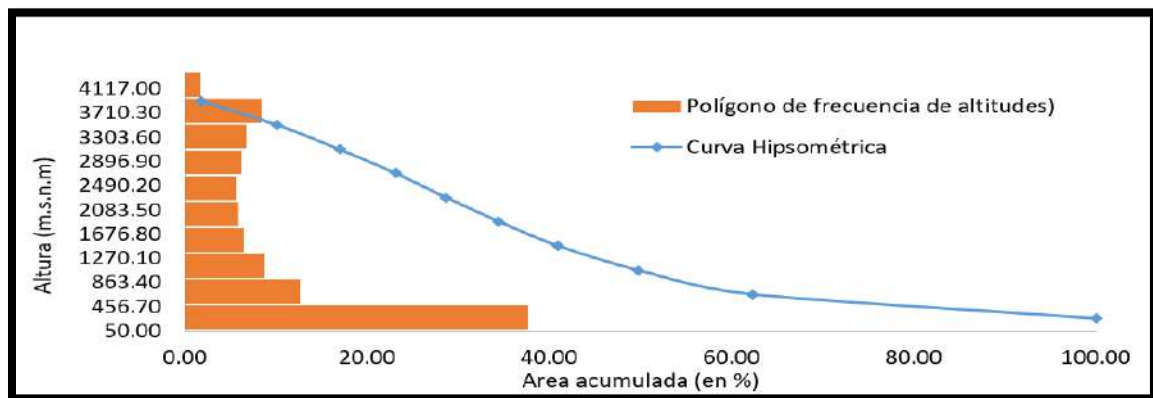


Figura 32: Curva: Hipsométrica & Frecuencia de Altitudes.

Fuente: Elaboración propia usando el Software Excel.

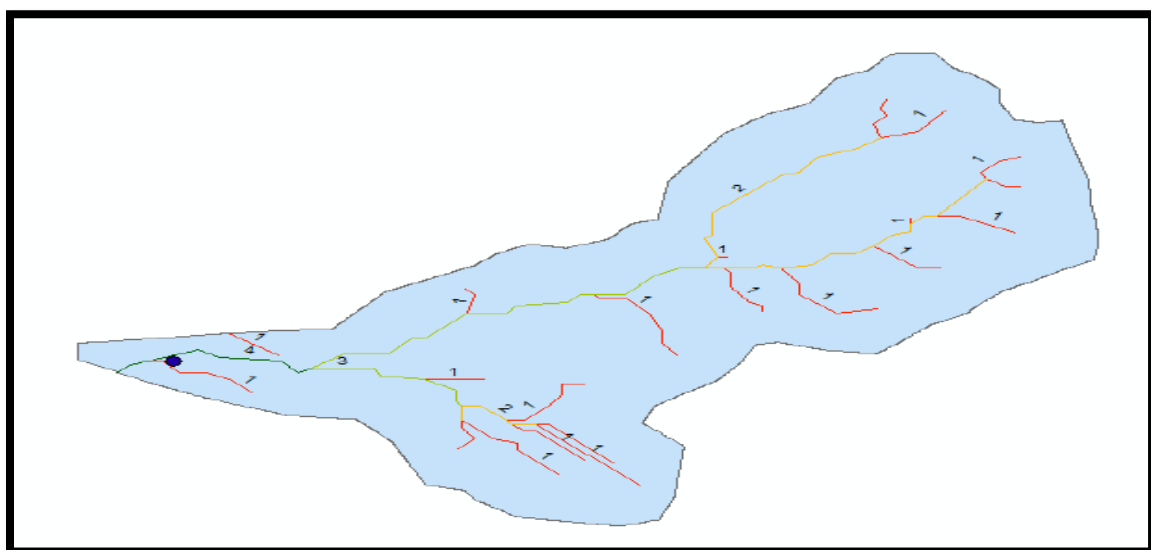


Figura 33: Orden de los ríos en la cuenca del río La Leche.

Fuente: Elaboración propia usando el Software ArcMap 10.5.

Tabla 21*Distribución de la red hídrica en la cuenca del río La Leche*

ORDEN DE LA RED HÍDRICA	Nº de ríos	LONGITUD EN KM
1	359	126.31
2	154	55.88
3	119	45.80
4	42	15.76
TOTAL=	674	243.75

Fuente: Elaborado por el autor usando el Software ArcMap 10.5.

Asimismo se pudo calcular el coeficiente de escorrentía C usando el Software ArcMap 10.5, el cual se elaboró descargando del MINAM los formatos shapefile de uso y cobertura del suelo de los diferentes distritos que conforman la cuenca del río La Leche, los cuales junto al mapa de pendientes elaborado con los formatos shapefile de la cuenca se pudo obtener los diferentes valores parciales C para las diferentes pendientes, valores que se multiplicaron y dividieron conforme el área que ocupan para obtener el valor total del coeficiente de escorrentía C.

Tabla 22:*Valores de C para las diferentes pendientes y uso de suelo de la cuenca del río La Leche*

TIPO DE SUELO	AREA (M ²)	AREA (KM ²)	S	AREAxS
Cultivos Generales	108333000	108.333	0.6	64.9998
Cultivos Generales	242081100	242.0811	0.72	174.298392
Cultivos de Pastos	142732800	142.7328	0.36	51.383808
Cultivos de Pastos	53498700	53.4987	0.42	22.469454
Cultivos de Bosques	314237700	314.2377	0.18	56.562786
Cultivos de Bosques	228848400	228.8484	0.21	48.058164
Áreas desnudas	27955800	27.9558	0.8	22.36464
Áreas desnudas	89045100	89.0451	0.9	80.14059
TOTAL				1206.7326

Fuente: Elaborado por el autor usando el Software ArcMap 10.5.

S de 5% a 10%= 0.329

S de 10% a 30%= 0.530

C = 0.431

3.1.2.2 Estudio Hidrométrico de la cuenca del río La Leche

Se obtuvieron los registros históricos de la estación de aforo Puchaca, información histórica conformada por los máximos promedios de caudales instantáneos diarios, y cuenta con datos desde el año 1960 hasta el año 2019, según el anexo 1.1, para lo cual después de realizar el análisis de doble masa se optó por trabajar con los registros históricos de los años 1967-2019

AÑOS	Q max (m3/sg)	AÑOS	Q max (m3/sg)
1967	34.750	1993	53.306
1968	26.588	1994	51.781
1969	55.125	1995	23.450
1970	48.212	1996	21.000
1971	121.250	1997	21.000
1972	141.312	1998	579.750
1973	105.200	1999	62.375
1974	58.216	2000	155.000
1975	210.131	2001	500.000
1976	47.002	2002	301.875
1977	72.299	2003	105.250
1978	68.725	2004	20.000
1979	48.401	2005	40.000
1980	34.346	2006	93.250
1981	47.313	2007	20.813
1982	24.824	2008	147.500
1983	215.813	2009	63.250
1984	114.538	2010	66.563
1985	40.875	2011	34.375
1986	31.997	2012	56.875
1987	49.077	2013	31.375
1988	27.075	2014	32.375
1989	59.031	2015	93.750
1990	30.911	2016	33.625
1991	40.494	2017	92.500
1992	58.131	2018	22.625
		2019	51.500

Figura 34: Caudales máximos diarios
Fuente: ALA-Motupe-Olmos y La Leche

3.1.2.2.1 Análisis de máximos y mínimos del registro de caudales

Se analizó el registro de caudales para constatar que los datos se encuentren dentro de los parámetros permitidos, con lo cual se reemplazaron los datos del año 1998, donde se tenía como registro 579.75 m³/s , reemplazando por 477.50 m³/s, siendo este el segundo valor máximo registrado en el año 1998

$$X_H = \bar{x} + k_N * S \quad X_L = \bar{x} - k_N * S$$

$$X_H = 2.71$$

$$X_L = 0.83$$

$$PH = 10^{X_H} \quad PL = 10^{X_L}$$

$$PH = 513.36$$

PL= 6.74

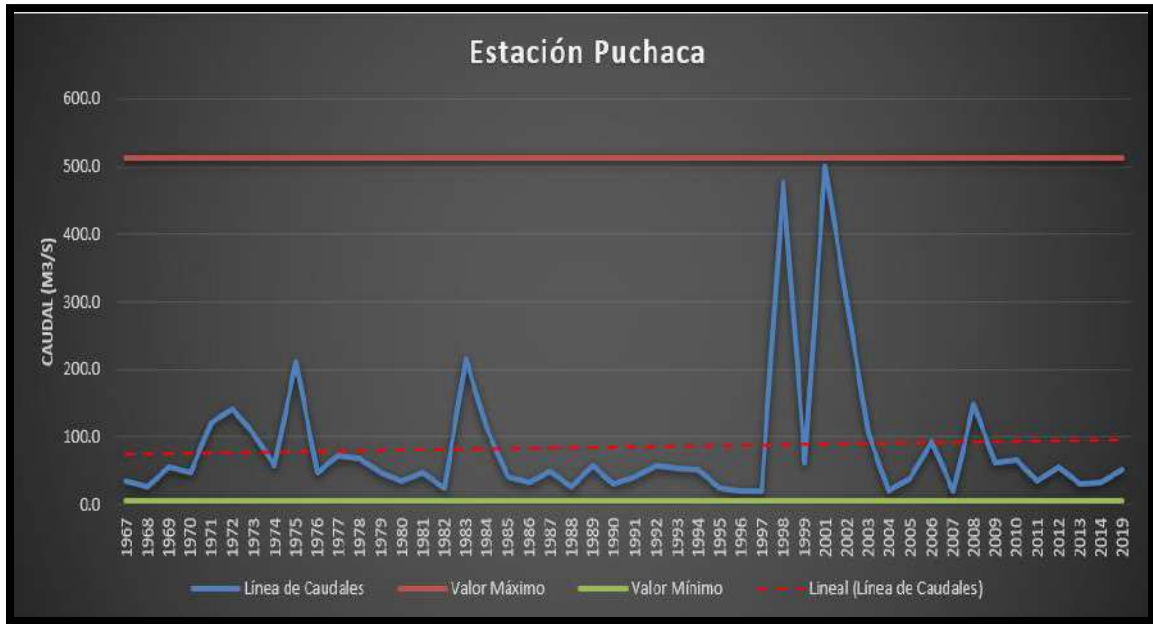


Figura 35: Valores máximos y mínimos en el registro de caudales.
Fuente: Elaboración propia usando el software excell.

3.1.2.2.2 Análisis de consistencia de caudales

Posterior de verificar los valores máximos y mínimos del registro de caudales, se realizó el análisis de doble masa del registro de caudales, con la finalidad de agrupar los datos que presentes saltos y posterior realizar el análisis de consistencia de los mismos



Figura 36: Análisis de doble masa de la estación de aforo Puchaca.
Fuente: Elaboración propia usando el software.

3.1.2.2.3 Prueba de bondad de ajuste

Posterior a realizar los análisis de consistencia para corregir el registro histórico de caudales de la estación hidrométrica Puchaca, se realizó la prueba de bondad de ajuste por el método de Kolmogorov – Smirnov para comprobar la frecuencia empírica y que estas se ajusten a una distribución normal por intermedio de las pruebas de Hazen, Weibull y California

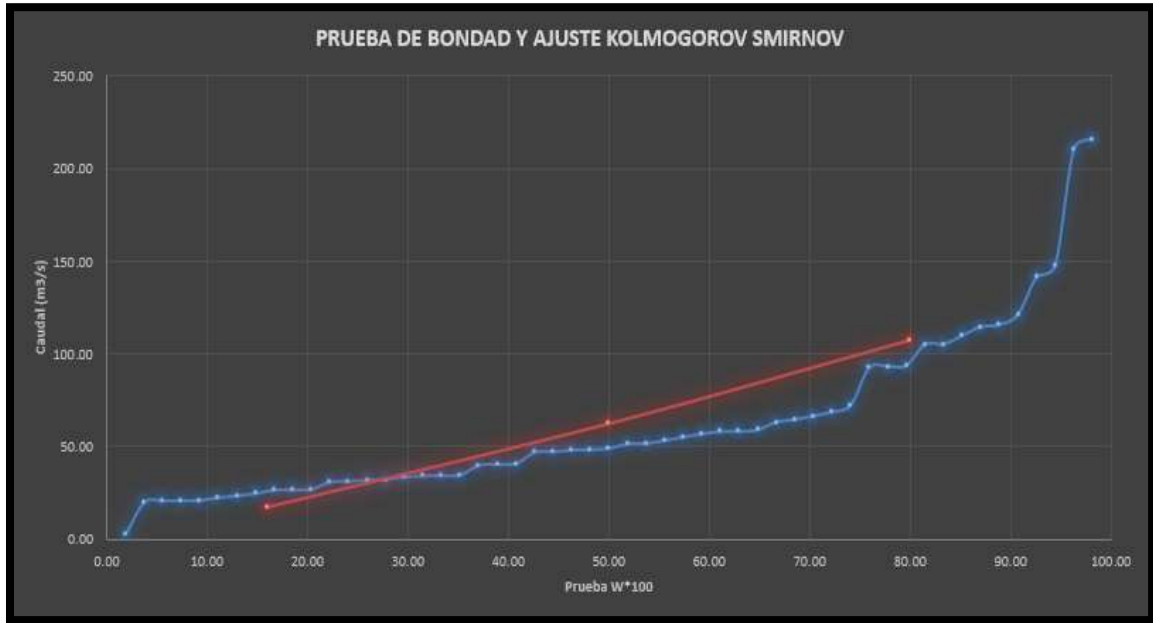


Figura 37: Prueba de bondad de ajuste K – S.
Fuente: Elaboración propia usando el software excell.

Tabla 23:

Comparación del Δ tabular y Δ crítico

Δ Tabular < Δ Crítico 5%	WEIBULL	CALIFORNIA	HAZEN
Δ Tabular	0.1780	0.1902	0.1808
Δ Crítico 5%	0.1868		

Fuente: Elaborado por el autor.

3.1.2.2.4 Determinación del caudal por métodos estadísticos

Antes de obtener el caudal, se debe determinar el tiempo de retorno por intermedio de la fórmula del riesgo de falla admisible, la cual según el Manual de Hidrología e Hidráulica establece ciertos parámetros como vida útil para la estructura hidráulica y tiempo de retorno, según la siguiente fórmula

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

R= 25%

n=40 años

$$25\% = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{40}$$

T=139.54 años

T=150 años

Posterior de encontrar el tiempo de retorno usado para diseñar la estructura hidráulica, se procede a aplicar los métodos estadísticos (Gumbel, Nash, Levediev, Logaritmo Pearson Tipo III) con los cuales se calcularon los tiempos de retorno para 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200, 500 y 1000 años; según se observa en la siguiente tabla.

Tabla 24
Caudales obtenidos para diferentes TR según el estudio hidrométrico

TR (años)	Caudales (m ³ /s)			
	M. Nash	M. Levediev	M. Log. Pearson III	M. Gumbel
5	110.27	94.90	92.29	115.26
10	138.64	128.93	116.02	146.94
25	174.86	177.99	143.12	209.62
50	201.93	212.54	161.00	236.41
100	229.01	248.46	177.13	263.19
150	244.84	273.73	181.91	278.86
200	256.08	287.53	191.58	289.98
500	291.93	349.90	214.16	325.39
1000	319.11	371.97	222.27	352.18

Fuente: Elaborado por el autor.



Figura 38: Registro histórico de caudales.
Fuente: Elaboración propia usando el software

Del gráfico observado en la figura 15, se ha escogido el método de Levediev, ya que este método mejor se ajusta a la curva de los registros históricos de caudales obtenidos en la estación hidrométrica Puchaca, y según el Manual de Hidrología e Hidráulica se ha amplificado el caudal obtenido multiplicando por el valor de 1.3 los TR de 150 y 500 años, obteniendo los caudales máximos instantáneos.

3.1.2.3 Estudio Pluviométrico de la cuenca del río La Leche

Con la cuenca del río La Leche delimitada, se ha hecho el análisis de cuáles serían las estaciones meteorológicas que podrían brindar datos confiables para obtener el caudal de diseño para la defensa ribereña, encontrando que dentro y fuera del área de la cuenca se tiene las estaciones meteorológicas de Incahuasi, Tinajones, Toccoche, Puchaca, Cueva Blanca y Jayanca, siendo las estaciones Jayanca y Tinajones las que presentaban datos incompletos, motivo por el cual se hizo una correlación con la estación meteorológicas Lambayeque y Toccoche para completar los años faltantes; obteniendo en el registro histórico un total de 53 años consecutivos, iniciando desde el año 1965 hasta el año 2017.

Asimismo, se realizaron los análisis de consistencia y pruebas de bondad de ajuste en los registros pluviométricos, con la finalidad de obtener datos confiables y aplicar los métodos estadísticos para obtener las precipitaciones máximas en los diferentes tiempos de retorno.

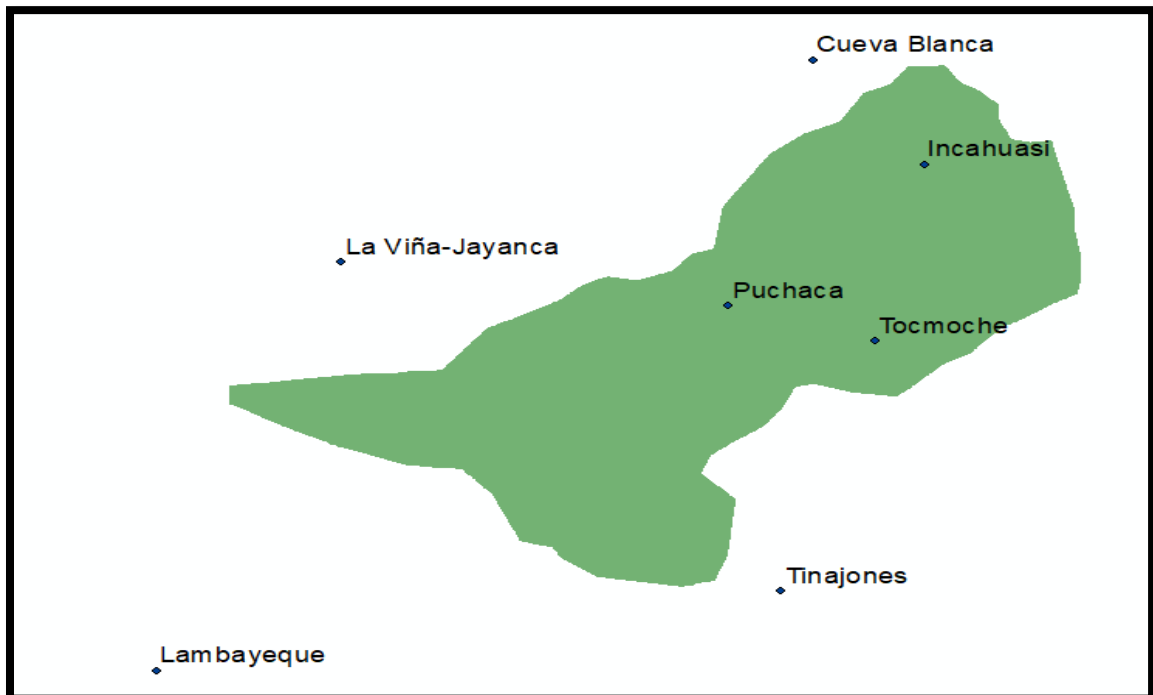


Figura 39: Estaciones pluviométricas de la cuenca del río La Leche.

Fuente: Elaboración propia usando el software ArcMap 10.5.

Tabla 25:*Datos corregidos de las estaciones pluviométricas de la cuenca del río La Leche.*

AÑO	Jayanca	Tocmoche	Puchaca	Cueva Blanca	Incahuasi	Tinajones
1965	21.8	55.0	40.0	30.0	28.0	49.3
1966	3.5	12.0	24.3	29.1	21.0	10.7
1967	12.5	94.0	31.5	85.0	42.0	84.2
1968	13.0	10.0	8.8	35.5	24.0	9.0
1969	15.6	48.0	95.4	25.5	28.0	43.0
1970	3.4	25.0	14.3	24.5	33.0	22.4
1971	30.9	45.0	59.0	40.0	53.0	40.3
1972	112.5	60.0	100.4	75.5	37.0	53.7
1973	18.8	35.0	58.7	56.5	55.0	31.4
1974	4.3	20.0	27.5	50.0	30.5	17.9
1975	29.3	70.0	60.3	76.5	32.0	62.7
1976	14.4	35.0	62.7	62.5	26.5	31.4
1977	9.3	100.0	60.0	86.5	36.0	89.6
1978	15.4	40.0	101.5	60.0	25.5	35.8
1979	5.0	55.0	40.1	59.8	17.0	49.3
1980	4.0	20.0	11.1	47.5	33.5	17.9
1981	35.0	30.0	20.3	25.1	39.0	26.9
1982	11.5	60.0	23.2	35.7	40.5	53.7
1983	110.0	76.0	150.0	25.5	34.5	68.1
1984	35.2	36.0	30.2	30.3	33.5	32.2
1985	7.6	25.0	6.1	34.8	20.0	22.4
1986	6.3	20.0	8.2	37.9	34.0	17.9
1987	19.7	40.0	60.2	16.9	45.0	35.8
1988	6.4	28.0	9.7	22.1	43.5	25.1
1989	10.5	45.0	51.5	25.4	62.0	40.3
1990	6.5	15.0	8.5	35.1	31.5	13.4
1991	6.4	5.2	4.2	43.7	21.5	4.7
1992	28.1	61.0	12.9	25.4	22.0	54.6
1993	27.1	47.0	60.9	33.1	36.6	42.1
1994	23.6	12.0	96.2	27.1	26.5	10.7
1995	19.5	7.0	65.3	33.4	21.5	6.3
1996	7.7	32.0	30.3	30.0	21.6	9.4
1997	16.3	85.0	30.0	35.3	26.2	17.4
1998	96.3	100.0	150.2	32.0	40.6	116.3
1999	53.5	50.0	70.3	33.9	38.5	53.5
2000	12.4	110.0	55.6	28.6	43.5	23.0
2001	41.6	78.0	128.3	34.6	31.2	41.0
2002	52.1	68.0	74.7	41.8	54.4	39.4
2003	29.9	53.0	40.3	26.8	28.5	12.5
2004	8.2	110.0	73.5	26.4	22.9	15.5
2005	9.4	36.0	41.5	30.4	22.1	11.5

2006	45.1	39.0	77.4	47.4	51.6	55.5
2007	2.4	33.0	10.8	41.1	29.1	10.3
2008	52.2	109.4	45.8	51.7	55.8	86.3
2009	18.0	57.0	55.2	51.8	45.6	27.0
2010	57.4	65.8	38.2	74.1	53.8	19.5
2011	9.1	42.5	20.6	41.1	31.1	12.5
2012	68.0	67.5	60.4	32.9	25.0	75.5
2013	9.8	62.0	30.9	40.2	34.6	23.4
2014	5.6	59.6	14.2	45.4	40.2	7.3
2015	38.3	91.8	50.2	33.6	48.8	28.8
2016	11.5	3.2	22.4	39.8	55.2	30.5
2017	120.8	95.2	148.1	45.0	58.0	85.7

Fuente: Elaborado por el autor.

Posterior se procedió a calcular las precipitaciones máximas para los diferentes tiempos de retorno, usando para ello el software Hidroesta V2, con el cual se pudo aplicar las diferentes distribuciones estadísticas (Normal, logaritmo normal 2 parámetros, logaritmo normal 3 parámetros, Gamma 2 parámetros, Gamma 3 parámetros, logaritmo Gumbel, Gumbel).

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Jayanca						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log-Gumbel	Gumbel
2	27.03	16.94	16.65	20.05	18.42	14.43	22.3
5	51.27	38.59	38.28	42.77	44.89	34.25	47.76
10	63.95	59.38	59.44	59.38	64.69	60.72	64.61
25	77.47	93.98	95.2	80.98	90.7	125.16	85.91
50	86.2	126.44	129.13	97.14	110.29	214.06	101.7
100	94.06	165.09	169.92	113.18	129.81	364.65	117.39
150	98.33	190.88	197.33	122.51	141.19	497.48	126.53
200	101.24	210.72	218.49	129.08	149.23	619.97	133.01
500	109.95	283.25	296.37	149.85	174.64	1248.73	153.62

Figura 40: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Jayanca.
Fuente: Elaboración propia.

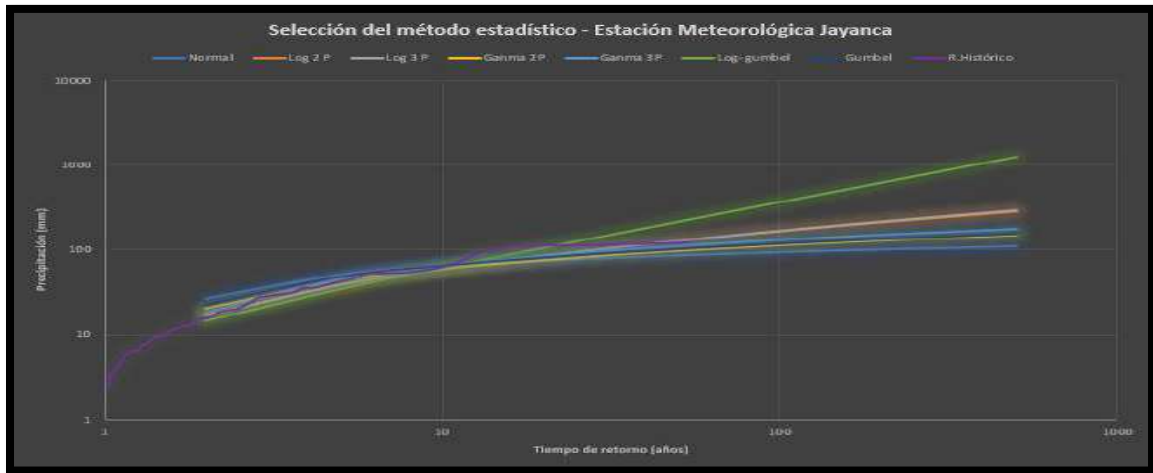


Figura 41: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.
Fuente: Elaboración propia.

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Tocmoche						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log-Gumbel	Gumbel
2	50.55	40.1	47.76	43.48	48.48	35.22	45.74
5	75.18	77.95	73.6	74.39	74.39	70.79	71.61
10	88.07	110.38	88.91	95.06	89.14	112.39	88.74
25	101.81	159.94	106.75	120.73	105.8	201.56	110.38
50	110.68	203.21	119.18	139.37	117.09	310.87	126.43
100	118.66	252.05	131	157.54	127.58	477.94	142.37
150	123	283.4	137.7	167.97	133.43	614.19	151.66
200	125.96	306.96	142.38	175.28	137.43	733.65	158.25
500	134.81	389.76	156.94	198.15	149.68	1291.31	179.19

Figura 42: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Tocmoche.
Fuente: Elaboración propia.

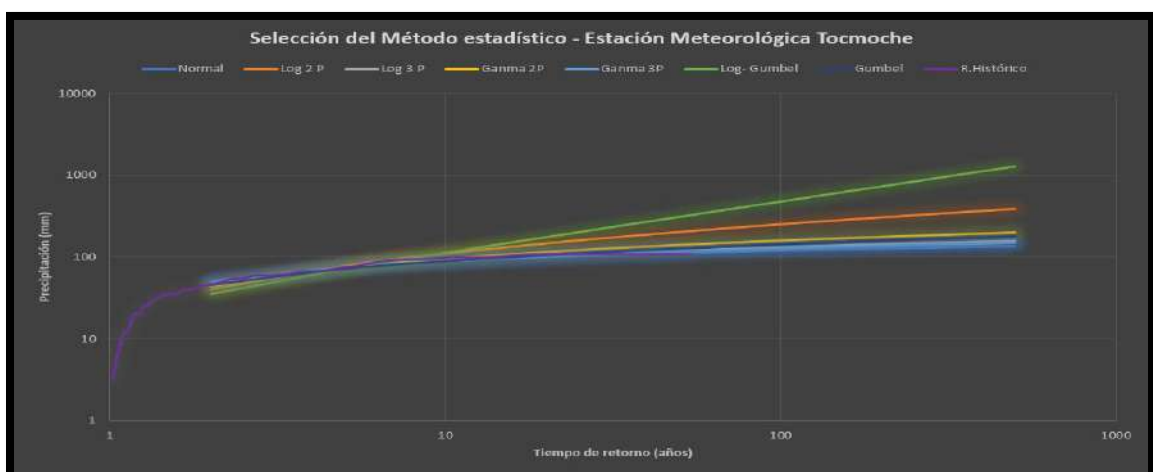


Figura 43: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.
Fuente: Elaboración propia.

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Puchaca						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log-Gumbel	Gumbel
2	50.41	36.77	41.02	41.12	43.51	31.85	44.25
5	81.99	76.75	75.03	76.74	78.25	68.99	77.42
10	98.52	112.8	100.35	101.43	100.72	115.07	99.38
25	116.13	170.04	135.22	132.68	128.14	219.65	127.12
50	127.51	221.65	163.13	155.67	147.79	354.83	147.71
100	137.74	281.31	192.64	178.24	166.78	571.17	168.14
150	143.31	320.29	210.7	191.27	177.64	753.92	180.05
200	147.1	349.89	223.9	200.43	185.22	917.83	188.49
500	158.45	455.75	268.14	229.19	208.83	1716.06	215.35

Figura 44: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Puchaca.
Fuente: Elaboración propia.

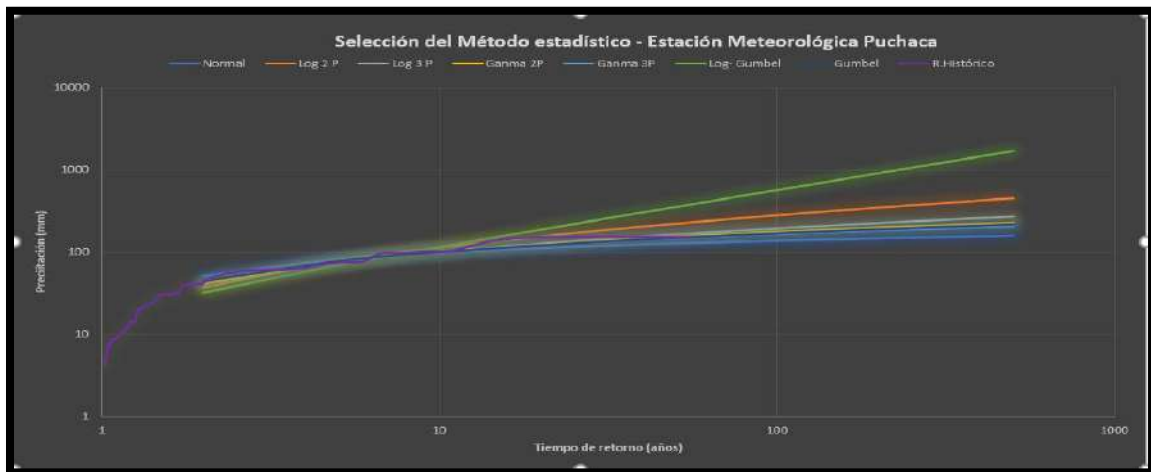


Figura 45: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.
Fuente: Elaboración propia.

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Cueva Blanca						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log-Gumbel	Gumbel
2	40.75	38.07	37.56	38.96	37.37	35.86	38.08
5	54.46	51.68	51.28	52.46	52.51	49.44	52.47
10	61.63	60.65	60.73	60.6	62.56	61.15	62
25	69.27	71.93	73.01	70.12	75.01	80	74.04
50	74.21	80.3	82.39	76.75	84.03	97.65	82.98
100	78.65	88.67	91.95	83.03	92.81	119.01	91.84
150	81.07	93.58	97.65	86.58	97.84	133.56	97.01
200	82.71	97.08	101.75	89.03	101.37	144.93	100.68
500	87.64	108.35	115.14	96.6	112.4	187.98	112.33

Figura 46: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Cueva Blanca.
Fuente: Elaboración propia.

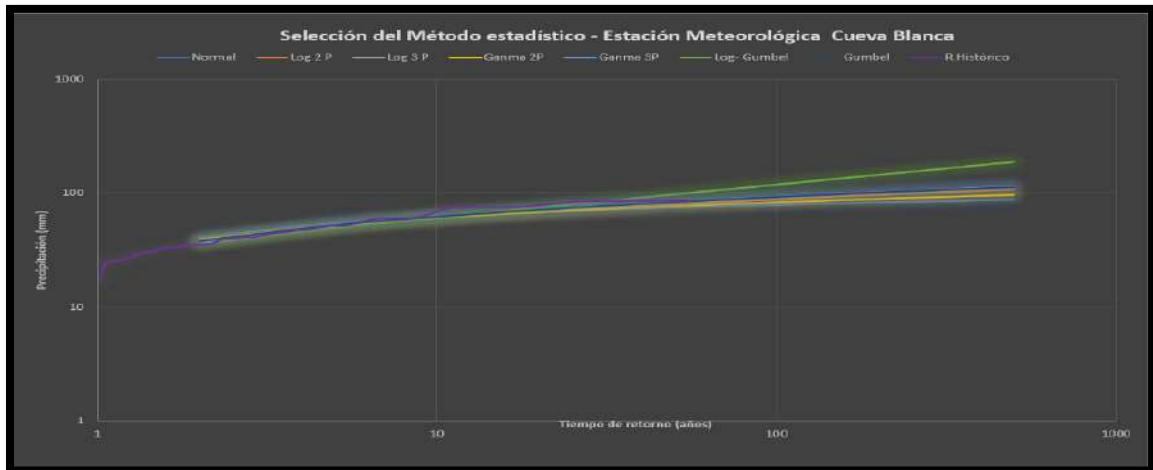


Figura 47: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.
Fuente: Elaboración propia.

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Incahuasi						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log- Gumbel	Gumbel
2	35.7	33.88	34.14	34.48	34.68	32.11	33.78
5	45.52	44.63	44.58	44.8	45.1	42.88	44.09
10	50.65	51.54	51.1	50.91	51.15	51.93	50.92
25	56.13	60.1	58.97	57.99	58.06	66.15	59.55
50	59.67	66.37	64.63	62.88	62.79	79.16	65.95
100	62.85	72.57	70.14	67.5	67.21	94.6	72.3
150	64.58	76.18	73.32	70.09	69.68	104.96	76.01
200	65.76	78.74	75.56	71.88	71.38	112.98	78.63
500	69.29	86.93	82.65	77.39	76.6	142.8	86.98

Figura 48: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Incahuasi.
Fuente: Elaboración propia.

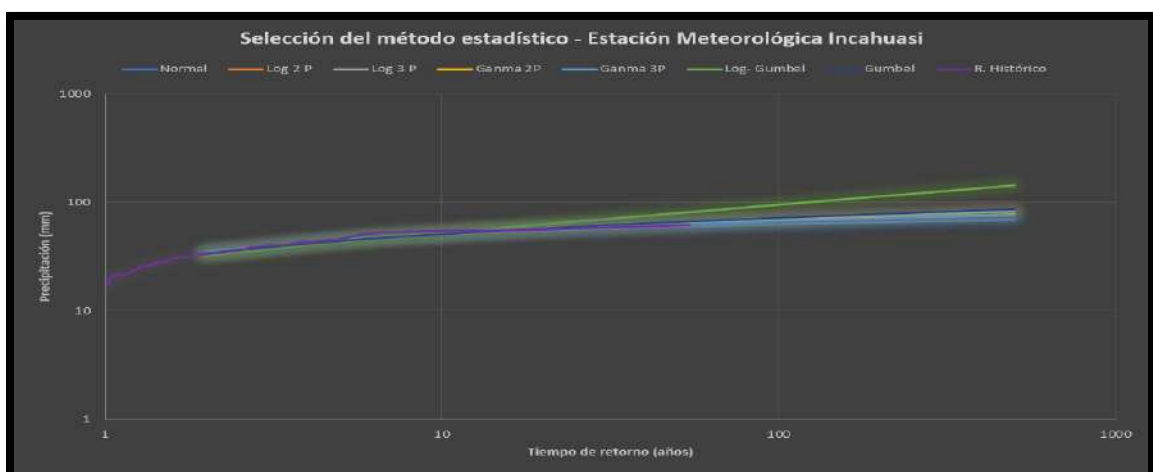


Figura 49: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico.
Fuente: Elaboración propia.

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Tinajones						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log-Gumbel	Gumbel
2	35.94	27.75	29.34	30.38	31.29	24.49	31.77
5	57.31	52.64	52.22	53.54	54.8	47.98	54.21
10	68.49	73.6	69.53	69.21	69.98	74.89	69.07
25	80.41	105.19	93.65	88.81	88.5	131.44	87.85
50	88.11	132.48	113.15	103.1	101.77	199.53	101.77
100	95.03	163.02	133.91	117.06	114.59	301.94	115.6
150	98.8	182.51	146.69	125.1	121.92	384.45	123.66
200	101.37	197.11	156.05	130.73	127.03	456.24	129.38
500	109.04	248.08	187.61	148.39	142.96	786.51	147.55

Figura 50: Cuadro de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Tinajones. Fuente: Elaboración propia.

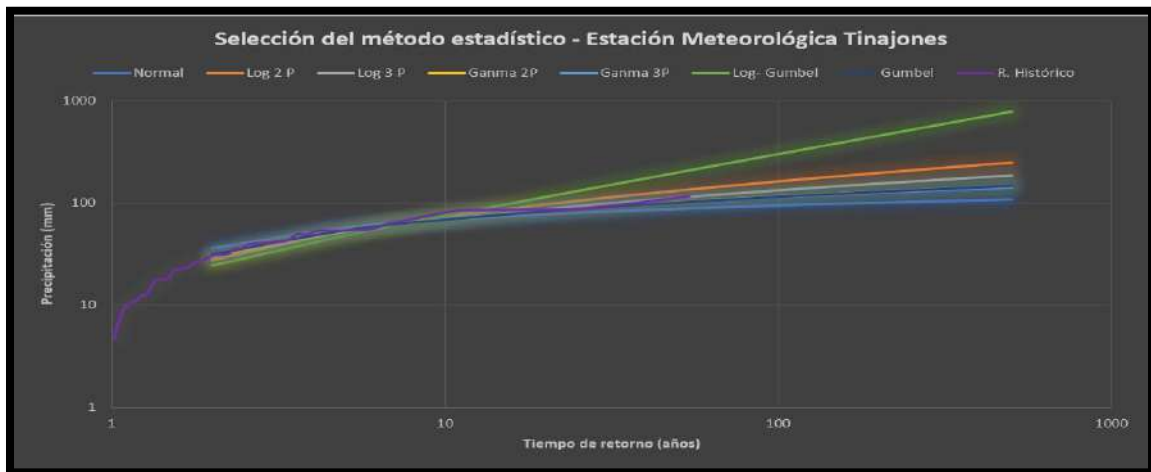


Figura 51: Selección de la distribución estadística que mejor se ajusta al registro histórico. Fuente: Elaboración propia.

Posterior se procedió a calcular la precipitación media de la cuenca aplicando los métodos del polígono de Thiessen y el método de las isoyetas, para lo cual se usó el software ArcMap 10.5 para calcular el área de influencia de cada estación meteorológica por medio de la triangulación de la cuenca o realizar la interpolación de curvas y estaciones dentro y fuera de la cuenca para cada tiempo de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200 y 500 años), usando para ello la distribución estadística de precipitaciones máximas que más similitud tenía con el registro histórico de las estaciones Incahuasi, Tinajones, Tocmoche, Puchaca, Cueva Blanca y Jayanca.

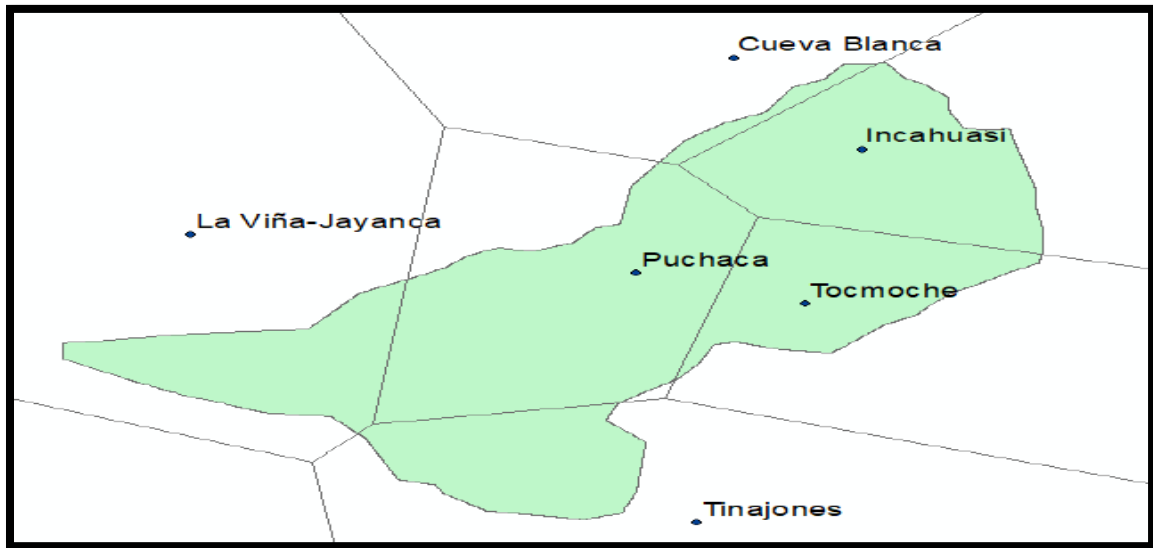


Figura 52: Delimitación de las áreas de influencia usando el polígono de Thiessen.
 Fuente: Elaboración propia usando el software ArcMap 10.5.

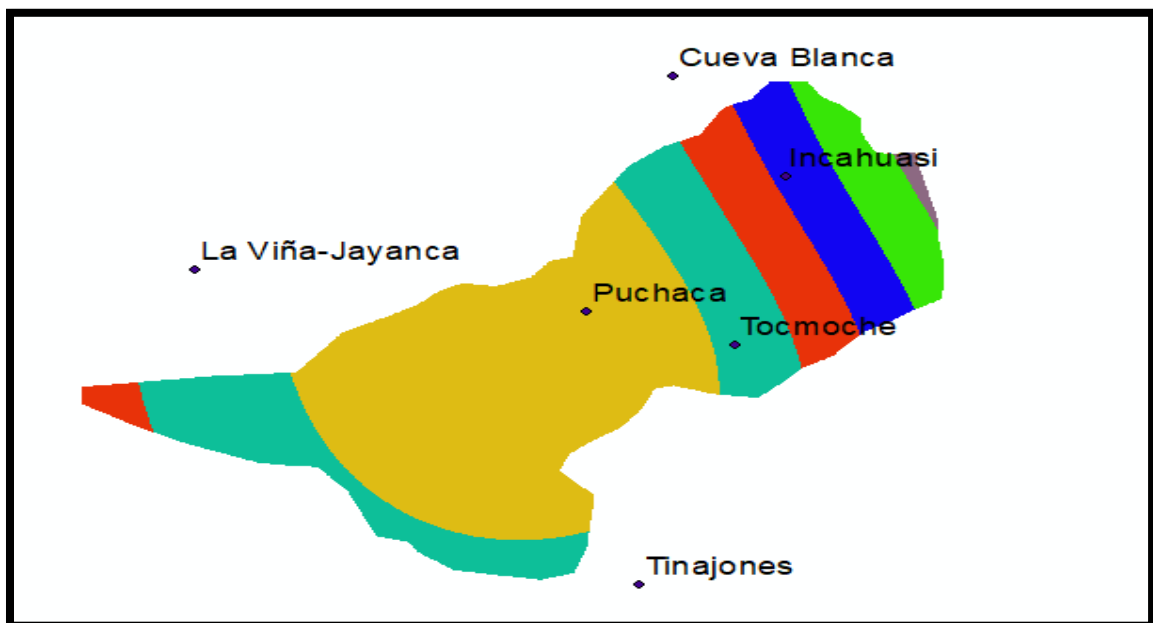


Figura 53: Delimitación de las curvas de isoyetas.
 Fuente: Elaboración propia usando el software ArcMap 10.5.

Con lo cual se obtuvieron las precipitaciones medias de la cuenca del río La Leche para los diferentes tiempos de retorno

Tabla 26:
Tabla de precipitaciones media de la cuenca del río La Leche

TR (AÑOS)	Polígono de Thiessen Precipitación media (mm)	Método de las Isoyetas Precipitación media (mm)
2.00	37.39	36.07
5.00	60.58	58.77
10.00	76.31	74.93
25.00	97.07	95.09
50.00	113.37	113.38
100.00	130.49	130.07
150.00	140.98	143.05
200.00	148.65	151.42
500.00	174.62	180.88

Fuente: Elaborado por el autor.

Aplicando la fórmula de intensidades máximas, se han elaborado las curvas IDF para las precipitaciones medias obtenidas por el método del polígono de Thiessen y el método de las Isoyetas, tal como se describen en la figura 54 y figura 55.

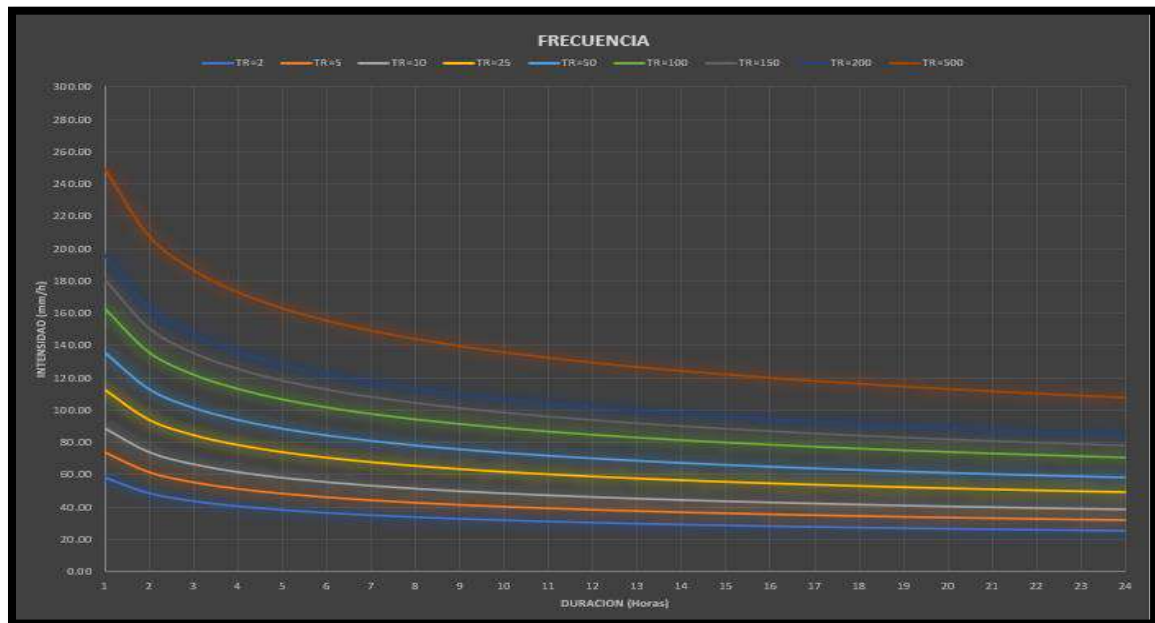


Figura 54: Curvas IDF para las precipitaciones medias obtenidas por el método del polígono de Thiessen.

Fuente: Elaboración propia.

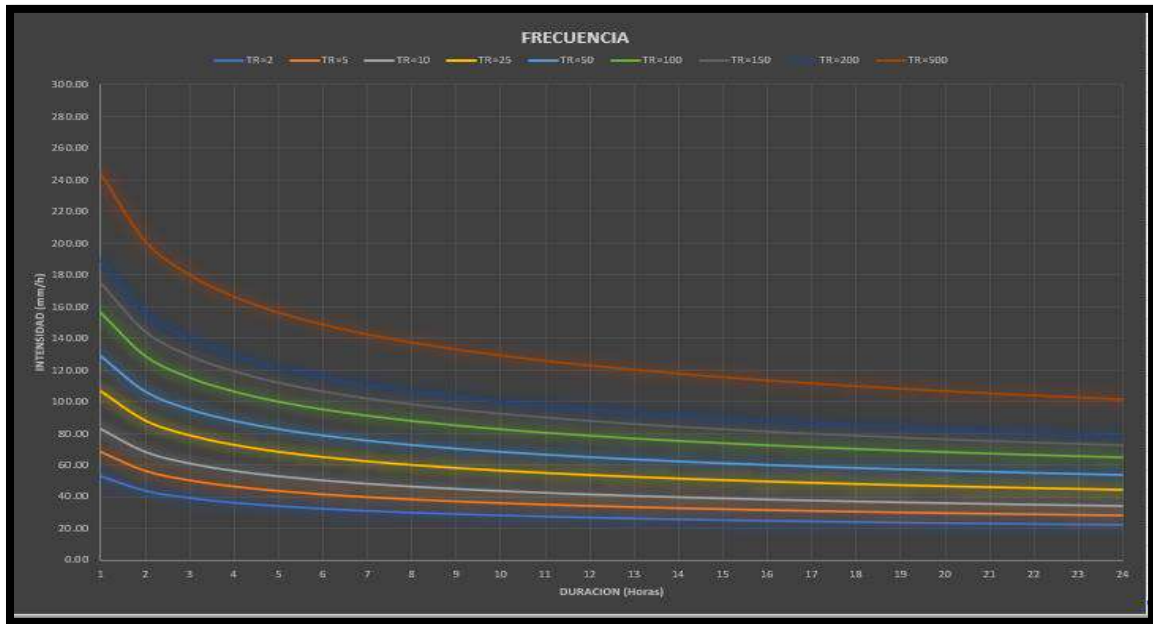


Figura 55: Curvas IDF para las precipitaciones medias obtenidas por el método de las Isoyetas.
Fuente: Elaboración propia.

Con lo cual se ha podido calcular las intensidades para un tiempo de concentración aproximado de 10 horas, y aplicando la fórmula del método racional, método de Mac Math y método de Burkli – Zieger, se ha obtenido para un tiempo de retorno de 500 y 50 años el caudal de diseño para la defensa ribereña y socavación.

Tabla 27:
Intensidades para los diferentes tiempos de retornos

INTENSIDAD	P. THIESEN	M. ISOYETAS	PROMEDIO
I (10 horas)-TR 500 AÑOS=	98.76	92.29	95.525
I (10 horas)-TR 50 AÑOS=	73.87	68.08	70.975

Fuente: Elaborado por el autor.

$$A = 1623.07 \text{ Km}^2$$

$$C = 0.43$$

$$S = 4.77 \%$$

Caudal por el método racional.

$$Q = 0.278CIA$$

$$Q_{(TR=500)} = 18568.47 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{(TR=50)} = 13796.36 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal por el método de Mac Math

$$Q = 0.0091CIA^{\frac{4}{5}}S^{\frac{1}{5}}$$

$$Q_{(TR=500)} = 7545.20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{(TR=50)} = 5606.07 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal por el método de Burkli - Zieger

$$Q = 0.022CIA \left(\frac{S}{A} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$Q_{(TR=500)} = 1925.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{(TR=50)} = 1430.30 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se hace mención que según el manual de hidrología e hidráulica indica que para las defensas ribereñas se deben diseñar con caudales máximos obtenidos en tiempo de retorno de 150 años (Fórmula del riesgo admisible de falla = 139 años), pero el autor de la presente investigación ha considerado conveniente diseñar la defensa ribereña con caudales máximos obtenidos del estudio pluviométrico con tiempo de retorno de 50 años, ya que el área de estudio al estar comprendido dentro de la zona arqueológica del Bosque de Pomac y encontrarse cerca de huacas y restos arqueológicos, se debe evitar la alteración del paisaje, y al diseñar una defensa ribereña y realizar una descolmatación con un tiempo de retorno de 150 años, se tenía que ampliar la base del río a dimensiones que afectaban las estructuras arqueológicas de Huacas o restringían las vías de acceso; asimismo se ha obviado los caudales obtenidos por el estudio hidrométrico ya que presentaban valores muy por debajo del registro histórico.

3.1.3 Determinar las características geotécnicas del lecho y márgenes del cauce del río, mediante los ensayos de mecánica de suelos.

Se realizaron dos excavaciones en época de estiaje a una profundidad de 2.00 m para extraer una calicata por excavación y obtener muestras alteradas e inalteradas In Situ del área de estudio con la finalidad de realizar los ensayos de mecánica de suelo, las cuales se realizaron en la margen derecha del río La Leche, tal como se ubican en la figura 56, y luego de ser correctamente embaladas y aseguradas para evitar la pérdida de humedad de la muestra o alteraciones en sus densidades, fueron trasladadas al laboratorio de mecánica de suelos de la universidad Señor de Sipán.

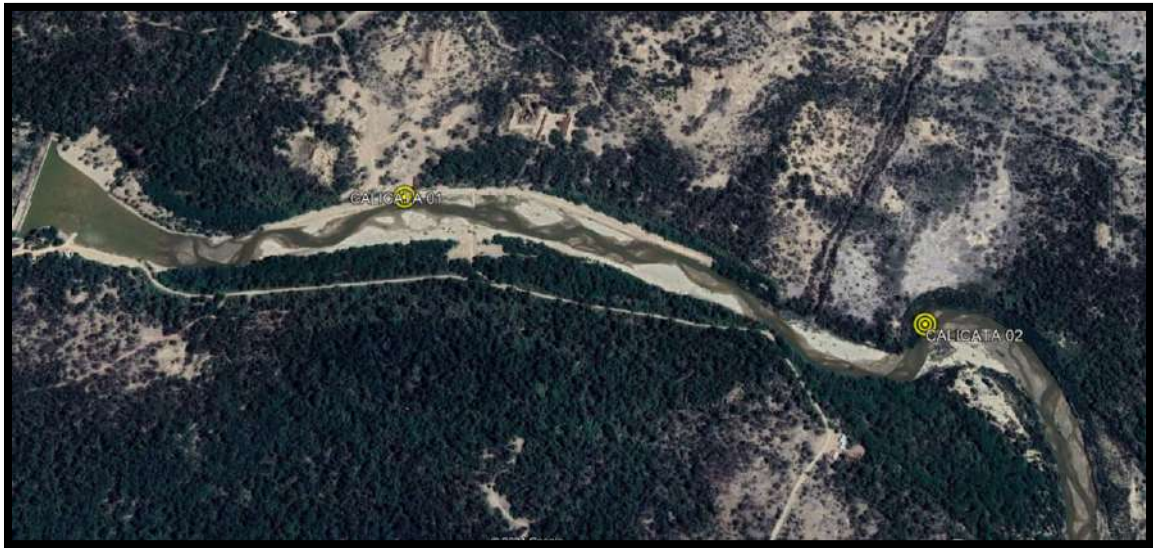


Figura 56: Ubicación de las calicatas realizadas en el área de estudio.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 57: Muestras de suelo extraídas de los bordes del río La Leche.
Fuente: Elaboración propia.

Con las muestras de suelo extraídas se elaboraron los ensayos de mecánica de suelos (distribución granulométrica, límite de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, coeficiente de permeabilidad y ensayo de corte directo) con la finalidad de establecer los parámetros y valores a usarse en el estudio hidráulico del río La Leche y pre dimensionamiento del dique

3.1.3.1 Análisis Granulométrico.

Con las 2 muestras alteradas extraídas, se procedió a clasificar la muestra por su granulometría, ensayo que se realizó con muestras compuestas por 465.17 gramos en el primer ensayo, y el segundo de 571 gramos, y se clasifico de acuerdo a su granulometría tal como se observa en el anexo 02; obteniendo las curvas granulométricas observadas en la figura 59 y 60



Figura 58: Elaboración del ensayo de análisis granulométrico por tamizado.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.2 Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

Por ser un material granular (Arena mal graduada), no presenta límite líquido o plástico, asimismo se ha podido determinar dentro de la clasificación AASHTO que la muestra corresponde a una arena fina A-3 (0)

3.1.3.3 Ensayo de permeabilidad para suelos granulares

Se realizaron dos ensayos con muestras conformadas por 4110 y 4116 gramos, los cuales se encuentran en el anexo 02 de la presente tesis, y se determinó la distancia que toma en recorrer un cuerpo de agua en una muestra de suelo inalterada durante 1 segundo, datos que fueron usados en la simulación de estabilidad en el software Slide V 5.0.



Figura 61: Ensayo de permeabilidad para suelos granulares.
Fuente: Elaboración propia.

$$K(T_x) = \frac{QxL}{Axhxt} \quad K(T_{20}) = K(T_x) \frac{T_x}{T_{20}}$$

Tabla 28:

Valores de permeabilidad para suelos granulares

Datos	Ensayo de Permeabilidad 01	Ensayo de Permeabilidad 02
T _x	0.997	0.997
T ₂₀	0.998	0.998
Q (cm ³ /s)	87	78.5
L (cm)	10.9	10.9
A (cm ³)	183.85	183.85
h (cm)	63.7	63.7
t (s)	31.42	26.85
K _{T_x} (cm/s)	0.00258	0.00272
K _{T₂₀} (cm/s)	0.0026	0.0027

Fuente: Elaborado por el autor.

3.1.3.4 Ensayo de Corte directo

Al ser un suelo constituido por material granular, se ha optado por realizar dos ensayos de corte directo con muestras inalteradas en condiciones consolidado – drenado, tal como se observa en el anexo N° 02, con lo cual se pudo promediar resultados obtenidos y calcular el ángulo de fricción interna y el grado de cohesión del suelo.

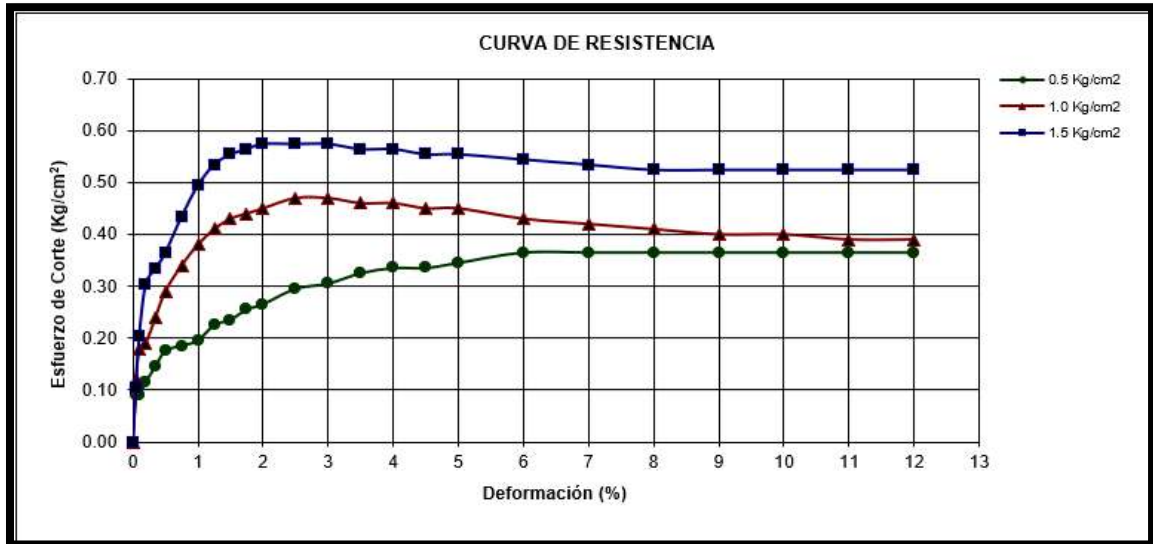


Figura 62: Curva de resistencia obtenidas del ensayo de corte directo aplicado a la C1-M1. Fuente: Elaboración propia.

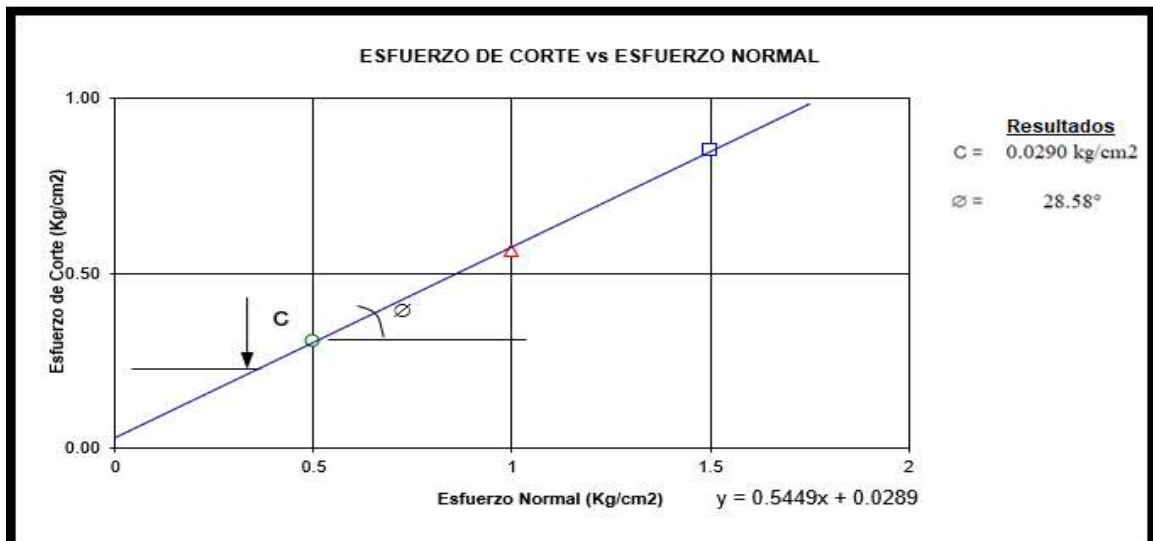


Figura 63: Gráfica de esfuerzo de corte máximo y esfuerzo normal obtenido del ensayo de corte directo aplicado a la C1-M1. Fuente: Elaboración propia.

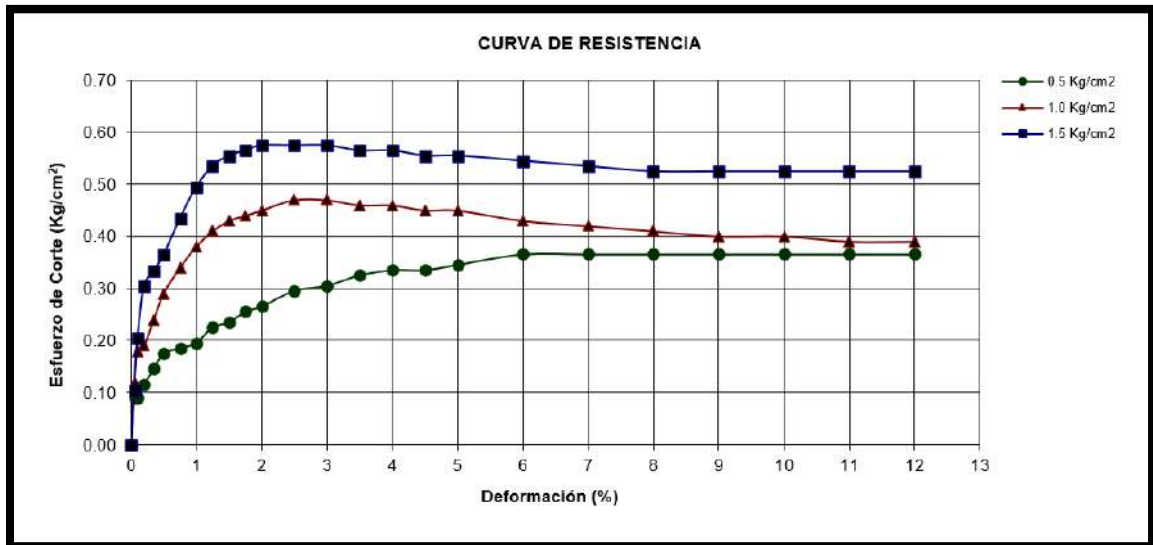


Figura 64: Curva de resistencia obtenidas del ensayo de corte directo aplicado a la C2-M1. Fuente: Elaboración propia.

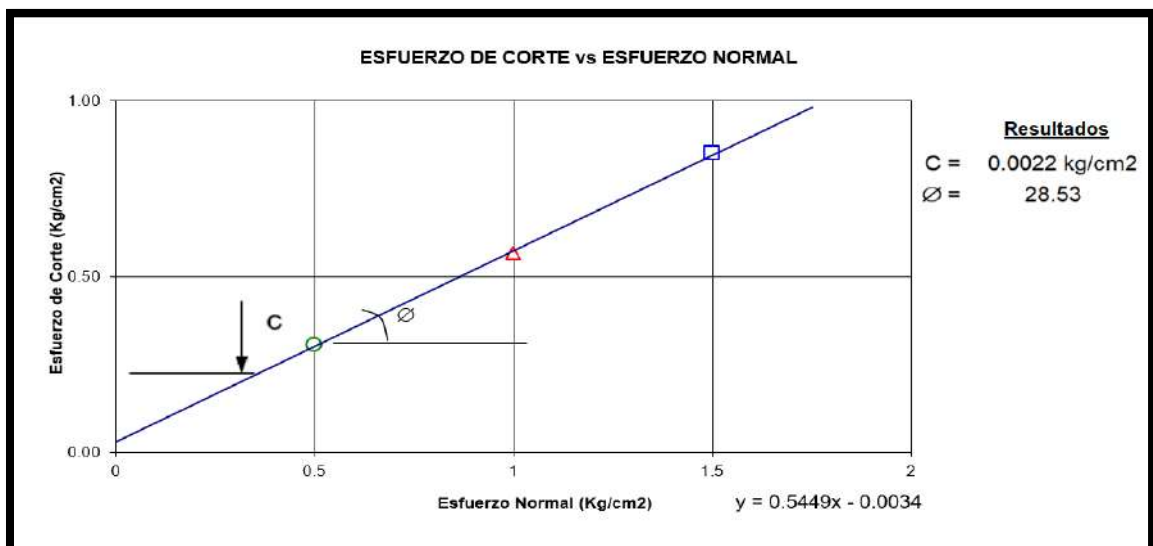


Figura 65: Gráfica de esfuerzo de corte máximo y esfuerzo normal obtenido del ensayo de corte directo aplicado a la C2-M1. Fuente: Elaboración propia.

	C1-M1	C2-M1	Promedio
C (kg/cm ²)	0.0290	0.0022	0.0156
Ø	28.58°	28.53°	28.56°

La estructura hidráulica que se propone como defensa ribereña del área de estudio está conformada por diques de tierra de material homogéneo, el cual se ha planteado que sea construido a base de capas compactadas de espesores de 20 centímetros de gravas arcillosa mal graduada, (material predominante en suelos con estratigrafía formada por depósitos fluviales); y teniendo como distancia que separa la cantera Tres Tomas al área de estudio (28.6 Km), el autor de la presente tesis a considerado una descripción geológica de la cuenca del río La Leche para que posterior se determine cual sea la ubicación de la cantera, teniendo en cuenta la contaminación ambiental que esta pueda generar, los permisos respectivos en caso sea ubicada dentro o adyacente de la zona arqueológica del bosque de Pómac, o la accesibilidad al área de estudio para el transporte del material de préstamo.

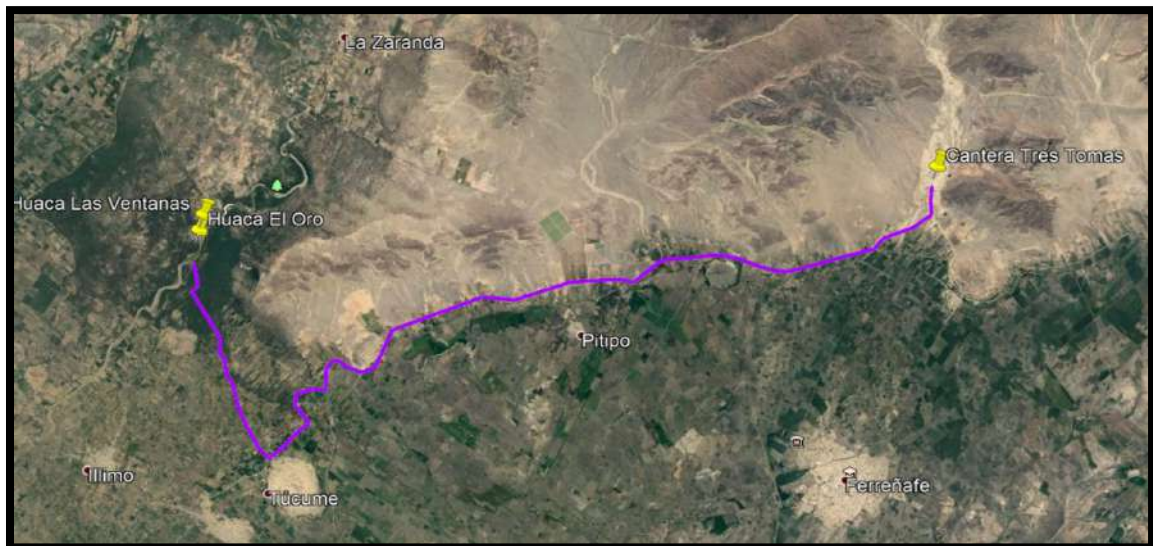


Figura 66: Ubicación del camino que une la cantera Tres Tomas y el área de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 Establecer las características geológicas de la cuenca delimitada del río La Leche.

Se observa en el anexo 05 que el área de estudio se encuentra ubicada sobre estratos formados por depósitos fluviales, lo que permitiría ubicar una posible cantera de extracción de material de préstamo en zonas cercanas al área de estudio.

3.1.5 Proponer la defensa ribereña como solución para evitar desbordes en los tramos huaca El Oro y Las Ventanas del río La Leche.

Con la data topográfica obtenida del río La Leche, y con el caudal de diseño calculado del estudio pluviométrico para un tiempo de retorno de 50 años, se procedió a simular en el software Hecras V 5.0.7 el tramo de 2 Km del río La Leche, dividiéndolo en secciones

distribuidas cada 10 metros, para determinar si ante un evento extraordinario cuales serían las zonas más vulnerables a ser desbordadas por un caudal 1430.30 m³/s

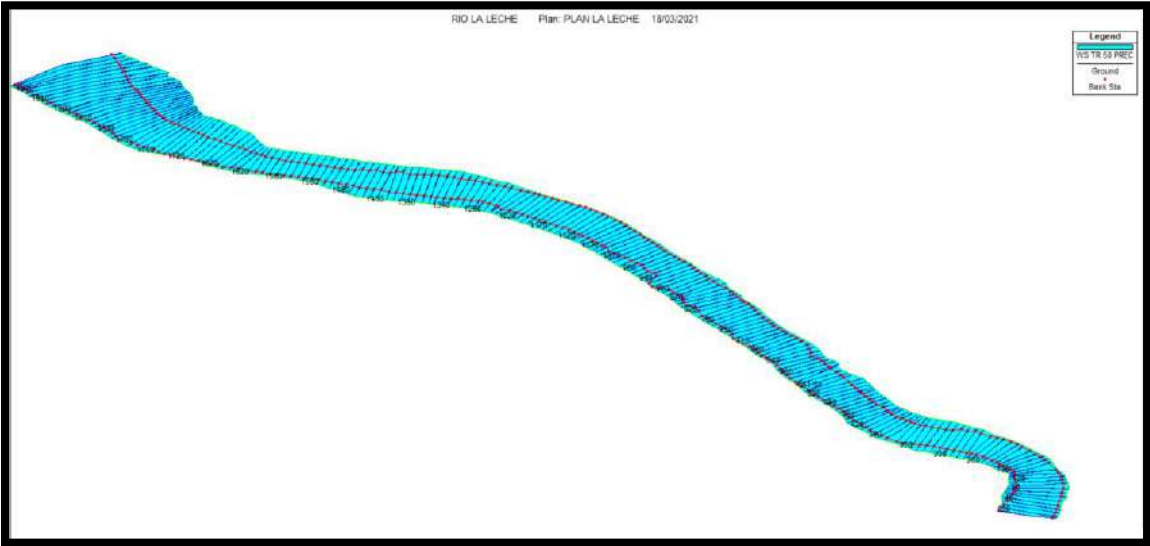


Figura 67: Simulación del tramo de 2 Km del río La Leche en el software Hecras V 5.0.7
Fuente: Elaboración propia usando el software Hecras V 5.0.7

Con lo cual se puede observar que el cauce no tiene capacidad de soportar un caudal de 1430.30 m³/s, tal como se muestra en la figura 67, originando desbordes en diversas zonas del río, siendo los puntos más vulnerables los ubicados en la margen derecha del punto 0+540 km hasta el punto 1+450 km aproximadamente, información que se pudo obtener del análisis de las secciones transversales del tramo estudiado.

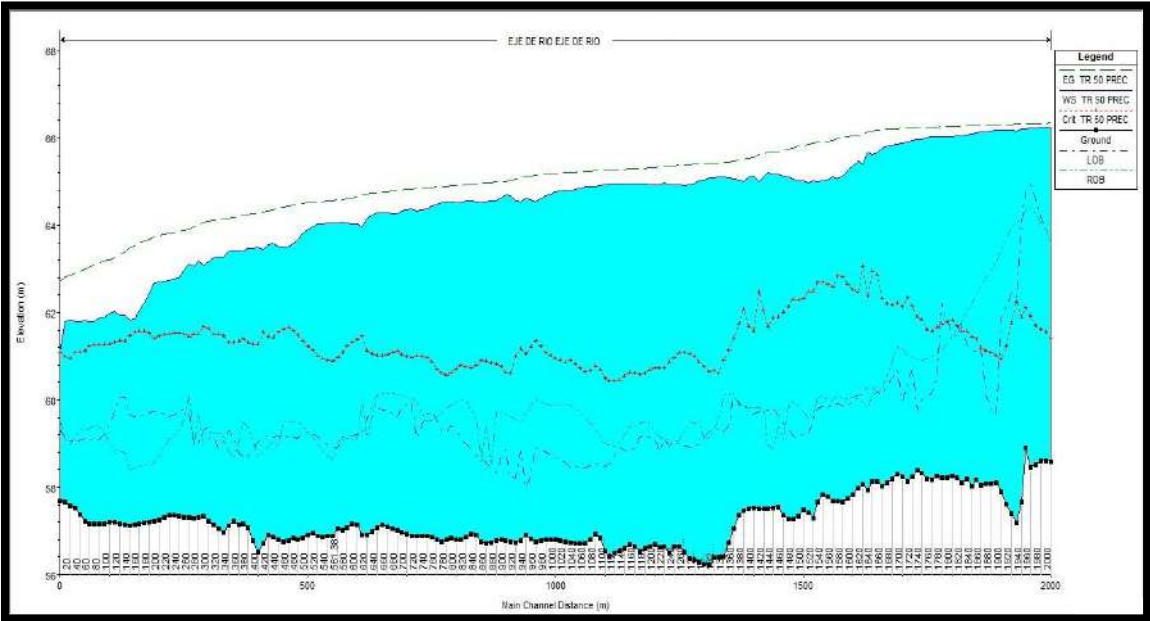


Figura 68: Perfil Longitudinal del tramo simulado de 2 km correspondientes al río La Leche
Fuente: Elaboración propia usando el software Hecras V 5.0.7

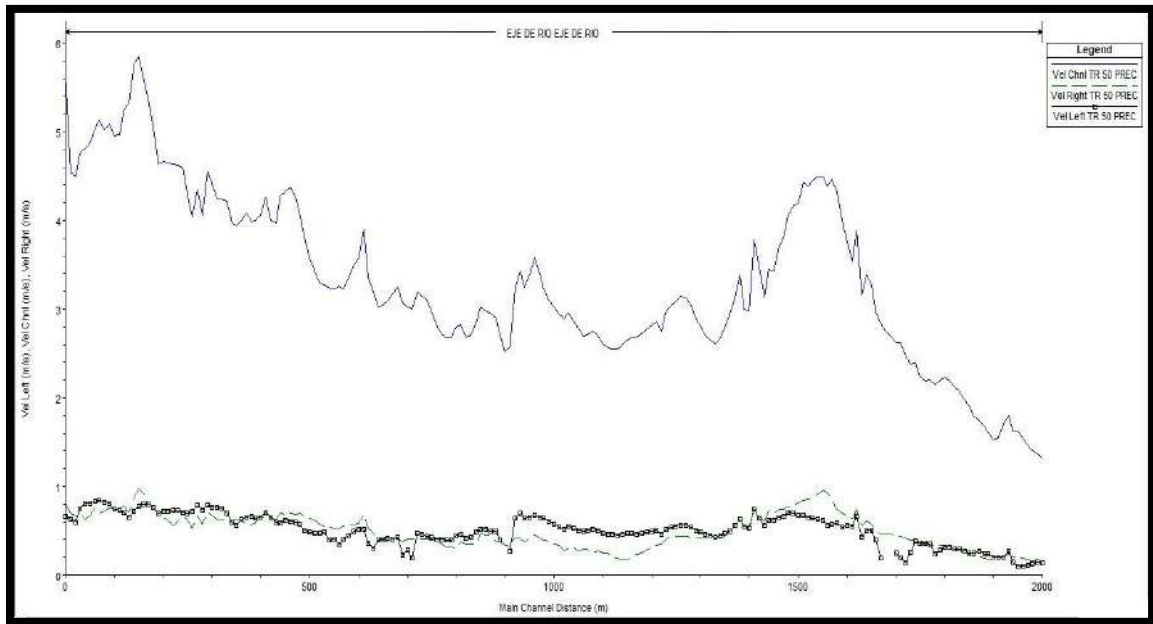


Figura 69: Cuadro de velocidades del agua que recorre el cauce y borde correspondientes al río La Leche.
 Fuente: Elaboración propia usando el software Hecras V 5.0.7.

Una vez definido la longitud y ubicación del tramo a proteger, se procedió a realizar el cálculo de ancho promedio, tirante de agua, socavación y predimensionamiento del dique de material homogéneo y enrocado.

3.1.5.1 Pendiente hidráulica

Para el diseño de la defensa ribereña, se tomará la pendiente hidráulica de acuerdo a lo indicado en los planos topográficos del tramo del río La Leche.

Cota 0+000 km = 59.09 m.s.n.m

Cota 2+000 km = 57.81 m.s.n.m

S=0.064 %

3.1.5.2 Ancho estable

3.1.5.2.1 Método de Petits

$$B = 4.44(Q)^{\frac{1}{2}}$$

Variables

Q= 1430.30 m³/s

B= 167.92 m

3.1.5.2.2 Blench y Altunin:

$$B = 1.8(Q \frac{F_b}{F_s})^{\frac{1}{2}}$$

Variables

$$F_s = 0.80$$

$$F_b = 0.0$$

$$Q = 1430.30 \text{ en m}^3/\text{s}$$

$$B = 192.54 \text{ m}$$

3.1.5.2.3 Simon Henderson

$$B = K_1(Q)^{\frac{1}{2}}$$

Variables

$$K_1 = 2.80$$

$$Q = 1430.30 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1.5.2.4 Método de Manning

$$B = \frac{Q^{1/2}}{S^{1/5}} (nK^{5/3})^{\frac{3}{(3+5m)}}$$

Variables

$$Q = 1430.30 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = 0.00064$$

$$K = 10$$

$$n = 0.03$$

$$m = 0.70$$

$$B = 191.80 \text{ (m)}$$

Luego se promedian las bases

Método	B (metros)
Simons y Henderson	105.89
Altunin - Manning	191.80
Blench	192.54
Pettis	167.92
Promedio	165.00

3.1.5.3 Tirante de máxima avenida

$$y = \left(\frac{Q}{K_s * b * S^{1/2}} \right)^{3/5}$$

$$K_s = 33$$

$$b = 165 \text{ m}$$

$$S = 0.00064$$

$$Q = 1430.30 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$y = 4.07 \text{ m}$$

3.1.5.3.1 Sección teórica del cauce

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

Variables

$$y = 4.07 \text{ m}$$

$$A = 642.86 \text{ m}^2$$

$$P = 167.86 \text{ m}$$

$$S = 0.00064$$

$$R = 3.85$$

$$K_s = 33$$

$$V = 2.07 \text{ m/s}$$

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

$$V = 2.07 \text{ m/s}$$

$$A = 642.86 \text{ m}^2$$

$$b = 165 \text{ m}$$

$$T = 3.90 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 0.335$$

3.1.5.3.2 Borde libre

Para encontrar el borde libre se usará la siguiente fórmula:

$$Bl = \emptyset \frac{V^2}{2g}$$

Variable

$$G = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$V = 2.07 \text{ m/s}$$

$$\emptyset = 1.4$$

$$Bl = 0.31 \text{ m}$$

3.1.5.4 Predimensionamiento del dique homogéneo de tierra con protección de enrocado

$$Hm = Bl + T$$

$$y = 4.07 \text{ m}$$

$$Bl = 0.31 \text{ m}$$

$$Hm = 4.38 \text{ m}$$

$$Hm = 6.60 \text{ m}$$

Ancho de corona : se considerará una longitud mínima de tres metros, pero por ser una zona donde suelen ocurrir lluvias constantes , se considerará cuatro metros para brindar mayor estabilidad.

Talud	Horizontal	Vertical
Cara Seca	1	1
Cara húmeda	1.5	1

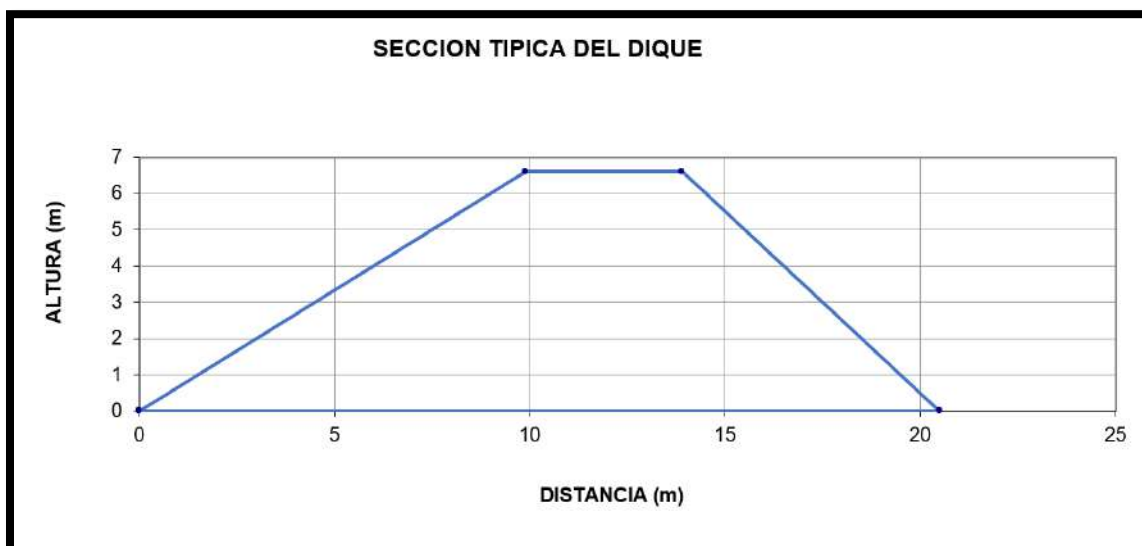


Figura 70: Dimensiones del dique homogéneo de tierra.
Fuente: Elaboración propia usando el software Hecras V 5.0.7.

La altura del dique homogéneo de tierra con protección de enrocado se redondea a 6.60 m de altura, ya que este valor ha sido simulado en el software Hecras V 5.0.7, donde se constató que cumple en evitar inundaciones para un caudal de diseño $1430.30 \text{ m}^3/\text{s}$, como se observa en la figura 72 con la simulación 3D y en la figura 73 con la gráfica de velocidades del flujo vs distancia del cauce del río, observando que no existen velocidades de flujo en los bordes derecho e izquierdo; como se vio en un inicio con la simulación actual del río La Leche en la figura 69, asimismo se ha considerado como solución adicional en la simulación del software Hecras V 5.0.7 el realizar descolmatación del área de estudio, construcción de bordes y uniformizar el ancho del río a 70 metros, desde la cota 0+000 km hasta la cota 1+850 km, tramo que ha sido dividido en 3 secciones típicas tal como se aprecian en la figura 74 y en el anexo 3.3. También se ha optado por definir el material que va a componer el cuerpo del dique, el cual será según la figura 75 será una GC (grava arcillosa de mezclas mal graduadas de grava arena y arcilla), y será compactada en capas de 20 centímetros usando como equipo de compactación tamper autopropulsado o un rodillo pata de cabra autopropulsado según indica la figura 76.

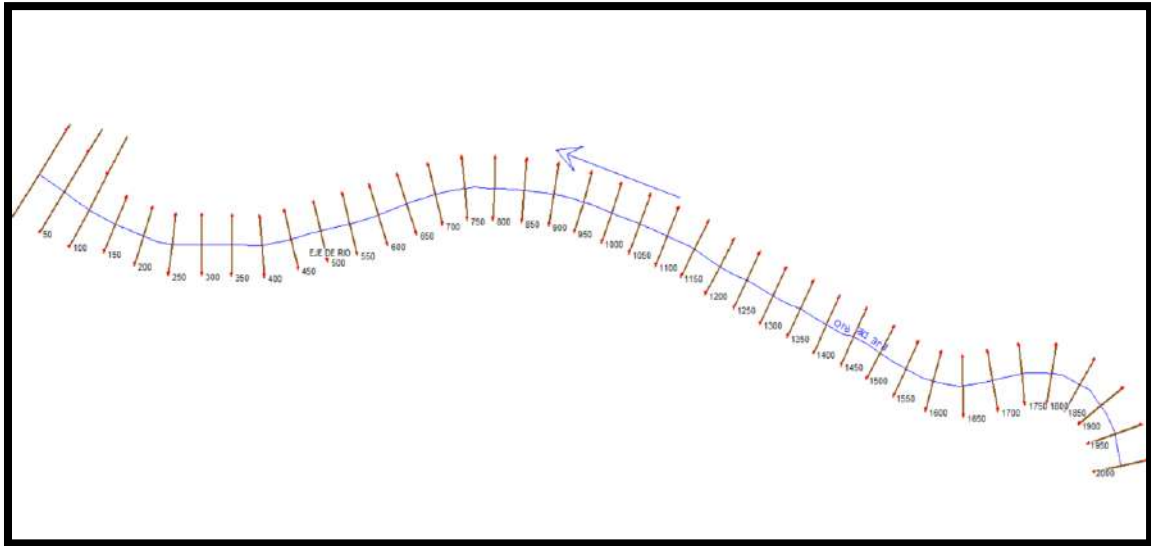


Figura 71: Simulación del tramo de 2 Km del río La Leche con descolmatación del lecho con protección de dique homogéneo de tierra con protección de enrocado en el software Hecras V 5.0.7.

Fuente: Elaboración propia usando el software Hecras V 5.0.7.

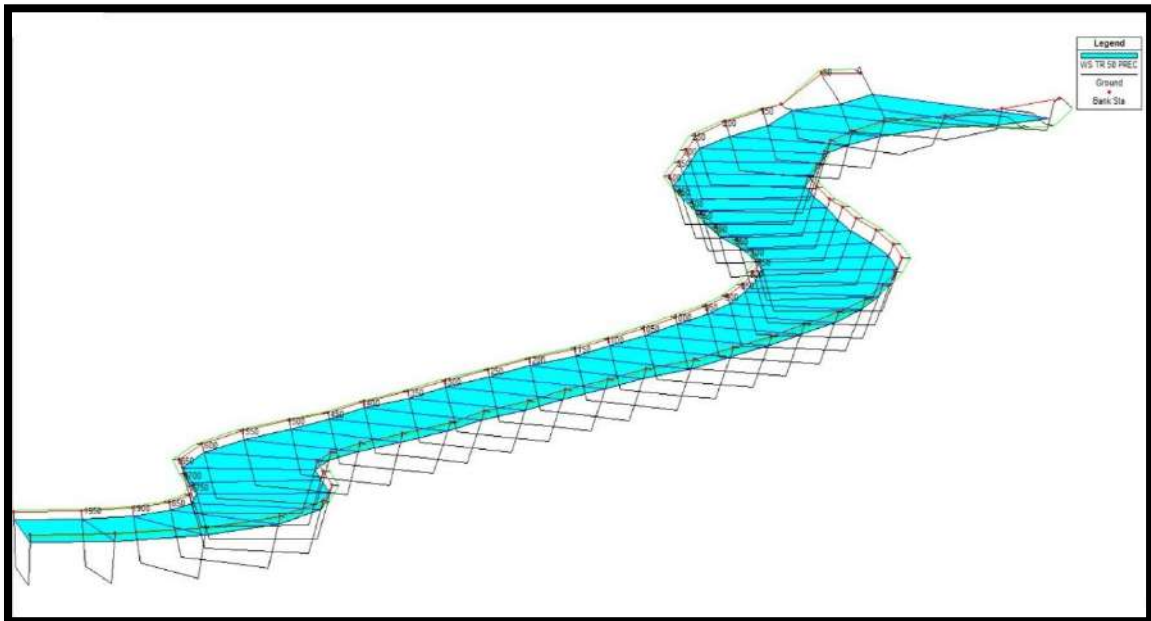


Figura 72: Simulación en 3D del río La Leche con descolmatación del lecho y protección de dique de tierra con protección de enrocado.

Fuente: Elaboración propia usando el software Hecras V5.0.7

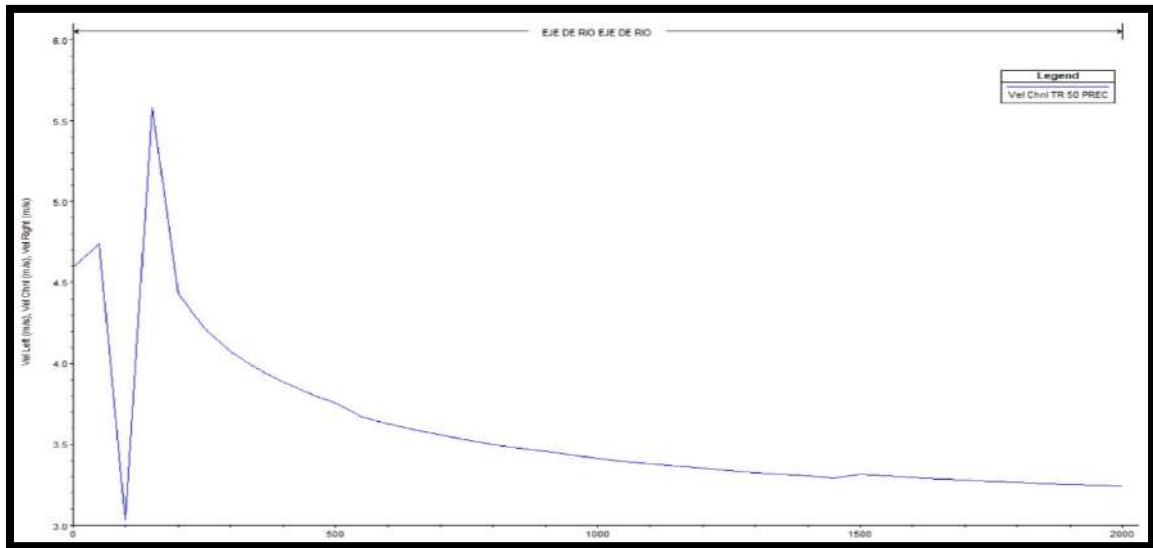


Figura 73: Gráfica de distancia con velocidades del cauce y bordes del río La Leche. Fuente: Elaboración propia usando el software Hecras V5.0.7.

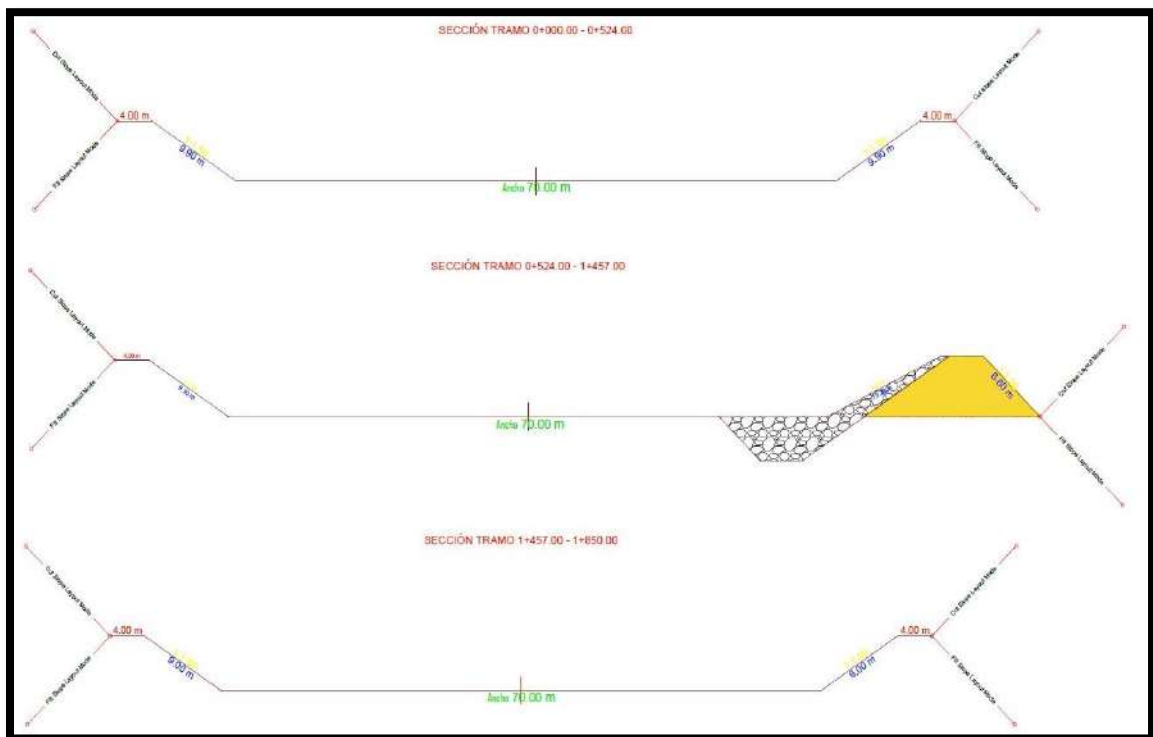


Figura 74: Secciones típicas que comprenden la cota 0+000 km hasta la cota 1+850 km. Fuente: Elaboración propia usando el software Civil 3D.

Propiedades y aplicaciones en obras de ingeniería. Según Wagner, 1957

Denominaciones típicas de los grupos de suelo	Símbolo del grupo	Propiedades más importantes				Aplicación relativa para diversas aplicaciones									
		Permeabilidad en estado compactado	Resistencia al corte en estado compactado y saturado	Comprobabilidad en estado compacto y saturado	Facilidad de tratamiento en obra	Estratos de tierra			Cimentaciones		Carreteras		Capas de pavimento si tienen grave		
						Homogeneidad	Módulo de elasticidad	Mantén a espaldones	Resistencia a la erosión	Revestimiento de tierra compactada	Con flujo de agua intermitente	Con flujo de agua constante		Terreplenos	
														Sin posibilidad de expansión por la hinchada	Posibilidad de expansión por la hinchada
Gravas bien graduadas, mezcla de grava y arena con pocas finas o sin ellas	GW	permeable	excelente	despreciable	excelente	—	—	1	—	—	1	1	3		
Gravas mal graduadas, mezcla de arena y grava con pocas finas o sin ellas	GP	muy permeable	bucna	despreciable	bucna	—	—	2	—	—	3	3	—		
Gravas limosas mal graduadas, mezcla de grava y arena y limo	GM	semipermeable a impermeable	bucna	despreciable	bucna	2	4	—	4	4	4	9	5		
Gravas arcillosas, mezcla mal graduada de grava, arena y arcilla	GC	impermeable	bucna a regular	muy baja	bucna	1	1	—	3	1	2	6	5		
Arenas bien graduadas, arenas con grava, con pocas finas o sin ellas	SW	permeable	excelente	despreciable	excelente	—	—	3 a 4 si tienen grava	6	—	—	2	2		
Arenas mal graduadas, arenas con grava, con pocas finas o sin ellas	SP	permeable	bucna	muy baja	regular	—	—	4 si tienen grava	7	—	—	5	6		
Arenas limosas, mezcla de arena y limo mal graduada	SM	semipermeable a impermeable	bucna	baja	regular	4	5	—	5 si tienen grava	—	—	3	7		
Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla mal graduada	SC	impermeable	bucna a regular	baja	bucna	3	2	—	5	2	4	8	7		
Limos marginales y arcillas muy finas, poco de arena, arena fina arcillosa o limosa con ligera plasticidad	ML	semipermeable a impermeable	regular	media	regular	6	6	—	—	2 a 6 según arcilla	6	9	10		
Arcillas marginales de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas negras	CL	impermeable	regular	media	bucna a regular	5	3	—	9	3	5	10	9		
Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	OL	semipermeable a impermeable	deficiente	media	regular	8	8	—	—	3 a 7 según arcilla	7	11	11		
Limos orgánicos, suelos limos arenosos o limosos con arena o diatomos, limos o limos	MH	semipermeable a impermeable	regular a deficiente	elevada	deficiente	9	9	—	—	—	8	12	12		
Arcillas marginales de elevada plasticidad, arcillas grasas	CH	impermeable	deficiente	elevada	deficiente	7	7	—	10	5	9	13	13		
Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta	OH	impermeable	deficiente	elevada	deficiente	10	10	—	—	—	10	14	14		
Turba y otros suelos orgánicos	Pt	impermeable	deficiente	elevada	deficiente	—	—	—	—	—	—	—	—		

Según Wagner (1957)

Figura 75: Cuadro de propiedades y usos de los diferentes tipos de suelo.
Fuente: Obtenido del autor Rico, Alfonso (2001) en su libro Mecánica de suelos.

ELECCIÓN DEL EQUIPO DE COMPACTACIÓN

• Autor: Rico del Castillo

BASE

SUB-BASE

CUERPO DEL TERREPLEN

SÍMBOLO	SUCS*	MATERIAL	TAMPER AUTOPROPULSADO	TAMPER REMOLCADO	PATA DE CABRA AUTOPROPULSADO	PATA DE CABRA REMOLCADO	LISO VIBRATORIO PEQUEÑO	LISO VIBRATORIO PESADO	PATA DE CABRA VIBRATORIO, PEQUEÑO	PATA DE CABRA VIBRATORIO, PESADO	NEUMÁTICO LIGERO	NEUMÁTICO PESADO
		GRANULAR LIMPIO					1	1			3	2
		GRANULAR CON POCOS FINOS	1	1			1	1	2	2		2
		ROCA	2	2				1		2		
GW, GP, SW		ARENA, GRAVA	2	2			1	1	2	2		2
	SP	ARENA UNIFORME					1	1	2	2		3
	SM, GM	ARENAS O GRAVAS LIMOSAS	1	1	4	4	3	3	2	2		2
	ML, MH	LIMOS	1	1	2	2			3	3		2
	GC, SC	ARENAS O GRAVAS ARCILLOSAS	1	1	2	2			3	3		2
	CH, CL	ARCILLAS	1	1	2	2			3	3		3

Figura 76: Determinación del equipo de compactación según la clasificación SUCS del suelo.
Fuente: Obtenido del autor Rico, Alfonso (2001) en su libro Mecánica de suelos.

3.1.5.5 Predimensionamiento del dique homogéneo de tierra con protección de enrocado

Método de Lischtvan – Levediev

En suelos no cohesivos la expresión será:

$$\theta = \frac{Q}{\mu * B * t^{5/3}}$$

Variable

$$Q = 1925.04 \text{ (m}^3/\text{s)}.$$

$$\mu = 1$$

$$t = 4.07 \text{ (m)}.$$

$$B = 165 \text{ (m)}$$

$$\theta = 1.21$$

$$ts = \left(\frac{\theta * t^{5/3}}{0.68 * \beta * w^{0.28}} \right)^{1/(1+x)}$$

$$X = 0.41.$$

$$\beta = 0.97$$

$$\theta = 1.21$$

$$t = 4.07 \text{ (m)}.$$

$$w = 0.36 \text{ (mm)}$$

$$ts = 9.84 \text{ (m)}.$$

$$Hs = 5.76 \text{ m}$$

Método de Blench

Para arenas de $0.06 \text{ mm} < d_{50} < 2 \text{ mm}$

$$h_{ms} = 1.20 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}^{1/6}} \right)$$

Variable

$$d_{50} = 0.36 \text{ (mm)}.$$

$$B = 165 \text{ (m)}.$$

$$Q = 1925.04 \text{ (m}^3/\text{s)}.$$

$$q = 11.67 \text{ (m}^3/\text{s} \cdot \text{m)}.$$

$$h_{ms} = 3.25 \text{ (m)}$$

$$h_{ms} + 0.15 h_{ms} = 3.73 \text{ (m)}$$

la socavación promedio será la semisuma de $h_s + h_{ms} = 3.73 \text{ m} + 5.76 \text{ m}$

Socavación promedio = $4.74 \text{ m} = 4.80 \text{ m}$

Se considerará como ancho de la base del enrocado una longitud similar a la profundidad de la socavación, siendo esta medida de 5 metros, tal como se muestra en el perfil de la sección del dique enrocado.

3.1.5.5.1 Cálculo del tamaño de la piedra de protección

3.1.5.5.1.1 Método del U.S. Department of Transportation

Para el cálculo del diámetro medio de rocas, se propone el siguiente método:

$$K_1 = \left[1 - \left(\frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \emptyset} \right) \right]^{0.5}$$

Variable

$$\emptyset = 40^\circ$$

$$\Theta = 33.69^\circ$$

$$K_1 = 0.505$$

$$C_{sg} = \frac{2.12}{(y_s - 1)^{1.5}}$$

$$y_s = 2.70 \text{ Tn/m}^3$$

$$C_{sg} = 0.956$$

$$C_{sf} = \left(\frac{FS}{1.2} \right)^{1.5}$$

$$Fs = 1.60$$

$$C_{sf} = 1.54$$

$$C = C_{sg} C_{sf}$$

$$C = 1.47$$

$$d_{50} = c \frac{0.00594 * V^3}{y^{0.5} K_1^{1.5}}$$

$$C = 1.47$$

$$V = 2.07 \text{ m/s}$$

$$Y = 4.07 \text{ m}$$

$$K_1 = 0.505$$

$$d_{50} = 0.107 \text{ m}$$

3.1.5.5.1.2 Método de Maynard

Usa la siguiente fórmula:

$$D_{50} = F^3 * C_1 * t \qquad F = \frac{C_2 * V}{(y * g)^{0.5}}$$

Variable

C_1	=	0.34
C_2	=	1.50
V	=	2.07 m/s
g	=	9.81 m/s ²
y	=	4.07 m
t	=	4.80 m
F	=	0.0.49
d_{50}	=	0.19 m

Descripción	Diaméto en metros
Enchapando se tiene que solo se colocara una sola roca sobre el talud y la roca minima sera el doble de D calculado + 15% seguridad por ser zona curva.	0.7
No debe ser menor que el tamaño máximo de la roca a usarse en el enrocado.	0.7
No debe ser menor de $1.5 * D_{50}$	1.1
Por razones constructivas, no deberá ser menor a 30 cm	0.3

3.1.5.5.2 Cálculo del filtro para para la protección del dique de material homogéneo de tierra

Determinación de velocidad en el espacio entre el enrocado y material base

$$V_a = \left(S^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{D_{50}}{2} \right)^{\frac{2}{3}} \right) / n_f$$

n_f (rugosidad de fondo sin filtro) = 0.02

$S = 0.00064$

$d_{50} = 0.70$ m

$V_a = 0.628$ m/s

Determinación de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado

$$V_e = 16.1 * (D_m)^{\frac{1}{2}}$$

$d_m = 0.00036$ m

$V_e = 0.305$ m/s

Al ser la velocidad del espacio entre el enrocado y el dique mayor a la que puede soportar el suelo sin ser erosionado, se recomienda usar un filtro de grava, asimismo se sugiere colocar una geomembrana para impermeabilizar la cara del talud húmeda del terraplén y evitar la erosión o transporte de finos en el cuerpo del dique de tierra.

3.1.5.5.3 Estabilidad del enrocado:

3.1.5.5.3.1 Fuerza resistente del terraplén:



Figura 77: Gráfica de las curvas de compactación para la subdivisión del suelo grava arcillosa (GC) con valores máximos, promedios y mínimos.

Fuente: Gráfica obtenida de la tesis "Incorporación de suelo gravosos a la clasificación SUCS planteado por Braja Das en la teoría de compactación de suelos: ensayo en suelos andinos-Perú".

$$R = A * Y_d * \text{tg}\Theta$$

$$\text{Área del dique} = 80.85 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso específico del material que conforma el dique} = 1950 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ángulo de fricción interna} = 32^\circ$$

$$R = 98515.34 \text{ kg/m}$$

Presión del agua:

$$P = P_w * \frac{t^2}{2}$$

Tirante de agua = 4.07 m

Peso específico del agua = 1000 kg/m³

P = 8290.43 kg/m

Al ser la presión de agua menor, el dique es estable a las presiones de empuje de agua.

3.1.5.5.3.2 Estabilidad del revestimiento del enrocado

Esfuerzo máximo cortante actuante

$$\tau_a = \gamma_a * t * s$$

Presión del agua = 1000 kg/m³

Tirante de agua = 4.07 m

Pendiente del tramo estudiado = 0.00064

$$\tau_a = 2.64 \text{ kg/m}^2$$

Esfuerzo cortante crítico

$$\tau_c = c * (\gamma_s - \gamma_a) * D_{50} * k$$

Presión del agua = 1000 kg/m³

Peso específico del enrocado = 2700 kg/m³

$$K_1 = \left[1 - \left(\frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi} \right) \right]^{0.5}$$

$$\theta = 33.69^\circ$$

$$\phi = 40^\circ$$

$$K_1 = 0.505$$

$$C = 0.10$$

$$d_{50} = 0.70 \text{ m}$$

$$\tau_c = 60.10 \text{ kg/m}^2$$

Probabilidad de movimiento de la roca

$$F_{D50} = 0.56 * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{D_{50}} * \frac{1}{\Delta}$$

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a}$$

Presión del agua = 1000 kg/m³

Peso específico del enrocado = 2700 kg/m³

V = 2.07 m/s

$\Delta = 1.70 \text{ kg/m}^3$

$d_{50} = 0.70 \text{ m}$

$F_{D50} = 0.10 \%$

Se observa que el esfuerzo del cortante crítico es mayor al esfuerzo máximo cortante que actúa sobre el enrocado que protege la cara húmeda del dique homogéneo de tierra, asimismo se aprecia que existe un 0.10 % de probabilidad de movimiento de roca en condiciones de embalse lleno.

También, se analizó la estructura hidráulica usando el Software Slide V 5.0., usando los métodos de Bishop simplificado, Corporación de Ingenieros N° 01 y 02, Morgenstern – Price, Janbu simplificado, Janbu corregido, Lowe – Karafiath, Fellenius ordinario y Spencer, en condiciones estáticas y pseudo estáticas (para la zona de estudio se usó 0.25 como valor de amplificación para un tiempo de retorno de 950 años y una excedencia del 10%) para el fin de la construcción del dique, y embalse lleno; ambos análisis se realizaron en tanto en la cara húmeda del talud del dique, como en la cara seca del talud; tal como se observa en el anexo 3.2 de la presente tesis

3.2 Discusión de Resultados

3.2.1 Determinar las características topográficas del cauce del río.

Al ser un área cubierta con vegetación, se ha optado por realizar el levantamiento topográfico usando una estación total, ya que brinda mayor exactitud ante las condiciones física del terreno, obviando otros métodos como son el levantamiento topográfico realizado con dron (el cual se ve limitado a brindar datos exactos por la presencia de vegetación en la zona) o levantamiento topográfico por GPS (equipo que no tiene mucha precisión al brindar información de la elevación del terreno), posterior se ha ubicado los BM a usarse. Se piensa que la presente tesis brindaría información más exacta si se complementase el levantamiento topográfico realizado con fotogramas obtenidas por Dron, ya que permitiría saber con una

mayor exactitud que tanto modificaría el proyecto hidráulico propuesto al ecosistema de la zona.

3.2.2 Determinar el área de la cuenca y el caudal de diseño mediante el estudio hidrológico.

Se ha realizado usando datos históricos hidrométricos obtenidos por el ALA-Motupe-Olmos y La Leche (Estación Puchaca) y pluviométrica (Estaciones Lambayeque-Jayanca-Puchaca-Incahuasi-Tocmoche y Cueva Blanca), los cuales han sido obtenidos del SENHAMI, cada registro histórico cuenta con una data histórica mayor a 50 años, y están comprendidos los registros de las máximas avenidas de eventos extraordinarios .El Niño de los años 1988-1998 y 2017, proyectando para el diseño del dique y ancho estable un tiempo de retorno de 50 años, y para la socavación un tiempo de retorno de 500 años. Se ha optado por elegir como tiempo de retorno el obtenido del estudio pluviométrico, ya que sus resultados son los que más se asemeja a los diferentes estudios realizados en la cuenca, asimismo se ha optado por un tiempo de retorno de 50 años (1430.30 m³/s) para el diseño del dique, ya que para contener caudales más elevados implicaría un área hidráulica mayor, poniendo en riesgo las estructuras arqueológicas que en el área de estudio se ubican.

3.2.3 Determinar las características geotécnicas del lecho y márgenes del cauce del río, mediante los ensayos de mecánica de suelos

Los ensayos de mecánica de suelos nos brindan resultados de la posible composición y propiedades físicas del suelo que conforma el área de estudio, aunque al ser materiales que se han extraídos y transportados a un laboratorio, existe alteraciones en su densidad o contenido de humedad, por lo cual se debe tomar como un resultado aproximado y que constantemente deberá ser corroborado con ensayos in situ. Se ha omitido en el presente trabajo los ensayos a realizar en material de cantera ya que su ubicación se encuentra a una distancia de 30 Km al área de estudio, con lo cual se vuelve un proyecto económicamente no viable, proponiendo como alternativas de solución se realicen estudios de cateo y prospección en zonas aledañas al área del proyecto para extraer los materiales con los cuales se ha propuesto construir el dique; asimismo se ha obtenido de referencias bibliográficas ensayos realizados con materiales similares para obtener el grado de cohesión, ángulo de fricción interna, máxima densidad relativa y absoluta de los materiales que podrían conformar la construcción del dique y enrocado, siendo estos resultados un aproximado que deben ser corroborados con ensayos de cantera y de campo.

3.2.4 Establecer las características geológicas de la cuenca delimitada del río La Leche

Se han descargado las cartas nacionales geológicas de la página del GEOCATMIN, con lo cual se ha obtenido el mapa geológico de la cuenca del río La Leche, en donde se aprecia la formación geológica sedimentaria de material fluvial en el área de estudio, y nos da referencias de los posibles lugares dónde se puede extraer material de cantera para la construcción del dique, debido a que en la presente tesis no se ha considerado ensayos geotécnicos de canteras, por la ubicación y distancias mayores a los 28 Km al área de estudio (Cantera 3 Tomas), dejando como propuesta para en un futuro se realice estudios de cateo y prospección “ya que el mapa elaborado sólo contiene información geológica básica de depósitos fluviales” de una posible cantera aledaña al área de estudio, considerando que el proceso de explotación implique las mínimas alteraciones al ecosistema del Bosque de Pómac.

3.2.5 Proponer la defensa ribereña como solución para evitar desbordes en los tramos huaca El Oro y Las Ventanas del río La Leche.

El ancho estable del río se ha calculado usando las fórmulas de Simons y Henderson, Altunin y Maning, Blench y Petits, para posterior encontrar el tirante hidráulico y diseñar el dique homogéneo de tierra, enrocado, procediendo a ubicar el diseño del dique en el área de estudios usando el Software Civil 3D para después con la data obtenida exportarlo al Software Hecras V 5.0.7 y constatar si el diseño cumple en evitar inundaciones, culminando con el análisis de estabilidad estático y pseudo estático usando el Software Slide V 5.0. Se ha optado por diseñar diques de tierra de material homogéneo como estructura hidráulica ya que a criterio del autor de la presente tesis concluyó que la topografía (márgenes con poca elevación) no era apta para la protección con gaviones o dentellones.

Al exportar los datos de superficie, altura y secciones del Software Civil 3D al Software Hecras V 5.0.7 , se pudo modelar computacionalmente el recorrido del río La Leche en el tramo estudiado, e ingresando datos como rugosidad, caudal, tipo de flujo, nos da una proyección que ante eventos extraordinarios, cuáles serían los márgenes a proteger con la construcción de dique enrocado, lo que brindó información para la ubicación y altura de la defensa ribereña, y si iba a ser la adecuada para prevenir desastres de inundación; asimismo se tuvo presente el evitar daños al ecosistema del bosque de Pómac; aunque para criterio del autor toda estructura ingenieril ocasiona una alteración leve, moderada u alta a los ecosistemas en donde se edifican, considerando en el presente trabajo de investigación que

la defensa ribereña proyectada será una estructura que ocasionará mínimas alteraciones al ecosistema de Bosque de Pómac.

3.3 Aporte práctico.

El aporte de la presente investigación es brindar una protección adecuada al patrimonio cultural de la nación y del mundo, buscando preservar las estructuras arqueológicas pertenecientes a la cultura Sicán, y los restos arqueológicos que en ella aún se encuentran, también se busca brindar la seguridad a las zonas aledañas con la finalidad que en un futuro se pueda establecer un centro turístico y así se conozca la historia de Lambayeque en época Preincaica, además de conocer y estudiar la flora y fauna del bosque de Pómac.

También es un aporte a la Unidad Ejecutora N° 005 Naylamp – Lambayeque, por ser la entidad encargada de preservar, investigar, proteger y difundir el patrimonio arqueológico del departamento de Lambayeque, encontrando en la presente investigación el conocimiento para evitar que las Huacas El Oro y Las Ventanas sigan deteriorándose o destruyéndose por efecto de las constantes inundaciones que ocurren en el río La Leche, y complementase sus estudios para proponer un proyecto de inversión y se construya un centro turístico en las zonas aledañas a la huaca El Oro y Las Ventanas.

Además, es un aporte a la unidad de infraestructura y urbanismo de la municipalidad distrital de Íllimo, porque las huacas el Oro y Las Ventanas están dentro de su jurisdicción territorial, teniendo una alternativa de proyecto en coordinación con el gobierno regional de Lambayeque para realizar los gasto presupuestal asignados, al mismo tiempo que se brindaría la seguridad ante máximas avenidas a la zonas aledaña en caso se implementase un centro turístico en el bosque de Pómac, siendo el distrito de Íllimo beneficiado con esta actividad turística por estar cerca (7 kilómetros de distancia) al área de estudio.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

4.1.1 Determinar las características topográficas del cauce del río.

El cauce del río La Leche en los tramos de las huacas El Oro y Las Ventanas es un recorrido de 2.00 Km que se ha estudiado, presentando una pendiente mínima (0.064 %) además de estar colmatado por material granular y tener márgenes de poca elevación, topografía que origina inundaciones ante máximas avenidas.

4.1.2 Determinar el área de la cuenca y el caudal de diseño mediante el estudio hidrológico.

Se obtuvo del estudio pluviométrico un caudal de diseño 1430.30 m³/s para un tiempo de retorno de 50 años, el cual se utilizó para el diseño del dique y descolmatación del río La Leche, y un caudal de 1925.04 m³/s correspondiente a un periodo de retorno de 500 años para los estudios de socavación; se omitió realizar el diseño con caudales superiores a 50 años de tiempo de retorno (139.54 años según la fórmula de riesgo de falla admisible establecida en el MTC), ya que las secciones del río La Leche modificadas para soportar dichos caudales afectarían las zonas arqueológicas del área de estudio o sus caminos de acceso.

4.1.3 Determinar las características geotécnicas del lecho y márgenes del cauce del río, mediante los ensayos de mecánica de suelos.

Según la clasificación SUCS es una arena mal graduada (SP), no presenta límite líquido o plástico, asimismo según la clasificación AASHTO la muestra corresponde a una arena fina A-3 (0), su permeabilidad es de 0.00265 cm/s, su grado de cohesión de 0.0156 kg/cm² y su ángulo de fricción interna es de 28.56°.

4.1.4 Establecer las características geológicas de la cuenca delimitada del río La Leche.

La parte baja del recorrido del río La Leche está formado por estrato de depósitos fluviales, los cuales está distribuidos según los cambios de variación del curso del río La Leche a lo largo del tiempo, y está conformado por mezcla de gravas, bloques sub-redondeados de diferente granulometría y cantos, comprendidos en una matriz de arenolimososa u arenoarcillosa poco compactada.

4.1.5 Proponer la defensa ribereña como solución para evitar desbordes en los tramos huaca El Oro y Las Ventanas del río La Leche.

Se realizó el estudio hidráulico del tramo estudiado del río La Leche, se planteó un dique de tierra homogéneo con protección de enrocado como defensa ribereña debido a que los márgenes del río son poco elevados, y para recuperar el área hidráulica se propuso la descolmatación del río; el tramo estudiado fue simulado en el software Hecras V 5.0.7., verificando que cumple en soportar un caudal de 1430.30 m³/s sin originar desbordes.

4.2 Recomendaciones.

Se deben ejecutar proyectos hidráulicos de prevención en diversos tramos del río La Leche.

Se recomienda que el SENAMHI repare sus estaciones meteorológicas inoperativas o dañadas, también se debe implementar nuevas estaciones meteorológicas para que se tenga mayor cobertura en los estudios hidrológicos.

Se recomienda la pavimentación o mantenimiento de los caminos de acceso al bosque de Pómac.

Se recomienda el constante mantenimiento de las estructuras hidráulicas construidas en el río La Leche, así como la descolmatación del lecho del río.

Se recomienda difundir la importancia del patrimonio arqueológico del bosque de Pómac en la población, para que concientice y exija a sus autoridades el cuidado y protección.

Se recomienda ejecutar proyectos de recuperación de objetos arqueológicos y restauración de las diversas Huacas que se encuentran en el Bosque de Pómac.

V. REFERENCIAS

- Aldana, A. L. (2016). La necesidad del desarrollo de servicios hidrológicos para la reducción de daños por inundaciones. *Tecnología y ciencias del agua*, 57-62.
- Alfaro, T. (2010). *Manual de diseño de defensa riverañá*. Lima: Asociación Nacional del Agua.
- Arreguín F, L., & López, M. (2016). Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática. *Tecnología y ciencias del agua*(7), 5-13.
- Arriola, G. (2016). *Estudio integral de la cuenca del río La Leche*. Chiclayo: Facultad de Arquitectura, Ingeniería y Urbanismo - Escuela profesional de Ingeniería Civil.
- Asurza, F. A., Ramos, C. L., & Lavado W, S. (2018). Evaluación de los productos tropical rainfall measuring missin (TRMM) y global precipitation measurement (GPM) en el modelamiento hidrológico de la cuenca del río Huancané, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 53-62.
- Botia, W. A. (2015). *Manual de procedimiento de ensayos de suelos y memoria de cálculo*. Bogota: Universidad militar Nueva Granada - Facultad Ingeniería - Programa Ingeniería Civil.
- Burgos, B. D., Cartaya, S. J., & Mero, D. J. (2019). Análisis de la vulnerabilidad a inundaciones d ela parroquia San Ana de Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador. *Investigaciones geográficas*(98), 1-14.
- Cevallos, A. I., Baró, J. E., & Díaz, C. (2016). Estimación de pérdidas económicas directas porvocadas por inundación-Daño en países en desarrollo. *Investigaciones Geográficas*(65), 169-180.
- Chavez, M. M., Binnquist, G., & Salas, A. C. (2016). Evaluación multicriterio de la vulnerabilidad biofísica ante inundación en la sub cuenca río Atoyac-Oaxaca de Juárez. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 97-109.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (Vol. Cuarta edición). México: CENGAGE Learning.
- ENFEN. (2017). El Niño costero 2017. *Informe Técnico Extraordinario N°001-2017/ENFEN - Comisión multisectorial encargada del estudio nacional del fenómeno "El Niño"*, 1-31.
- Fernández de Córdova, C. J., León, A. J., & Rodríguez, L. (2020). Influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en las áreas de inundación del río Yanuncay en Cuenca. *Ingeniería hidráulica y ambiental*(1), 115-126.
- Fracassi, G. (2012). *Obras de sistematización fluvial en torrentes y ríos con Espigones*. Brasil: Maccaferri .
- Garrido, M., Hidalgo, C., & Preciado, J. (2015). *Ensayos de mecánica de suelos*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia .
- Hernández, A., Arroyo, H., Bendezú, G., Díaz, D., Vilcarromero, S., Rubilar, J., & Gutierrez, E. (2016). Potencial vulnerabilidad frente a inundaciones de los establecimientos de salud públicos en cuatro regiones del norte del Perú. *Rev Perú medica exp salud pública*, 92-99.
- Huárez, J. (2001). *Control de erosión en zonas tropicales*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

- La Contraloría General de la República. (2015). *Acciones preventivas y de emergencia en zonas arqueológicas de Lambayeque y La Libertad frente al fenómeno El Niño*. Lima: Informe N° 692-2015-CG/EDUS-VC.
- Lizardo, S. (22 de marzo de 2018). El Niño y sus diversas manifestaciones en la historia. Correlación con el cambio climático. *Coloquio ciencia y sociedad*, 20.
- Mechato, F. (2017). *Efectos de las inundaciones fluviales en la estabilidad de las viviendas en el asentamiento humano José Carlos Mariátegui. Catacaos-Piura*. Lima: Facultad de Ingeniería - Escuela profesional de ingeniería civil.
- Moreno, P, C; Oliva, D, J. (2017). *Evaluación de la inundación por desborde del río Chilca y de la quebrada Chutana. Distrito de Pucusana. Lima*. Lima: Facultad de ingeniería - Escuela profesional de ingeniería civil.
- MTC. (2008). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima: Decreto Supremo N° 034 - 2008 - Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Pérez, G. B., Rodríguez, J. A., & Molina, J. P. (2014). *Ingeniería de ríos*. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo - Escuela Ingeniería Civil.
- Pérez, J. I., Escobar, J. R., & Fragozo, J. M. (2018). Modelación Hidráulica 2D de inundaciones en regiones con escasez de datos. *Información Tecnológica*, 29(4), 143-155.
- Takahashi, K. (Abril de 2017). Fenómeno El Niño "Global" vs "Costero". *Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño*, 1-5.
- Tapara, H. (2018). *Evaluación de máximas avenidas del río Nuñoa con fines de protección de la ciudad*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno: Facultad de ingeniería agrícola - Escuela profesional de ingeniería agrícola.
- Terán, R. (1998). *Diseño y construcción de defensas ribereñas*. Lima: Escuela superior de administración de aguas "Charles Sutton".
- Vasquez, L. R. (2018). *Diseño de defensa ribereña y su aplicación en el cauce del río La Leche, Distrito de Pacora-Lambayeque*. Chiclayo: Facultad de Ingeniería - Escuela de ingeniería civil ambiental.
- Viceministro de Vivienda y Construcción; Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENSICO. (1997). *Norma Técnica de Edificación E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES*. Lima: Resolución Ministerial N° 048 - 97 - MTC/15.VC.
- Villacorta, S. P. (2018). *Evolución geomorfológica del abanico aluvial de Lima y sus relaciones con la peligrosidad por inundaciones*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Cartago: MaxSoft.

VI. ANEXOS

ANEXO N° 01:
ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO
LA LECHE

ANEXO N° 1.1:
REGISTRO DE CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS
ANUALES DE LA ESTACIÓN DE LA ESTACIÓN
HIDROMÉTRICA PUCHACA-ANÁLISIS DE VALORES
MÁXIMOS Y MÍNIMOS

REGISTRO HISTÓRICO DE CAUDALES

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
--------	--

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

DESCARGA MÁXIMAS ANUALES DEL RÍO LA LECHE EN m³/s

(Estación de Aforo Puchaca : Río La Leche)

AÑOS	Q max (m ³ /sg)
1967	34.750
1968	26.588
1969	55.125
1970	48.212
1971	121.250
1972	141.312
1973	105.200
1974	58.216
1975	210.131
1976	47.002
1977	72.299
1978	68.725
1979	48.401
1980	34.346
1981	47.313
1982	24.824
1983	215.813
1984	114.538
1985	40.875
1986	31.997
1987	49.077
1988	27.075
1989	59.031
1990	30.911
1991	40.494
1992	58.131
1993	53.306
1994	51.781
1995	23.450
1996	21.000
1997	21.000

AÑOS	Q max (m ³ /sg)
1998	579.750
1999	62.375
2000	155.000
2001	500.000
2002	301.875
2003	105.250
2004	20.000
2005	40.000
2006	93.250
2007	20.813
2008	147.500
2009	63.250
2010	66.563
2011	34.375
2012	56.875
2013	31.375
2014	32.375
2015	93.750
2016	33.625
2017	92.500
2018	22.625
2019	51.500

Fuente: ALA MOTUPE - OLMOS - LA LECHE

ANÁLISIS DE VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DEL REGISTRO HISTÓRICO DE CAUDALES

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
--------	--

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

Año	Caudal max24	Log(Cau. Max)	CAUDAL A CORREGIR
1967	34.750	1.54	
1968	26.588	1.42	
1969	55.125	1.74	
1970	48.212	1.68	
1971	121.250	2.08	
1972	141.312	2.15	
1973	105.200	2.02	
1974	58.216	1.77	
1975	210.131	2.32	
1976	47.002	1.67	
1977	72.299	1.86	
1978	68.725	1.84	
1979	48.401	1.68	
1980	34.346	1.54	
1981	47.313	1.67	
1982	24.824	1.39	
1983	215.813	2.33	
1984	114.538	2.06	
1985	40.875	1.61	
1986	31.997	1.51	
1987	49.077	1.69	
1988	27.075	1.43	
1989	59.031	1.77	
1990	30.911	1.49	
1991	40.494	1.61	
1992	58.131	1.76	

Año	Caudal max24	Log(Cau. Max)	CAUDAL A CORREGIR
1993	53.306	1.73	
1994	51.781	1.71	
1995	23.450	1.37	
1996	21.000	1.32	
1997	21.000	1.32	
1998	477.500	2.68	579.75
1999	62.375	1.80	
2000	155.000	2.19	
2001	500.000	2.70	
2002	301.875	2.48	
2003	105.250	2.02	
2004	20.000	1.30	
2005	40.000	1.60	
2006	93.250	1.97	
2007	20.813	1.32	
2008	147.500	2.17	
2009	63.250	1.80	
2010	66.563	1.82	
2011	34.375	1.54	
2012	56.875	1.75	
2013	31.375	1.50	
2014	32.375	1.51	
2015	93.750	1.97	
2016	33.625	1.53	
2017	92.500	1.97	
2018	22.625	1.35	
2019	51.500	1.71	

Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	Caudal max24	Log(Cau. Max)
Número de datos (N)	53	53
Sumatoria	4484.55	93.79
Valor Máximo	500.00	2.70
Valor Mínimo	20.00	1.30
Media:	84.614	1.770
Varianza:	9598.407	0.114
Desviación Estándar:	97.971	0.337
Coefficiente Variación:	1.158	0.191
Coefficiente de Sesgo:	3.055	0.9267
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

$n = 53.00$
 $K_n = 2.7896$

K_n : Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.71$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 513.36 \text{ m}^3/\text{s}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

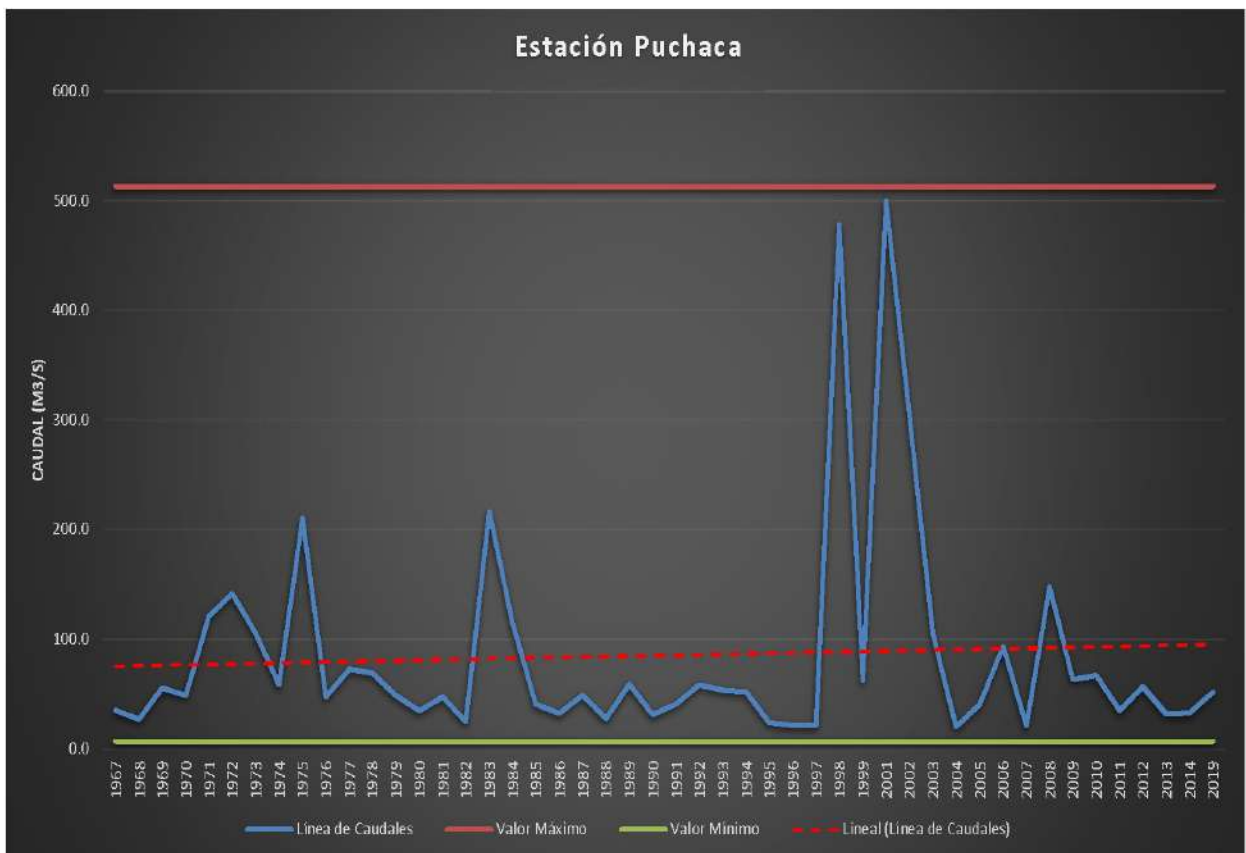
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 0.83$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 6.74 \text{ m}^3/\text{s}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA



ANEXO N° 1.2:

**ANÁLISIS DE CONSISTENCIA Y PRUEBA DE
BONDAD DE AJUSTE DEL REGISTRO HISTÓRICO
DE CAUDALES DE LA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA
PUCHACA**

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA - ESTACIÓN PUCHACA

Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA “EL ORO Y LAS VENTANAS”, RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE

Tesistas: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

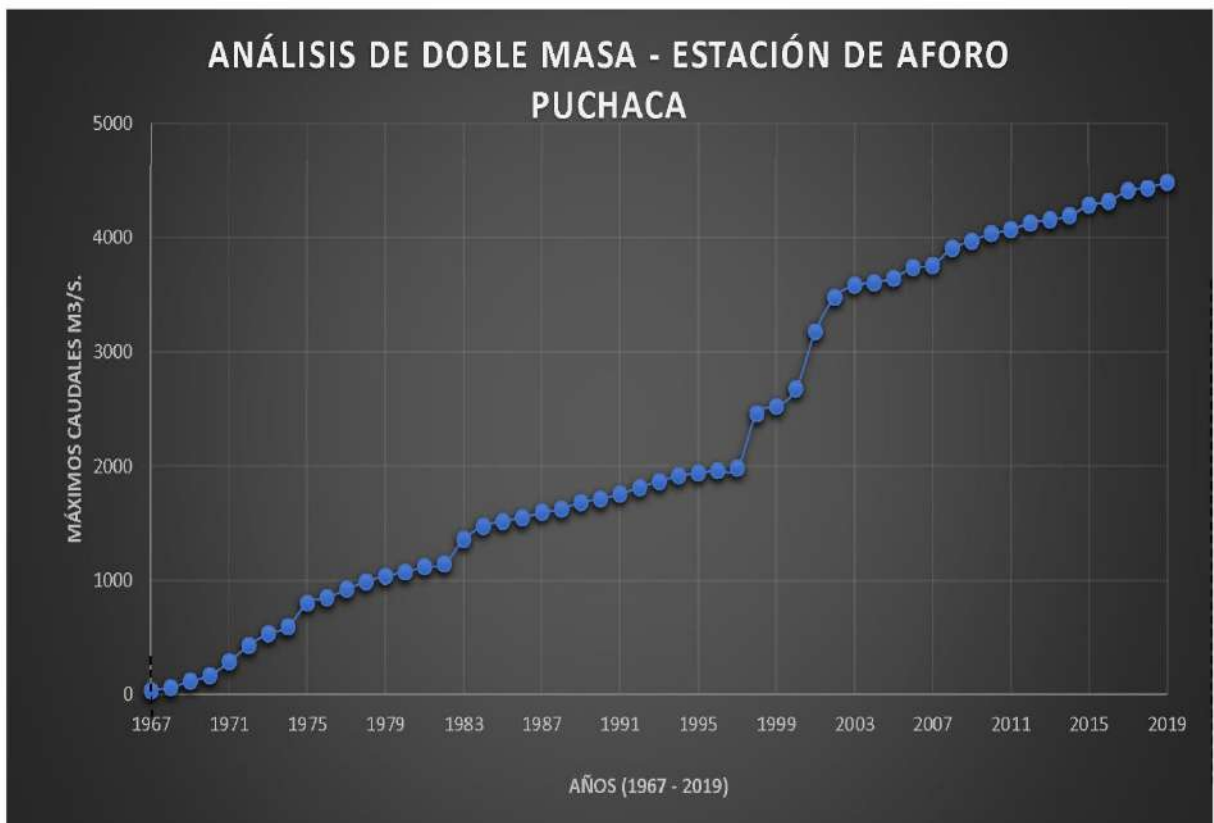
II. ANÁLISIS DOBLE MASA -ESTACIÓN DE AFORO PUCHACA - RÍO LA LECHE
DESCARGAS MÁXIMAS ANUALES - ESTACIÓN DE AFORO PUCHACA (m³/s)

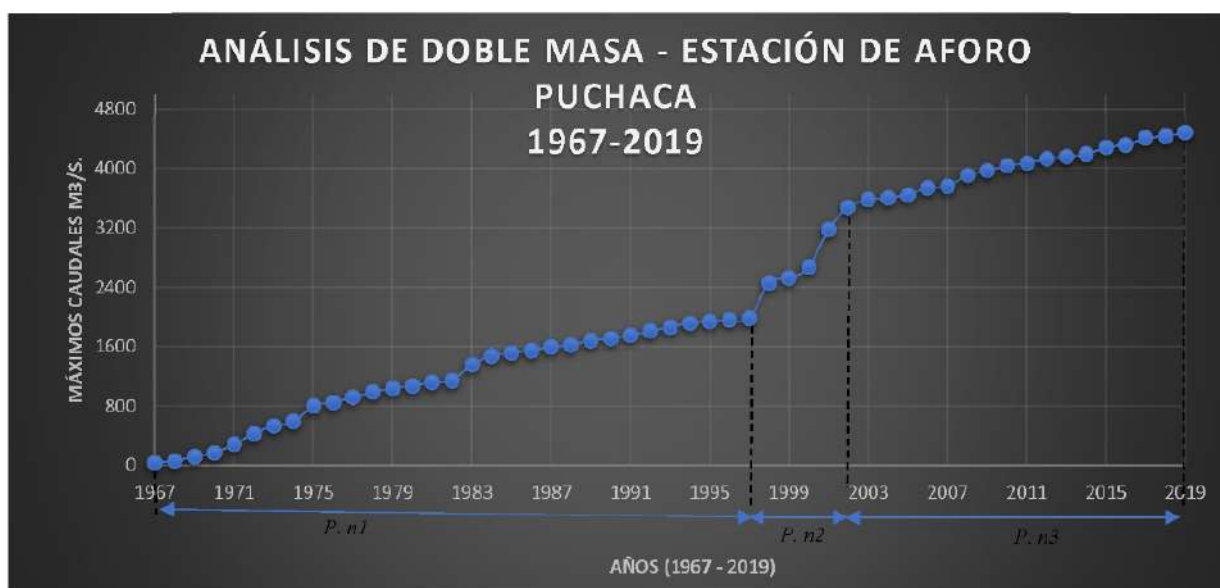
PERIODOS DE CORRECCIÓN (1967 - 2019)		
Año	Q máx	Q Acum
1967	34.75	34.75
1968	26.59	61.34
1969	55.13	116.46
1970	48.21	164.68
1971	121.25	285.93
1972	141.31	427.24
1973	105.20	532.44
1974	58.22	590.65
1975	210.13	800.78
1976	47.00	847.79
1977	72.30	920.09
1978	68.73	988.81
1979	48.40	1037.21
1980	34.35	1071.56
1981	47.31	1118.87
1982	24.82	1143.69
1983	215.81	1359.51
1984	114.54	1474.05
1985	40.88	1514.92
1986	32.00	1546.92
1987	49.08	1595.99
1988	27.08	1623.07
1989	59.03	1682.10
1990	30.91	1713.01
1991	40.49	1753.51
1992	58.13	1811.64

PERIODOS DE CORRECCIÓN (1967 - 2019)		
Año	Q máx	Q Acum
1993	53.31	1864.94
1994	51.78	1916.72
1995	23.45	1940.17
1996	21.00	1961.17
1997	21.00	1982.17
1998	477.50	2459.67
1999	62.38	2522.05
2000	155.00	2677.05
2001	500.00	3177.05
2002	301.88	3478.92
2003	105.25	3584.17
2004	20.00	3604.17
2005	40.00	3644.17
2006	93.25	3737.42
2007	20.81	3758.24
2008	147.50	3905.74
2009	63.25	3968.99
2010	66.56	4035.55
2011	34.38	4069.92
2012	56.88	4126.80
2013	31.38	4158.17
2014	32.38	4190.55
2015	93.75	4284.30
2016	33.63	4317.93
2017	92.50	4410.43
2018	22.63	4433.06
2019	51.50	4484.56



Del registro histórico se observa que existen durante los años 1998 al 2002 valores que se resaltan con valores elevados en la tabla, si bien los eventos concuerdan con la lluvia del fenómeno del niño del año 1998, pero este excede visualmente a los eventos del fenómeno del niño de los años 1983 y 2017.





PERIODOS DE CORRECIÓN PARA ANÁLISIS DE CONSISTENCIA - ESTACIÓN DE AFORO PUCHACA

PERIODO 1	
Año	Q máx
1967	34.75
1968	26.59
1969	55.13
1970	48.21
1971	121.25
1972	141.31
1973	105.20
1974	58.22
1975	210.13
1976	47.00
1977	72.30
1978	68.73
1979	48.40
1980	34.35
1981	47.31
1982	24.82
1983	215.81
1984	114.54
1985	40.88
1986	32.00
1987	49.08
1988	27.08
1989	59.03
1990	30.91
1991	40.49
1992	58.13
1993	53.31
1994	51.78
1995	23.45
1996	21.00
1997	21.00
N1 =	31.00

PERIODO 2	
Año	Q máx
1998	477.50
1999	62.38
2000	155.00
2001	500.00
2002	301.88
N2 =	5

PERIODO 3	
Año	Q máx
2003	105.25
2004	20.00
2005	40.00
2006	93.25
2007	20.81
2008	147.50
2009	63.25
2010	66.56
2011	34.38
2012	56.88
2013	31.38
2014	32.38
2015	93.75
2016	33.63
2017	92.50
2018	22.63
2019	51.50
N3 =	17.00

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA - ESTACIÓN PUCHACA

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
--------	--

Tesistas: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

I. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

1. ANÁLISIS DE SALTOS

1.1. Análisis de saltos para (1967 - 2002)

1.1.1. Consistencia de la Media para los Periodos P1 y P2

A. Cálculo de la media y la desviación estándar para las submuestras según:

$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i$	$S_1(x) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	Donde: Xi: Valores de la serie del periodo 1 Xj: Valores de la serie del periodo 2 n1, n2: Tamaño de las submuestras. \bar{x}_1, \bar{x}_j : Media de los periodos 1 y 2. $S_1, S_2(x)$: Desviación estándar de los periodos 1 y 2. n: Tamaño de la muestra (n1 + n2)
$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j$	$S_2(x) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	

PERIODO 1	
Año	Q max (m3/s)
1967	34.75
1968	26.59
1969	55.13
1970	48.21
1971	121.25
1972	141.31
1973	105.20
1974	58.22
1975	210.13
1976	47.00
1977	72.30
1978	68.73
1979	48.40
1980	34.35
1981	47.31
1982	24.82
1983	215.81
1984	114.54
1985	40.88
1986	32.00
1987	49.08
1988	27.08
1989	59.03
1990	30.91
1991	40.49
1992	58.13
1993	53.31
1994	51.78
1995	23.45
1996	21.00
1997	21.00
N1 =	31

PERIODO 2	
Año	Q max (m3/s)
1998	477.50
1999	62.38
2000	155.00
2001	500.00
2002	301.88
N2 =	5

	Variable 1	Variable 2
Media	63.941	299.350
Varianza	2476.598	37249.573
Observaciones	31.000	5.000
Varianza agrupada	6567.537	
Probabilidad hipotética de las n	0.000	
Grados de libertad	34.000	
Estadístico t	6.027	
P(T<=t) una cola	0.000	
Valor crítico de t (una cola)	1.691	
P(T<=t) dos colas	0.000	
Valor crítico de t (dos colas)	2.032	

Cálculo de la media:

Periodo 2 \bar{x}_1 : 63.94
 Periodo 3 \bar{x}_2 : 299.35

Cálculo de la desviación estándar:

Periodo 2 $s_1(x)$: 49.77
 Periodo 3 $s_2(x)$: 193.00

Cálculo de la varianza:

Periodo 2 2476.598
 Periodo 3 37249.57

B. Cálculo del (tc) calculado según:

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{d}}}$$

Además: $S_{\bar{d}} = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2}$

y $S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2}$

Calculando:

Periodo 2 $(n_1 - 1)S_1^2 = 74297.95$
 Periodo 3 $(n_2 - 1)S_2^2 = 148998.29$

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2} = 81.04 \quad S_{\bar{d}} = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2} = 39.06$$

Hallando el tc Calculado:

Tc = 6.03

C. Cálculo del t tabular tt:

Usando la Tabla t de Student según el nivel de significancia y los G.L tenemos:

Para los grados de libertad: **G.L (v) = n1 + n2 - 2**
G.L (v) = 34.00

Con un nivel de significancia: **α = 0.05**
α / 2 = 0.025

Tt = 2.032

D. Comparación del tc con el tt:

Si $|t_c| \leq t_c$ (95%) :

$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ (Estadísticamente)

En este caso, siendo las medias iguales estadísticamente, no se debe realizar proceso de corrección.

Si $|t_c| > t_c$ (95%) :

$\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ (Estadísticamente)

En este caso, siendo las medias diferentes estadísticamente, se debe corregir la información.

Tc	Tt(95%)	Resultado:
6.03	<	2.032
		Corregir información

1.1.2. Consistencia de la Desviación Estándar para P1 y P2

A. Cálculo de las varianzas de ambos periodos

$$S_1^2 = \left(\frac{1}{n_1 - 1} \right) \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2$$

Periodo 2 $S_1^2(x) = 2476.60$

Periodo 3 $S_2^2(x) = 37249.57$

Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Variable 1	Variable 2
Media	299.35	63.941065
Varianza	37249.57	2476.5983
Observaciones	5	31
Grados de libertad	4	30
F	15.04	
P(F<=f) una cola	7.47E-07	
Valor crítico para F (una cola)	2.69	

B. Cálculo del F calculando (Fc) según:

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)} \quad , \text{ si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)} \quad , \text{ si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

Fc = 15.041

c) Cálculo del f tabular:

$$\left. \begin{array}{l} \text{G.L.N} = n1 - 1 \\ \text{G.L.D} = n2 - 1 \end{array} \right\} , \text{ si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

Tenemos que:

G.L.N	=	4.00
G.L.D	=	30.00

$$\left. \begin{array}{l} \text{G.L.N} = n2 - 1 \\ \text{G.L.D} = n1 - 1 \end{array} \right\} , \text{ si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

Se obtiene de la Tabla A.4 para una probabilidad de 95%, un nivel de significancia $\alpha=0.05$

Ft = 2.690

d) Comparación del Fc y Ft:

Si $F_c \leq F_t$ (95%), $S_1(x) = S_2(x)$ (Estadísticamente)

Si $F_c > F_t$ (95%), $S_1(x) \neq S_2(x)$ (Estadísticamente), por lo que se debe corregir.

Fc	Ft	Resultado:
15.04	>	2.69
Corregir información		

1.1.3. Corrección de los datos

Corrección para datos del Periodo 1 :

$$X'(t) = \frac{x_t - \bar{x}_1}{S_1(x)} \cdot S_2(x) + \bar{x}_2$$

$\bar{x}_1 =$	63.94
$S_1(x) =$	49.77

Corrección para datos del Periodo 2, 3, 4 :

$$X'(t) = \frac{x_t - \bar{x}_2}{S_2(x)} \cdot S_1(x) + \bar{x}_1$$

$\bar{x}_2 =$	299.35
$S_2(x) =$	193.00

Dónde:

$X'(t)$: Valor corregido de saltos

x_t : Valor a ser corregido.

Corrección de los datos Periodo 1

Debido a que los datos calculados por la media y desviación estándar en ambos periodos son estadísticamente diferentes $S1(x) \neq S2(x)$, se corrige la información original por no ser consistente con el 95 % de probabilidad.

PERIODO 2	
Año	Q max (m3/s)
1967	34.75
1968	26.59
1969	55.13
1970	48.21
1971	121.25
1972	141.31
1973	105.20
1974	58.22
1975	210.13
1976	47.00
1977	72.30
1978	68.73
1979	48.40
1980	34.35
1981	47.31
1982	24.82
1983	215.81
1984	114.54
1985	40.88
1986	32.00
1987	49.08
1988	27.08
1989	59.03
1990	30.91
1991	40.49
1992	58.13
1993	53.31
1994	51.78
1995	23.45
1996	21.00
1997	21.00
N1 =	31

PERIODO 3		
Año	Q max (m3/s)	Q máx corregido
1998	477.50	109.88
1999	62.38	2.84
2000	155.00	26.72
2001	500.00	115.68
2002	301.88	64.59
N2 =	5	

1.2. Análisis de saltos para (1967 - 2019)

1.2.1. Consistencia de la Media para los Periodos P1, P2 y P2

A. Cálculo de la media y la desviación estándar para las submuestras según:

$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i$	$S_1(x) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	<p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> Xi: Valores de la serie del periodo 1 Xj: Valores de la serie del periodo 2 n1, n2: Tamaño de las submuestras. \bar{x}_1, \bar{x}_j: Media de los periodos 1 y 2. $S_1, S_2(x)$: Desviación estándar de los periodos 1 y 2. n: Tamaño de la muestra (n1 + n2)
$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j$	$S_2(x) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	

PERIODO 1-2	
Año	Q max (m3/s)
1967	34.75
1968	26.59
1969	55.13
1970	48.21
1971	121.25
1972	141.31
1973	105.20
1974	58.22
1975	210.13
1976	47.00
1977	72.30
1978	68.73
1979	48.40
1980	34.35
1981	47.31
1982	24.82
1983	215.81
1984	114.54
1985	40.88
1986	32.00
1987	49.08
1988	27.08
1989	59.03
1990	30.91
1991	40.49
1992	58.13
1993	53.31
1994	51.78
1995	23.45
1996	21.00
1997	21.00
1998	109.88
1999	2.84
2000	26.72
2001	115.68
2002	64.59
N1 =	36

PERIODO 3	
Año	Q max (m3/s)
2003	105.25
2004	20.00
2005	40.00
2006	93.25
2007	20.81
2008	147.50
2009	63.25
2010	66.56
2011	34.38
2012	56.88
2013	31.38
2014	32.38
2015	93.75
2016	33.63
2017	92.50
2018	22.63
2019	51.50
N2 =	17

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Variable 1	Variable 2
Media	63.941	59.155
Varianza	2405.838	1312.181
Observaciones	36.000	17.000
Varianza agrupada	2062.730	
Probabilidad hipotética de las medias	0.000	
Grados de libertad	51.000	
Estadístico t	0.358	
P(T<=t) una cola	0.361	
Valor crítico de t (una cola)	1.675	
P(T<=t) dos colas	0.722	
Valor crítico de t (dos colas)	2.008	

Cálculo de la media:

Periodo 2 \bar{x}_1 : 63.94
Periodo 3 \bar{x}_2 : 59.16

Cálculo de la desviación estándar:

Periodo 2 $s_1(x)$: 49.05
Periodo 3 $s_2(x)$: 36.22

Cálculo de la varianza:

Periodo 2 2405.838
Periodo 3 1312.181

B. Cálculo del (tc) calculado según:

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{d}}}$$

Además:

$$S_{\bar{d}} = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2}$$

$$y \quad S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2}$$

Calculando:

Periodo 2	$(n_1 - 1)S_1^2$	=	84204.34
Periodo 3	$(n_2 - 1)S_2^2$	=	20994.89

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2} = 45.42 \quad S_{\bar{d}} = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2} = 13.37$$

Hallando el tc Calculado:

Tc = 0.36

C. Cálculo del t tabular tt:

Usando la Tabla t de Student según el nivel de significancia y los G.L tenemos:

Para los grados de libertad:	G.L (v) =	n1 + n2 -2
	G.L (v)=	51.00

Con un nivel de significancia:	α =	0.05
	α /2 =	0.025

Tt= 2.008

D. Comparación del tc con el tt:

Si $|t_c| \leq t_c (95\%) :$

$\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ (Estadísticamente)

En este caso, siendo las medias iguales estadísticamente, no se debe realizar proceso de corrección.
--

Si $|t_c| > t_c (95\%) :$

$\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ (Estadísticamente)

En este caso, siendo las medias diferentes estadísticamente, se debe corregir la información.

Tc	Tt(95%)	Resultado:
0.36	< 2.008	No corregir

1.2.2. Consistencia de la Desviación Estándar para P1, P2 y P3

A. Cálculo de las varianzas de ambos periodos

$$S_1^2 = \left(\frac{1}{n_1 - 1} \right) \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2$$

Periodo 2 $S_1^2(x) = 2405.84$

Periodo 3 $S_2^2(x) = 1312.18$

Prueba F para varianzas de dos muestras		
	Variable 1	Variable 2
Media	63.941	59.155
Varianza	2405.838	1312.181
Observaciones	36.000	17.000
Grados de libertad	35.000	16.000
F	1.833	
P(F<=f) una cola	0.098	
Valor crítico para F (una cola)	2.169	

B. Cálculo del F calculando (Fc) según:

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)} \quad , \text{ si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)} \quad , \text{ si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

Fc =	1.833
-------------	--------------

c) Cálculo del f tabular:

$$\left. \begin{array}{l} \text{G.L.N} = n1 - 1 \\ \text{G.L.D} = n2 - 1 \end{array} \right\} , \text{ si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

Tenemos que:

G.L.N	=	16.00
G.L.D	=	35.00

$$\left. \begin{array}{l} \text{G.L.N} = n2 - 1 \\ \text{G.L.D} = n1 - 1 \end{array} \right\} , \text{ si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

Se obtiene de la Tabla A.4 para una probabilidad de 95%, un nivel de significancia $\alpha=0.05$

Ft	=	2.169
-----------	----------	--------------

d) Comparación del Fc y Ft:

Si $F_c \leq F_t$ (95%), $S_1(x) = S_2(x)$ (Estadísticamente)

Si $F_c > F_t$ (95%), $S_1(x) \neq S_2(x)$ (Estadísticamente), por lo que se debe corregir.

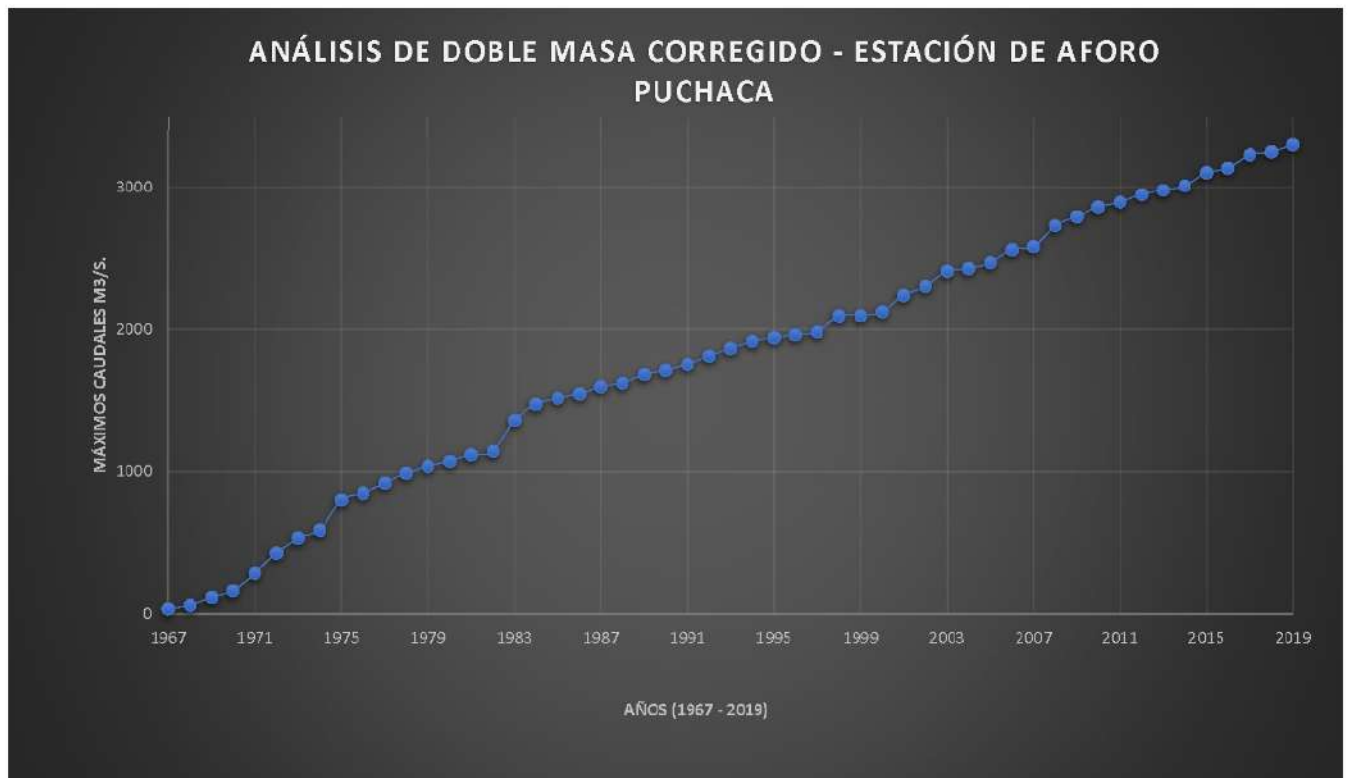
Fc	Ft	Resultado:
1.83	>	2.17
<i>No corregir</i>		

3.1.3. Verificación de datos corregidos

Ordenando datos de los periodos de corrección P1, P2, P3:

Periodo 1, 2, 3 Corregidos		
Año	Q max (m ³ /s)	Acum.
1967	34.75	34.75
1968	26.59	61.34
1969	55.13	116.46
1970	48.21	164.68
1971	121.25	285.93
1972	141.31	427.24
1973	105.20	532.44
1974	58.22	590.65
1975	210.13	800.78
1976	47.00	847.79
1977	72.30	920.09
1978	68.73	988.81
1979	48.40	1037.21
1980	34.35	1071.56
1981	47.31	1118.87
1982	24.82	1143.69
1983	215.81	1359.51
1984	114.54	1474.05
1985	40.88	1514.92
1986	32.00	1546.92
1987	49.08	1595.99
1988	27.08	1623.07
1989	59.03	1682.10
1990	30.91	1713.01
1991	40.49	1753.51
1992	58.13	1811.64

Periodo 1, 2, 3 Corregidos		
Año	Q max (m ³ /s)	Acum.
1993	53.31	1864.94
1994	51.78	1916.72
1995	23.45	1940.17
1996	21.00	1961.17
1997	21.00	1982.17
1998	109.88	2092.05
1999	2.84	2094.89
2000	26.72	2121.61
2001	115.68	2237.29
2002	64.59	2301.88
2003	105.25	2407.13
2004	20.00	2427.13
2005	40.00	2467.13
2006	93.25	2560.38
2007	20.81	2581.19
2008	147.50	2728.69
2009	63.25	2791.94
2010	66.56	2858.50
2011	34.38	2892.88
2012	56.88	2949.75
2013	31.38	2981.13
2014	32.38	3013.50
2015	93.75	3107.25
2016	33.63	3140.88
2017	92.50	3233.38
2018	22.63	3256.01
2019	51.50	3307.51



Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBERENA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
--------	--

Tesistas: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

II. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2. ANÁLISIS DE TENDENCIAS

2.1. Análisis de Tendencias para los Periodos P1, P2 (1967 - 2002).

Estación Puchaca			
ti	Año	Q=Tm	ti.Tm
1	1967	34.75	34.75
2	1968	26.59	53.18
3	1969	55.13	165.38
4	1970	48.21	192.85
5	1971	121.25	606.25
6	1972	141.31	847.87
7	1973	105.20	736.40
8	1974	56.22	465.73
9	1975	210.13	1891.18
10	1976	47.00	470.02
11	1977	72.30	795.29
12	1978	68.73	824.70
13	1979	48.40	629.21
14	1980	34.35	480.84
15	1981	47.31	709.70
16	1982	24.82	397.18
17	1983	215.81	3668.82
18	1984	114.54	2061.68
19	1985	40.88	776.63
20	1986	32.00	639.94
21	1987	49.08	1030.62
22	1988	27.08	595.65
23	1989	59.03	1357.71
24	1990	30.91	741.86
25	1991	40.49	1012.35
26	1992	58.13	1511.41
27	1993	53.31	1439.26
28	1994	51.78	1449.87
29	1995	23.45	680.05
30	1996	21.00	630.00
31	1997	21.00	651.00
32	1998	109.88	3516.07
33	1999	2.84	93.62
34	2000	26.72	908.49
35	2001	115.68	4048.75
36	2002	64.59	2325.32

a.	N =	36
b.	Σti =	666.00
c.	ΣTm =	2301.9
d.	Σti.Tm =	38439.6

Tendencia en la media

$$T_m = A_m + B_m \cdot t$$

A. Cálculo de los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple

$$A_m = \bar{T}_m - \bar{t} \cdot B_m \quad \text{Dónde:} \quad \bar{T}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_{(t)i}$$

$$B_m = R \cdot \frac{S_{Tm}}{S_t}$$

$$R = \frac{\bar{t} \cdot \bar{T}_m - \bar{t} \cdot \bar{T}_m}{S_t \cdot S_{Tm}} \quad \bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i$$

$$\bar{t} \cdot \bar{T}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i T_{mi}$$

Coefficiente de correlación R:

	$R = \frac{\bar{t} \cdot \bar{T}_m - \bar{t} \cdot \bar{T}_m}{S_t \cdot S_{Tm}}$	
Media de t:	$\bar{t} = 18.5$	Desv. Estándar S(t) = 10.54
Media de Tm:	$\bar{T}_m = 63.94$	Desv. Estándar S(Tm) = 49.05
Media t.Tm:	$\bar{t} \cdot \bar{T}_m = 1067.77$	Coef. Correlación R = -0.22
b. Parámetro Bm:	$B_m = R \cdot \frac{S_{Tm}}{S_t}$	Parámetro "Bm" = -1.04
c. Parámetro Am:	$A_m = \bar{T}_m - \bar{t} \cdot B_m$	Parámetro "Am" = 83.13

Ecuación de regresión lineal simple:

$$T_m = A_m + B_m \cdot t$$

$$T_m = 83.1314 + -1.03732 \cdot t$$

Evaluación de la tendencia Tm:

1. Cálculo del Tc estadístico según:

$$t_c = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} = 1.333$$

2. Cálculo de t_t :

Usando la Tabla t de Student según el nivel de significancia y los G.L tenemos:

$G.L = n - 2$ $G.L = 34$ $\alpha/2 = 0.025$ \rightarrow $T_t = 2.032$

3. Comparación del t_c con t_t :

Si $|t_c| \leq t_t$ (95%) : R no es significativo, en este caso la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

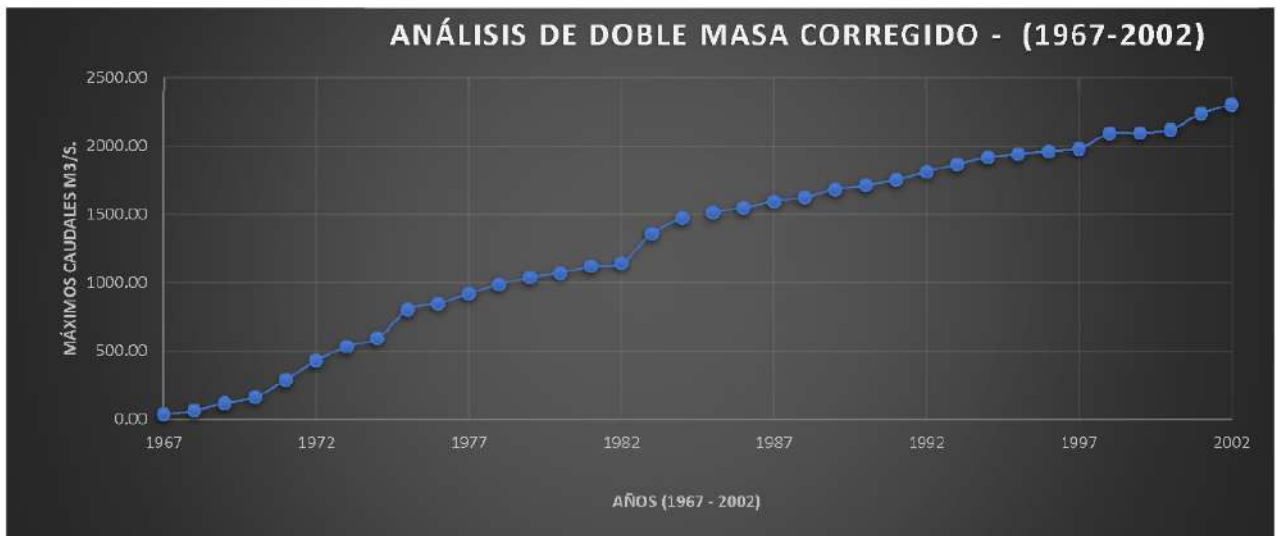
Si $|t_c| > t_t$ (95%) : R sí es significativo, en este caso la tendencia es significativa y hay necesidad de corregir la información de tendencia en la media.

T_c	$T_t(95\%)$	Resultado:
1.333	< 2.032	No corregir

2.2. Tendencia en la desviación estándar

Quando se trabajan con datos anuales, no hay necesidad de realizar el análisis de la tendencia en la desviación estándar (Villón M, 2005; pp 323).

Año	Q max (m ³ /s)	Acum.	Año	Q max (m ³ /s)	Acum.
1967	34.75	34.75	1985	40.88	1514.92
1968	26.59	61.34	1986	32.00	1546.92
1969	55.13	116.46	1987	49.08	1595.99
1970	48.21	164.68	1988	27.08	1623.07
1971	121.25	285.93	1989	59.03	1682.10
1972	141.31	427.24	1990	30.91	1713.01
1973	105.20	532.44	1991	40.49	1753.51
1974	58.22	590.65	1992	58.13	1811.64
1975	210.13	800.78	1993	53.31	1864.94
1976	47.00	847.79	1994	51.78	1916.72
1977	72.30	920.09	1995	23.45	1940.17
1978	68.73	988.81	1996	21.00	1961.17
1979	48.40	1037.21	1997	21.00	1982.17
1980	34.35	1071.56	1998	109.88	2092.05
1981	47.31	1118.87	1999	2.84	2094.89
1982	24.82	1143.69	2000	26.72	2121.61
1983	215.81	1359.51	2001	115.68	2237.29
1984	114.54	1474.05	2002	64.59	2301.88



ANÁLISIS DE VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DEL REGISTRO HISTÓRICO DE CAUDALES

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
---------------	--

Tesista: **Jainer Luysin NAVARRO MEDINA**

AÑO	Q (m³/s)	x	m	WEIBULL	P1(X)*100	CALIFORNIA	P2(X)*100	HAZEN	P3(X)*100	Z=(X-promedio)/s	F(Z)	p(1)	p(2)	p(3)
1967	34.76	2.84	1.00	0.0185	1.85	0.019	1.89	0.009	0.94	-1.32	0.093	0.074	0.074	0.084
1968	26.59	20.00	2.00	0.0370	3.70	0.038	3.77	0.028	2.83	-0.94	0.173	0.136	0.135	0.145
1969	55.13	20.81	3.00	0.0556	5.56	0.057	5.66	0.047	4.72	-0.92	0.178	0.122	0.121	0.131
1970	48.21	21.00	4.00	0.0741	7.41	0.075	7.55	0.066	6.60	-0.92	0.179	0.105	0.103	0.113
1971	121.26	21.00	5.00	0.0926	9.26	0.094	9.43	0.085	8.49	-0.92	0.179	0.086	0.085	0.094
1972	141.31	22.63	6.00	0.1111	11.11	0.113	11.32	0.104	10.38	-0.88	0.189	0.077	0.075	0.085
1973	105.20	23.46	7.00	0.1296	12.96	0.132	13.21	0.123	12.26	-0.87	0.194	0.064	0.061	0.071
1974	58.22	24.82	8.00	0.1481	14.81	0.151	15.09	0.142	14.15	-0.83	0.202	0.054	0.051	0.060
1975	210.13	26.59	9.00	0.1667	16.67	0.170	16.98	0.160	16.04	-0.80	0.213	0.047	0.043	0.053
1976	47.00	26.72	10.00	0.1852	18.52	0.189	18.87	0.179	17.92	-0.79	0.214	0.029	0.025	0.035
1977	72.30	27.08	11.00	0.2037	20.37	0.208	20.75	0.198	19.81	-0.78	0.216	0.013	0.009	0.018
1978	68.73	30.91	12.00	0.2222	22.22	0.226	22.64	0.217	21.70	-0.70	0.242	0.020	0.016	0.025
1979	48.40	31.38	13.00	0.2407	24.07	0.245	24.53	0.236	23.58	-0.69	0.245	0.005	0.000	0.010
1980	34.35	32.00	14.00	0.2593	25.93	0.264	26.42	0.255	25.47	-0.68	0.250	0.009	0.014	0.005
1981	47.31	32.38	15.00	0.2778	27.78	0.283	28.30	0.274	27.36	-0.67	0.252	0.025	0.031	0.021
1982	24.82	33.63	16.00	0.2963	29.63	0.302	30.19	0.292	29.25	-0.64	0.261	0.035	0.040	0.031
1983	216.81	34.36	17.00	0.3148	31.48	0.321	32.08	0.311	31.13	-0.62	0.267	0.048	0.054	0.045
1984	114.54	34.38	18.00	0.3333	33.33	0.340	33.96	0.330	33.02	-0.62	0.267	0.067	0.073	0.063
1985	40.88	34.75	19.00	0.3519	35.19	0.358	35.85	0.349	34.91	-0.61	0.270	0.082	0.089	0.079
1986	32.00	40.00	20.00	0.3704	37.04	0.377	37.74	0.368	36.79	-0.50	0.309	0.061	0.068	0.059
1987	49.08	40.49	21.00	0.3889	38.89	0.396	39.62	0.387	38.68	-0.49	0.313	0.076	0.083	0.074
1988	27.08	40.88	22.00	0.4074	40.74	0.415	41.51	0.406	40.57	-0.48	0.316	0.091	0.099	0.089
1989	59.03	47.00	23.00	0.4259	42.59	0.434	43.40	0.425	42.45	-0.34	0.366	0.060	0.068	0.058
1990	30.91	47.31	24.00	0.4444	44.44	0.453	45.28	0.443	44.34	-0.34	0.369	0.076	0.084	0.075
1991	40.49	48.21	25.00	0.4630	46.30	0.472	47.17	0.462	46.23	-0.32	0.376	0.087	0.095	0.086
1992	68.13	48.40	26.00	0.4815	48.15	0.491	49.06	0.481	48.11	-0.31	0.378	0.104	0.113	0.103
1993	53.31	49.08	27.00	0.5000	50.00	0.509	50.94	0.500	50.00	-0.30	0.384	0.116	0.126	0.116
1994	51.78	51.50	28.00	0.5185	51.85	0.528	52.83	0.519	51.89	-0.24	0.404	0.114	0.124	0.115
1995	23.46	51.78	29.00	0.5370	53.70	0.547	54.72	0.538	53.77	-0.24	0.407	0.130	0.140	0.131
1996	21.00	53.31	30.00	0.5556	55.56	0.566	56.60	0.557	55.66	-0.20	0.420	0.136	0.146	0.137
1997	21.00	55.13	31.00	0.5741	57.41	0.585	58.49	0.575	57.55	-0.16	0.436	0.138	0.149	0.140
1998	109.88	56.88	32.00	0.5926	59.26	0.604	60.38	0.594	59.43	-0.12	0.451	0.141	0.153	0.143
1999	2.84	58.13	33.00	0.6111	61.11	0.623	62.26	0.613	61.32	-0.09	0.462	0.149	0.160	0.151
2000	26.72	58.22	34.00	0.6296	62.96	0.642	64.15	0.632	63.21	-0.09	0.463	0.167	0.179	0.169
2001	116.68	59.03	35.00	0.6481	64.81	0.660	66.04	0.651	65.09	-0.07	0.470	0.178	0.190	0.181
2002	64.59	63.25	36.00	0.6667	66.67	0.679	67.92	0.670	66.98	0.02	0.507	0.159	0.172	0.162
2003	105.20	64.59	37.00	0.6852	68.52	0.698	69.81	0.689	68.87	0.05	0.519	0.166	0.179	0.169
2004	20.00	66.56	38.00	0.7037	70.37	0.717	71.70	0.708	70.75	0.09	0.537	0.167	0.180	0.171
2005	40.00	68.73	39.00	0.7222	72.22	0.736	73.58	0.726	72.64	0.14	0.556	0.166	0.180	0.171
2006	93.26	72.30	40.00	0.7407	74.07	0.755	75.47	0.745	74.53	0.22	0.587	0.154	0.168	0.158
2007	20.81	92.50	41.00	0.7593	75.93	0.774	77.36	0.764	76.42	0.67	0.748	0.011	0.026	0.016
2008	147.50	93.25	42.00	0.7778	77.78	0.792	79.25	0.783	78.30	0.68	0.753	0.024	0.039	0.030
2009	63.25	93.75	43.00	0.7963	79.63	0.811	81.13	0.802	80.19	0.70	0.757	0.040	0.055	0.045
2010	66.56	105.20	44.00	0.8148	81.48	0.830	83.02	0.821	82.08	0.95	0.829	0.014	0.001	0.008
2011	34.38	105.25	45.00	0.8333	83.33	0.849	84.91	0.840	83.96	0.95	0.829	0.004	0.020	0.010
2012	66.88	109.88	46.00	0.8519	85.19	0.868	86.79	0.858	85.85	1.05	0.854	0.002	0.014	0.004
2013	31.38	114.54	47.00	0.8704	87.04	0.887	88.68	0.877	87.74	1.16	0.876	0.006	0.010	0.001
2014	32.38	115.68	48.00	0.8889	88.89	0.906	90.57	0.896	89.62	1.18	0.882	0.007	0.024	0.015
2015	93.75	121.25	49.00	0.9074	90.74	0.925	92.45	0.915	91.51	1.31	0.904	0.003	0.020	0.011
2016	33.63	141.31	50.00	0.9259	92.59	0.943	94.34	0.934	93.40	1.75	0.960	0.034	0.017	0.026
2017	92.60	147.50	51.00	0.9444	94.44	0.962	96.23	0.953	95.28	1.89	0.971	0.026	0.008	0.018
2018	22.63	210.13	52.00	0.9630	96.30	0.981	98.11	0.972	97.17	3.28	0.999	0.037	0.018	0.028
2019	51.50	215.81	53.00	0.9815	98.15	1.000	100.00	0.991	99.06	3.41	1.000	0.018	0.000	0.009

N=	53.00
Desv. Est=	45.03
Promedio=	62.41

%	probabilidad d
16.00	17.37
50.00	62.41
80.00	107.44

	WEIBULL	CALIFORNIA	HAZEN
Δ tabular	0.1780	0.1902	0.1808
Δ crítico 5%	0.1868		



ANEXO N° 1.3:
**ESTACIÓN HIDROMÉTRICA PUCHACA - REGISTRO
HISTÓRICO DE CAUDALES CORREGIDOS –
ANÁLISIS DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS**

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
--------	--

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

REGISTRO HISTÓRICO DE CAUDALES CORREGIDOS

DESCARGA MÁXIMAS ANUALES DEL RÍO LA LECHE m³/s

(Estación de Aforo Puchaca : Río La Leche)

AÑOS	Q max (m ³ /sg)	
1967	34.75	215.81
1968	26.59	210.13
1969	55.13	147.50
1970	48.21	141.31
1971	121.25	121.25
1972	141.31	115.68
1973	105.20	114.54
1974	58.22	109.88
1975	210.13	105.25
1976	47.00	105.20
1977	72.30	93.75
1978	68.73	93.25
1979	48.40	92.50
1980	34.35	72.30
1981	47.31	68.73
1982	24.82	66.56
1983	215.81	64.59
1984	114.54	63.25
1985	40.88	59.03
1986	32.00	58.22
1987	49.08	58.13
1988	27.08	56.88
1989	59.03	55.13
1990	30.91	53.31
1991	40.49	51.78
1992	58.13	51.50
1993	53.31	49.08
1994	51.78	48.40
1995	23.45	48.21
1996	21.00	47.31
1997	21.00	47.00

AÑOS	Q max (m ³ /sg)	
1998	109.88	40.88
1999	2.84	40.49
2000	26.72	40.00
2001	115.68	34.75
2002	64.59	34.38
2003	105.25	34.35
2004	20.00	33.63
2005	40.00	32.38
2006	93.25	32.00
2007	20.81	31.38
2008	147.50	30.91
2009	63.25	27.08
2010	66.56	26.72
2011	34.38	26.59
2012	56.88	24.82
2013	31.38	23.45
2014	32.38	22.63
2015	93.75	21.00
2016	33.63	21.00
2017	92.50	20.81
2018	22.63	20.00
2019	51.50	2.84

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
--------	--

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES MÁXIMOS POR LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS

MÉTODO DE NASH

Consideraciones para el diseño :

Se basan en considerar al caudal máximo anual como una variable aleatoria que tiene una cierta distribución.

Para utilizarlos se requiere tener como datos, el registro de los caudales máximos anuales.

El caudal de diseño se calcula para un periodo de retorno.

A mayor tamaño del registro, mayor también será la aproximación de cálculo del caudal de diseño.

N =	53 años
------------	----------------

m	Q max.	T	T / (T - 1)	X	Q * X	Q²	X²
1	215.81	54.000	1.019	-2.091	-451.169	46575.251	4.370
2	210.13	27.000	1.038	-1.785	-375.170	44155.037	3.188
3	147.50	18.000	1.059	-1.605	-236.757	21756.250	2.576
4	141.31	13.500	1.080	-1.476	-208.569	19969.081	2.178
5	121.25	10.800	1.102	-1.375	-166.684	14701.563	1.890
6	115.68	9.000	1.125	-1.291	-149.357	13381.554	1.667
7	114.54	7.714	1.149	-1.220	-139.703	13118.953	1.488
8	109.88	6.750	1.174	-1.157	-127.146	12072.964	1.339
9	105.25	6.000	1.200	-1.101	-115.920	11077.563	1.213
10	105.20	5.400	1.227	-1.051	-110.554	11067.040	1.104
11	93.75	4.909	1.256	-1.005	-94.190	8789.063	1.009
12	93.25	4.500	1.286	-0.962	-89.706	8695.563	0.925
13	92.50	4.154	1.317	-0.922	-85.307	8556.250	0.851
14	72.30	3.857	1.350	-0.885	-63.980	5227.145	0.783
15	68.73	3.600	1.385	-0.850	-58.400	4723.126	0.722
16	66.56	3.375	1.421	-0.816	-54.343	4430.633	0.667
17	64.59	3.176	1.459	-0.785	-50.682	4172.144	0.616
18	63.25	3.000	1.500	-0.754	-47.707	4000.563	0.569
19	59.03	2.842	1.543	-0.725	-42.803	3484.659	0.526
20	58.22	2.700	1.588	-0.697	-40.576	3389.103	0.486
21	58.13	2.571	1.636	-0.670	-38.938	3379.213	0.449
22	56.88	2.455	1.688	-0.644	-36.600	3234.766	0.414
23	55.13	2.348	1.742	-0.618	-34.063	3038.766	0.382
24	53.31	2.250	1.800	-0.593	-31.610	2841.530	0.352
25	51.78	2.160	1.862	-0.569	-29.445	2681.272	0.323
26	51.50	2.077	1.929	-0.545	-28.057	2652.250	0.297
27	49.08	2.000	2.000	-0.521	-25.588	2408.552	0.272
28	48.40	1.929	2.077	-0.498	-24.121	2342.657	0.248
29	48.21	1.862	2.160	-0.476	-22.933	2324.397	0.226
30	47.31	1.800	2.250	-0.453	-21.444	2238.520	0.205
31	47.00	1.742	2.348	-0.431	-20.259	2209.188	0.186
32	40.88	1.688	2.455	-0.409	-16.717	1670.766	0.167
33	40.49	1.636	2.571	-0.387	-15.672	1639.764	0.150
34	40.00	1.588	2.700	-0.365	-14.606	1600.000	0.133
35	34.75	1.543	2.842	-0.343	-11.929	1207.563	0.118
36	34.38	1.500	3.000	-0.321	-11.047	1181.641	0.103
37	34.35	1.459	3.176	-0.299	-10.281	1179.648	0.090
38	33.63	1.421	3.375	-0.277	-9.320	1130.977	0.077
39	32.38	1.385	3.600	-0.255	-8.246	1048.141	0.065
40	32.00	1.350	3.857	-0.232	-7.420	1023.808	0.054
41	31.38	1.317	4.154	-0.209	-6.548	984.391	0.044
42	30.91	1.286	4.500	-0.185	-5.717	955.490	0.034
43	27.08	1.256	4.909	-0.161	-4.346	733.056	0.026
44	26.72	1.227	5.400	-0.135	-3.614	713.981	0.018
45	26.59	1.200	6.000	-0.109	-2.896	706.922	0.012
46	24.82	1.174	6.750	-0.081	-2.018	616.231	0.007
47	23.45	1.149	7.714	-0.052	-1.218	549.903	0.003
48	22.63	1.125	9.000	-0.020	-0.460	512.117	0.000
49	21.00	1.102	10.800	0.014	0.300	441.000	0.000
50	21.00	1.080	13.500	0.053	1.117	441.000	0.003
51	20.81	1.059	18.000	0.099	2.055	433.181	0.010
52	20.00	1.038	27.000	0.156	3.115	400.000	0.024
53	2.84	1.019	54.000	0.239	0.677	8.049	0.057

Σ igual a:	3307.51
-------------------	----------------

Σ iguales a:	-31.851
---------------------	----------------

-3146.574

311872.238

32.715

$$Q \text{ prom} = 62.41 \quad (\text{m}^3/\text{sg})$$

$$X_m = -0.601$$

a.- Cálculo de los parámetros a y b:

$$a = Q_m - b \cdot X_m \quad a = 11.10$$

$$b = \frac{\sum X_i \cdot Q_i - N \cdot X_m \cdot Q_m}{\sum X_i^2 - N \cdot X_m^2} \quad b = -85.37$$

b.- Cálculo del Caudal Máximo :

y T = 50 años

$$Q_{\text{max.}} = a + b \log \log (T / T - 1) \quad \text{y también } T / (T - 1) = 1.020$$

$$Q_{\text{max.}} = 186.70 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

c.- Cálculo de las desviaciones estandar y la covarianza :

$$S_{xx} = N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 = S_{xx} = 719.4479$$

$$S_{qq} = N \sum Q_i^2 - (\sum Q_i)^2 = S_{qq} = 5589577.6118$$

$$S_{xq} = N \sum Q_i \cdot X_i - (\sum Q_i)(\sum X_i) = S_{xq} = -61421.9597$$

$$X_i = \log \left(\log \left(\frac{T}{T - 1} \right) \right) = X_i = -2.0568$$

$$\Delta Q = \pm 2 \sqrt{\frac{S_{qq}}{N^2(N-1)} + (X - X_M)^2 \left(\frac{1}{N-2} \right) \left(\frac{1}{S_{xx}} \right) \left(S_{qq} - \frac{S_{xq}^2}{S_{xx}} \right)} =$$

$$\Delta Q = 15.26$$

d.- Calculo del caudal máximo de diseño:

$$Q_d = Q_{\text{max.}} + \Delta Q$$

$$Q_d = 201.960 \quad (\text{m}^3/\text{sg})$$

CAUDALES DE DISEÑO FINALES- MÉTODO DE NASH				
T (años)	P (%)	X	Qmax (m ³ /s)	Qd (m ³ /s)
5	80.00	-1.0136	97.64	110.27
10	90.00	-1.3395	125.46	138.64
25	96.00	-1.7513	160.62	174.86
50	98.00	-2.0568	186.70	201.96
100	99.00	-2.3600	212.59	229.01
150	99.33	-2.5369	227.68	244.84
200	99.50	-2.6622	238.38	256.08
500	99.80	-3.0608	272.41	291.93
1000	99.90	-3.3620	298.13	319.11

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
---------------	---

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

MÉTODO DE LEBEDIEV

AÑO	Q máx	(Qmax/Qm) - 1	(Q/Qm - 1)2	(Q/Qm - 1)3
1967	34.75	-0.443	0.196	-0.087
1968	26.59	-0.574	0.329	-0.189
1969	55.13	-0.117	0.014	-0.002
1970	48.21	-0.227	0.052	-0.012
1971	121.25	0.943	0.889	0.838
1972	141.31	1.264	1.599	2.021
1973	105.20	0.686	0.470	0.322
1974	58.22	-0.067	0.005	0.000
1975	210.13	2.367	5.603	13.264
1976	47.00	-0.247	0.061	-0.015
1977	72.30	0.159	0.025	0.004
1978	68.73	0.101	0.010	0.001
1979	48.40	-0.224	0.050	-0.011
1980	34.35	-0.450	0.202	-0.091
1981	47.31	-0.242	0.058	-0.014
1982	24.82	-0.602	0.363	-0.218
1983	215.81	2.458	6.043	14.855
1984	114.54	0.835	0.698	0.583
1985	40.88	-0.345	0.119	-0.041
1986	32.00	-0.487	0.237	-0.116
1987	49.08	-0.214	0.046	-0.010
1988	27.08	-0.566	0.321	-0.181
1989	59.03	-0.054	0.003	0.000
1990	30.91	-0.505	0.255	-0.129
1991	40.49	-0.351	0.123	-0.043
1992	58.13	-0.069	0.005	0.000
1993	53.31	-0.146	0.021	-0.003
1994	51.78	-0.170	0.029	-0.005
1995	23.45	-0.624	0.390	-0.243
1996	21.00	-0.663	0.440	-0.292
1997	21.00	-0.663	0.440	-0.292
1998	109.88	0.761	0.579	0.440
1999	2.84	-0.955	0.911	-0.870
2000	26.72	-0.572	0.327	-0.187
2001	115.68	0.854	0.729	0.622
2002	64.59	0.035	0.001	0.000
2003	105.25	0.687	0.471	0.324
2004	20.00	-0.680	0.462	-0.314
2005	40.00	-0.359	0.129	-0.046
2006	93.25	0.494	0.244	0.121
2007	20.81	-0.666	0.444	-0.296
2008	147.50	1.364	1.859	2.535
2009	63.25	0.014	0.000	0.000
2010	66.56	0.067	0.004	0.000
2011	34.38	-0.449	0.202	-0.091
2012	56.88	-0.089	0.008	-0.001

2013	31.38	-0.497	0.247	-0.123
2014	32.38	-0.481	0.232	-0.111
2015	93.75	0.502	0.252	0.127
2016	33.63	-0.461	0.213	-0.098
2017	92.50	0.482	0.233	0.112
2018	22.63	-0.637	0.406	-0.259
2019	51.50	-0.175	0.031	-0.005
Σ igual a:	3307.51	Σ igual a:	27.080	31.774

N =	53
------------	-----------

$Q_m = \Sigma Q_i / N$, luego :

$$Q_m = 62.41 \quad (m^3/s)$$

a) Coeficiente de Variación Cv:

$$C_v = \sqrt{(\Sigma(Q_i/Q_m - 1)^2 / N)}$$



$$C_v = 0.715$$

b) Coeficiente de Asimetría Cs:

Considerando que la avenida es producida por una tormenta:

$$C_s = (\Sigma (Q_i/Q_m - 1)^3) / (N \cdot C_v^3)$$

$$C_s = 1.64147$$

Cs=	3*Cv	
Cs=	2.1444	

Escogemos el mayor: ==> **Cs = 2.1444**

Para el período de retorno de 50 años, el valor P es:

$$T = 50 \text{ años} \quad P = 0.02$$

$$P \text{ (en \%)} = 2.00$$

c) Con P (%) y Cs, se obtiene el valor K de la Tabla 6.17 (Hidrología, Máximo Villón Béjar)

$$K = 2.980$$

d) Con P (%) y Cv, se obtiene el valor de Er de la figura 6.3

$$E_r = 0.78$$

e) Cálculo del caudal máximo Qmax :

$$Q_{max} = Q_m (K \cdot C_v + 1)$$

$$Q_{max} = 195.338 \quad (m^3/s)$$

f) Cálculo del intervalo de confianza: Para N = 53 años (N > 40 años) se toma A= 0.7

$$A = 0.70$$

$$\Delta Q = + (A \cdot E_r \cdot Q_{max}) / \sqrt{N}$$

$$\Delta Q = 14.650 \quad (m^3/s)$$

g) Cálculo del caudal de diseño Qd :

$$Q_d = Q_{max} + \Delta Q$$
$$Q_d = 209.988 \quad (m^3/s)$$

CAUDALES DE DISEÑO FINALES - MÉTODO DE LEBEDIEV					
T (años)	P (%)	K	Er	Qmax (m ³ /s)	Qd (m ³ /s)
5	20.00	0.58	0.78	88.28	94.90
10	10.00	1.28	0.82	119.50	128.93
25	4.00	2.27	0.91	163.67	177.99
50	2.00	2.94	1.02	193.55	212.54
100	1.00	3.66	1.05	225.67	248.46
150	0.67	4.16	1.08	247.98	273.73
200	0.50	4.42	1.12	259.57	287.53
500	0.20	5.67	1.14	315.33	349.90
1000	0.10	6.09	1.18	334.07	371.97

K; Er:Obtenidos de las tablas adjuntas.

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
--------	--

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

MÉTODO DE LOGARITMO PEARSON III

Año	Caudales (m3/s)		VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL MÉTODO EMPLEADO			
	Máx.	Descendente	log Q	log Q 2	(logQ - logQp)^3	(logQ - logQp)^2
1967	34.75	215.81	2.334	5.448	0.263	0.411
1968	26.59	210.13	2.322	5.394	0.249	0.396
1969	55.13	147.50	2.169	4.704	0.108	0.226
1970	48.21	141.31	2.150	4.623	0.095	0.209
1971	121.25	121.25	2.084	4.342	0.060	0.152
1972	141.31	115.68	2.063	4.257	0.051	0.137
1973	105.20	114.54	2.059	4.239	0.049	0.134
1974	58.22	109.88	2.041	4.165	0.042	0.121
1975	210.13	105.25	2.022	4.089	0.036	0.108
1976	47.00	105.20	2.022	4.089	0.036	0.108
1977	72.30	93.75	1.972	3.889	0.022	0.078
1978	68.73	93.25	1.970	3.880	0.021	0.076
1979	48.40	92.50	1.966	3.866	0.020	0.074
1980	34.35	72.30	1.859	3.456	0.005	0.028
1981	47.31	68.73	1.837	3.375	0.003	0.021
1982	24.82	66.56	1.823	3.324	0.002	0.017
1983	215.81	64.59	1.810	3.277	0.002	0.014
1984	114.54	63.25	1.801	3.244	0.001	0.012
1985	40.88	59.03	1.771	3.137	0.000	0.006
1986	32.00	58.22	1.765	3.115	0.000	0.005
1987	49.08	58.13	1.764	3.113	0.000	0.005
1988	27.08	56.88	1.755	3.080	0.000	0.004
1989	59.03	55.13	1.741	3.032	0.000	0.002
1990	30.91	53.31	1.727	2.982	0.000	0.001
1991	40.49	51.78	1.714	2.938	0.000	0.000
1992	58.13	51.50	1.712	2.930	0.000	0.000
1993	53.31	49.08	1.691	2.859	0.000	0.000
1994	51.78	48.40	1.685	2.839	0.000	0.000
1995	23.45	48.21	1.683	2.833	0.000	0.000
1996	21.00	47.31	1.675	2.806	0.000	0.000
1997	21.00	47.00	1.672	2.796	0.000	0.000
1998	109.88	40.88	1.611	2.597	-0.001	0.007
1999	2.84	40.49	1.607	2.584	-0.001	0.007
2000	26.72	40.00	1.602	2.567	-0.001	0.008
2001	115.68	34.75	1.541	2.375	-0.004	0.023
2002	64.59	34.38	1.536	2.360	-0.004	0.025
2003	105.25	34.35	1.536	2.359	-0.004	0.025
2004	20.00	33.63	1.527	2.331	-0.005	0.028
2005	40.00	32.38	1.510	2.281	-0.006	0.034
2006	93.25	32.00	1.505	2.265	-0.007	0.035
2007	20.81	31.38	1.497	2.240	-0.008	0.039
2008	147.50	30.91	1.490	2.220	-0.008	0.041
2009	63.25	27.08	1.433	2.052	-0.018	0.068
2010	66.56	26.72	1.427	2.036	-0.019	0.071
2011	34.38	26.59	1.425	2.030	-0.019	0.072

2012	56.88	24.82	1.395	1.946	-0.027	0.089
2013	31.38	23.45	1.370	1.877	-0.034	0.104
2014	32.38	22.63	1.355	1.835	-0.039	0.115
2015	93.75	21.00	1.322	1.748	-0.051	0.138
2016	33.63	21.00	1.322	1.748	-0.051	0.138
2017	92.50	20.81	1.318	1.738	-0.053	0.141
2018	22.63	20.00	1.301	1.693	-0.060	0.154
2019	51.50	2.84	0.453	0.205	-1.909	1.539
Σ =	3307.51	3307.51	89.74	157.21	-1.26	3.85

a) PROMEDIO:

$$\text{Log } Q_p = 1.693$$

b) DESVIACIÓN ESTANDAR:

$$\sigma \text{ Log } Q = 0.318$$

c) Cálculo del Coeficiente de Sesgo (Cs):

$$N = 53$$

$$Cs \text{ de los log } Q = -0.787$$

CAUDALES DE DISEÑO FINALES - MÉTODO DE LOGARITMO PEARSON III				
T (años)	P (%)	K	Log Q	Qd (m3/s)
5	20.00	0.856	1.965	92.29
10	10.00	1.169	2.065	116.02
25	4.00	1.456	2.156	143.12
50	2.00	1.617	2.207	161.00
100	1.00	1.748	2.248	177.13
150	0.67	1.784	2.260	181.91
200	0.50	1.855	2.282	191.58
500	0.20	2.007	2.331	214.16
1000	0.10	2.058	2.347	222.27

Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE

Tesista Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

RESUMEN DE LOS CAUDALES OBTENIDOS POR LOS DIFERENTES MÉTODOS ESTADÍSTICOS

N = 53 años , DONDE : $\tau = \left(\frac{n + 1}{m} \right)$

m	T (años)	Q (m3/s)
1	54.000	215.813
2	27.000	210.131
3	18.000	147.500
4	13.500	141.312
5	10.800	121.250
6	9.000	115.679
7	7.714	114.538
8	6.750	109.877
9	6.000	105.250
10	5.400	105.200
11	4.909	93.750
12	4.500	93.250
13	4.154	92.500
14	3.857	72.299
15	3.600	68.725
16	3.375	66.563
17	3.176	64.592
18	3.000	63.250
19	2.842	59.031
20	2.700	58.216
21	2.571	58.131
22	2.455	56.875
23	2.348	55.125
24	2.250	53.306
25	2.160	51.781
26	2.077	51.500
27	2.000	49.077
28	1.929	48.401
29	1.862	48.212
30	1.800	47.313
31	1.742	47.002
32	1.688	40.875
33	1.636	40.494
34	1.588	40.000
35	1.543	34.750
36	1.500	34.375
37	1.459	34.346
38	1.421	33.630
39	1.385	32.375
40	1.350	31.997
41	1.317	31.375
42	1.286	30.911
43	1.256	27.075
44	1.227	26.720
45	1.200	26.588
46	1.174	24.824
47	1.149	23.450
48	1.125	22.630
49	1.102	21.000
50	1.080	21.000
51	1.059	20.813
52	1.038	20.000
53	1.019	2.837

MÉTODO DE NASH	
T (años)	Q max (m3/s)
5	110.27
10	138.64
25	174.86
50	201.96
100	229.01
150	244.84
200	256.08
500	291.93
1000	319.11

MÉTODO DE LEBEDIEV	
T (años)	Q max (m3/s)
5	94.90
10	128.93
25	177.99
50	212.54
100	248.46
150	273.73
200	287.53
500	349.90
1000	371.97

MÉTODO DE LOG PEARSON III	
T (años)	Q max (m3/s)
5	92.29
10	116.02
25	143.12
50	161.00
100	177.13
150	181.91
200	191.58
500	214.16
1000	222.27

MÉTODO DE GUMBEL TIPO I	
T (años)	Q max (m3/s)
5	115.26
10	146.94
25	209.62
50	236.41
100	263.19
150	278.86
200	289.98
500	325.39
1000	352.18

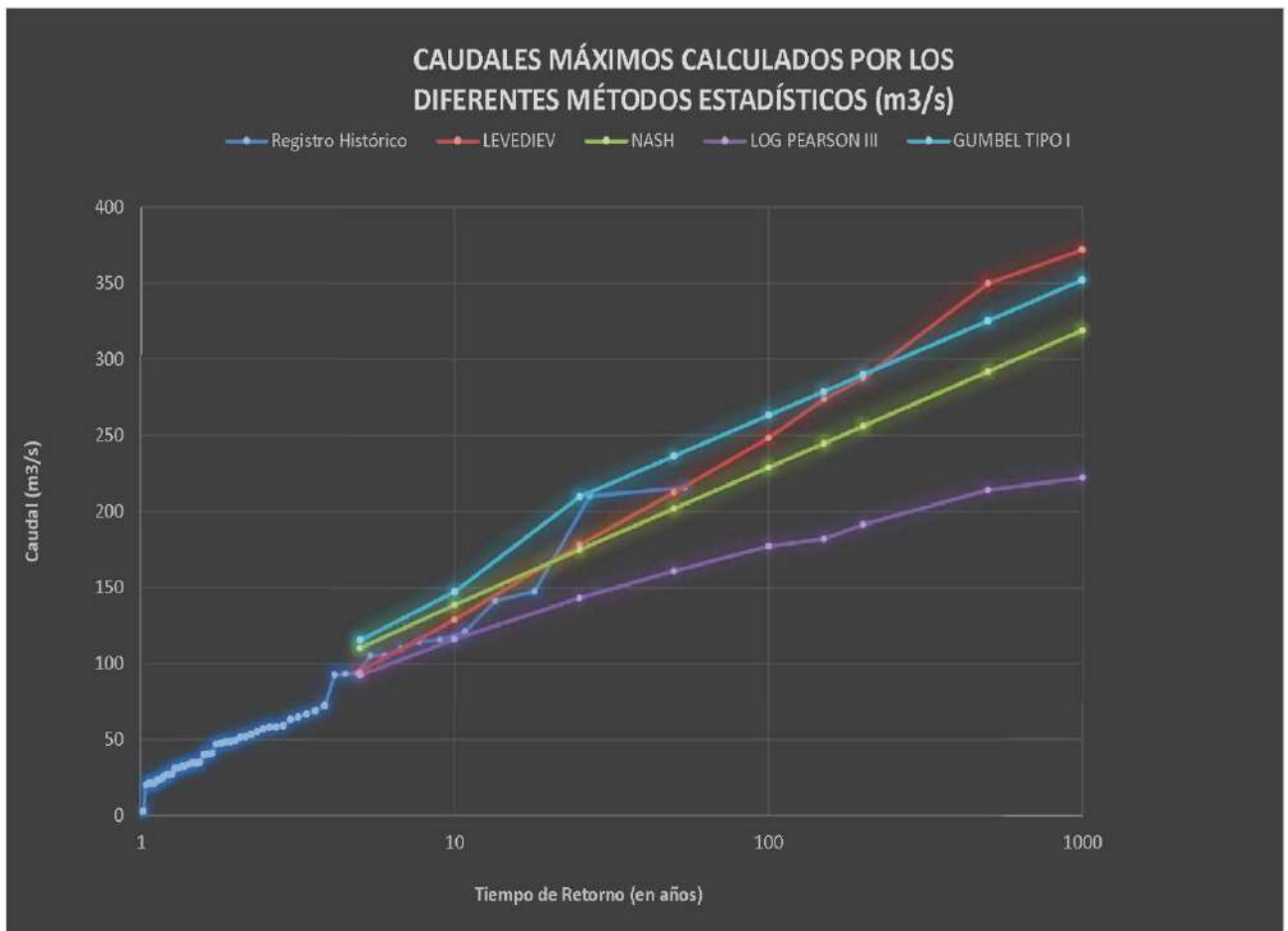
En el gráfico T vs. Q, se observa que el método que más se acerca a los datos registrados es la distribución por el **Método de Gumbel Tipo I**, por lo cual asumiremos este método para calcular el caudal máximo.

MÉTODO DE GUMBEL TIPO I	
T (años)	Qd (m ³ /s)
5	95
10	129
25	178
50	213
100	248
150	274
200	288
500	350
1000	372

Luego el Caudal máximo es:

Q max =	273.73	m³/s
----------------	---------------	------------------------

Q max inst =	355.84	m³/s
---------------------	---------------	------------------------



ANEXO N° 1.4:
ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO
LA LECHE

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA “EL ORO Y LAS VENTANAS”, RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
---------------	---

Tesista: **Jainer Luysin NAVARRO MEDINA**

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO LA LECHE

Se realizó el estudio hidrológico de la cuenca del río La Leche usando el programa ARCMAP 10.5

DESCRIPCIÓN			AREA km ²
1	A1	7	612.18
2	A2	25	203.73
3	A3	13	141.78
4	A4	17	105.64
5	A5	5	93.72
6	A6	8	90.15
7	A7	8	100.47
8	A8	9	110.20
9	A9	6	136.81
10	A10	20	28.39
Area total =			1623.07

Área y perímetro de la cuenca del río

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
De la superficie		
Area	km ²	1623.07
Perímetro de la cuenca	km	212.5
Cota Máxima	m	4117
Cota Mínima	m	50

Longitud mayor del río

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
De la superficie		
Longitud mayor del río	km	85.4

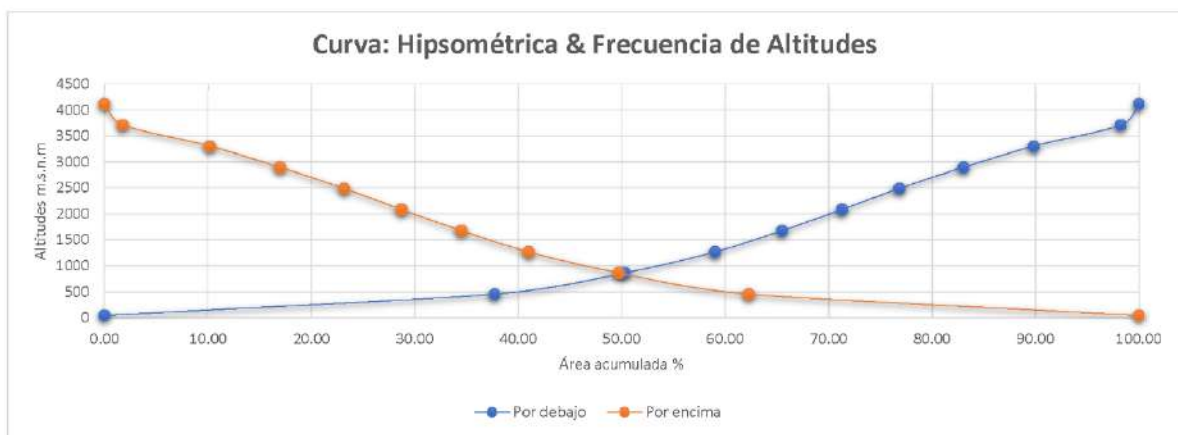
factor de forma

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
De la superficie		
cuenca río La Leche	área/(L.R) ²	0.22254688

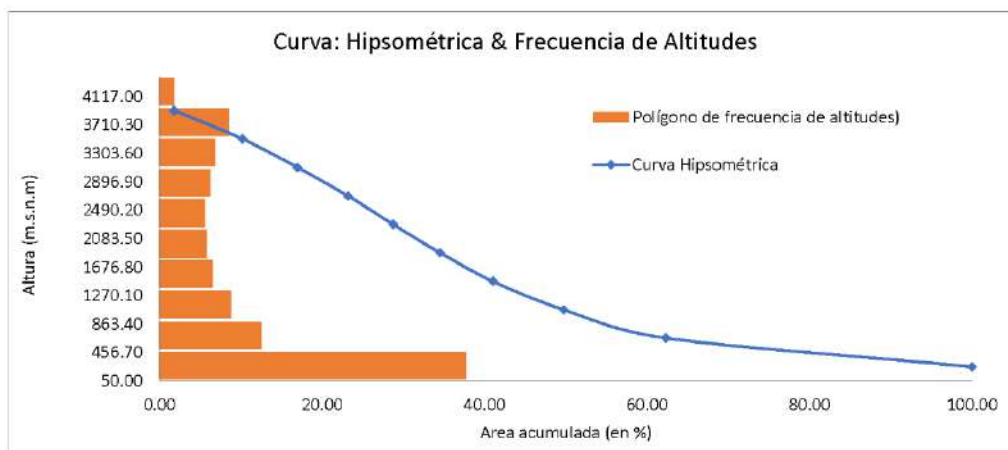
índice de compacidad

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
De la superficie		
cuenca río La Leche	$Kc=0.28^*P/(A)^{1/2}$	1.48

Nro	Cota(msnm)			Area (km2)				Superficie de la cuenca del río La Leche entre las curvas de nivel
	Mínimo	Máximo	Prom	Intervalo	área por encima de la altitud	area por encima de la altura	area por debajo de la altura	
0	0.0	50	0	0	1623.07	100.00	0.00	0
1	50.0	456.75	253.38	612.18	1010.89	62.28	37.72	37.72
2	459.2	865.90	662.53	203.73	807.17	49.73	50.27	12.55
3	863.7	1270.47	1067.09	141.78	665.39	41.00	59.00	8.74
4	1271.8	1678.52	1475.14	105.64	559.75	34.49	65.51	6.51
5	1677.7	2084.49	1881.12	93.72	466.03	28.71	71.29	5.77
6	2083.9	2490.63	2287.25	90.15	375.88	23.16	76.84	5.55
7	2490.6	2897.38	2694.00	100.47	275.41	16.97	83.03	6.19
8	2897.5	3304.26	3100.89	110.20	165.21	10.18	89.82	6.79
9	3304.4	3711.16	3507.79	136.81	28.39	1.75	98.25	8.43
10	3712.8	4119.55	3916.17	28.39	0.00	0.00	100.00	1.75



Altitud media =
 Altitud más frecuente = 253 msnm
 Altitud de frecuencia 1/2 = 1553 msnm

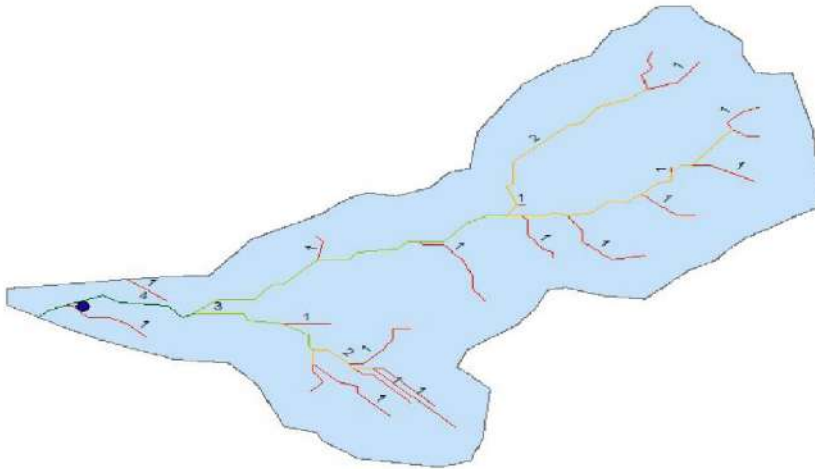


Rectángulo equivalente

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
De la superficie		
cuenca río La Leche (L)	km	87.75
cuenca río La Leche (I)	km	18.50

Red de drenaje

Orden de la Red Hídrica	N° de ríos	Longitud en Km
1	359	126.31
2	154	55.88
3	119	45.80
4	42	15.76
Total=	674	243.75



Indice de la pendiente

Nro	Cota(msnm)			Area (km2)		
	Mínimo	Máximo	Áreas parciales	Bi= Ai / St	Δ H	$\sum \sqrt{\frac{Bi*(a_i - a_{i-1})}{1000}}$
1	50	456.75	612.18	0.377	406.75	0.39
2	459.15	865.90	203.73	0.126	406.75	0.23
3	863.72	1270.47	141.78	0.087	406.75	0.19
4	1271.77	1678.52	105.64	0.065	406.75	0.16
5	1677.74	2084.49	93.72	0.058	406.75	0.15
6	2083.88	2490.63	90.15	0.056	406.75	0.15
7	2490.63	2897.38	100.47	0.062	406.75	0.16
8	2897.51	3304.26	110.20	0.068	406.75	0.17
9	3304.41	3711.16	136.81	0.084	406.75	0.19
10	3712.80	4119.55	28.39	0.017	406.75	0.08
TOTALES			1623.07	1.00	4067.50	1.87

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} * \sum \sqrt{\frac{Bi * \Delta H_i}{1000}}$$

$$I_p = 0.199$$

PENDIENTE UNIFORME

$$S = H/L$$

$$S = 4.765 \%$$

$$t_c = 1.4 * 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

aquí es 1.5

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
De la superficie		
Tiempo de concentración	horas	9.87

TIPO DE SUELO	AREA (M2)	AREA (KM2)	S	AREAxS
Cultivos Generales	108333000.00	108.33	0.60	65.00
Cultivos Generales	242081100.00	242.08	0.72	174.30
Cultivos de Pastos	142732800.00	142.73	0.36	51.38
Cultivos de Pastos	53498700.00	53.50	0.42	22.47
Cultivos de Bosques	314237700.00	314.24	0.18	56.56
Cultivos de Bosques	228848400.00	228.85	0.21	48.06
Áreas desnudas	27955800.00	27.96	0.80	22.36
Áreas desnudas	89045100.00	89.05	0.90	80.14
TOTAL				1206.73
S de 5% a 10%=	0.329			
S de 10% a 30%=	0.530			
C=	0.431			

(Martínez de Azagra y Navarro, 1996)

El término C recibe el nombre de coeficiente de escorrentía y para evaluarlo han sido sugeridas diversas tablas, de las que se citan 2 (tablas 4.1 y 4.2)

TABLA 4.1 VALORES DE C (*)

Naturaleza de la superficie	Topografía	
	Ondulada S de 5 a 10%	Inclinada S de 10 a 30%
Cultivos generales	0.60	0.72
Cultivos de pastos	0.36	0.42
Cultivos de bosques	0.18	0.21
Áreas desnudas	0.80	0.90

(*) Tomada del libro Riegos y Avenamientos, de Enrique Blair (Lima 1957)

ANEXO N° 1.5:
ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO DE LA CUENCA DEL
RÍO LA LECHE

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
---------------	---

Tesista: **Jainer Luyin NAVARRO MEDINA**

COMPLETACIÓN DE DATOS FALTANTE EN EL REGISTRO METEOROLÓGICO

ESTACION	UBICACIÓN		COTA
	ESTE	NORTE	
La Viña-Jayanca	636193.9	929979.9	78 msnm
Tocmoche	601843.6	9291396.5	336 msnm
Puchaca	669276.9	9296244.3	1435 msnm
Cueva Blanca	676552.6	9322018.6	3000 msnm
Incahuasi	686366.2	9310264.1	3052 msnm
Tinajones	673766.2	9264120.7	182 msnm
Lambayeque	620483.9	9255480.5	18 msnm

AÑO	Jayanca (mm)	Tocmoche (mm)	Puchaca (mm)	Cueva Blanca (mm)	Incahuasi (mm)	Tinajones (mm)	Lambayeque (mm)
1965	21.8	56	40	30	28	NP	9.60
1966	3.5	12	24.3	NP	21	NP	6.50
1967	12.5	94	31.5	85	42	NP	5.10
1968	NP	10	8.8	35.5	24	NP	4.60
1969	NP	48	95.4	25.5	28	NP	5.50
1970	3.4	25	14.3	24.5	33	NP	3.00
1971	30.9	45	59	40	53	NP	15.60
1972	112.5	60	100.4	75.5	37	NP	35.60
1973	18.8	35	58.7	56.5	55	NP	11.60
1974	4.3	20	27.5	50	30.5	NP	2.80
1975	29.3	70	60.3	76.5	32	NP	4.80
1976	14.4	35	62.7	62.5	26.5	NP	2.70
1977	9.3	100	60	86.5	36	NP	3.90
1978	15.4	40	101.5	60	25.5	NP	1.80
1979	5	55	40.1	59.8	17	NP	1.80
1980	4	20	11.1	47.5	33.5	NP	1.60
1981	35	30	20.3	25.1	39	NP	9.90
1982	11.5	60	23.2	35.7	40.5	NP	1.30
1983	110	76	150	25.5	34.5	NP	63.60
1984	35.2	36	30.2	30.3	33.5	NP	6.20
1985	7.6	25	6.1	34.8	20	NP	4.60
1986	6.3	20	8.2	37.9	34	NP	8.50
1987	19.7	40	60.2	16.9	45	NP	3.80
1988	6.4	28	9.7	22.1	43.5	NP	2.10
1989	10.5	45	51.5	25.4	62	NP	3.40
1990	6.5	15	8.5	35.1	31.5	NP	2.20
1991	6.4	5.2	4.2	43.7	21.5	NP	0.90
1992	28.1	61	12.9	25.4	22	NP	14.20
1993	27.1	47	60.9	33.1	36.6	NP	6.60
1994	23.6	12	96.2	27.1	26.5	NP	16.10
1995	19.5	7	65.3	33.4	21.5	NP	5.70
1996	7.7	32	30.3	30	21.6	9.4	2.00
1997	16.3	85	30	35.3	26.2	17.4	10.60
1998	96.3	100	150.2	32	40.6	116.3	71.30
1999	53.5	50	70.3	33.9	38.5	53.5	20.10
2000	12.4	110	55.6	28.6	43.5	23	5.70
2001	41.6	78	128.3	34.6	31.2	41	40.80
2002	52.1	68	74.7	41.8	54.4	39.4	15.20
2003	29.9	53	40.3	26.8	28.5	12.5	14.70
2004	8.2	110	73.5	26.4	22.9	15.5	3.60
2005	9.4	36	41.5	30.4	22.1	11.5	2.40
2006	45.1	39	77.4	47.4	51.6	55.5	NP
2007	2.4	33	10.8	41.1	29.1	10.3	2.40
2008	52.2	109.4	45.8	51.7	55.8	86.3	11.70
2009	18	57	55.2	51.8	45.6	27	5.70
2010	57.4	65.8	38.2	74.1	53.8	19.6	19.70
2011	9.1	42.5	20.6	41.1	31.1	12.5	7.10
2012	68	67.5	60.4	32.9	25	75.5	22.1
2013	9.8	62	30.9	40.2	34.6	23.4	8.5
2014	5.6	59.6	14.2	45.4	40.2	7.3	3.7
2015	38.3	91.8	50.2	33.6	48.8	28.8	18
2016	11.5	3.2	22.4	39.8	NP	30.5	5.8
2017	120.8	95.2	148.1	45	58	85.7	60.7
MAXIMA	120.80	110.00	150.20	86.50	62.00	116.30	71.30

PROMEDIO N° 01

1.- Cálculo de las precipitaciones faltantes de la EP TINAJONES con la EP TOCOCHE :

AÑOS	ESTACIONES	
	TOCOCHE	TINAJONES
1965	55.00	NP
1966	12.00	NP
1967	94.00	NP
1968	10.00	NP
1969	48.00	NP
1970	25.00	NP
1971	45.00	NP
1972	60.00	NP
1973	35.00	NP
1974	20.00	NP
1975	70.00	NP
1976	35.00	NP
1977	100.00	NP
1978	40.00	NP
1979	55.00	NP
1980	20.00	NP
1981	30.00	NP
1982	60.00	NP
1983	76.00	NP
1984	36.00	NP
1985	25.00	NP
1986	20.00	NP
1987	40.00	NP
1988	28.00	NP
1989	45.00	NP
1990	15.00	NP
1991	5.20	NP
1992	61.00	NP
1993	47.00	NP
1994	12.00	NP
1995	7.00	NP
1996	32.00	9.40
1997	85.00	17.40
1998	100.00	116.30
1999	50.00	53.50
2000	110.00	23.00
2001	78.00	41.00
2002	68.00	39.40
2003	53.00	12.50
2004	110.00	15.50
2005	36.00	11.50
2006	39.00	55.50
2007	33.00	10.30
2008	109.40	86.30
2009	57.00	27.00
2010	65.80	19.50
2011	42.50	12.50
2012	67.50	75.50
2013	62.00	23.40
2014	59.60	7.30
2015	91.80	28.80
2016	3.20	30.50
2017	95.20	85.70
\bar{X}	41.35	37.04

2.- Con la fórmula :

$$X_n = \frac{X \text{ Tocmoche} * X \text{ tinajones}}{X \text{ Tocmoche}}$$

, encontramos los datos faltantes X1, X2, X3, ..., Xn :

VARIABLE	Xn	UNIDAD
X1 =	49.27	mm
X2 =	10.75	mm
X3 =	84.21	mm
X4 =	8.96	mm
X5 =	43.00	mm
X6 =	22.40	mm
X7 =	40.31	mm
X8 =	53.75	mm
X9 =	31.35	mm
X10 =	17.92	mm
X11 =	62.71	mm
X12 =	31.35	mm
X13 =	89.58	mm
X14 =	35.83	mm
X15 =	49.27	mm
X16 =	17.92	mm
X17 =	26.87	mm
X18 =	53.75	mm
X19 =	68.08	mm
X20 =	32.25	mm
X21 =	22.40	mm
X22 =	17.92	mm
X23 =	35.83	mm
X24 =	25.08	mm
X25 =	40.31	mm
X26 =	13.44	mm
X27 =	4.66	mm
X28 =	54.64	mm
X29 =	42.10	mm
X30 =	10.75	mm
X31 =	6.27	mm

3.- Finalmente las precipitaciones faltantes :

AÑOS	DATOS FALTANTES	UNIDAD
1965	49.27	mm
1966	10.75	mm
1967	84.21	mm
1968	8.96	mm
1969	43.00	mm
1970	22.40	mm
1971	40.31	mm
1972	53.75	mm
1973	31.35	mm
1974	17.92	mm
1975	62.71	mm
1976	31.35	mm
1977	89.58	mm
1978	35.83	mm
1979	49.27	mm
1980	17.92	mm
1981	26.87	mm
1982	53.75	mm
1983	68.08	mm
1984	32.25	mm
1985	22.40	mm
1986	17.92	mm
1987	35.83	mm
1988	25.08	mm
1989	40.31	mm
1990	13.44	mm
1991	4.66	mm
1992	54.64	mm
1993	42.10	mm
1994	10.75	mm
1995	6.27	mm

\bar{X} : es la media aritmética.
 X : es la precipitación de cada estación.

2.- Cálculo de las precipitaciones faltantes de la EP CUEVA BLANCA con la EP INCAHUASI :

AÑOS	ESTACIONES	
	INCAHUASI	CUEVA BLANCA
1965	28.00	30.00
1966	21.00	NP
1967	42.00	85.00
1968	24.00	35.50
1969	28.00	25.50
1970	33.00	24.50
1971	53.00	40.00
1972	37.00	75.50
1973	55.00	56.50
1974	30.50	50.00
1975	32.00	76.50
1976	26.50	62.50
1977	36.00	86.50
1978	25.50	60.00
1979	17.00	59.80
1980	33.50	47.50
1981	39.00	25.10
1982	40.50	35.70
1983	34.50	25.50
1984	33.50	30.30
1985	20.00	34.80
1986	34.00	37.90
1987	45.00	16.90
1988	43.50	22.10
1989	62.00	25.40
1990	31.50	35.10
1991	21.50	43.70
1992	22.00	25.40
1993	36.60	33.10
1994	26.50	27.10
1995	21.50	33.40
1996	21.60	30.00
1997	26.20	35.30
1998	40.60	32.00
1999	38.50	33.90
2000	43.50	28.60
2001	31.20	34.60
2002	54.40	41.80
2003	28.50	26.80
2004	22.90	26.40
2005	22.10	30.40
2006	51.60	47.40
2007	29.10	41.10
2008	55.80	51.70
2009	45.60	51.80
2010	53.80	74.10
2011	31.10	41.10
2012	25.00	32.90
2013	34.60	40.20
2014	40.20	45.40
2015	48.80	33.60
2016	NP	39.80
2017	58.00	45.00
\bar{X}	29.15	40.42

2.- Con la fórmula :

$$X_n = \frac{X \text{ Incahuasi} * \bar{X} \text{ Cueva Blanca}}{X \text{ Incahuasi}}$$

, encontramos los datos faltantes X1, X2, X3, ..., Xn :

3.- Finalmente las precipitaciones faltantes :

VARIABLE	Xn	UNIDAD
X1 =	29.12	mm

CUEVA BLANCA

AÑOS	DATOS FALTANTES	UNIDAD
1966	29.12	mm

VARIABLE	Xn	UNIDAD
X1 =	55.18	mm

INCAHUASI

AÑOS	DATOS FALTANTES	UNIDAD
2016	55.18	mm

\bar{X} : es la media aritmética.
 X : es la precipitación de cada estación.

3.- Cálculo de las precipitaciones faltantes de la EP JAYANCA con la EP LAMBAYEQUE :

AÑOS	ESTACIONES	
	LAMBAYEQUE	JAYANCA
1965	9.60	21.80
1966	6.50	3.50
1967	5.10	12.50
1968	4.60	NP
1969	5.50	NP
1970	3.00	3.40
1971	15.60	30.90
1972	35.60	112.50
1973	11.60	18.80
1974	2.80	4.30
1975	4.80	29.30
1976	2.70	14.40
1977	3.90	9.30
1978	1.80	15.40
1979	1.80	5.00
1980	1.60	4.00
1981	9.90	35.00
1982	1.30	11.50
1983	63.60	110.00
1984	6.20	35.20
1985	4.60	7.60
1986	8.50	6.30
1987	3.80	19.70
1988	2.10	6.40
1989	3.40	10.50
1990	2.20	6.50
1991	0.90	6.40
1992	14.20	28.10
1993	6.60	27.10
1994	16.10	23.60
1995	5.70	19.50
1996	2.00	7.70
1997	10.50	16.30
1998	71.30	96.30
1999	20.10	53.50
2000	5.70	12.40
2001	40.80	41.60
2002	15.20	52.10
2003	14.70	29.90
2004	3.60	8.20
2005	2.40	9.40
2006	NP	45.10
2007	2.40	2.40
2008	11.70	52.20
2009	5.70	18.00
2010	19.70	57.40
2011	7.10	9.10
2012	22.10	68.00
2013	8.50	9.80
2014	3.70	5.60
2015	18.00	38.30
2016	5.80	11.50
2017	60.70	120.80
\bar{X}	8.90	25.20

2.- Con la fórmula :

$$X_n = \frac{X \text{ Lambayeque} * \bar{X} \text{ Jayanca}}{\bar{X} \text{ Lambayeque}}$$

, encontramos los datos faltantes X1, X2, X3, ..., Xn :

3.- Finalmente las precipitaciones faltantes :

VARIABLE	Xn	UNIDAD
X1 =	13.02	mm
X2 =	15.57	mm

JAYANCA

AÑOS	DATOS FALTANTES	UNIDAD
1968	13.02	mm
1969	15.57	mm

LAMBAYEQUE

VARIABLE	Xn	UNIDAD
X2 =	127.70	mm

AÑOS	DATOS FALTANTES	UNIDAD
2006	127.70	mm

\bar{X} : es la media aritmética.
 X : es la precipitación de cada estación.

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
---------------	---

Tesista: **Jainer Luysin NAVARRO MEDINA**

DATOS HISTORICOS CORREGIDOS

AÑO	Jayanca (mm)	Tocmoche (mm)	Puchaca (mm)	Cueva Blanca (mm)	Incahuasi (mm)	Tinajones (mm)	Lambayeque (mm)
1965	21.8	55	40	30	28	49.27	9.6
1966	3.5	12	24.3	29.12	21	10.75	6.5
1967	12.5	94	31.5	85	42	84.21	5.1
1968	13.02	10	8.8	35.5	24	8.96	4.6
1969	15.57	48	95.4	25.5	28	43.00	5.5
1970	3.4	25	14.3	24.5	33	22.40	3
1971	30.9	45	59	40	53	40.31	15.6
1972	112.5	60	100.4	75.5	37	53.75	35.6
1973	18.8	35	58.7	56.5	55	31.35	11.6
1974	4.3	20	27.5	50	30.5	17.92	2.8
1975	29.3	70	60.3	76.5	32	62.71	4.8
1976	14.4	35	62.7	62.5	26.5	31.35	2.7
1977	9.3	100	60	86.5	36	89.58	3.9
1978	15.4	40	101.5	60	25.5	35.83	1.8
1979	5	55	40.1	59.8	17	49.27	1.8
1980	4	20	11.1	47.5	33.5	17.92	1.6
1981	35	30	20.3	25.1	39	26.87	9.9
1982	11.5	60	23.2	35.7	40.5	53.75	1.3
1983	110	76	150	25.5	34.5	68.08	63.6
1984	35.2	36	30.2	30.3	33.5	32.25	6.2
1985	7.6	25	6.1	34.8	20	22.40	4.6
1986	6.3	20	8.2	37.9	34	17.92	8.5
1987	19.7	40	60.2	16.9	45	35.83	3.8
1988	6.4	28	9.7	22.1	43.5	25.08	2.1
1989	10.5	45	51.5	25.4	62	40.31	3.4
1990	6.5	15	8.5	35.1	31.5	13.44	2.2
1991	6.4	5.2	4.2	43.7	21.5	4.66	0.9
1992	28.1	61	12.9	25.4	22	54.64	14.2
1993	27.1	47	60.9	33.1	36.6	42.10	6.6
1994	23.6	12	96.2	27.1	26.5	10.75	16.1
1995	19.5	7	65.3	33.4	21.5	6.27	5.7
1996	7.7	32	30.3	30	21.6	9.4	2
1997	16.3	85	30	35.3	26.2	17.4	10.5
1998	96.3	100	150.2	32	40.6	116.3	71.3
1999	53.5	50	70.3	33.9	38.5	53.5	20.1
2000	12.4	110	55.6	28.6	43.5	23	5.7
2001	41.6	78	128.3	34.6	31.2	41	40.8
2002	52.1	68	74.7	41.8	54.4	39.4	15.2
2003	29.9	53	40.3	26.8	28.5	12.5	14.7
2004	8.2	110	73.5	26.4	22.9	15.5	3.6
2005	9.4	36	41.5	30.4	22.1	11.5	2.4
2006	45.1	39	77.4	47.4	51.6	55.5	127.70
2007	2.4	33	10.8	41.1	29.1	10.3	2.4
2008	52.2	109.4	45.8	51.7	55.8	86.3	11.7
2009	18	57	55.2	51.8	45.6	27	5.7
2010	57.4	65.8	38.2	74.1	53.8	19.5	19.7
2011	9.1	42.5	20.6	41.1	31.1	12.5	7.1
2012	68	67.5	60.4	32.9	25	75.5	22.1
2013	9.8	62	30.9	40.2	34.6	23.4	8.5
2014	5.6	59.6	14.2	45.4	40.2	7.3	3.7
2015	38.3	91.8	50.2	33.6	48.8	28.8	18
2016	11.5	3.2	22.4	39.8	55.18	30.5	5.8
2017	120.8	95.2	148.1	45	58	85.7	60.7
max	120.8	110	150.2	86.5	62	116.3	127.6988764

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
--------	--

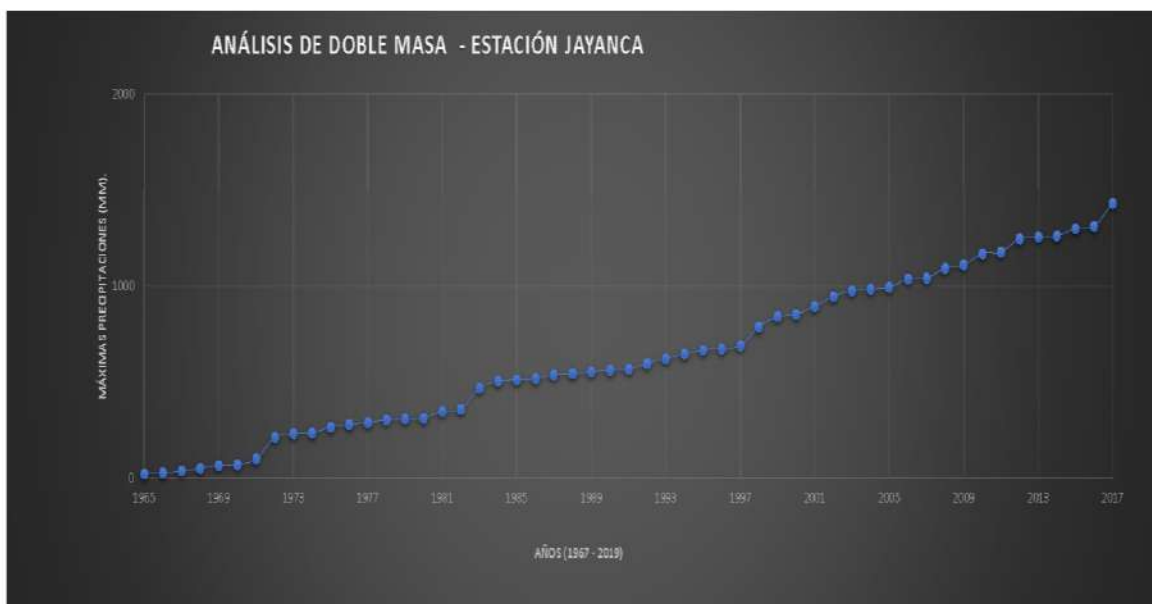
Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

ESTACION METEOROLÓGICA JAYANCA-ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Año	P (mm)	Acum.
1965	21.80	21.80
1966	3.50	25.30
1967	12.50	37.80
1968	13.02	50.82
1969	15.57	66.40
1970	3.40	69.80
1971	30.90	100.70
1972	112.50	213.20
1973	18.80	232.00
1974	4.30	236.30
1975	29.30	265.60
1976	14.40	280.00
1977	9.30	289.30
1978	15.40	304.70
1979	5.00	309.70
1980	4.00	313.70
1981	35.00	348.70
1982	11.50	360.20
1983	110.00	470.20
1984	35.20	505.40
1985	7.60	513.00
1986	8.30	519.30
1987	19.70	538.00
1988	8.40	545.40
1989	10.50	555.90
1990	6.50	562.40

Año	P (mm)	Acum.
1991	6.40	568.80
1992	28.10	596.90
1993	27.10	624.00
1994	23.60	647.60
1995	19.50	667.10
1996	7.70	674.80
1997	16.30	691.10
1998	86.30	787.40
1999	53.50	840.90
2000	12.40	853.30
2001	41.60	894.90
2002	52.10	947.00
2003	29.90	976.90
2004	8.20	985.10
2005	9.40	994.50
2006	45.10	1039.60
2007	2.40	1042.00
2008	52.20	1094.20
2009	18.00	1112.20
2010	57.40	1169.60
2011	9.10	1178.70
2012	88.00	1246.70
2013	9.80	1256.50
2014	5.80	1262.10
2015	38.30	1300.40
2016	11.50	1311.90
2017	120.80	1432.70



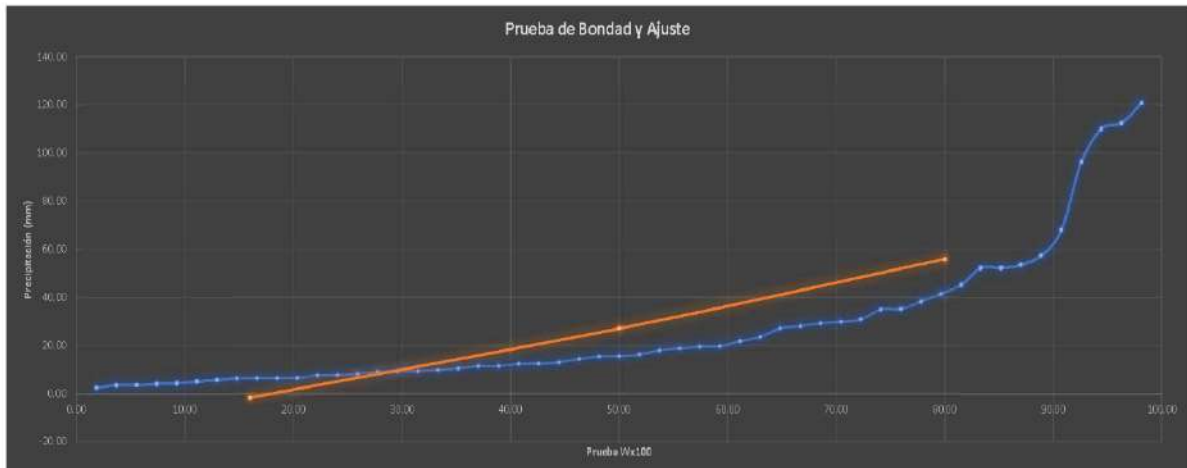
PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

AÑO	P (mm)	x	m	WEIBULL	P1(X)*100	CALIFORNIA	P2(X)*100	HAZEN	P3(X)*100	Z=(X-promedio)/s	F(Z)	p(1)	p(2)	p(3)
1965	21.80	2.40	1.00	0.0185	1.85	0.019	1.89	0.009	0.94	-0.86	0.196	0.178	0.177	0.187
1966	3.50	3.40	2.00	0.0370	3.70	0.038	3.77	0.028	2.83	-0.82	0.206	0.169	0.168	0.178
1967	12.50	3.50	3.00	0.0556	5.56	0.057	5.66	0.047	4.72	-0.82	0.207	0.151	0.150	0.160
1968	13.02	4.00	4.00	0.0741	7.41	0.075	7.55	0.066	6.60	-0.80	0.212	0.138	0.137	0.146
1969	15.57	4.30	5.00	0.0926	9.26	0.094	9.43	0.085	8.49	-0.79	0.215	0.122	0.121	0.130
1970	3.40	5.00	6.00	0.1111	11.11	0.113	11.32	0.104	10.38	-0.76	0.222	0.111	0.109	0.118
1971	30.90	5.60	7.00	0.1296	12.96	0.132	13.21	0.123	12.26	-0.74	0.228	0.099	0.096	0.106
1972	112.50	6.30	8.00	0.1481	14.81	0.151	15.09	0.142	14.15	-0.72	0.236	0.088	0.085	0.094
1973	18.80	6.40	9.00	0.1667	16.67	0.170	16.98	0.160	16.04	-0.72	0.237	0.070	0.067	0.077
1974	4.30	6.40	10.00	0.1852	18.52	0.189	18.87	0.179	17.92	-0.72	0.237	0.052	0.048	0.058
1975	29.30	6.50	11.00	0.2037	20.37	0.208	20.75	0.198	19.81	-0.71	0.238	0.034	0.030	0.040
1976	14.40	7.60	12.00	0.2222	22.22	0.226	22.64	0.217	21.70	-0.67	0.250	0.028	0.024	0.033
1977	9.30	7.70	13.00	0.2407	24.07	0.245	24.32	0.236	23.58	-0.67	0.251	0.010	0.006	0.015
1978	15.40	8.20	14.00	0.2593	25.93	0.264	26.42	0.255	25.47	-0.65	0.257	0.003	0.008	0.002
1979	5.00	9.10	15.00	0.2778	27.78	0.283	28.30	0.274	27.36	-0.62	0.267	0.011	0.016	0.007
1980	4.00	9.30	16.00	0.2963	29.63	0.302	30.19	0.292	29.25	-0.62	0.269	0.027	0.033	0.023
1981	35.00	9.40	17.00	0.3148	31.48	0.321	32.08	0.311	31.13	-0.61	0.270	0.045	0.051	0.041
1982	11.50	9.80	18.00	0.3333	33.33	0.340	33.96	0.330	33.02	-0.60	0.275	0.058	0.065	0.055
1983	110.00	10.50	19.00	0.3519	35.19	0.358	35.85	0.349	34.91	-0.57	0.283	0.069	0.075	0.066
1984	35.20	11.50	20.00	0.3704	37.04	0.377	37.71	0.368	36.79	-0.54	0.295	0.075	0.082	0.073
1985	7.60	11.50	21.00	0.3889	38.89	0.396	39.62	0.387	38.68	-0.54	0.295	0.094	0.101	0.092
1986	6.30	12.40	22.00	0.4074	40.74	0.415	41.51	0.406	40.57	-0.51	0.306	0.102	0.109	0.100
1987	19.70	12.50	23.00	0.4259	42.59	0.434	43.40	0.425	42.45	-0.50	0.307	0.119	0.127	0.118
1988	6.40	13.02	24.00	0.4444	44.44	0.453	45.28	0.443	44.34	-0.49	0.313	0.131	0.139	0.130
1989	10.50	14.40	25.00	0.4630	46.30	0.472	47.17	0.462	46.23	-0.44	0.331	0.132	0.141	0.132
1990	6.50	15.40	26.00	0.4815	48.15	0.491	49.06	0.481	48.11	-0.40	0.343	0.138	0.147	0.138
1991	6.40	15.57	27.00	0.5000	50.00	0.509	50.94	0.500	50.00	-0.40	0.345	0.155	0.164	0.155
1992	28.10	16.30	28.00	0.5185	51.85	0.528	52.89	0.519	51.89	-0.37	0.355	0.164	0.174	0.164
1993	27.10	18.00	29.00	0.5370	53.70	0.547	54.72	0.538	53.77	-0.31	0.377	0.160	0.170	0.161
1994	23.60	18.80	30.00	0.5556	55.56	0.566	56.60	0.557	55.66	-0.29	0.388	0.168	0.179	0.169
1995	19.50	19.50	31.00	0.5741	57.41	0.585	58.49	0.575	57.55	-0.26	0.397	0.177	0.188	0.179
1996	7.70	19.70	32.00	0.5926	59.26	0.604	60.38	0.594	59.43	-0.25	0.400	0.193	0.204	0.195
1997	16.30	21.80	33.00	0.6111	61.11	0.623	62.26	0.613	61.32	-0.18	0.428	0.183	0.195	0.185
1998	96.30	23.60	34.00	0.6296	62.96	0.642	64.15	0.632	63.21	-0.12	0.453	0.177	0.189	0.179
1999	53.50	27.10	35.00	0.6481	64.81	0.660	66.04	0.651	65.09	0.00	0.501	0.147	0.159	0.150
2000	12.40	28.10	36.00	0.6667	66.67	0.679	67.92	0.670	66.98	0.04	0.515	0.152	0.164	0.155
2001	41.60	29.30	37.00	0.6852	68.52	0.698	69.81	0.689	68.87	0.08	0.531	0.154	0.167	0.157
2002	52.10	29.90	38.00	0.7037	70.37	0.717	71.70	0.708	70.75	0.10	0.540	0.164	0.177	0.168
2003	29.90	30.90	39.00	0.7222	72.22	0.736	73.58	0.726	72.64	0.13	0.553	0.169	0.182	0.173
2004	8.20	35.00	40.00	0.7407	74.07	0.755	75.47	0.745	74.53	0.28	0.609	0.132	0.146	0.136
2005	9.40	35.20	41.00	0.7593	75.93	0.774	77.36	0.764	76.42	0.28	0.612	0.148	0.162	0.153
2006	45.10	38.30	42.00	0.7778	77.78	0.792	79.25	0.783	78.30	0.39	0.652	0.126	0.140	0.131
2007	2.40	41.60	43.00	0.7963	79.63	0.811	81.13	0.802	80.19	0.51	0.693	0.103	0.118	0.108
2008	52.20	45.10	44.00	0.8148	81.48	0.830	83.02	0.821	81.08	0.63	0.735	0.080	0.095	0.086
2009	18.00	52.10	45.00	0.8333	83.33	0.849	84.91	0.840	83.96	0.87	0.808	0.025	0.041	0.032
2010	57.40	52.20	46.00	0.8519	85.19	0.868	86.79	0.858	85.85	0.87	0.809	0.043	0.059	0.050
2011	9.10	53.50	47.00	0.8704	87.04	0.887	88.68	0.877	87.74	0.92	0.821	0.049	0.066	0.056
2012	68.00	57.40	48.00	0.8889	88.89	0.906	90.57	0.896	89.62	1.05	0.854	0.025	0.052	0.042
2013	9.80	68.00	49.00	0.9074	90.74	0.925	92.45	0.915	91.51	1.42	0.923	0.015	0.002	0.007
2014	5.60	96.30	50.00	0.9259	92.59	0.943	94.34	0.934	93.40	2.40	0.992	0.066	0.049	0.058
2015	38.30	110.00	51.00	0.9444	94.44	0.962	96.23	0.953	95.28	2.88	0.998	0.054	0.036	0.045
2016	11.50	112.50	52.00	0.9630	96.30	0.981	98.11	0.972	97.17	2.97	0.998	0.036	0.017	0.017
2017	120.80	120.80	53.00	0.9815	98.15	1.000	100.00	0.991	99.06	3.26	0.999	0.018	0.001	0.009

N=	53.00
Desv. Est=	28.81
Promedio=	27.03

	WEIBULL	CALIFORNIA	HAZEN
Δ tabular	0.1931	0.2042	0.1948
Δ crítico 1%	0.2339		

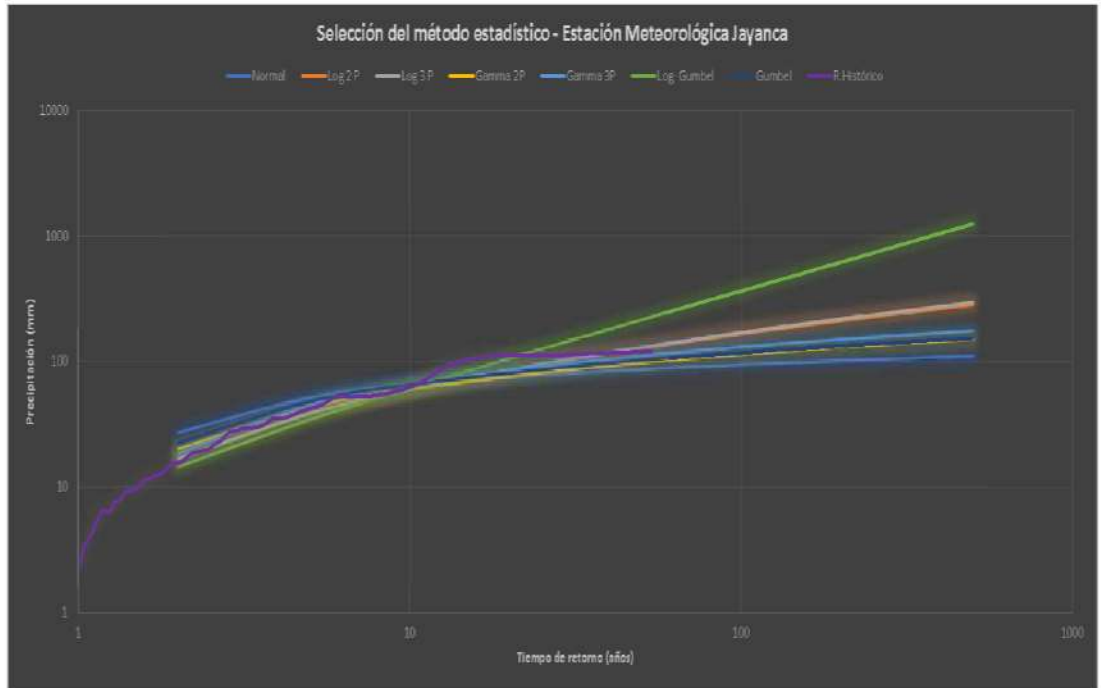
%	probabilidad ad
16.00	1.77
50.00	27.03
80.00	55.84



MÉTODO ESTADÍSTICOS CALCULADOS EN EL SOFTWARE HIDROESTA

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Jayanca						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log-Gumbel	Gumbel
2	27.03	16.94	16.65	20.05	18.42	14.43	22.3
5	51.27	38.59	38.28	42.77	44.89	34.25	47.76
10	63.95	59.38	59.44	59.38	64.69	60.72	64.61
25	77.47	93.98	95.2	80.98	90.7	125.16	85.91
50	86.2	126.44	129.13	97.14	110.29	214.06	101.7
100	94.06	165.09	169.92	113.18	129.81	364.65	117.39
150	98.33	190.88	197.33	122.51	141.19	497.48	126.53
200	101.24	210.72	218.49	129.08	149.23	619.97	133.01
500	109.95	283.25	296.37	149.85	174.64	1248.73	153.62

m	P(mm)
54.00	120.80
27.00	112.50
18.00	110.00
13.50	96.30
10.80	68.00
9.00	57.40
7.71	53.50
6.75	52.20
6.00	52.10
5.40	45.10
4.91	41.60
4.50	38.30
4.15	35.20
3.86	35.00
3.60	30.90
3.38	29.90
3.18	29.30
3.00	28.10
2.84	27.10
2.70	23.60
2.57	21.80
2.45	19.70
2.35	19.50
2.25	18.80
2.16	18.00
2.08	16.30
2.00	15.57
1.93	15.40
1.86	14.40
1.80	13.02
1.74	12.50
1.69	12.40
1.64	11.50
1.59	11.50
1.54	10.50
1.50	9.80
1.46	9.40
1.42	9.30
1.38	9.10
1.35	8.20
1.32	7.70
1.29	7.60
1.26	6.50
1.23	6.40
1.20	6.40
1.17	6.30
1.15	5.60
1.13	5.00
1.10	4.30
1.08	4.00
1.06	3.50
1.04	3.40
1.02	2.40



Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE

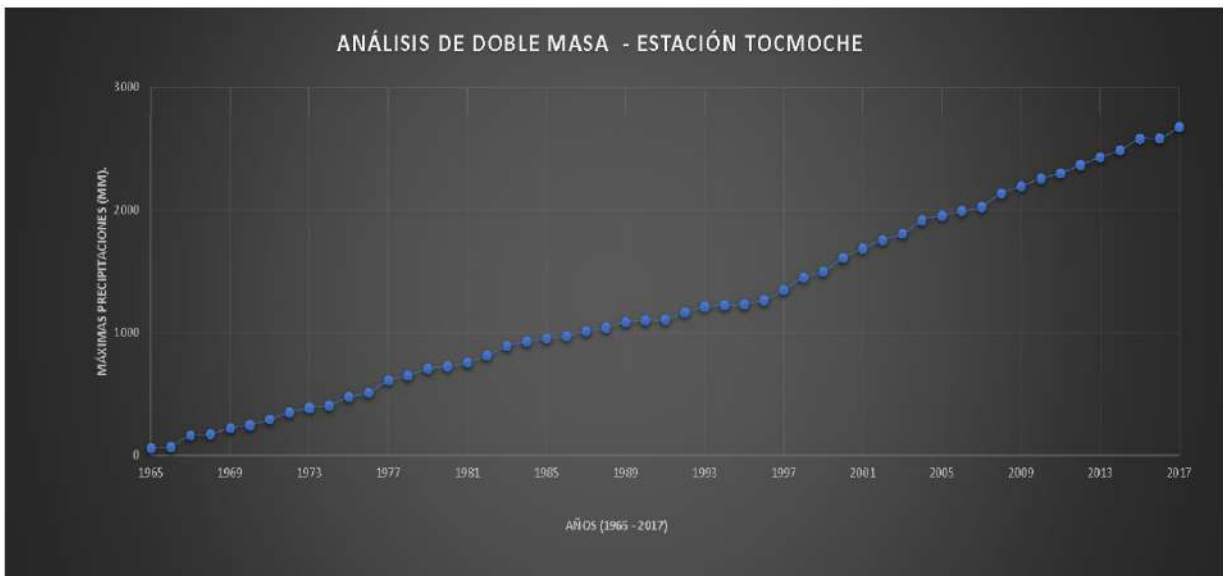
Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

ESTACION METEOROLÓGICA TOCMOCHE-ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Año	P (mm)	Acum.
1965	55.00	55.00
1966	12.00	67.00
1967	94.00	161.00
1968	10.00	171.00
1969	48.00	219.00
1970	25.00	244.00
1971	45.00	289.00
1972	60.00	349.00
1973	35.00	384.00
1974	20.00	404.00
1975	70.00	474.00
1976	35.00	509.00
1977	100.00	609.00
1978	40.00	649.00
1979	55.00	704.00
1980	20.00	724.00
1981	30.00	754.00
1982	60.00	814.00
1983	76.00	890.00
1984	36.00	926.00
1985	25.00	951.00
1986	20.00	971.00
1987	40.00	1011.00
1988	28.00	1039.00
1989	45.00	1084.00
1990	15.00	1099.00

Año	P (mm)	Acum.
1991	5.20	1104.20
1992	61.00	1165.20
1993	47.00	1212.20
1994	12.00	1224.20
1995	7.00	1231.20
1996	32.00	1263.20
1997	85.00	1348.20
1998	100.00	1448.20
1999	50.00	1498.20
2000	110.00	1608.20
2001	78.00	1686.20
2002	68.00	1754.20
2003	53.00	1807.20
2004	110.00	1917.20
2005	36.00	1953.20
2006	39.00	1992.20
2007	33.00	2025.20
2008	109.40	2134.60
2009	57.00	2191.60
2010	65.80	2257.40
2011	42.50	2299.90
2012	67.50	2367.40
2013	62.00	2429.40
2014	59.60	2489.00
2015	91.80	2580.80
2016	3.20	2584.00
2017	95.20	2679.20



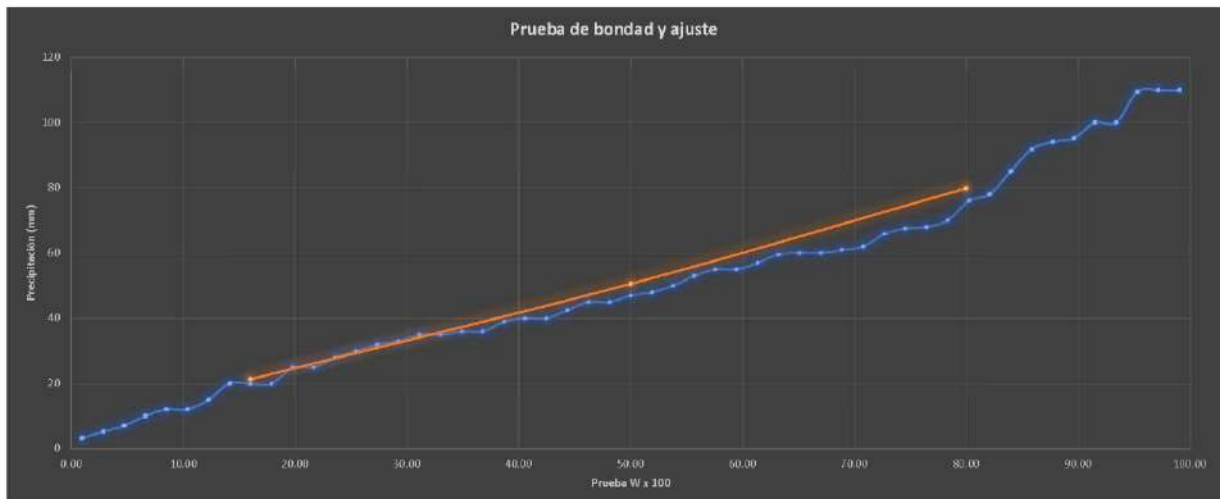
PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

AÑO	P (mm)	x	m	WEIBULL	P1(X)*100	CALIFORNIA	P2(X)*100	HAZEN	P3(X)*100	Z=(X-promedio)/s	F(Z)	p(1)	p(2)	p(3)
1965	55	3.2	1.00	0.0185	1.85	0.019	1.89	0.009	0.94	-1.62	0.053	0.034	0.034	0.043
1966	12	5.2	2.00	0.0370	3.70	0.038	3.77	0.028	2.83	-1.55	0.061	0.024	0.023	0.032
1967	94	7	3.00	0.0596	5.96	0.057	5.66	0.047	4.72	-1.49	0.068	0.013	0.012	0.021
1968	10	10	4.00	0.0741	7.41	0.075	7.55	0.066	6.60	-1.39	0.083	0.009	0.008	0.017
1969	48	12	5.00	0.0926	9.26	0.094	9.43	0.085	8.49	-1.32	0.094	0.001	0.000	0.009
1970	25	12	6.00	0.1111	11.11	0.113	11.32	0.104	10.38	-1.32	0.094	0.017	0.019	0.010
1971	45	15	7.00	0.1296	12.96	0.132	13.21	0.123	12.26	-1.21	0.112	0.037	0.020	0.010
1972	60	20	8.00	0.1481	14.81	0.151	15.09	0.142	14.15	-1.04	0.148	0.000	0.003	0.007
1973	35	20	9.00	0.1667	16.67	0.170	16.98	0.160	16.04	-1.04	0.148	0.018	0.021	0.012
1974	20	20	10.00	0.1852	18.52	0.189	18.87	0.179	17.92	-1.04	0.148	0.037	0.040	0.031
1975	70	25	11.00	0.2037	20.37	0.208	20.75	0.198	19.81	-0.87	0.191	0.012	0.016	0.007
1976	35	25	12.00	0.2222	22.22	0.226	22.64	0.217	21.70	-0.87	0.191	0.031	0.035	0.026
1977	100	28	13.00	0.2407	24.07	0.245	24.53	0.236	23.58	-0.77	0.221	0.020	0.025	0.015
1978	40	30	14.00	0.2593	25.93	0.264	26.42	0.255	25.47	-0.70	0.241	0.018	0.023	0.013
1979	55	32	15.00	0.2778	27.78	0.283	28.30	0.274	27.36	-0.63	0.263	0.015	0.020	0.010
1980	20	33	16.00	0.2963	29.63	0.302	30.19	0.292	29.25	-0.60	0.274	0.022	0.027	0.018
1981	30	35	17.00	0.3148	31.48	0.321	32.08	0.311	31.13	-0.53	0.298	0.017	0.023	0.014
1982	60	35	18.00	0.3333	33.33	0.340	33.96	0.330	33.02	-0.53	0.298	0.036	0.042	0.033
1983	76	36	19.00	0.3519	35.19	0.358	35.85	0.349	34.91	-0.50	0.310	0.042	0.049	0.039
1984	36	36	20.00	0.3704	37.04	0.377	37.74	0.368	36.79	-0.50	0.310	0.061	0.068	0.058
1985	25	39	21.00	0.3889	38.89	0.396	39.62	0.387	38.68	-0.39	0.347	0.042	0.050	0.040
1986	20	40	22.00	0.4074	40.74	0.415	41.51	0.406	40.57	-0.36	0.359	0.048	0.056	0.046
1987	40	40	23.00	0.4259	42.59	0.434	43.40	0.425	42.45	-0.36	0.359	0.067	0.075	0.065
1988	28	42.5	24.00	0.4444	44.44	0.453	45.28	0.443	44.34	-0.28	0.392	0.059	0.061	0.052
1989	45	45	25.00	0.4630	46.30	0.472	47.17	0.462	46.23	-0.19	0.425	0.038	0.047	0.037
1990	15	45	26.00	0.4815	48.15	0.491	49.06	0.481	48.11	-0.19	0.425	0.057	0.066	0.056
1991	5.2	47	27.00	0.5000	50.00	0.509	50.94	0.500	50.00	-0.12	0.452	0.048	0.058	0.048
1992	61	48	28.00	0.5185	51.85	0.528	52.83	0.519	51.89	-0.09	0.465	0.053	0.063	0.054
1993	47	50	29.00	0.5370	53.70	0.547	54.72	0.538	53.77	-0.02	0.492	0.045	0.055	0.045
1994	12	53	30.00	0.5556	55.56	0.566	56.60	0.557	55.66	0.08	0.533	0.022	0.033	0.023
1995	7	55	31.00	0.5741	57.41	0.585	58.49	0.575	57.55	0.15	0.560	0.014	0.025	0.015
1996	32	55	32.00	0.5926	59.26	0.604	60.38	0.594	59.43	0.15	0.560	0.032	0.043	0.034
1997	85	57	33.00	0.6111	61.11	0.623	62.26	0.613	61.32	0.22	0.587	0.024	0.035	0.026
1998	100	59.6	34.00	0.6296	62.96	0.642	64.15	0.632	63.21	0.31	0.621	0.008	0.020	0.011
1999	50	60	35.00	0.6481	64.81	0.660	66.04	0.651	65.09	0.32	0.627	0.022	0.034	0.024
2000	110	60	36.00	0.6667	66.67	0.679	67.92	0.670	66.98	0.32	0.627	0.040	0.053	0.043
2001	78	61	37.00	0.6852	68.52	0.698	69.81	0.689	68.87	0.36	0.639	0.046	0.059	0.049
2002	68	62	38.00	0.7037	70.37	0.717	71.70	0.708	70.75	0.39	0.652	0.052	0.065	0.055
2003	53	65.8	39.00	0.7222	72.22	0.736	73.58	0.726	72.64	0.52	0.699	0.023	0.037	0.028
2004	110	67.5	40.00	0.7407	74.07	0.755	75.47	0.745	74.53	0.58	0.719	0.022	0.036	0.027
2005	36	68	41.00	0.7593	75.93	0.774	77.36	0.764	76.42	0.60	0.724	0.035	0.049	0.040
2006	39	70	42.00	0.7778	77.78	0.792	79.25	0.783	78.30	0.66	0.747	0.031	0.046	0.036
2007	33	76	43.00	0.7963	79.63	0.811	81.13	0.802	80.19	0.87	0.808	0.011	0.004	0.006
2008	109.4	78	44.00	0.8148	81.48	0.830	83.02	0.821	82.08	0.94	0.826	0.011	0.004	0.005
2009	57	85	45.00	0.8333	83.33	0.849	84.91	0.840	83.96	1.18	0.880	0.047	0.031	0.041
2010	65.8	91.8	46.00	0.8519	85.19	0.868	86.79	0.858	85.85	1.41	0.921	0.069	0.053	0.062
2011	42.5	94	47.00	0.8704	87.04	0.887	88.68	0.877	87.74	1.48	0.931	0.061	0.044	0.054
2012	67.5	95.2	48.00	0.8889	88.89	0.906	90.57	0.896	89.62	1.53	0.936	0.048	0.031	0.040
2013	62	100	49.00	0.9074	90.74	0.925	92.45	0.915	91.51	1.69	0.954	0.047	0.030	0.039
2014	59.6	100	50.00	0.9259	92.59	0.943	94.34	0.934	93.40	1.69	0.954	0.028	0.011	0.020
2015	91.8	109.4	51.00	0.9444	94.44	0.962	96.23	0.953	95.28	2.01	0.978	0.033	0.016	0.025
2016	3.2	110	52.00	0.9630	96.30	0.981	98.11	0.972	97.17	2.03	0.979	0.016	0.002	0.007
2017	95.2	110	53.00	0.9815	98.15	1.000	100.00	0.991	99.06	2.03	0.979	0.003	0.021	0.012

N=	53.00
Desv. Est=	29.27
Promedio=	50.55

	WEIBULL	ALIFORNIA	HAZEN
Δ tabular	0.0688	0.0747	0.0653
Δ crítico 5%	0.1868		

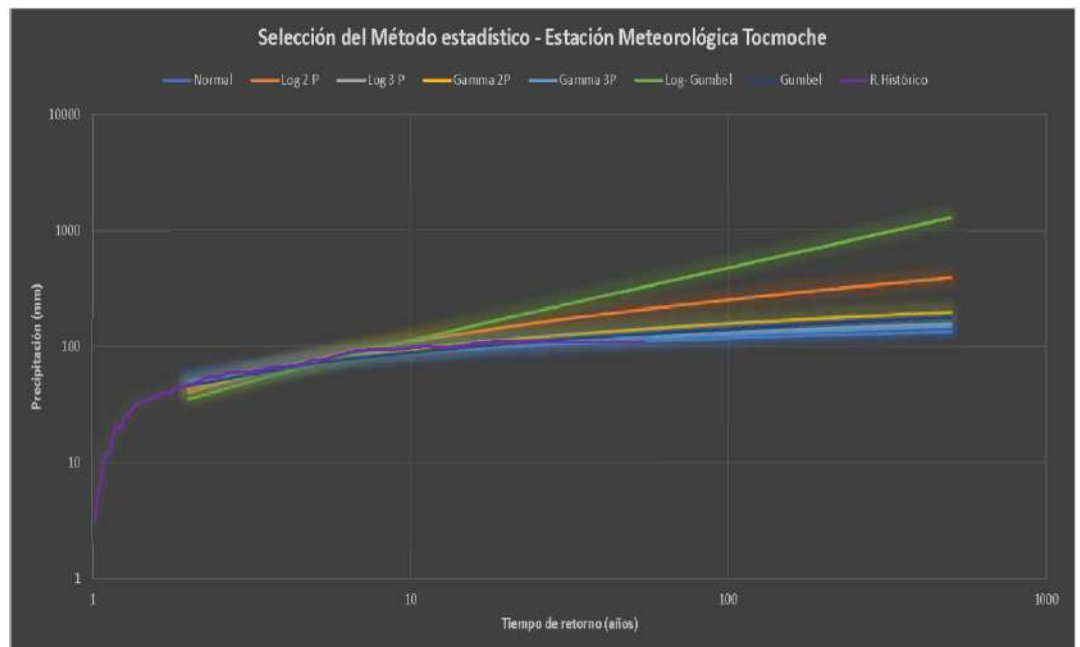
%	probabilidad
16.00	21.28
50.00	50.55
80.00	79.82



MÉTODO ESTADÍSTICOS CALCULADOS EN EL SOFTWARE HIDROESTA

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Tocoche						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log-Gumbel	Gumbel
2	50.55	40.1	47.76	43.48	48.48	35.22	45.74
5	75.18	77.95	73.6	74.39	74.39	70.79	71.61
10	88.07	110.38	88.91	95.06	89.14	112.39	88.74
25	101.81	159.94	106.75	120.73	105.8	201.56	110.38
50	110.68	203.21	119.18	139.37	117.09	310.87	126.43
100	118.66	252.05	131	157.54	127.58	477.94	142.37
150	123	283.4	137.7	167.97	133.43	614.19	151.66
200	125.96	306.96	142.38	175.28	137.43	733.65	158.25
500	134.81	389.76	156.94	198.15	149.68	1291.31	179.19

m	P(mm)
54.00	110
27.00	110
18.00	109.4
13.50	100
10.80	100
9.00	95.2
7.71	94
6.75	91.8
6.00	85
5.40	78
4.91	76
4.50	70
4.15	68
3.86	67.5
3.60	65.8
3.38	62
3.18	61
3.00	60
2.84	60
2.70	59.6
2.57	57
2.45	55
2.35	55
2.25	53
2.16	50
2.08	48
2.00	47
1.93	45
1.86	45
1.80	42.5
1.74	40
1.69	40
1.64	39
1.59	36
1.54	36
1.50	35
1.46	35
1.42	33
1.38	32
1.35	30
1.32	28
1.29	25
1.26	25
1.23	20
1.20	20
1.17	20
1.15	15
1.13	12
1.10	12
1.08	10
1.06	7
1.04	5.2
1.02	3.2



Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA “EL ORO Y LAS VENTANAS”, RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE

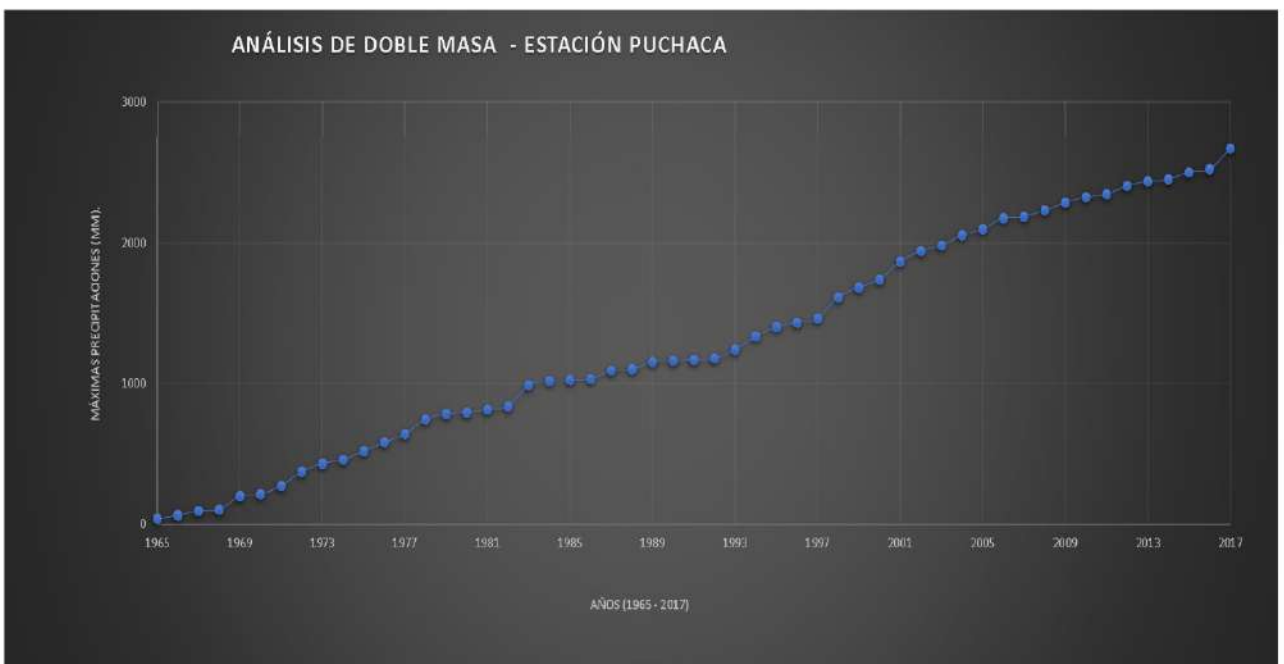
Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

ESTACION METEOROLÓGICA PUCHACA-ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Año	P (mm)	Acum.
1965	40.00	40.00
1966	24.30	64.30
1967	31.50	95.80
1968	8.80	104.60
1969	95.40	200.00
1970	14.30	214.30
1971	59.00	273.30
1972	100.40	373.70
1973	58.70	432.40
1974	27.50	459.90
1975	60.30	520.20
1976	62.70	582.90
1977	60.00	642.90
1978	101.50	744.40
1979	40.10	784.50
1980	11.10	795.60
1981	20.30	815.90
1982	23.20	839.10
1983	150.00	989.10
1984	30.20	1019.30
1985	6.10	1025.40
1986	8.20	1033.60
1987	60.20	1093.80
1988	9.70	1103.50
1989	51.50	1155.00
1990	8.50	1163.50

Año	P (mm)	Acum.
1991	4.20	1167.70
1992	12.90	1180.60
1993	60.90	1241.50
1994	96.20	1337.70
1995	65.30	1403.00
1996	30.30	1433.30
1997	30.00	1463.30
1998	150.20	1613.50
1999	70.30	1683.80
2000	55.60	1739.40
2001	128.30	1867.70
2002	74.70	1942.40
2003	40.30	1982.70
2004	73.50	2056.20
2005	41.50	2097.70
2006	77.40	2175.10
2007	10.80	2185.90
2008	45.80	2231.70
2009	55.20	2286.90
2010	38.20	2325.10
2011	20.60	2345.70
2012	60.40	2406.10
2013	30.90	2437.00
2014	14.20	2451.20
2015	50.20	2501.40
2016	22.40	2523.80
2017	148.10	2671.90



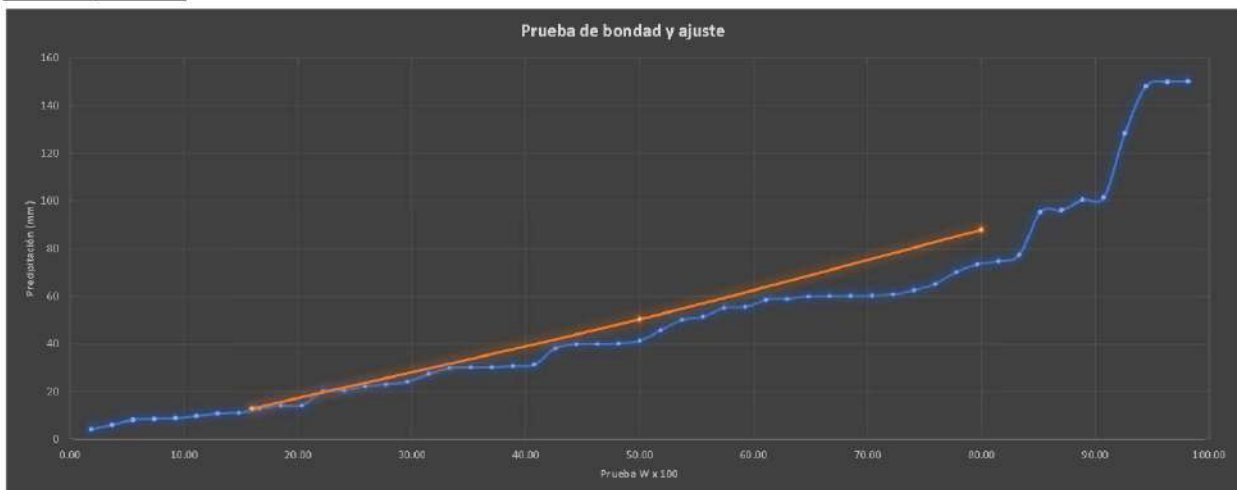
PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

AÑO	P (mm)	x	m	WEIBULL	P1(X)*100	CALIFORNIA	P2(X)*100	HAZEN	P3(X)*100	Z=(x-promedio)/s	F(Z)	p(1)	p(2)	p(3)
1965	40	4.2	1.00	0.0185	1.85	0.019	1.89	0.009	0.94	-1.23	0.109	0.091	0.090	0.100
1966	24.3	6.1	2.00	0.0370	3.70	0.038	3.77	0.028	2.83	-1.18	0.119	0.082	0.081	0.091
1967	31.5	8.2	3.00	0.0556	5.56	0.057	5.66	0.047	4.72	-1.12	0.130	0.075	0.074	0.083
1968	8.8	8.5	4.00	0.0741	7.41	0.075	7.55	0.066	6.60	-1.12	0.132	0.058	0.057	0.065
1969	95.4	8.8	5.00	0.0926	9.26	0.094	9.43	0.085	8.49	-1.11	0.134	0.041	0.039	0.049
1970	14.3	9.7	6.00	0.1111	11.11	0.113	11.32	0.104	10.38	-1.08	0.139	0.028	0.026	0.035
1971	59	10.8	7.00	0.1296	12.96	0.132	13.21	0.123	12.26	-1.06	0.146	0.016	0.014	0.023
1972	100.4	11.1	8.00	0.1481	14.81	0.151	15.09	0.142	14.15	-1.05	0.147	0.001	0.004	0.006
1973	58.7	12.9	9.00	0.1667	16.67	0.170	16.98	0.160	16.04	-1.00	0.159	0.008	0.011	0.002
1974	27.5	14.2	10.00	0.1852	18.52	0.189	18.87	0.179	17.92	-0.96	0.167	0.018	0.021	0.012
1975	60.3	14.3	11.00	0.2037	20.37	0.208	20.75	0.198	19.81	-0.96	0.168	0.036	0.040	0.030
1976	62.7	20.3	12.00	0.2222	22.22	0.226	22.64	0.217	21.70	-0.80	0.211	0.011	0.015	0.006
1977	60	20.6	13.00	0.2407	24.07	0.245	24.53	0.236	23.58	-0.79	0.213	0.027	0.032	0.022
1978	101.5	22.4	14.00	0.2593	25.93	0.264	26.42	0.255	25.47	-0.75	0.228	0.032	0.036	0.027
1979	40.1	23.2	15.00	0.2778	27.78	0.283	28.30	0.274	27.36	-0.73	0.234	0.044	0.049	0.039
1980	11.1	24.3	16.00	0.2963	29.63	0.302	30.19	0.292	29.25	-0.70	0.243	0.053	0.059	0.049
1981	20.3	27.5	17.00	0.3148	31.48	0.321	32.08	0.311	31.13	-0.61	0.271	0.044	0.050	0.041
1982	23.2	30	18.00	0.3333	33.33	0.340	33.96	0.330	33.02	-0.54	0.293	0.040	0.046	0.037
1983	150	30.2	19.00	0.3519	35.19	0.358	35.85	0.349	34.91	-0.54	0.295	0.057	0.063	0.054
1984	30.2	30.3	20.00	0.3704	37.04	0.377	37.74	0.368	36.79	-0.54	0.296	0.074	0.081	0.072
1985	6.1	30.9	21.00	0.3889	38.89	0.396	39.62	0.387	38.68	-0.52	0.302	0.087	0.095	0.085
1986	8.2	31.5	22.00	0.4074	40.74	0.415	41.51	0.406	40.57	-0.50	0.307	0.100	0.108	0.099
1987	60.2	38.2	23.00	0.4259	42.59	0.434	43.40	0.425	42.45	-0.33	0.372	0.053	0.062	0.052
1988	9.7	40	24.00	0.4444	44.44	0.453	45.28	0.443	44.34	-0.28	0.391	0.054	0.062	0.053
1989	51.5	40.1	25.00	0.4630	46.30	0.472	47.17	0.462	46.23	-0.27	0.392	0.071	0.080	0.071
1990	8.5	40.3	26.00	0.4815	48.15	0.491	49.06	0.481	48.11	-0.27	0.394	0.088	0.097	0.087
1991	4.2	41.5	27.00	0.5000	50.00	0.509	50.94	0.500	50.00	-0.24	0.406	0.094	0.103	0.094
1992	12.9	45.8	28.00	0.5185	51.85	0.528	52.83	0.519	51.89	-0.12	0.451	0.067	0.077	0.068
1993	60.9	50.2	29.00	0.5370	53.70	0.547	54.72	0.538	53.77	-0.01	0.498	0.039	0.049	0.040
1994	96.2	51.5	30.00	0.5556	55.56	0.566	56.60	0.557	55.66	0.03	0.512	0.044	0.054	0.045
1995	65.3	55.2	31.00	0.5741	57.41	0.585	58.49	0.575	57.55	0.13	0.551	0.023	0.034	0.025
1996	30.3	55.6	32.00	0.5926	59.26	0.604	60.38	0.594	59.43	0.14	0.555	0.038	0.049	0.039
1997	30	58.7	33.00	0.6111	61.11	0.623	62.26	0.613	61.32	0.22	0.587	0.024	0.035	0.026
1998	150.2	59	34.00	0.6296	62.96	0.642	64.15	0.632	63.21	0.23	0.590	0.039	0.051	0.042
1999	70.3	60	35.00	0.6481	64.81	0.660	66.04	0.651	65.09	0.26	0.601	0.047	0.060	0.050
2000	55.6	60.2	36.00	0.6667	66.67	0.679	67.92	0.670	66.98	0.26	0.603	0.064	0.076	0.067
2001	128.3	60.3	37.00	0.6852	68.52	0.698	69.81	0.689	68.87	0.26	0.604	0.081	0.094	0.085
2002	74.7	60.4	38.00	0.7037	70.37	0.717	71.70	0.708	70.75	0.27	0.605	0.099	0.112	0.103
2003	40.3	60.9	39.00	0.7222	72.22	0.736	73.58	0.726	72.64	0.28	0.610	0.112	0.126	0.116
2004	73.5	62.7	40.00	0.7407	74.07	0.755	75.47	0.745	74.53	0.33	0.628	0.112	0.126	0.117
2005	41.5	65.3	41.00	0.7593	75.93	0.774	77.36	0.764	76.42	0.40	0.654	0.105	0.119	0.110
2006	77.4	70.3	42.00	0.7778	77.78	0.792	79.25	0.783	78.30	0.53	0.702	0.076	0.091	0.081
2007	10.8	73.5	43.00	0.7963	79.63	0.811	81.13	0.802	80.19	0.62	0.731	0.066	0.081	0.071
2008	45.8	74.7	44.00	0.8148	81.48	0.830	83.02	0.821	82.08	0.65	0.741	0.074	0.089	0.080
2009	55.2	77.4	45.00	0.8333	83.33	0.849	84.91	0.840	83.96	0.72	0.764	0.069	0.085	0.076
2010	38.2	95.4	46.00	0.8519	85.19	0.868	86.79	0.858	85.85	1.20	0.885	0.033	0.017	0.026
2011	20.6	96.2	47.00	0.8704	87.04	0.887	88.68	0.877	87.74	1.22	0.889	0.018	0.002	0.011
2012	60.4	100.4	48.00	0.8889	88.89	0.906	90.57	0.896	89.62	1.33	0.909	0.020	0.003	0.012
2013	30.9	101.5	49.00	0.9074	90.74	0.925	92.45	0.915	91.51	1.36	0.913	0.006	0.011	0.002
2014	14.2	128.3	50.00	0.9259	92.59	0.943	94.34	0.934	93.40	2.08	0.981	0.055	0.038	0.047
2015	50.2	148.1	51.00	0.9444	94.44	0.962	96.23	0.953	95.28	2.60	0.995	0.051	0.033	0.043
2016	22.4	150	52.00	0.9630	96.30	0.981	98.11	0.972	97.17	2.65	0.996	0.033	0.015	0.024
2017	148.1	150.2	53.00	0.9815	98.15	1.000	100.00	0.991	99.06	2.66	0.996	0.015	0.004	0.006

N=	53.00
Desv. Est=	37.53
Promedio=	50.41

	WEIBULL	CALIFORNIA	HAZEN
Δ tabular	0.1124	0.1264	0.1170
Δ crítico 5%	0.1868		

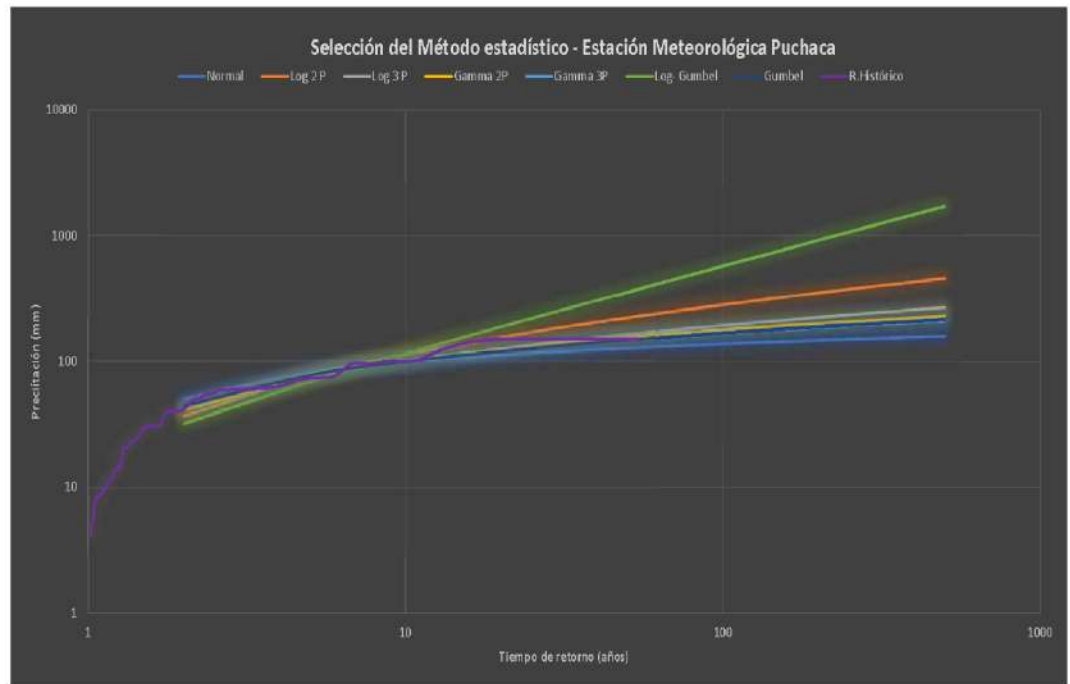
%	probabilidad
16.00	12.88
50.00	50.41
80.00	87.94



MÉTODO ESTADÍSTICOS CALCULADOS EN EL SOFTWARE HIDROESTA

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Puchaca						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log- Gumbel	Gumbel
2	50.41	36.77	41.02	41.12	43.51	31.85	44.25
5	81.99	76.75	75.03	76.74	78.25	68.99	77.42
10	98.52	112.8	100.35	101.43	100.72	115.07	99.38
25	116.13	170.04	135.22	132.68	128.14	219.65	127.12
50	127.51	221.65	163.13	155.67	147.79	354.83	147.71
100	137.74	281.31	192.64	178.24	166.78	571.17	168.14
150	143.31	320.29	210.7	191.27	177.64	753.92	180.05
200	147.1	349.89	223.9	200.43	185.22	917.83	188.49
500	158.45	455.75	268.14	229.19	208.83	1716.06	215.35

m	P(mm)
54.00	150.2
27.00	150
18.00	148.1
13.50	128.3
10.80	101.5
9.00	100.4
7.71	96.2
6.75	95.4
6.00	77.4
5.40	74.7
4.91	73.5
4.50	70.3
4.15	65.3
3.86	62.7
3.60	60.9
3.38	60.4
3.18	60.3
3.00	60.2
2.84	60
2.70	59
2.57	58.7
2.45	55.6
2.35	55.2
2.25	51.5
2.16	50.2
2.08	45.8
2.00	41.5
1.93	40.3
1.86	40.1
1.80	40
1.74	38.2
1.69	31.5
1.64	30.9
1.59	30.3
1.54	30.2
1.50	30
1.46	27.5
1.42	24.3
1.38	23.2
1.35	22.4
1.32	20.6
1.29	20.3
1.26	14.3
1.23	14.2
1.20	12.9
1.17	11.1
1.15	10.8
1.13	9.7
1.10	8.8
1.08	8.5
1.06	8.2
1.04	6.1
1.02	4.2



Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
---------------	---

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

ESTACION METEOROLÓGICA CUEVA BLANCA-ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Año	P (mm)	Acum.
1965	30.00	30.00
1966	29.12	59.12
1967	85.00	144.12
1968	35.50	179.62
1969	25.50	205.12
1970	24.50	229.62
1971	40.00	269.62
1972	75.50	345.12
1973	56.50	401.62
1974	50.00	451.62
1975	76.50	528.12
1976	62.50	590.62
1977	86.50	677.12
1978	60.00	737.12
1979	59.80	796.92
1980	47.50	844.42
1981	25.10	869.52
1982	35.70	905.22
1983	25.50	930.72
1984	30.30	961.02
1985	34.80	995.82
1986	37.90	1033.72
1987	16.90	1050.62
1988	22.10	1072.72
1989	25.40	1098.12
1990	35.10	1133.22

Año	P (mm)	Acum.
1991	43.70	1176.92
1992	25.40	1202.32
1993	33.10	1235.42
1994	27.10	1262.52
1995	33.40	1295.92
1996	30.00	1325.92
1997	35.30	1361.22
1998	32.00	1393.22
1999	33.90	1427.12
2000	28.60	1455.72
2001	34.60	1490.32
2002	41.80	1532.12
2003	26.80	1558.92
2004	26.40	1585.32
2005	30.40	1615.72
2006	47.40	1663.12
2007	41.10	1704.22
2008	51.70	1755.92
2009	51.80	1807.72
2010	74.10	1881.82
2011	41.10	1922.92
2012	32.90	1955.82
2013	40.20	1996.02
2014	45.40	2041.42
2015	33.60	2075.02
2016	39.80	2114.82
2017	45.00	2159.82



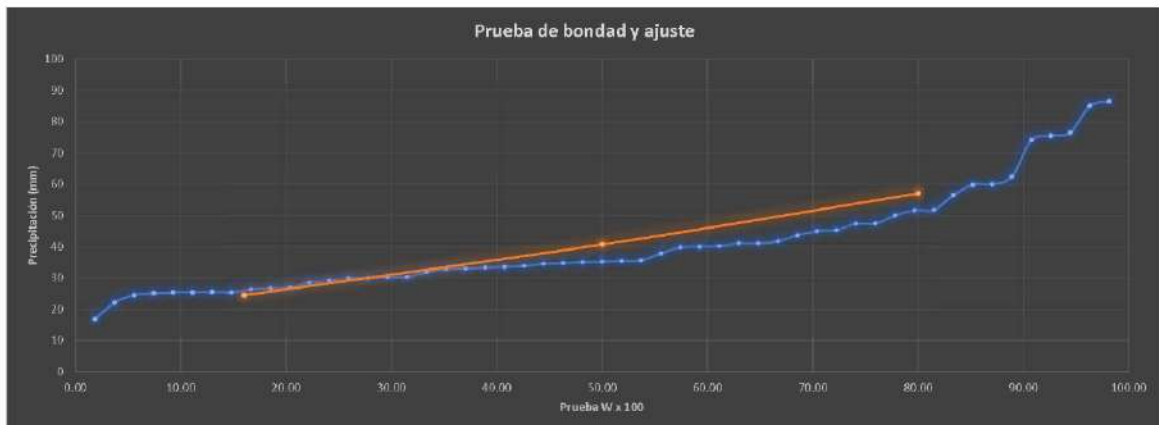
PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

AÑO	P (mm)	x	m	WEIBULL	F1(X)*100	CALIFORNIA	P2(X)*100	HAZEN	P3(X)*100	Z=(X-promedio)/s	F(Z)	p(1)	p(2)	p(3)
1965	30	16.9	1.00	0.0185	1.85	0.019	1.89	0.009	0.94	-1.46	0.072	0.053	0.053	0.062
1966	29.1162927	22.1	2.00	0.0370	3.70	0.038	3.77	0.028	2.83	-1.15	0.126	0.089	0.088	0.098
1967	85	24.5	3.00	0.0556	5.56	0.057	5.66	0.047	4.72	-1.00	0.159	0.104	0.103	0.112
1968	35.5	25.1	4.00	0.0741	7.41	0.075	7.55	0.066	6.60	-0.96	0.168	0.094	0.093	0.102
1969	25.5	25.4	5.00	0.0926	9.26	0.094	9.43	0.085	8.49	-0.94	0.173	0.080	0.079	0.088
1970	24.5	25.4	6.00	0.1111	11.11	0.113	11.32	0.104	10.38	-0.94	0.173	0.062	0.060	0.069
1971	40	25.5	7.00	0.1296	12.96	0.132	13.21	0.123	12.26	-0.94	0.175	0.045	0.042	0.052
1972	75.5	25.5	8.00	0.1481	14.81	0.151	15.09	0.142	14.15	-0.94	0.175	0.026	0.024	0.033
1973	56.5	26.4	9.00	0.1667	16.67	0.170	16.98	0.160	16.04	-0.88	0.189	0.022	0.019	0.029
1974	50	26.8	10.00	0.1852	18.52	0.189	18.87	0.179	17.92	-0.86	0.196	0.011	0.007	0.017
1975	76.5	27.1	11.00	0.2037	20.37	0.208	20.75	0.198	19.81	-0.84	0.201	0.003	0.007	0.003
1976	62.5	28.6	12.00	0.2222	22.22	0.226	22.64	0.217	21.70	-0.75	0.228	0.006	0.001	0.011
1977	86.5	29.11629268	13.00	0.2407	24.07	0.245	24.53	0.236	23.58	-0.71	0.238	0.003	0.008	0.002
1978	60	30	14.00	0.2593	25.93	0.264	26.42	0.255	25.47	-0.66	0.255	0.005	0.010	0.000
1979	59.8	30	15.00	0.2778	27.78	0.283	28.30	0.274	27.36	-0.66	0.255	0.023	0.028	0.019
1980	47.5	30.3	16.00	0.2963	29.63	0.302	30.19	0.292	29.25	-0.64	0.261	0.036	0.041	0.032
1981	25.1	30.4	17.00	0.3148	31.48	0.321	32.08	0.311	31.13	-0.64	0.263	0.052	0.058	0.049
1982	35.7	32	18.00	0.3333	33.33	0.340	33.96	0.330	33.02	-0.54	0.296	0.038	0.044	0.035
1983	25.5	32.9	19.00	0.3519	35.19	0.358	35.85	0.349	34.91	-0.48	0.315	0.037	0.044	0.034
1984	30.3	33.1	20.00	0.3704	37.04	0.377	37.74	0.368	36.79	-0.47	0.319	0.051	0.058	0.049
1985	34.8	33.4	21.00	0.3889	38.89	0.396	39.62	0.387	38.68	-0.45	0.326	0.063	0.070	0.061
1986	37.9	33.6	22.00	0.4074	40.74	0.415	41.51	0.406	40.57	-0.44	0.330	0.077	0.085	0.075
1987	16.9	33.9	23.00	0.4259	42.59	0.434	43.40	0.425	42.45	-0.42	0.337	0.089	0.097	0.088
1988	22.1	34.6	24.00	0.4444	44.44	0.453	45.28	0.443	44.34	-0.38	0.353	0.092	0.100	0.091
1989	25.4	34.8	25.00	0.4630	46.30	0.472	47.17	0.462	46.23	-0.37	0.357	0.106	0.114	0.105
1990	35.1	35.1	26.00	0.4815	48.15	0.491	49.06	0.481	48.11	-0.35	0.364	0.117	0.126	0.117
1991	43.7	35.3	27.00	0.5000	50.00	0.509	50.94	0.500	50.00	-0.33	0.369	0.131	0.140	0.131
1992	25.4	35.5	28.00	0.5185	51.85	0.528	52.83	0.519	51.89	-0.32	0.374	0.145	0.155	0.145
1993	33.1	35.7	29.00	0.5370	53.70	0.547	54.72	0.538	53.77	-0.31	0.378	0.159	0.169	0.159
1994	27.1	37.9	30.00	0.5556	55.56	0.566	56.60	0.557	55.66	-0.18	0.431	0.125	0.136	0.126
1995	33.4	39.8	31.00	0.5741	57.41	0.585	58.49	0.575	57.55	-0.06	0.477	0.097	0.108	0.099
1996	30	40	32.00	0.5926	59.26	0.604	60.38	0.594	59.43	-0.05	0.482	0.111	0.122	0.113
1997	35.3	40.2	33.00	0.6111	61.11	0.623	62.26	0.613	61.32	-0.03	0.487	0.125	0.136	0.127
1998	32	41.1	34.00	0.6296	62.96	0.642	64.15	0.632	63.21	0.02	0.509	0.121	0.133	0.124
1999	33.9	41.1	35.00	0.6481	64.81	0.660	66.04	0.651	65.09	0.02	0.509	0.140	0.152	0.142
2000	28.6	41.8	36.00	0.6667	66.67	0.679	67.92	0.670	66.98	0.06	0.526	0.141	0.154	0.144
2001	34.6	43.7	37.00	0.6852	68.52	0.698	69.81	0.689	68.87	0.18	0.572	0.113	0.126	0.117
2002	41.8	45	38.00	0.7037	70.37	0.717	71.70	0.708	70.75	0.26	0.603	0.101	0.114	0.105
2003	26.8	45.4	39.00	0.7222	72.22	0.736	73.58	0.726	72.64	0.29	0.612	0.110	0.124	0.114
2004	26.4	47.4	40.00	0.7407	74.07	0.755	75.47	0.745	74.53	0.41	0.658	0.082	0.096	0.087
2005	30.4	47.5	41.00	0.7593	75.93	0.774	77.36	0.764	76.42	0.41	0.661	0.099	0.113	0.103
2006	47.4	50	42.00	0.7778	77.78	0.792	79.25	0.783	78.30	0.57	0.715	0.063	0.078	0.068
2007	41.1	51.7	43.00	0.7963	79.63	0.811	81.13	0.802	80.19	0.67	0.749	0.047	0.062	0.053
2008	51.7	51.8	44.00	0.8148	81.48	0.830	83.02	0.821	82.08	0.68	0.751	0.064	0.079	0.070
2009	51.8	56.5	45.00	0.8333	83.33	0.849	84.91	0.840	83.96	0.97	0.833	0.000	0.016	0.006
2010	74.1	59.8	46.00	0.8519	85.19	0.868	86.79	0.858	85.85	1.17	0.879	0.027	0.011	0.020
2011	41.1	60	47.00	0.8704	87.04	0.887	88.68	0.877	87.74	1.18	0.881	0.011	0.005	0.004
2012	32.9	62.5	48.00	0.8889	88.89	0.906	90.57	0.896	89.62	1.34	0.909	0.020	0.003	0.013
2013	40.2	74.1	49.00	0.9074	90.74	0.925	92.45	0.915	91.51	2.05	0.980	0.072	0.055	0.065
2014	45.4	75.5	50.00	0.9259	92.59	0.943	94.34	0.934	93.40	2.13	0.984	0.058	0.040	0.050
2015	33.6	76.5	51.00	0.9444	94.44	0.962	96.23	0.953	95.28	2.19	0.986	0.041	0.024	0.033
2016	39.8	85	52.00	0.9630	96.30	0.981	98.11	0.972	97.17	2.72	0.997	0.034	0.016	0.025
2017	45	86.5	53.00	0.9815	98.15	1.000	100.00	0.991	99.06	2.81	0.998	0.016	0.002	0.007

N=	53.00
Desv. Est=	16.29
Promedio=	40.75

	WEIBULL	CALIFORNIA	HAZEN
Δ tabular	0.1588	0.1689	0.1595
Δ crítico 5%	0.1868		

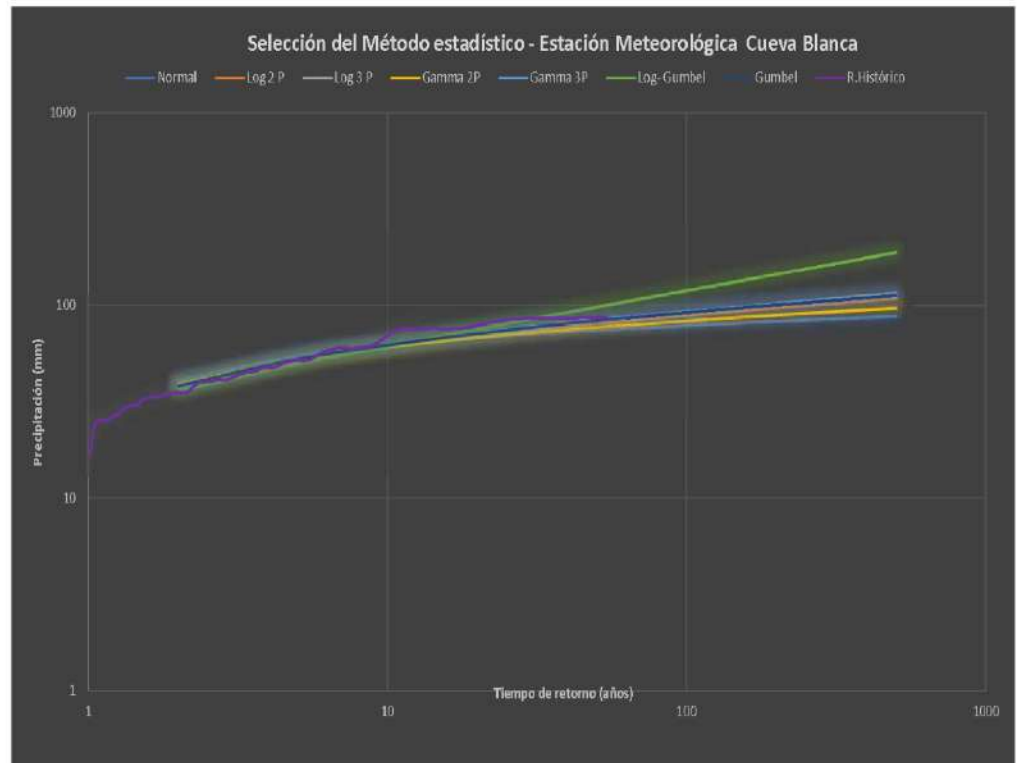
%	probabilidad
16.00	24.46
50.00	40.75
80.00	57.04



MÉTODO ESTADÍSTICOS CALCULADOS EN EL SOFTWARE HIDROESTA

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Cueva Blanca						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log- Gumbel	Gumbel
2	40.75	38.07	37.56	38.96	37.37	35.86	38.08
5	54.46	51.68	51.28	52.46	52.51	49.44	52.47
10	61.63	60.65	60.73	60.6	62.56	61.15	62
25	69.27	71.93	73.01	70.12	75.01	80	74.04
50	74.21	80.3	82.39	76.75	84.03	97.65	82.98
100	78.65	88.67	91.95	83.03	92.81	119.01	91.84
150	81.07	93.58	97.65	86.58	97.84	133.56	97.01
200	82.71	97.08	101.75	89.03	101.37	144.93	100.68
500	87.64	108.35	115.14	96.6	112.4	187.98	112.33

m	P(mm)
54.00	86.5
27.00	85
18.00	76.5
13.50	75.5
10.80	74.1
9.00	62.5
7.71	60
6.75	59.8
6.00	56.5
5.40	51.8
4.91	51.7
4.50	50
4.15	47.5
3.86	47.4
3.60	45.4
3.38	45
3.18	43.7
3.00	41.8
2.84	41.1
2.70	41.1
2.57	40.2
2.45	40
2.35	39.8
2.25	37.9
2.16	35.7
2.08	35.5
2.00	35.3
1.93	35.1
1.86	34.8
1.80	34.6
1.74	33.9
1.69	33.6
1.64	33.4
1.59	33.1
1.54	32.9
1.50	32
1.46	30.4
1.42	30.3
1.38	30
1.35	30
1.32	29.1162927
1.29	28.6
1.26	27.1
1.23	26.8
1.20	26.4
1.17	25.5
1.15	25.5
1.13	25.4
1.10	25.4
1.08	25.1
1.06	24.5
1.04	22.1
1.02	16.9



Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
---------------	---

Tesista: **Jainer Luysin NAVARRO MEDINA**

ESTACION METEOROLÓGICA INCAHUASI-ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Año	P (mm)	Acum.
1965	28.00	28.00
1966	21.00	49.00
1967	42.00	91.00
1968	24.00	115.00
1969	28.00	143.00
1970	33.00	176.00
1971	53.00	229.00
1972	37.00	266.00
1973	55.00	321.00
1974	30.50	351.50
1975	32.00	383.50
1976	26.50	410.00
1977	36.00	446.00
1978	25.50	471.50
1979	17.00	488.50
1980	33.50	522.00
1981	39.00	561.00
1982	40.50	601.50
1983	34.50	636.00
1984	33.50	669.50
1985	20.00	689.50
1986	34.00	723.50
1987	45.00	768.50
1988	43.50	812.00
1989	62.00	874.00
1990	31.50	905.50

Año	P (mm)	Acum.
1991	21.50	927.00
1992	22.00	949.00
1993	36.60	985.60
1994	26.50	1012.10
1995	21.50	1033.60
1996	21.60	1055.20
1997	26.20	1081.40
1998	40.60	1122.00
1999	38.50	1160.50
2000	43.50	1204.00
2001	31.20	1235.20
2002	54.40	1289.60
2003	28.50	1318.10
2004	22.90	1341.00
2005	22.10	1363.10
2006	51.80	1414.70
2007	29.10	1443.80
2008	55.80	1499.60
2009	45.80	1545.20
2010	53.80	1599.00
2011	31.10	1630.10
2012	25.00	1655.10
2013	34.60	1689.70
2014	40.20	1729.90
2015	48.80	1778.70
2016	55.18	1833.88
2017	58.00	1891.88



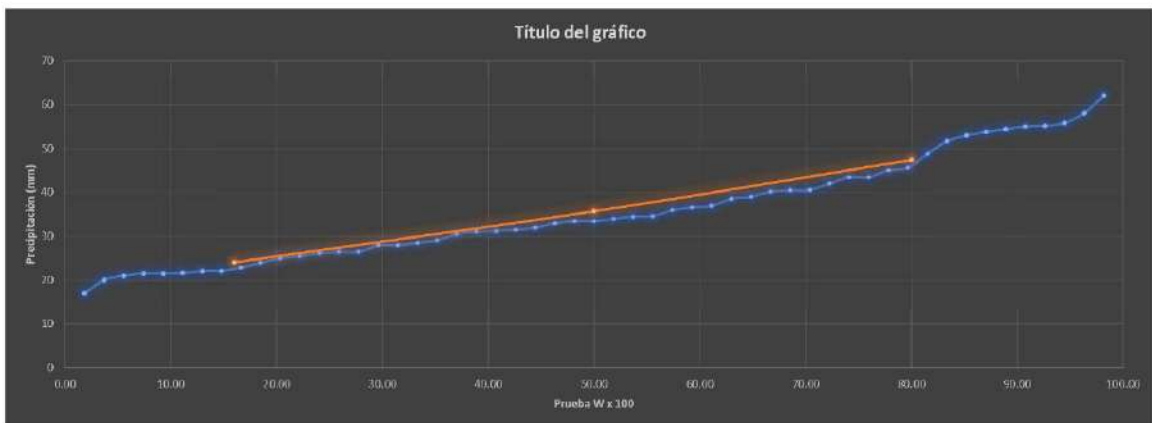
PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

AÑO	P (mm)	x	m	WEIBULL	P1(X)*100	CALIFORNIA	P2(X)*100	HAZEN	P3(X)*100	Z=(X-promedio)/s	F(Z)	p(1)	p(2)	p(3)
1965	28	17	1.00	0.0185	1.85	0.019	1.89	0.009	0.94	-1.60	0.055	0.036	0.036	0.045
1966	21	20	2.00	0.0370	3.70	0.038	3.77	0.028	2.83	-1.34	0.089	0.052	0.052	0.061
1967	42	21	3.00	0.0556	5.56	0.057	5.66	0.047	4.72	-1.26	0.104	0.048	0.047	0.057
1968	24	21.5	4.00	0.0741	7.41	0.075	7.55	0.066	6.60	-1.22	0.112	0.038	0.036	0.046
1969	28	21.5	5.00	0.0926	9.26	0.094	9.43	0.085	8.49	-1.22	0.112	0.019	0.018	0.027
1970	33	21.6	6.00	0.1111	11.11	0.113	11.32	0.104	10.38	-1.21	0.114	0.002	0.000	0.010
1971	53	22	7.00	0.1296	12.96	0.132	13.21	0.123	12.26	-1.17	0.120	0.009	0.012	0.002
1972	37	22.1	8.00	0.1481	14.81	0.151	15.09	0.142	14.15	-1.16	0.122	0.026	0.029	0.019
1973	55	22.9	9.00	0.1667	16.67	0.170	16.98	0.160	16.04	-1.10	0.136	0.030	0.033	0.024
1974	30.5	24	10.00	0.1852	18.52	0.189	18.87	0.179	17.92	-1.00	0.158	0.027	0.031	0.021
1975	32	25	11.00	0.2037	20.37	0.208	20.75	0.198	19.81	-0.92	0.180	0.024	0.028	0.018
1976	26.5	25.5	12.00	0.2222	22.22	0.226	22.64	0.217	21.70	-0.87	0.191	0.031	0.035	0.026
1977	36	26.2	13.00	0.2407	24.07	0.245	24.53	0.236	23.58	-0.81	0.208	0.033	0.037	0.028
1978	25.5	26.5	14.00	0.2593	25.93	0.264	26.42	0.255	25.47	-0.79	0.215	0.044	0.049	0.039
1979	17	26.5	15.00	0.2778	27.78	0.283	28.30	0.274	27.36	-0.79	0.215	0.062	0.068	0.058
1980	33.5	28	16.00	0.2963	29.63	0.302	30.19	0.292	29.25	-0.66	0.255	0.041	0.047	0.038
1981	39	28	17.00	0.3148	31.48	0.321	32.08	0.311	31.13	-0.66	0.255	0.060	0.066	0.057
1982	40.5	28.5	18.00	0.3333	33.33	0.340	33.96	0.330	33.02	-0.62	0.269	0.065	0.071	0.061
1983	34.5	29.1	19.00	0.3519	35.19	0.358	35.85	0.349	34.91	-0.57	0.286	0.066	0.073	0.063
1984	33.5	30.5	20.00	0.3704	37.04	0.377	37.74	0.368	36.79	-0.45	0.328	0.042	0.049	0.040
1985	20	31.1	21.00	0.3889	38.89	0.396	39.62	0.387	38.68	-0.39	0.347	0.042	0.049	0.040
1986	34	31.2	22.00	0.4074	40.74	0.415	41.51	0.406	40.57	-0.39	0.350	0.057	0.065	0.056
1987	45	31.5	23.00	0.4259	42.59	0.434	43.40	0.425	42.45	-0.36	0.360	0.066	0.074	0.065
1988	43.5	32	24.00	0.4444	44.44	0.453	45.28	0.443	44.34	-0.32	0.376	0.069	0.077	0.068
1989	62	33	25.00	0.4630	46.30	0.472	47.17	0.462	46.23	-0.23	0.409	0.054	0.063	0.054
1990	31.5	33.5	26.00	0.4815	48.15	0.491	49.06	0.481	48.11	-0.19	0.425	0.056	0.065	0.056
1991	21.5	33.5	27.00	0.5000	50.00	0.509	50.94	0.500	50.00	-0.19	0.425	0.075	0.084	0.075
1992	22	34	28.00	0.5185	51.85	0.528	52.83	0.519	51.89	-0.15	0.442	0.076	0.086	0.077
1993	36.6	34.5	29.00	0.5370	53.70	0.547	54.72	0.538	53.77	-0.10	0.459	0.078	0.088	0.079
1994	26.5	34.6	30.00	0.5556	55.56	0.566	56.60	0.557	55.66	-0.09	0.463	0.093	0.103	0.094
1995	21.5	36	31.00	0.5741	57.41	0.585	58.49	0.575	57.55	0.03	0.510	0.064	0.075	0.065
1996	21.6	36.6	32.00	0.5926	59.26	0.604	60.38	0.594	59.43	0.08	0.531	0.062	0.073	0.063
1997	26.2	37	33.00	0.6111	61.11	0.623	62.26	0.613	61.32	0.11	0.544	0.067	0.078	0.069
1998	40.6	38.5	34.00	0.6296	62.96	0.642	64.15	0.632	63.21	0.24	0.595	0.035	0.047	0.037
1999	38.5	39	35.00	0.6481	64.81	0.660	66.04	0.651	65.09	0.28	0.611	0.037	0.049	0.039
2000	43.5	40.2	36.00	0.6667	66.67	0.679	67.92	0.670	66.98	0.39	0.650	0.016	0.029	0.020
2001	31.2	40.5	37.00	0.6852	68.52	0.698	69.81	0.689	68.87	0.41	0.660	0.025	0.038	0.029
2002	54.4	40.6	38.00	0.7037	70.37	0.717	71.70	0.708	70.75	0.42	0.663	0.041	0.054	0.045
2003	28.5	42	39.00	0.7222	72.22	0.736	73.58	0.726	72.64	0.54	0.705	0.017	0.030	0.021
2004	22.9	43.5	40.00	0.7407	74.07	0.755	75.47	0.745	74.53	0.67	0.748	0.007	0.007	0.003
2005	22.1	43.5	41.00	0.7593	75.93	0.774	77.36	0.764	76.42	0.67	0.748	0.011	0.025	0.016
2006	51.6	45	42.00	0.7778	77.78	0.792	79.25	0.783	78.30	0.80	0.787	0.010	0.005	0.004
2007	29.1	45.6	43.00	0.7963	79.63	0.811	81.13	0.802	80.19	0.85	0.802	0.006	0.009	0.000
2008	55.8	48.8	44.00	0.8148	81.48	0.830	83.02	0.821	82.08	1.12	0.869	0.054	0.039	0.048
2009	45.6	51.6	45.00	0.8333	83.33	0.849	84.91	0.840	83.96	1.36	0.914	0.080	0.064	0.074
2010	53.8	53	46.00	0.8519	85.19	0.868	86.79	0.858	85.85	1.48	0.931	0.079	0.063	0.072
2011	31.1	53.8	47.00	0.8704	87.04	0.887	88.68	0.877	87.74	1.55	0.940	0.069	0.053	0.062
2012	25	54.4	48.00	0.8889	88.89	0.906	90.57	0.896	89.62	1.60	0.945	0.057	0.040	0.049
2013	34.6	55	49.00	0.9074	90.74	0.925	92.45	0.915	91.51	1.65	0.951	0.044	0.026	0.036
2014	40.2	55.1823071	50.00	0.9259	92.59	0.943	94.34	0.934	93.40	1.67	0.953	0.027	0.009	0.019
2015	48.8	55.8	51.00	0.9444	94.44	0.962	96.23	0.953	95.28	1.72	0.958	0.013	0.005	0.005
2016	55.1823071	58	52.00	0.9630	96.30	0.981	98.11	0.972	97.17	1.91	0.972	0.009	0.009	0.000
2017	58	62	53.00	0.9815	98.15	1.000	100.00	0.991	99.06	2.25	0.988	0.006	0.012	0.003

N=	53.00
Desv. Est=	11.67
Promedio=	35.70

	WEIBULL	CALIFORNIA	HAZEN
Δ tabular	0.0930	0.1034	0.0940
Δ crítico 5%	0.1868		

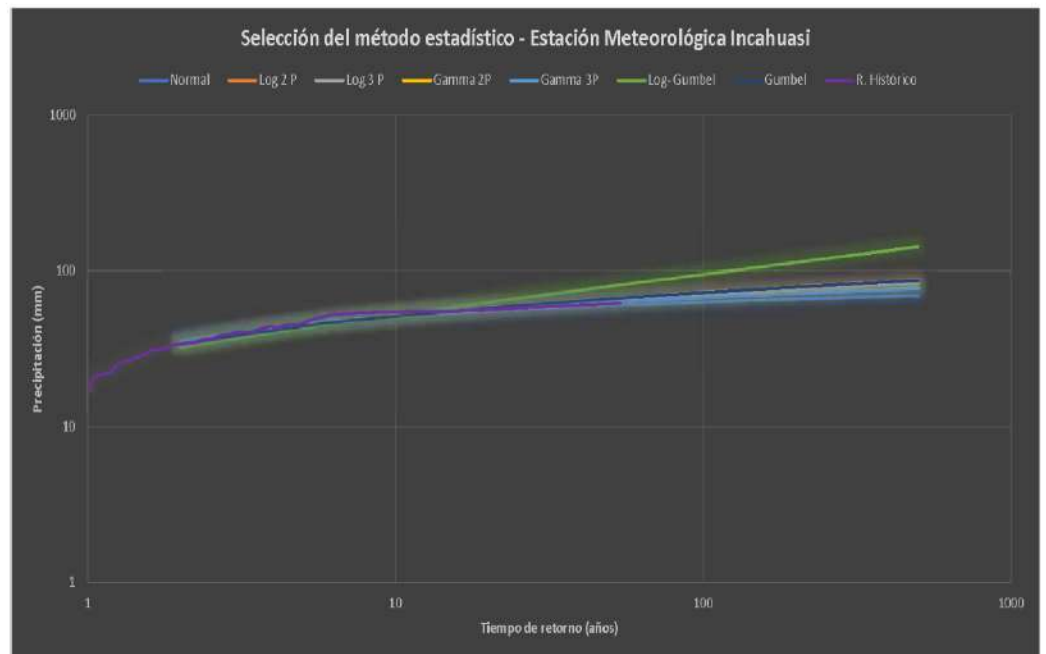
%	probabilidad
16.00	24.03
50.00	35.70
80.00	47.37



MÉTODO ESTADÍSTICOS CALCULADOS EN EL SOFTWARE HIDROESTA

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Incahuasi						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log- Gumbel	Gumbel
2	35.7	33.88	34.14	34.48	34.68	32.11	33.78
5	45.52	44.63	44.58	44.8	45.1	42.88	44.09
10	50.65	51.54	51.1	50.91	51.15	51.93	50.92
25	56.13	60.1	58.97	57.99	58.06	66.15	59.55
50	59.67	66.37	64.63	62.88	62.79	79.16	65.95
100	62.85	72.57	70.14	67.5	67.21	94.6	72.3
150	64.58	76.18	73.32	70.09	69.68	104.96	76.01
200	65.76	78.74	75.56	71.88	71.38	112.98	78.63
500	69.29	86.93	82.65	77.39	76.6	142.8	86.98

m	P(mm)
54.00	62
27.00	58
18.00	55.8
13.50	55.1823071
10.80	55
9.00	54.4
7.71	53.8
6.75	53
6.00	51.6
5.40	48.8
4.91	45.6
4.50	45
4.15	43.5
3.86	43.5
3.60	42
3.38	40.6
3.18	40.5
3.00	40.2
2.84	39
2.70	38.5
2.57	37
2.45	36.6
2.35	36
2.25	34.6
2.16	34.5
2.08	34
2.00	33.5
1.93	33.5
1.86	33
1.80	32
1.74	31.5
1.69	31.2
1.64	31.1
1.59	30.5
1.54	29.1
1.50	28.5
1.46	28
1.42	28
1.38	26.5
1.35	26.5
1.32	26.2
1.29	25.5
1.26	25
1.23	24
1.20	22.9
1.17	22.1
1.15	22
1.13	21.6
1.10	21.5
1.08	21.5
1.06	21
1.04	20
1.02	17



Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
---------------	---

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

ESTACION METEOROLÓGICA TINAJONES-ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Año	Q Corr.	Acum.
1965	49.27	49.27
1966	10.75	60.02
1967	84.21	144.23
1968	8.96	153.18
1969	43.00	196.18
1970	22.40	218.58
1971	40.31	258.89
1972	53.75	312.64
1973	31.35	343.99
1974	17.92	361.91
1975	62.71	424.62
1976	31.35	455.97
1977	89.58	545.55
1978	35.83	581.38
1979	49.27	630.65
1980	17.92	648.57
1981	26.87	675.45
1982	53.75	729.19
1983	68.08	797.28
1984	32.25	829.53
1985	22.40	851.92
1986	17.92	869.84
1987	35.83	905.67
1988	25.08	930.75
1989	40.31	971.07
1990	13.44	984.50

Año	Q Corr.	Acum.
1991	4.66	989.16
1992	54.64	1043.81
1993	42.10	1085.91
1994	10.75	1096.66
1995	6.27	1102.93
1996	9.40	1112.33
1997	17.40	1129.73
1998	116.30	1246.03
1999	53.50	1299.53
2000	23.00	1322.53
2001	41.00	1363.53
2002	39.40	1402.93
2003	12.50	1415.43
2004	15.50	1430.93
2005	11.50	1442.43
2006	55.50	1497.93
2007	10.30	1508.23
2008	86.30	1594.53
2009	27.00	1621.53
2010	19.50	1641.03
2011	12.50	1653.53
2012	75.50	1729.03
2013	23.40	1752.43
2014	7.30	1759.73
2015	28.80	1788.53
2016	30.50	1819.03
2017	85.70	1904.73



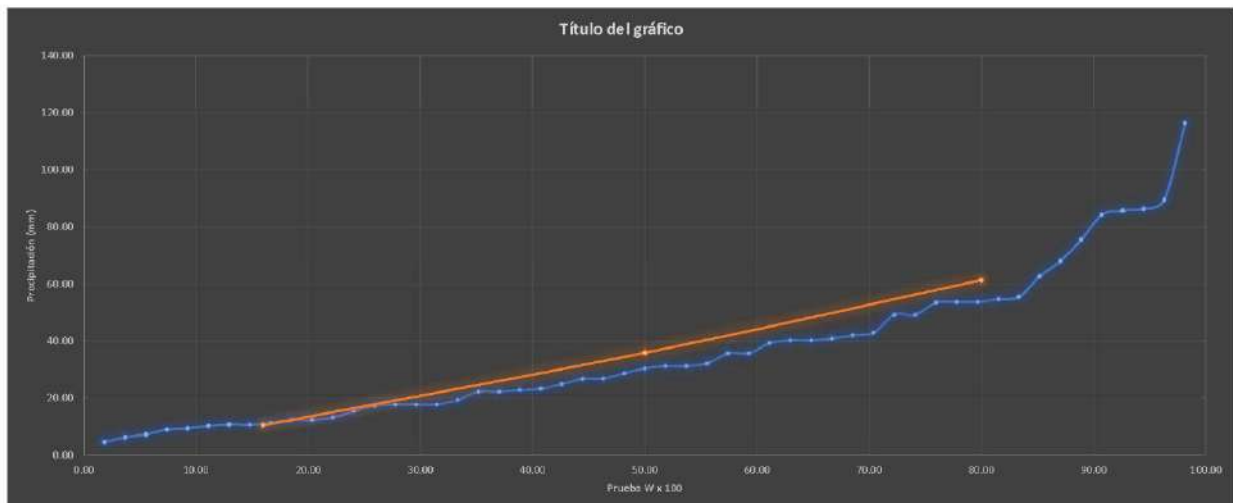
PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

AÑO	P (mm)	x	m	WEIBULL	P1(X)*100	CALIFORNIA	P2(X)*100	HAZEN	P3(X)*100	Z=(X-promedio)/s	F(Z)	p(1)	p(2)	p(3)
1965	49.27	4.65	1.00	0.0185	1.85	0.019	1.89	0.009	0.94	-1.23	0.109	0.091	0.090	0.100
1966	10.75	6.27	2.00	0.0370	3.70	0.038	3.77	0.028	2.83	-1.17	0.121	0.084	0.084	0.093
1967	84.21	7.30	3.00	0.0556	5.56	0.057	5.66	0.047	4.72	-1.13	0.130	0.074	0.073	0.083
1968	8.96	8.96	4.00	0.0741	7.41	0.075	7.55	0.066	6.60	-1.06	0.144	0.070	0.069	0.078
1969	43.00	9.40	5.00	0.0926	9.26	0.094	9.43	0.085	8.49	-1.04	0.148	0.055	0.054	0.063
1970	22.40	10.30	6.00	0.1111	11.11	0.113	11.32	0.104	10.38	-1.01	0.156	0.045	0.043	0.053
1971	40.31	10.75	7.00	0.1296	12.96	0.132	13.21	0.123	12.26	-0.99	0.161	0.031	0.029	0.038
1972	53.75	10.75	8.00	0.1481	14.81	0.151	15.09	0.142	14.15	-0.99	0.161	0.013	0.010	0.019
1973	31.35	11.50	9.00	0.1667	16.67	0.170	16.98	0.160	16.04	-0.96	0.168	0.001	0.002	0.008
1974	17.92	12.50	10.00	0.1852	18.52	0.189	18.87	0.179	17.92	-0.92	0.178	0.007	0.011	0.001
1975	62.71	12.50	11.00	0.2037	20.37	0.208	20.75	0.198	19.81	-0.92	0.178	0.026	0.030	0.020
1976	31.35	13.44	12.00	0.2222	22.22	0.226	22.64	0.217	21.70	-0.89	0.188	0.034	0.039	0.029
1977	89.58	15.50	13.00	0.2407	24.07	0.245	24.53	0.236	23.58	-0.80	0.210	0.030	0.035	0.025
1978	35.83	17.40	14.00	0.2593	25.93	0.264	26.42	0.255	25.47	-0.73	0.233	0.027	0.031	0.022
1979	49.27	17.92	15.00	0.2778	27.78	0.283	28.30	0.274	27.36	-0.71	0.239	0.039	0.044	0.035
1980	17.92	17.92	16.00	0.2963	29.63	0.302	30.19	0.292	29.25	-0.71	0.239	0.057	0.063	0.053
1981	26.87	17.92	17.00	0.3148	31.48	0.321	32.08	0.311	31.13	-0.71	0.239	0.076	0.082	0.072
1982	53.75	19.50	18.00	0.3333	33.33	0.340	33.96	0.330	33.02	-0.65	0.259	0.075	0.081	0.071
1983	68.08	22.40	19.00	0.3519	35.19	0.358	35.85	0.349	34.91	-0.53	0.297	0.055	0.062	0.052
1984	32.25	22.40	20.00	0.3704	37.04	0.377	37.74	0.368	36.79	-0.53	0.297	0.073	0.080	0.071
1985	22.40	23.00	21.00	0.3889	38.89	0.396	39.62	0.387	38.68	-0.51	0.305	0.084	0.091	0.082
1986	17.92	23.40	22.00	0.4074	40.74	0.415	41.51	0.406	40.57	-0.49	0.311	0.097	0.104	0.095
1987	35.83	25.08	23.00	0.4259	42.59	0.434	43.40	0.425	42.45	-0.43	0.335	0.091	0.099	0.090
1988	25.08	26.87	24.00	0.4444	44.44	0.453	45.28	0.443	44.34	-0.36	0.361	0.084	0.092	0.083
1989	40.31	27.00	25.00	0.4630	46.30	0.472	47.17	0.462	46.23	-0.35	0.362	0.101	0.109	0.100
1990	13.44	28.80	26.00	0.4815	48.15	0.491	49.06	0.481	48.11	-0.28	0.389	0.092	0.101	0.092
1991	4.66	30.50	27.00	0.5000	50.00	0.509	50.94	0.500	50.00	-0.21	0.415	0.085	0.094	0.085
1992	54.64	31.35	28.00	0.5185	51.85	0.528	52.83	0.519	51.89	-0.18	0.428	0.090	0.100	0.090
1993	42.10	31.35	29.00	0.5370	53.70	0.547	54.72	0.538	53.77	-0.18	0.428	0.109	0.119	0.109
1994	10.75	32.25	30.00	0.5556	55.56	0.566	56.60	0.557	55.66	-0.15	0.442	0.113	0.124	0.114
1995	6.27	35.83	31.00	0.5741	57.41	0.585	58.49	0.575	57.55	0.00	0.498	0.076	0.087	0.077
1996	9.40	35.83	32.00	0.5926	59.26	0.604	60.38	0.594	59.43	0.00	0.498	0.094	0.105	0.096
1997	17.40	39.40	33.00	0.6111	61.11	0.623	62.26	0.613	61.32	0.14	0.554	0.057	0.068	0.059
1998	116.30	40.31	34.00	0.6296	62.96	0.642	64.15	0.632	63.21	0.17	0.568	0.061	0.073	0.064
1999	53.50	40.31	35.00	0.6481	64.81	0.660	66.04	0.651	65.09	0.17	0.568	0.080	0.092	0.083
2000	23.00	41.00	36.00	0.6667	66.67	0.679	67.92	0.670	66.98	0.20	0.579	0.088	0.100	0.091
2001	41.00	42.10	37.00	0.6852	68.52	0.698	69.81	0.689	68.87	0.24	0.596	0.089	0.102	0.093
2002	39.40	43.00	38.00	0.7037	70.37	0.717	71.70	0.708	70.75	0.28	0.610	0.094	0.107	0.098
2003	12.50	49.27	39.00	0.7222	72.22	0.736	73.58	0.726	72.64	0.52	0.700	0.022	0.036	0.026
2004	15.50	49.27	40.00	0.7407	74.07	0.755	75.47	0.745	74.53	0.52	0.700	0.041	0.055	0.045
2005	11.50	53.50	41.00	0.7593	75.93	0.774	77.36	0.764	76.42	0.69	0.755	0.004	0.018	0.009
2006	55.50	53.75	42.00	0.7778	77.78	0.792	79.25	0.783	78.30	0.70	0.758	0.019	0.034	0.025
2007	10.30	53.75	43.00	0.7963	79.63	0.811	81.13	0.802	80.19	0.70	0.758	0.038	0.053	0.043
2008	86.30	54.64	44.00	0.8148	81.48	0.830	83.02	0.821	82.08	0.74	0.769	0.046	0.061	0.051
2009	27.00	55.50	45.00	0.8333	83.33	0.849	84.91	0.840	83.96	0.77	0.779	0.054	0.070	0.060
2010	19.50	62.71	46.00	0.8519	85.19	0.868	86.79	0.858	85.85	1.05	0.854	0.002	0.014	0.004
2011	12.50	68.08	47.00	0.8704	87.04	0.887	88.68	0.877	87.74	1.27	0.897	0.027	0.010	0.020
2012	75.50	75.50	48.00	0.8889	88.89	0.906	90.57	0.896	89.62	1.56	0.940	0.051	0.035	0.044
2013	23.40	84.21	49.00	0.9074	90.74	0.925	92.45	0.915	91.51	1.90	0.971	0.064	0.047	0.056
2014	7.30	85.70	50.00	0.9259	92.59	0.943	94.34	0.934	93.40	1.96	0.975	0.049	0.032	0.041
2015	28.80	86.30	51.00	0.9444	94.44	0.962	96.23	0.953	95.28	1.98	0.976	0.032	0.014	0.023
2016	30.50	89.58	52.00	0.9630	96.30	0.981	98.11	0.972	97.17	2.11	0.983	0.020	0.002	0.011
2017	85.70	116.30	53.00	0.9815	98.15	1.000	100.00	0.991	99.06	3.16	0.999	0.018	0.001	0.009

N=	53.00
Desv. Est=	25.40
Promedio=	35.94

	WEIBULL	CALIFORNIA	HAZEN
Δ tabular	0.1133	0.1238	0.1143
Δ crítico 5%	0.1868		

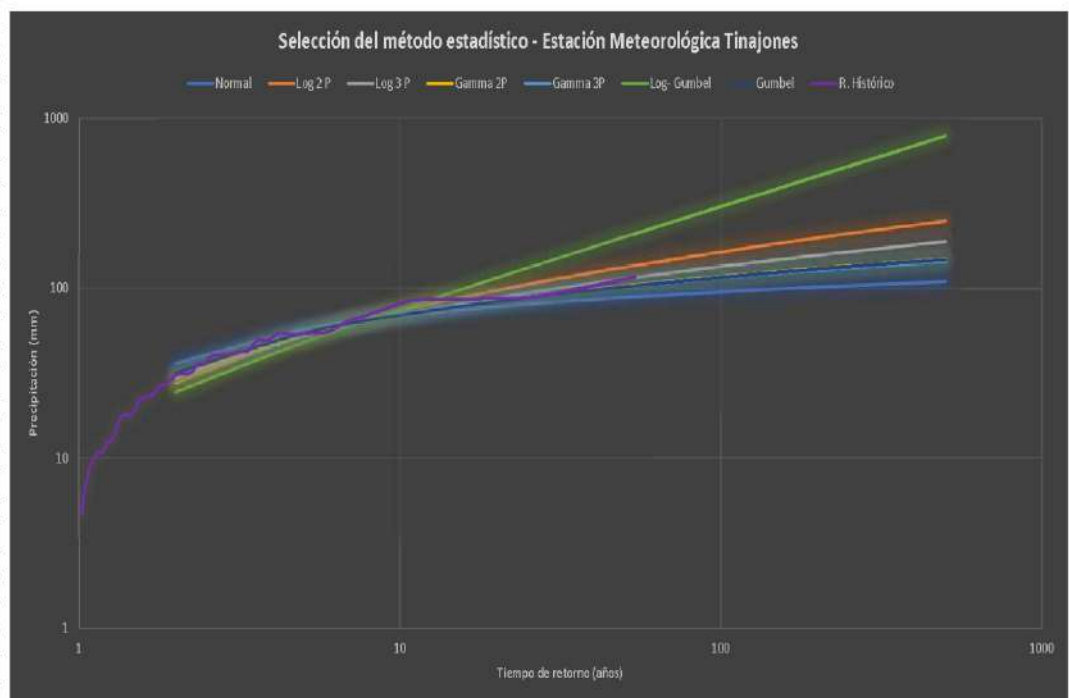
%	probabilidad
15.00	10.54
50.00	35.94
80.00	61.34



MÉTODO ESTADÍSTICOS CALCULADOS EN EL SOFTWARE HIDROESTÁ

Tr (años)	Precipitaciones máximas (mm) - Estación Tinajones						
	Normal	Log 2 P	Log 3 P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log-Gumbel	Gumbel
2	35.94	27.75	29.34	30.38	31.29	24.49	31.77
5	57.31	52.64	52.22	53.54	54.8	47.98	54.21
10	68.49	73.6	69.53	69.21	69.98	74.89	69.07
25	80.41	105.19	93.65	88.81	88.5	131.44	87.85
50	88.11	132.48	113.15	103.1	101.77	199.53	101.77
100	95.03	163.02	133.91	117.06	114.59	301.94	115.6
150	98.8	182.51	146.69	125.1	121.92	384.45	123.66
200	101.37	197.11	156.05	130.73	127.03	456.24	129.38
500	109.04	248.08	187.61	148.39	142.96	786.51	147.55

m	P(mm)
54.00	116.30
27.00	89.58
18.00	86.30
13.50	85.70
10.80	84.21
9.00	75.50
7.71	68.08
6.75	62.71
6.00	55.50
5.40	54.64
4.91	53.75
4.50	53.75
4.15	53.50
3.86	49.27
3.60	49.27
3.38	43.00
3.18	42.10
3.00	41.00
2.84	40.31
2.70	40.31
2.57	39.40
2.45	35.83
2.35	35.83
2.25	32.25
2.16	31.35
2.08	31.35
2.00	30.50
1.93	28.80
1.86	27.00
1.80	26.87
1.74	25.08
1.69	23.40
1.64	23.00
1.59	22.40
1.54	22.40
1.50	19.50
1.46	17.92
1.42	17.92
1.38	17.92
1.35	17.40
1.32	15.50
1.29	13.44
1.26	12.50
1.23	12.50
1.20	11.50
1.17	10.75
1.15	10.75
1.13	10.30
1.10	9.40
1.08	8.96
1.06	7.30
1.04	6.27
1.02	4.66



Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
---------------	---

Tesista: **Jainer Luysin NAVARRO MEDINA**

CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA POR EL MÉTODO DE LAS ISOYETAS PARA CADA TR

UBICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS					
ORDEN	ESTACION	UBICACION		COTA	PRECIPITACION
		ESTE	NORTE		
1	La Viña-Jayanca	636193.9	9299978.9	78 msnm	120.80 mm
2	Tacmoche	681843.6	9291396.5	336 msnm	110.00 mm
3	Fuchaca	669278.9	9295244.3	1435 msnm	150.20 mm
4	Cueva Blanca	676552.8	9322018.6	3300 msnm	86.50 mm
5	Incahuasi	686085.2	9310644.1	3052 msnm	62.00 mm
6	Tinajones	673786.2	9264120.7	182 msnm	116.30 mm

PRECIPITACION MEDIA=	$\frac{645.80 \text{ mm}}{6} =$	107.63 mm
-----------------------------	---------------------------------	------------------

CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA POR EL MÉTODO DE LAS ISOYETAS						
ORDEN	ESTACION	AREA		% AREA (A)	PRECIPITACION (B)	PRECIPITACION MEDIA(A)x(B)
		AREA (M2)	AREA (KM2)			
1	La Viña-Jayanca	221000000	221.00	13.61%	120.80 mm	16.44
2	Tacmoche	253000000	253.00	15.58%	110.00 mm	17.14
3	Fuchaca	530000000	530.00	32.64%	150.20 mm	49.02
4	Cueva Blanca	280000000	28.00	1.72%	86.50 mm	1.49
5	Incahuasi	375000000	375.00	23.09%	62.00 mm	14.32
6	Tinajones	217000000	217.00	13.36%	116.30 mm	15.54
TOTAL		1,624,000,000.00	1,624.00	100.00%	32.29	113.94 mm

PRECIPITACION MEDIA=	113.94 mm
-----------------------------	------------------

MÉTODO DE ISOYETAS

VALUE	MIN	MAX	PROMEDIO	AREA	AREA x PROM.
2	32.17	32.88	32.53	0.00	0.00
3	32.88	50.41	41.65	118.00	4914.36
4	50.41	67.94	59.18	149.00	8817.39
5	67.94	85.47	76.71	122.00	9358.33
6	85.47	103.00	94.24	116.00	10931.60
7	103.00	120.53	111.77	120.00	13412.21
8	120.53	138.06	129.30	297.00	38401.77
9	138.06	155.59	146.83	701.00	102927.32
TOTAL				1623	188763.0
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)			116.30		

TR= 2 AÑOS

MIN	MAX	PROMEDIO	AREA	AREA*PROMEDIO
11.00	12.00	11.50	10.55	121.36
12.00	18.00	15.00	64.37	965.49
18.00	23.00	20.50	86.24	1767.84
23.00	29.00	26.00	208.00	5408.11
29.00	34.00	31.50	245.39	7729.71
34.00	40.00	37.00	347.42	12854.63
40.00	45.00	42.50	372.90	15848.24
45.00	51.00	48.00	288.82	13863.53
				1623.69
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)				36.07

TR= 5 AÑOS

MIN	MAX	PROMEDIO	AREA	AREA*PROMEDIO
28.21	31.48	29.84	12.04	359.34
31.48	39.29	35.38	87.36	3091.19
39.29	47.09	43.19	214.61	9269.05
47.09	54.90	51.00	323.30	16487.01
54.90	62.71	58.80	315.95	18578.46
62.71	70.51	66.61	288.04	19185.75
70.51	78.32	74.42	382.40	28456.05
			1623.69	95426.85
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)				58.77

TR= 10 AÑOS

MIN	MAX	PROMEDIO	AREA	AREA*PROMEDIO
35.54	43.55	39.54	73.66	2912.53
43.55	52.92	48.23	156.48	7547.42
52.92	62.29	57.60	167.20	9631.37
62.29	71.66	66.97	203.28	13614.34
71.66	81.03	76.34	340.58	26001.45
81.03	90.40	85.71	313.89	26904.91
90.40	99.77	95.08	368.60	35048.34
			1623.69	121660.36
TOTAL				
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)				74.93

TR= 25 AÑOS

MIN	MAX	PROMEDIO	AREA	AREA*PROMEDIO
7.31	14.80	11.06	9.44	104.34
14.80	38.00	26.40	114.50	3022.60
38.00	61.19	49.60	147.68	7324.03
61.19	84.39	72.79	173.61	12637.49
84.39	107.59	95.99	394.44	37862.52
107.59	130.79	119.19	784.03	93446.71
			1623.69	154397.70
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)				95.09

TR= 50 AÑOS

MIN	MAX	PROMEDIO	AREA	AREA*PROMEDIO
29.93	30.01	29.97	0.01	0.22
30.03	47.73	38.88	109.25	4247.93
47.73	65.43	56.58	149.19	8441.70
65.43	83.13	74.28	121.38	9016.31
83.13	100.83	91.98	115.84	10655.00
100.83	118.53	109.68	141.47	15516.88
118.53	136.23	127.38	390.41	49730.71
136.23	153.93	145.08	596.15	86489.65
			1623.69	184098.40
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)				113.38

TR= 100 AÑOS

MIN	MAX	PROMEDIO	AREA	AREA*PROMEDIO
26.38	26.49	26.44	0.01	0.19
26.47	49.23	37.85	109.25	4134.90
44.58	70.29	57.44	149.19	8569.04
65.14	91.14	78.14	121.38	9484.16
85.73	112.37	99.05	115.84	11473.82
106.70	159.05	132.87	141.47	18797.92
128.59	173.71	151.15	390.41	59011.51
151.96	182.60	167.28	596.15	99724.40
			1623.69	211195.93
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)				130.07

TR= 150 AÑOS

MIN	MAX	PROMEDIO	AREA	AREA*PROMEDIO
24.06	27.59	25.82	5.00	129.11
27.59	52.64	40.11	146.07	5858.96
52.64	77.69	65.16	155.73	10147.21
77.69	102.73	90.21	132.99	11996.93
102.73	127.78	115.26	130.97	15095.74
127.78	152.83	140.31	119.08	16708.08
152.83	177.88	165.36	218.46	36124.24
177.88	202.93	190.41	715.40	136215.49
			1623.69	232275.76
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)				143.05

TR= 200 AÑOS

MIN	MAX	PROMEDIO	AREA	AREA*PROMEDIO
22.32	27.64	24.98	9.69	242.15
27.64	55.15	41.40	158.28	6552.17
55.15	82.66	68.91	158.84	10945.23
82.66	110.18	96.42	137.10	13218.95
110.18	137.69	123.93	134.42	16658.43
137.69	165.20	151.44	117.06	17728.13
165.20	192.71	178.96	249.61	44669.82
192.71	219.73	206.22	658.69	135836.87
			1623.69	245851.74
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)				151.42

TR= 500 AÑOS

MIN	MAX	PROMEDIO	AREA	AREA*PROMEDIO
16.20	32.02	24.11	46.11	1111.83
32.02	70.04	51.03	201.47	10281.16
70.04	108.06	89.05	173.24	15427.32
108.06	146.09	127.08	156.68	19909.78
146.09	184.11	165.10	132.79	21923.64
184.11	222.13	203.12	177.70	36094.71
222.13	260.15	241.14	390.79	94237.21
260.16	289.06	274.61	344.91	94714.79
			1623.69	293700.44
PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)				180.88

Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA “EL OR VENTANAS”, RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA POR EL MÉTODO DE POLÍGONO DE THIESSEN PARA

TR (años)	JAYANCA	TOCMOCHE	PUCHACA	CUEVA BLANCA	INCAHUASI	TINAJONES
2.00	16.65	50.55	44.25	37.37	35.70	29.34
5.00	38.28	75.18	77.42	52.51	45.52	52.22
10.00	59.44	88.07	99.38	62.56	50.65	69.53
25.00	95.20	101.81	127.12	75.01	56.13	93.65
50.00	129.13	110.68	147.71	84.03	59.67	113.15
100.00	169.92	118.66	168.14	92.81	62.85	133.91
150.00	197.33	123	180.05	97.84	64.58	146.69
200.00	218.49	125.96	188.49	101.37	65.76	156.05
500.00	296.37	134.81	215.35	112.40	69.29	187.61

CÁLCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA POR EL POLIGONO DE THIESSEN TR=2 AÑOS						
ORDEN	ESTACION	AREA		% AREA (A)	PRECIPITACION (B)	PRECIPITACION MEDIA(A)x(B)
		AREA (M2)	AREA (KM2)			
1	Jayanca	221000000	221.00	13.61%	16.65 mm	2.27
2	Tocmoche	253000000	253.00	15.58%	50.55 mm	7.88
3	Puchaca	530000000	530.00	32.64%	44.25 mm	14.44
4	Cueva Blanca	28000000	28.00	1.72%	37.37 mm	0.64
5	Incahuasi	375000000	375.00	23.09%	35.70 mm	8.24
6	Tinajones	217000000	217.00	13.36%	29.34 mm	3.92
TOTAL		1,624,000,000.00	1,624.00	100.00%	10.693	37.39 mm

CÁLCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA POR EL POLIGONO DE THIESSEN TR=5 AÑOS						
ORDEN	ESTACION	AREA		% AREA (A)	PRECIPITACION (B)	PRECIPITACION MEDIA(A)x(B)
		AREA (M2)	AREA (KM2)			
1	Jayanca	221000000	221.00	13.61%	38.28 mm	5.21
2	Tocmoche	253000000	253.00	15.58%	75.18 mm	11.71
3	Puchaca	530000000	530.00	32.64%	77.42 mm	25.27
4	Cueva Blanca	28000000	28.00	1.72%	52.51 mm	0.91
5	Incahuasi	375000000	375.00	23.09%	45.52 mm	10.51
6	Tinajones	217000000	217.00	13.36%	52.22 mm	6.98
TOTAL		1,624,000,000.00	1,624.00	100.00%	17.0565	60.58 mm

CÁLCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA POR EL POLIGONO DE THIESSEN TR=10 AÑOS						
ORDEN	ESTACION	AREA		% AREA (A)	PRECIPITACION (B)	PRECIPITACION MEDIA(A)x(B)
		AREA (M2)	AREA (KM2)			
1	Jayanca	221000000	221.00	13.61%	59.44 mm	8.09
2	Tocmoche	253000000	253.00	15.58%	88.07 mm	13.72
3	Puchaca	530000000	530.00	32.64%	99.38 mm	32.43
4	Cueva Blanca	28000000	28.00	1.72%	62.56 mm	1.08
5	Incahuasi	375000000	375.00	23.09%	50.65 mm	11.70
6	Tinajones	217000000	217.00	13.36%	69.53 mm	9.29
TOTAL		1,624,000,000.00	1,624.00	100.00%	21.4815	76.31 mm

CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA POR EL POLIGONO DE THIESSEN TR=25 AÑOS						
ORDEN	ESTACION	AREA		% AREA (A)	PRECIPITACION (B)	PRECIPITACION MEDIA(A)x(B)
		AREA (M2)	AREA (KM2)			
1	Jayanca	221000000	221.00	13.61%	95.20 mm	12.96
2	Tocmoche	253000000	253.00	15.58%	101.81 mm	15.86
3	Puchaca	530000000	530.00	32.64%	127.12 mm	41.49
4	Cueva Blanca	28000000	28.00	1.72%	75.01 mm	1.29
5	Incahuasi	375000000	375.00	23.09%	56.13 mm	12.96
6	Tinajones	217000000	217.00	13.36%	93.65 mm	12.51
TOTAL		1,624,000,000.00	1,624.00	100.00%	27.446	97.07 mm

CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA POR EL POLIGONO DE THIESSEN TR=50 AÑOS						
ORDEN	ESTACION	AREA		% AREA (A)	PRECIPITACION (B)	PRECIPITACION MEDIA(A)x(B)
		AREA (M2)	AREA (KM2)			
1	Jayanca	221000000	221.00	13.61%	129.13 mm	17.57
2	Tocmoche	253000000	253.00	15.58%	110.68 mm	17.24
3	Puchaca	530000000	530.00	32.64%	147.71 mm	48.21
4	Cueva Blanca	28000000	28.00	1.72%	84.03 mm	1.45
5	Incahuasi	375000000	375.00	23.09%	59.67 mm	13.78
6	Tinajones	217000000	217.00	13.36%	113.15 mm	15.12
TOTAL		1,624,000,000.00	1,624.00	100.00%	32.2185	113.37 mm

CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA POR EL POLIGONO DE THIESSEN TR=100 AÑOS						
ORDEN	ESTACION	AREA		% AREA (A)	PRECIPITACION (B)	PRECIPITACION MEDIA(A)x(B)
		AREA (M2)	AREA (KM2)			
1	Jayanca	221000000	221.00	13.61%	169.92 mm	23.12
2	Tocmoche	253000000	253.00	15.58%	118.66 mm	18.49
3	Puchaca	530000000	530.00	32.64%	168.14 mm	54.87
4	Cueva Blanca	28000000	28.00	1.72%	92.81 mm	1.60
5	Incahuasi	375000000	375.00	23.09%	62.85 mm	14.51
6	Tinajones	217000000	217.00	13.36%	133.91 mm	17.89
TOTAL		1,624,000,000.00	1,624.00	100.00%	37.3145	130.49 mm

CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA POR EL POLIGONO DE THIESSEN TR=150 AÑOS						
ORDEN	ESTACION	AREA		% AREA (A)	PRECIPITACION (B)	PRECIPITACION MEDIA(A)x(B)
		AREA (M2)	AREA (KM2)			
1	Jayanca	221000000	221.00	13.61%	197.33 mm	26.85
2	Tocmoche	253000000	253.00	15.58%	123.00 mm	19.16
3	Puchaca	530000000	530.00	32.64%	180.05 mm	58.76
4	Cueva Blanca	28000000	28.00	1.72%	97.84 mm	1.69
5	Incahuasi	375000000	375.00	23.09%	64.58 mm	14.91
6	Tinajones	217000000	217.00	13.36%	146.69 mm	19.60
TOTAL		1,624,000,000.00	1,624.00	100.00%	40.4745	140.98 mm

CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA POR EL POLIGONO DE THIESSEN TR=200 AÑOS						
ORDEN	ESTACION	AREA		% AREA (A)	PRECIPITACION (B)	PRECIPITACION MEDIA(A)x(B)
		AREA (M2)	AREA (KM2)			
1	Jayanca	221000000	221.00	13.61%	218.49 mm	29.73
2	Tocmoche	253000000	253.00	15.58%	125.96 mm	19.62
3	Puchaca	530000000	530.00	32.64%	188.49 mm	61.51
4	Cueva Blanca	28000000	28.00	1.72%	101.37 mm	1.75
5	Incahuasi	375000000	375.00	23.09%	65.76 mm	15.18
6	Tinajones	217000000	217.00	13.36%	156.05 mm	20.85
TOTAL		1,624,000,000.00	1,624.00	100.00%	42.806	148.65 mm

CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA POR EL POLIGONO DE THIESSEN TR=500 AÑOS						
ORDEN	ESTACION	AREA		% AREA (A)	PRECIPITACION (B)	PRECIPITACION MEDIA(A)x(B)
		AREA (M2)	AREA (KM2)			
1	Jayanca	221000000	221.00	13.61%	296.37 mm	40.33
2	Tocmoche	253000000	253.00	15.58%	134.81 mm	21.00
3	Puchaca	530000000	530.00	32.64%	215.35 mm	70.28
4	Cueva Blanca	28000000	28.00	1.72%	112.40 mm	1.94
5	Incahuasi	375000000	375.00	23.09%	69.29 mm	16.00
6	Tinajones	217000000	217.00	13.36%	187.61 mm	25.07
TOTAL		1,624,000,000.00	1,624.00	100.00%	50.7915	174.62 mm

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
Tesista:	Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

CÁLCULO DE LAS CURVAS IDF USANDO LA PRECIPITACIÓN MEDIA OBTENIDA DEL POLÍGONO DE THIESSEN

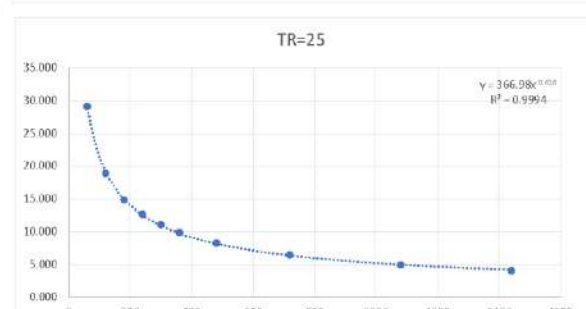
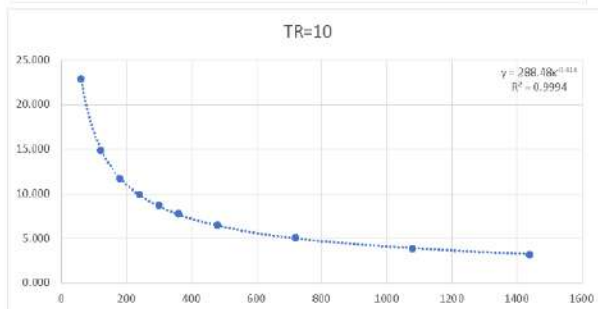
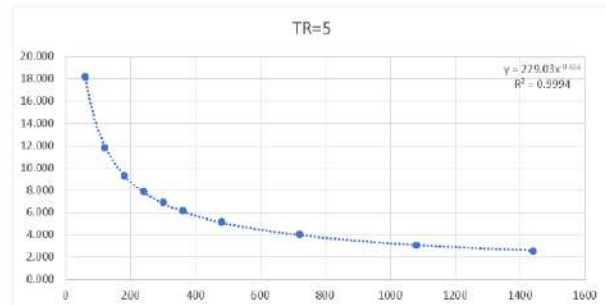
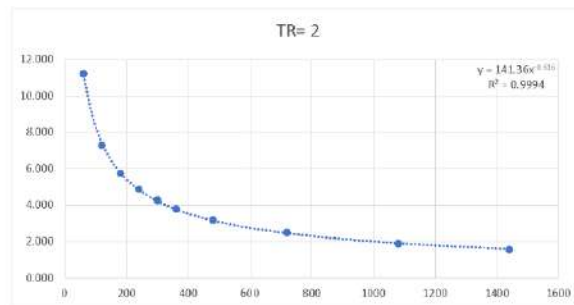
Tr (años)	PP (mm)
2	37.39
5	60.58
10	76.31
25	97.07
50	113.37
100	130.49
150	140.98
200	148.65
500	174.62

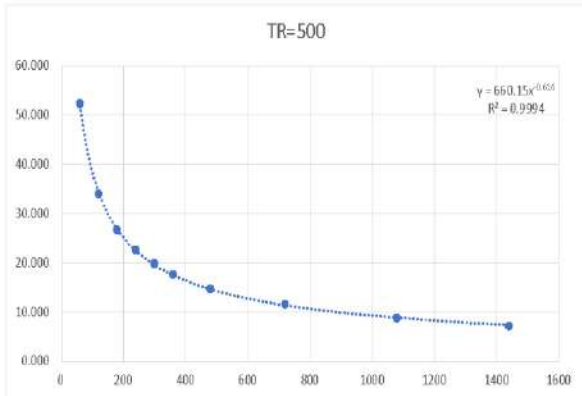
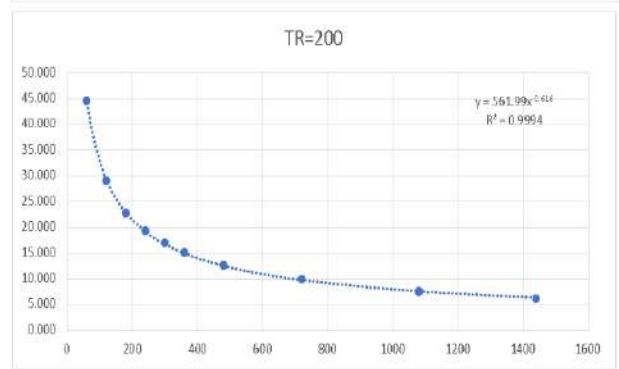
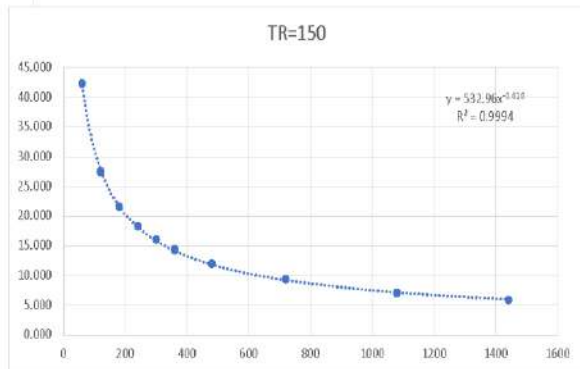
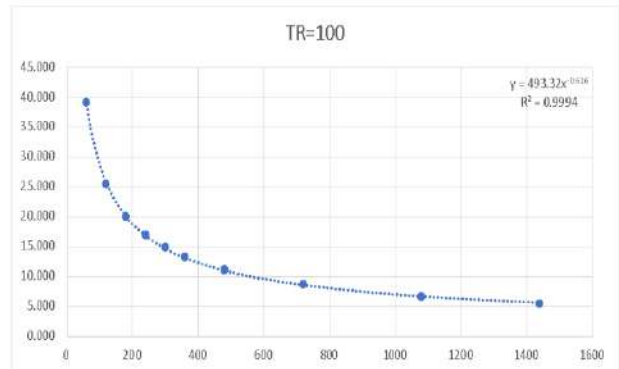
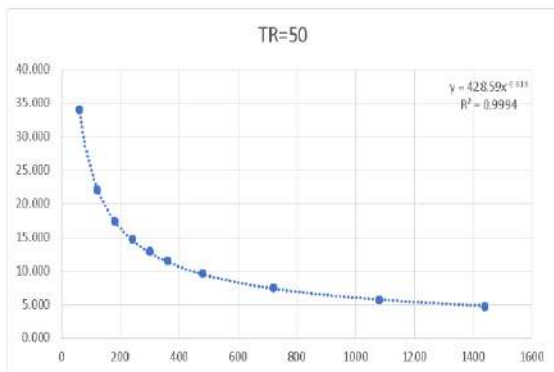
DURACION (horas)	FACTOR DE REDUCCION	P.M.P. (mm/24horas) para diferentes tiempos de duración Sg. Período de retorno									
		2	5	10	25	50	100	150	200	500	
24	1	37.39	60.58	76.31	97.07	113.37	130.49	140.98	148.65	174.62	
18	0.91	34.03	55.13	69.44	88.33	103.16	118.74	128.29	135.28	158.90	
12	0.8	29.91	48.47	61.05	77.66	90.69	104.39	112.78	118.92	139.70	
8	0.68	25.43	41.20	51.89	66.01	77.09	88.73	95.86	101.09	118.74	
6	0.61	22.81	36.95	46.55	59.21	69.15	79.60	86.00	90.68	106.52	
5	0.57	21.31	34.53	43.50	55.33	64.62	74.38	80.36	84.73	99.53	
4	0.52	19.44	31.50	39.68	50.48	58.95	67.85	73.31	77.30	90.80	
3	0.46	17.20	27.87	35.10	44.65	52.15	60.02	64.85	68.38	80.33	
2	0.39	14.58	23.63	29.76	37.86	44.21	50.89	54.98	57.98	68.10	
1	0.3	11.22	18.17	22.89	29.12	34.01	39.15	42.29	44.60	52.39	

fuente: D.F. A 1978

$$I = P \text{ (mm) / t (hr)}$$

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm/hr) según Período de retorno									
hr	min	2	5	10	25	50	100	150	200	500	
24	1440	1.558	2.524	3.179	4.045	4.724	5.437	5.874	6.194	7.276	
18	1080	1.890	3.063	3.858	4.907	5.731	6.597	7.127	7.515	8.828	
12	720	2.493	4.039	5.087	6.471	7.558	8.699	9.398	9.910	11.641	
8	480	3.178	5.149	6.486	8.251	9.636	11.092	11.983	12.636	14.843	
6	360	3.801	6.159	7.758	9.869	11.526	13.266	14.333	15.113	17.753	
5	300	4.263	6.906	8.699	11.066	12.924	14.876	16.071	16.947	19.907	
4	240	4.851	7.876	9.920	12.619	14.738	16.964	18.327	19.325	22.701	
3	180	5.733	9.289	11.700	14.884	17.383	20.008	21.616	22.794	26.775	
2	120	7.291	11.813	14.880	18.929	22.107	25.445	27.490	28.988	34.051	
1	60	11.217	18.175	22.892	29.121	34.010	39.147	42.293	44.595	52.386	





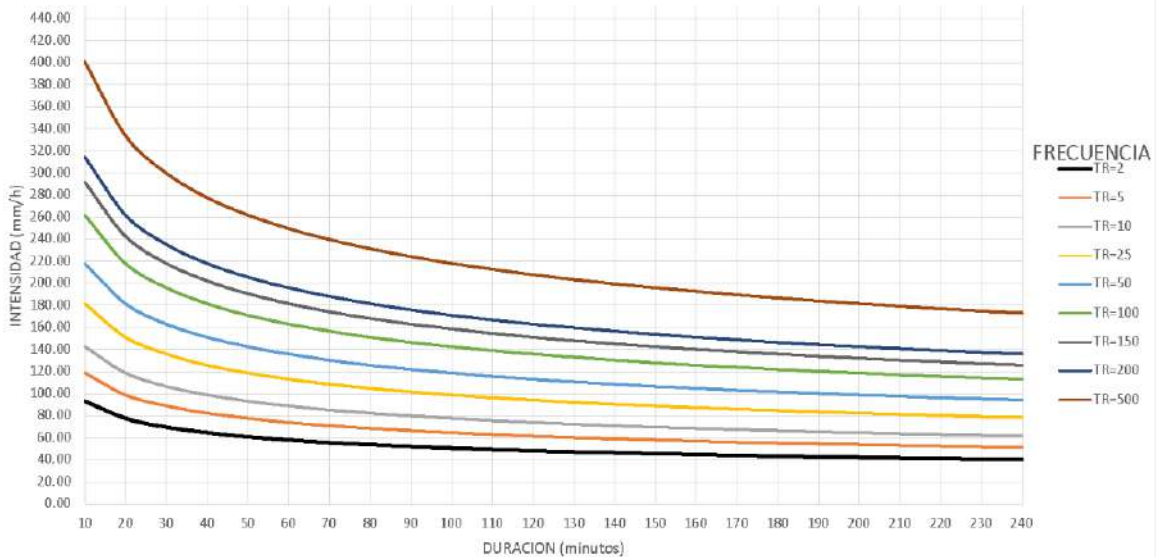
Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de retorno	Coef. De regresión	Exp. De regresión
2	141.36	-0.616
5	229.03	-0.616
10	288.48	-0.616
25	366.98	-0.616
50	428.59	-0.616
100	493.32	-0.616
150	532.96	-0.616
200	561.99	-0.616
500	660.15	-0.616
Promedio	411.42889	-0.616



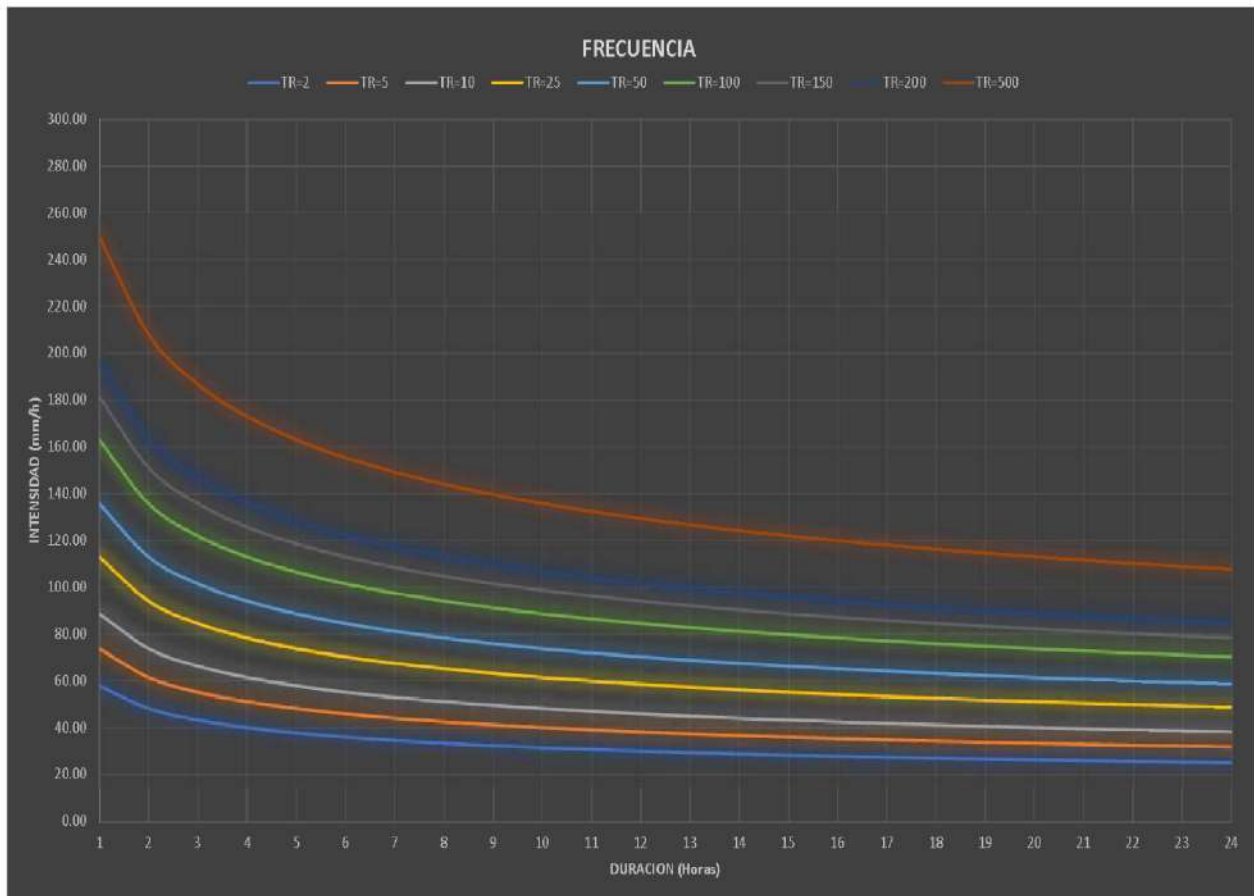
$$I = \frac{142.47 * T}{0.2643 t}$$

I= intensidad de precipitación (mm/hr)
T= Periodo de retorno (años)
t= Tiempo de duración de precipitación (mm)

Tiempo de duración (min)	TABLA DE INTENSIDAD-TIEMPO DE DURACION - PERIODO DE RETORNO								
	2	5	10	25	50	100	150	200	500
10	93.11	118.62	142.47	181.51	218.00	261.83	291.45	314.47	400.65
20	77.52	98.76	118.62	151.13	181.51	218.00	242.66	261.83	333.58
30	69.64	88.73	106.57	135.77	163.06	195.85	218.00	235.22	299.68
40	64.54	82.23	98.76	125.83	151.13	181.51	202.04	218.00	277.74
50	60.85	77.52	93.11	118.62	142.47	171.11	190.47	205.52	261.83
60	57.99	73.87	88.73	113.04	135.77	163.06	181.51	195.85	249.51
70	55.67	70.93	85.19	108.53	130.35	156.55	174.26	188.03	239.55
80	53.74	68.47	82.23	104.76	125.83	151.13	168.22	181.51	231.25
90	52.09	66.37	79.71	101.55	121.97	146.49	163.06	175.95	224.16
100	50.66	64.54	77.52	98.76	118.62	142.47	158.59	171.11	218.00
110	49.40	62.94	75.59	96.31	115.67	138.93	154.64	166.86	212.58
120	48.28	61.51	73.87	94.12	113.04	135.77	151.13	163.06	207.75
130	47.27	60.22	72.33	92.15	110.67	132.93	147.96	159.65	203.40
140	46.35	59.05	70.93	90.36	108.53	130.35	145.09	156.55	199.45
150	45.51	57.99	69.64	88.73	106.57	127.99	142.47	153.73	195.85
160	44.74	57.00	68.47	87.23	104.76	125.83	140.06	151.13	192.54
170	44.03	56.10	67.38	85.84	103.10	123.83	137.83	148.72	189.48
180	43.37	55.26	66.37	84.55	101.55	121.97	135.77	146.49	186.63
190	42.76	54.47	65.43	83.35	100.11	120.24	133.84	144.41	183.99
200	42.18	53.74	64.54	82.23	98.76	118.62	132.04	142.47	181.51
210	41.64	53.05	63.72	81.18	97.50	117.10	130.35	140.64	179.18
220	41.13	52.40	62.94	80.19	96.31	115.67	128.75	138.93	176.99
230	40.65	51.79	62.20	79.25	95.18	114.32	127.25	137.30	174.93
240	40.20	51.21	61.51	78.36	94.12	113.04	125.83	135.77	172.97



Tiempo de duración (horas)	TABLA DE INTENSIDAD-TIEMPO DE DURACION - PERIODO DE RETORNO								
	2	5	10	25	50	100	150	200	500
1	57.99	73.87	88.73	113.04	135.77	163.06	181.51	195.85	249.51
2	48.28	61.51	73.87	94.12	113.04	135.77	151.13	163.06	207.75
3	43.37	55.26	66.37	84.55	101.55	121.97	135.77	146.49	186.63
4	40.20	51.21	61.51	78.36	94.12	113.04	125.83	135.77	172.97
5	37.90	48.28	57.99	73.87	88.73	106.57	118.62	127.99	163.06
6	36.11	46.01	55.26	70.40	84.55	101.55	113.04	121.97	155.39
7	34.67	44.17	53.05	67.59	81.18	97.50	108.53	117.10	149.19
8	33.47	42.64	51.21	65.24	78.36	94.12	104.76	113.04	144.02
9	32.44	41.33	49.64	63.25	75.96	91.23	101.55	109.58	139.60
10	31.55	40.20	48.28	61.51	73.87	88.73	98.76	106.57	135.77
11	30.77	39.20	47.08	59.98	72.04	86.52	96.31	103.92	132.39
12	30.07	38.31	46.01	58.61	70.40	84.55	94.12	101.55	129.38
13	29.44	37.50	45.04	57.39	68.93	82.78	92.15	99.43	126.67
14	28.87	36.78	44.17	56.27	67.59	81.18	90.36	97.50	124.22
15	28.35	36.11	43.37	55.26	66.37	79.71	88.73	95.74	121.97
16	27.87	35.50	42.64	54.32	65.24	78.36	87.23	94.12	119.91
17	27.42	34.94	41.96	53.46	64.21	77.12	85.84	92.62	118.00
18	27.01	34.41	41.33	52.66	63.25	75.96	84.55	91.23	116.23
19	26.63	33.93	40.75	51.91	62.35	74.88	83.35	89.94	114.58
20	26.27	33.47	40.20	51.21	61.51	73.87	82.23	88.73	113.04
21	25.93	33.04	39.68	50.56	60.72	72.93	81.18	87.59	111.59
22	25.62	32.64	39.20	49.94	59.98	72.04	80.19	86.52	110.23
23	25.32	32.25	38.74	49.35	59.28	71.20	79.25	85.51	108.94
24	25.03	31.89	38.31	48.80	58.61	70.40	78.36	84.55	107.72



Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

CÁLCULO DE LAS CURVAS IDF USANDO LA PRECIPITACIÓN MEDIA OBTENIDA POR EL METODO DE LAS ISOYETAS

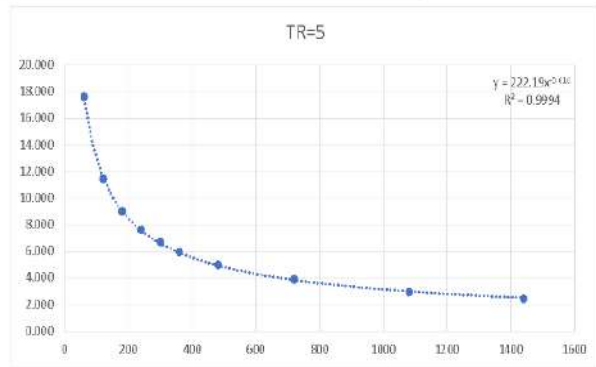
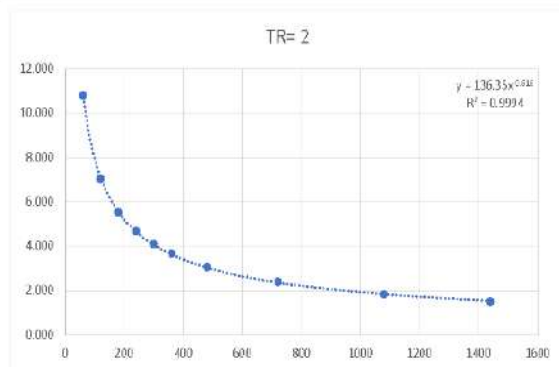
Tr (años)	PP (mm)
2	36.07
5	58.77
10	74.93
25	95.09
50	113.38
100	130.07
150	143.05
200	151.42
500	180.88

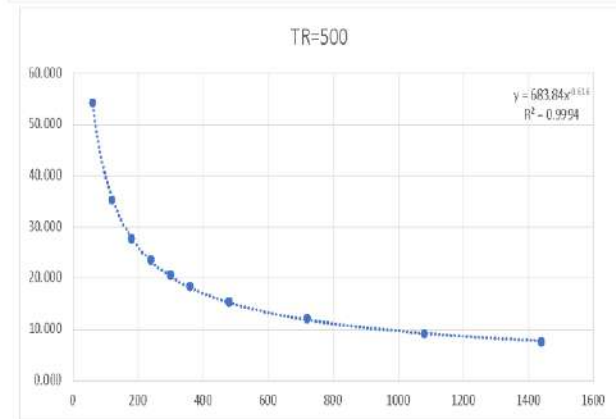
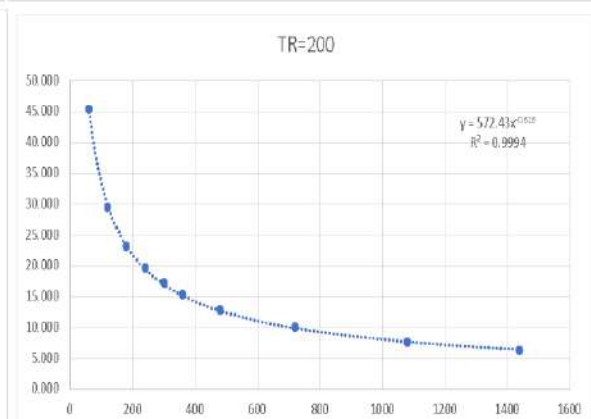
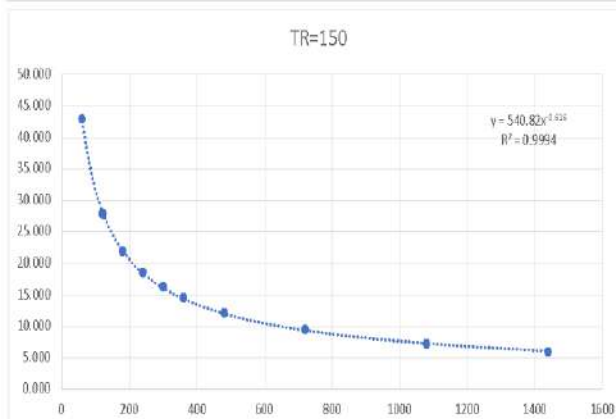
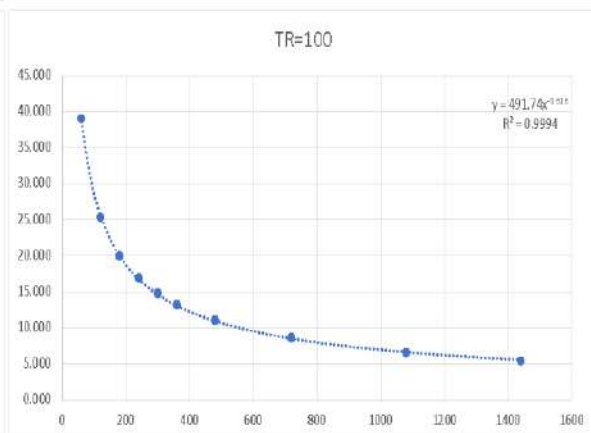
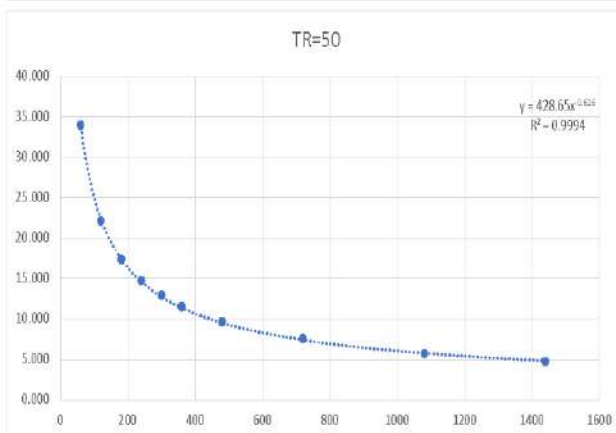
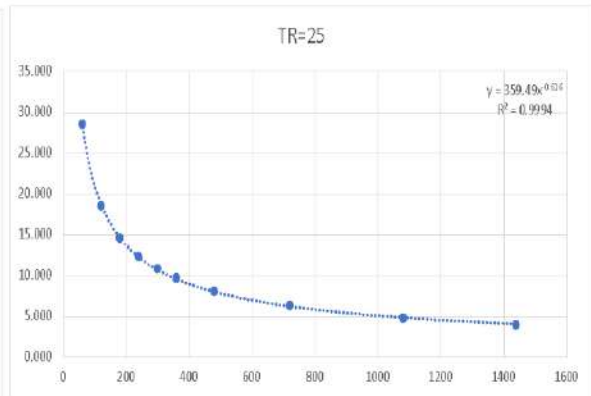
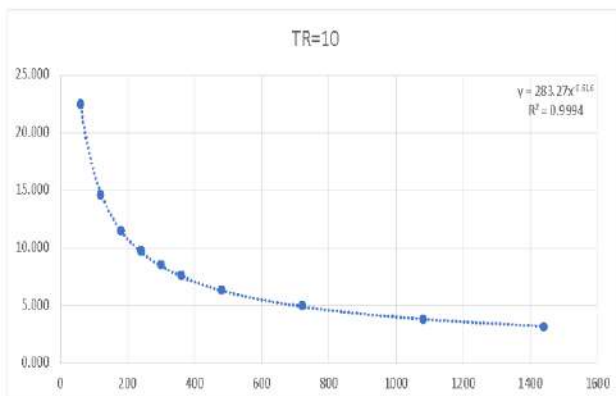
DURACION (horas)	FACTOR DE REDUCCION	P.M.P. (mm/24horas) para diferentes tiempos de duración Sg. Periodo de retorno								
		2	5	10	25	50	100	150	200	500
24	1	36.065	58.771	74.928	95.090	113.382	130.071	143.054	151.415	180.884
18	0.91	32.819	53.482	68.185	86.532	103.178	118.365	130.179	137.788	164.605
12	0.8	28.852	47.017	59.943	76.072	90.706	104.057	114.443	121.132	144.707
8	0.68	24.524	39.965	50.951	64.661	77.100	88.448	97.277	102.962	123.001
6	0.61	22.000	35.851	45.706	58.005	69.163	79.343	87.263	92.363	110.339
5	0.57	20.557	33.500	42.709	54.202	64.628	74.141	81.541	86.307	103.104
4	0.52	18.754	30.561	38.963	49.447	58.959	67.637	74.388	78.736	94.060
3	0.46	16.590	27.035	34.467	43.742	52.156	59.833	65.805	69.651	83.207
2	0.39	14.065	22.921	29.222	37.085	44.219	50.728	55.791	59.052	70.545
1	0.3	10.820	17.631	22.478	28.527	34.015	39.021	42.916	45.425	54.265

fuente: D.F. A 1978

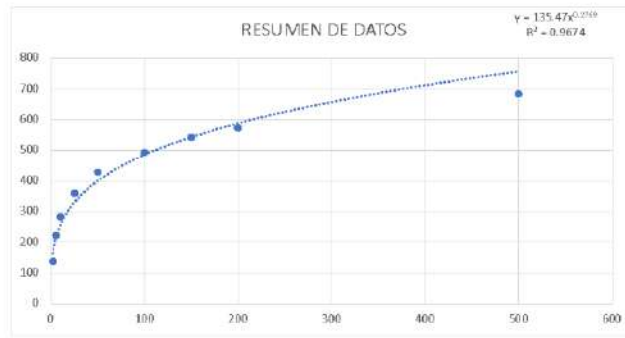
$$i = P \text{ (mm)} / t \text{ (hr)}$$

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm/hr) según Periodo de retorno								
hr	min	2	5	10	25	50	100	150	200	500
24	1440	1.503	2.449	3.122	3.962	4.724	5.420	5.961	6.309	7.537
18	1080	1.823	2.971	3.788	4.807	5.732	6.576	7.232	7.655	9.145
12	720	2.404	3.918	4.995	6.339	7.559	8.671	9.537	10.094	12.059
8	480	3.066	4.996	6.369	8.083	9.638	11.056	12.160	12.870	15.375
6	360	3.667	5.975	7.618	9.668	11.527	13.224	14.544	15.394	18.390
5	300	4.111	6.700	8.542	10.840	12.926	14.828	16.308	17.261	20.621
4	240	4.688	7.640	9.741	12.362	14.740	16.909	18.597	19.684	23.515
3	180	5.530	9.012	11.489	14.581	17.385	19.944	21.935	23.217	27.736
2	120	7.033	11.460	14.611	18.543	22.110	25.364	27.896	29.526	35.272
1	60	10.820	17.631	22.478	28.527	34.015	39.021	42.916	45.425	54.265





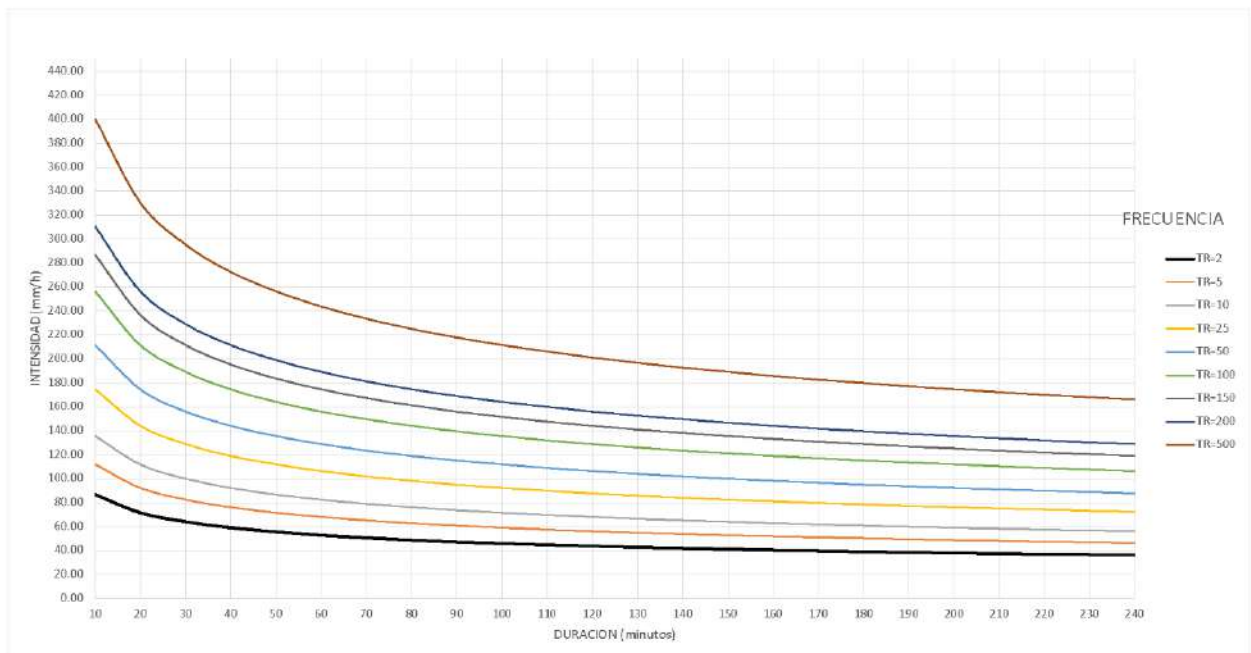
Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de retorno	Coef. De regresión	Exp. De regresión
2	136.35	-0.616
5	222.19	-0.616
10	283.27	-0.616
25	359.49	-0.616
50	428.65	-0.616
100	491.74	-0.616
150	540.82	-0.616
200	572.43	-0.616
500	683.84	-0.616
Promedio	413.197778	-0.616



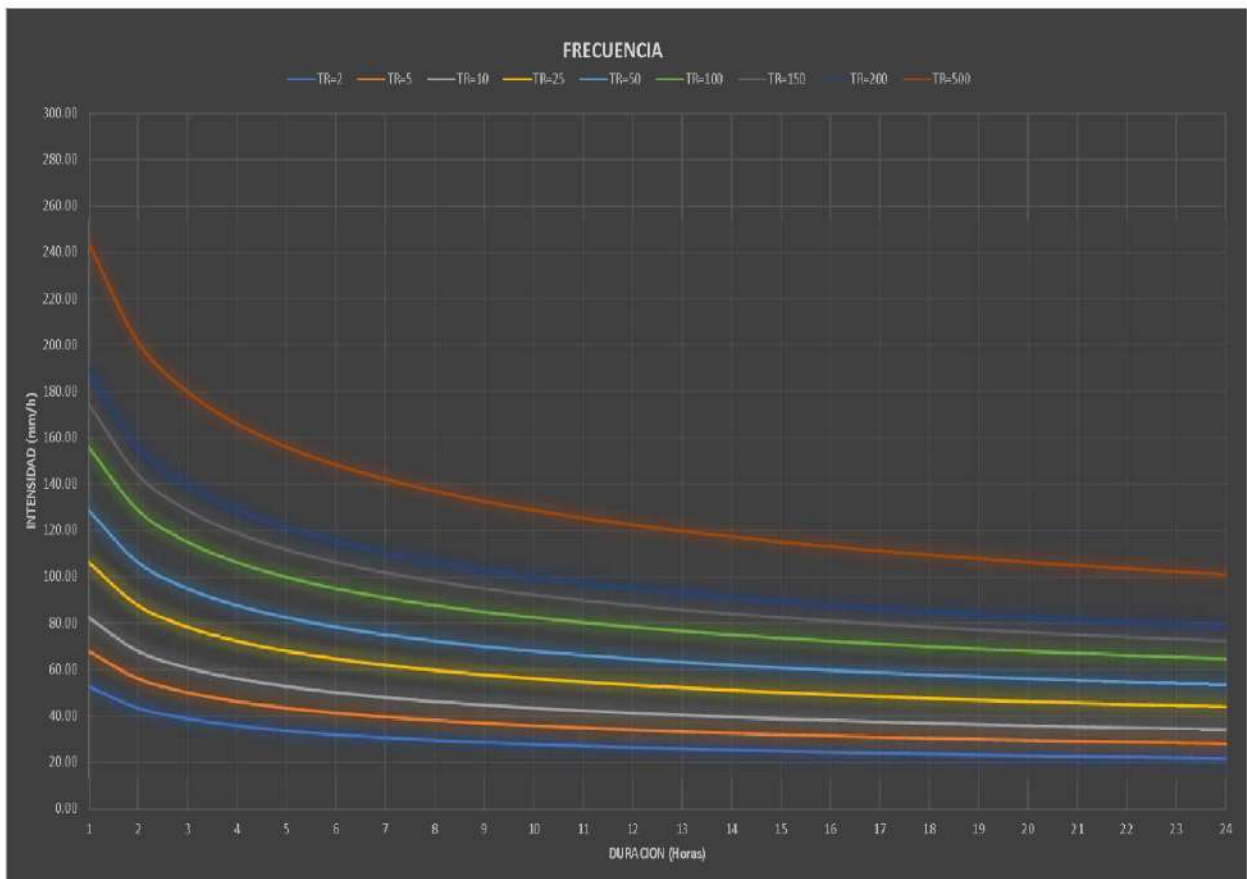
$$I = \frac{135.47 * T}{t^{0.2769}}$$

I= intensidad de precipitación (mm/hr)
T= Periodo de retorno (años)
t= Tiempo de duración de precipitación (mm)

Tiempo de duración (min)	TABLA DE INTENSIDAD-TIEMPO DE DURACION - PERIODO DE RETORNO								
	2	5	10	25	50	100	150	200	500
10	86.76	111.81	135.47	174.60	211.54	256.30	286.75	310.53	400.21
20	71.60	92.29	111.81	144.10	174.60	211.54	236.67	256.30	330.32
30	64.00	82.48	99.94	128.80	156.05	189.07	211.54	229.08	295.24
40	59.10	76.17	92.29	118.94	144.10	174.60	195.34	211.54	272.63
50	55.56	71.60	86.76	111.81	135.47	164.13	183.64	198.86	256.30
60	52.82	68.08	82.48	106.31	128.80	156.05	174.60	189.07	243.68
70	50.62	65.23	79.04	101.87	123.42	149.53	167.30	181.17	233.50
80	48.78	62.87	76.17	98.17	118.94	144.10	161.23	174.60	225.02
90	47.21	60.85	73.72	95.02	115.12	139.48	156.05	168.99	217.80
100	45.86	59.10	71.60	92.29	111.81	135.47	151.57	164.13	211.54
110	44.66	57.56	69.74	89.88	108.90	131.94	147.62	159.86	206.03
120	43.60	56.19	68.08	87.74	106.31	128.80	144.10	156.05	201.12
130	42.64	54.96	66.59	85.82	103.98	125.98	140.95	152.63	196.71
140	41.78	53.84	65.23	84.08	101.87	123.42	138.08	149.53	192.72
150	40.99	52.82	64.00	82.48	99.94	121.08	135.47	146.70	189.07
160	40.26	51.89	62.87	81.02	98.17	118.94	133.07	144.10	185.72
170	39.59	51.02	61.82	79.67	96.53	116.96	130.86	141.71	182.63
180	38.97	50.22	60.85	78.42	95.02	115.12	128.80	139.48	179.76
190	38.39	49.48	59.95	77.26	93.61	113.41	126.89	137.41	177.09
200	37.85	48.78	59.10	76.17	92.29	111.81	125.10	135.47	174.60
210	37.34	48.12	58.31	75.15	91.05	110.31	123.42	133.65	172.25
220	36.86	47.51	57.56	74.18	89.88	108.90	121.84	131.94	170.05
230	36.41	46.93	56.86	73.28	88.78	107.57	120.35	130.33	167.97
240	35.98	46.38	56.19	72.42	87.74	106.31	118.94	128.80	166.00



Tiempo de duración (horas)	TABLA DE INTENSIDAD-TIEMPO DE DURACION - PERIODO DE RETORNO								
	2	5	10	25	50	100	150	200	500
1	52.82	68.08	82.48	106.31	128.80	156.05	174.60	189.07	243.68
2	43.60	56.19	68.08	87.74	106.31	128.80	144.10	156.05	201.12
3	38.97	50.22	60.85	78.42	95.02	115.12	128.80	139.48	179.76
4	35.98	46.38	56.19	72.42	87.74	106.31	118.94	128.80	166.00
5	33.83	43.60	52.82	68.08	82.48	99.94	111.81	121.08	156.05
6	32.16	41.45	50.22	64.73	78.42	95.02	106.31	115.12	148.37
7	30.82	39.72	48.12	62.02	75.15	91.05	101.87	110.31	142.17
8	29.70	38.28	46.38	59.77	72.42	87.74	98.17	106.31	137.01
9	28.75	37.05	44.89	57.85	70.10	84.93	95.02	102.90	132.61
10	27.92	35.98	43.60	56.19	68.08	82.48	92.29	99.94	128.80
11	27.19	35.05	42.46	54.73	66.31	80.34	89.88	97.33	125.45
12	26.55	34.21	41.45	53.42	64.73	78.42	87.74	95.02	122.46
13	25.96	33.46	40.54	52.25	63.31	76.70	85.82	92.93	119.78
14	25.44	32.78	39.72	51.19	62.02	75.15	84.08	91.05	117.34
15	24.96	32.16	38.97	50.22	60.85	73.72	82.48	89.32	115.12
16	24.51	31.59	38.28	49.33	59.77	72.42	81.02	87.74	113.08
17	24.11	31.07	37.64	48.51	58.78	71.21	79.67	86.28	111.20
18	23.73	30.58	37.05	47.75	57.85	70.10	78.42	84.93	109.45
19	23.37	30.13	36.50	47.04	56.99	69.05	77.26	83.66	107.83
20	23.04	29.70	35.98	46.38	56.19	68.08	76.17	82.48	106.31
21	22.74	29.30	35.50	45.76	55.44	67.17	75.15	81.38	104.88
22	22.44	28.93	35.05	45.17	54.73	66.31	74.18	80.34	103.54
23	22.17	28.57	34.62	44.62	54.06	65.50	73.28	79.35	102.27
24	21.91	28.24	34.21	44.09	53.42	64.73	72.42	78.42	101.07



Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA “EL ORO Y LAS VENTANAS”, RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
---------------	---

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

CÁLCULO DE CAUDALES

S=	47.653	o%
C=	0.431	
A=	1623.071	KM2

TR=500 AÑOS	TIESEN	ISOYETAS	PROMEDIO
I mm/hr (10 horas)=	98.76	92.29	95.525

Caudal M. Racional=	18568.47	m3/s
Caudal por el M. de Mac Math	11958.32	m3/s
Caudal por el M. de Burkli – Zieger	1925.04	m3/s

TR=50 AÑOS	TIESEN	ISOYETAS	PROMEDIO
I mm/hr (10 horas)=	73.87	68.08	70.975

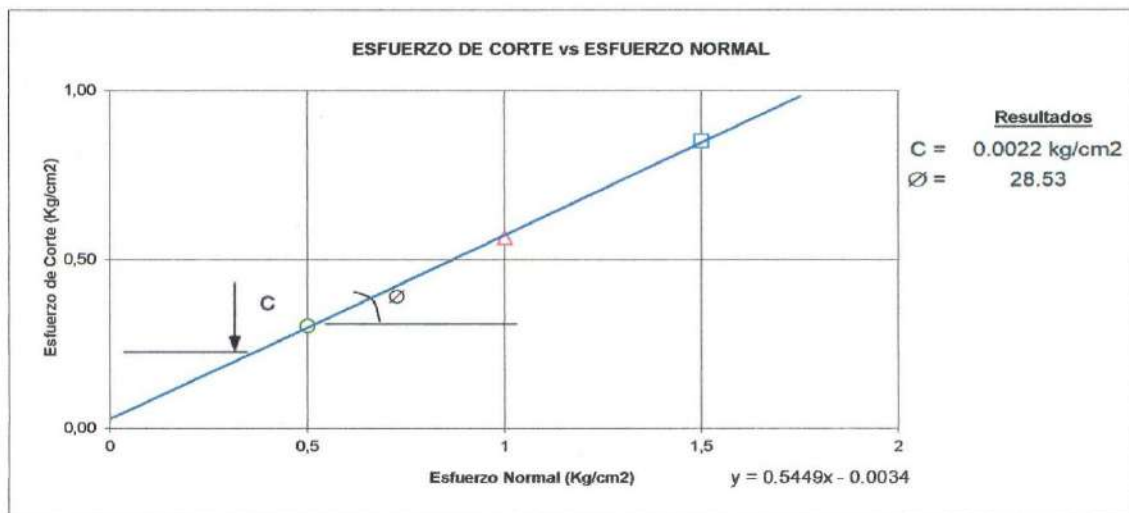
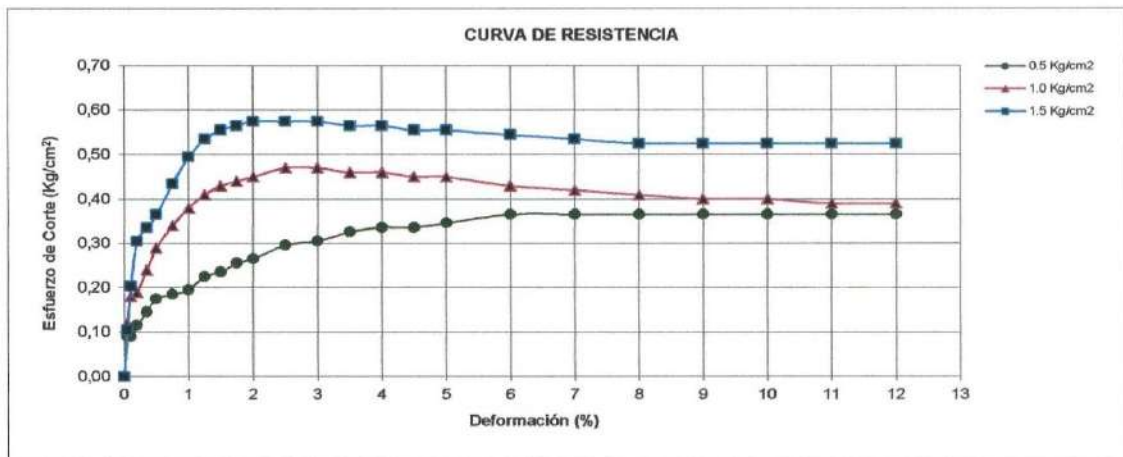
Caudal M. Racional=	13796.36	m3/s
Caudal por el M. de Mac Math	8885.02	m3/s
Caudal por el M. de Burkli – Zieger	1430.30	m3/s

ANEXO N° 02:
ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM - D3080

Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE.
 Ubicación: Río La Leche- Tramo huacas El Oro y Las Ventanas
 Calicata: C - 2
 Muestra: M - 1

Estado: INALTERADA



Observación:
 Muestreo realizado, por el Solicitante (Muestra Ingresada 18 de noviembre del 2019).

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.S.
 TCD. WILSON A. OLAYA AGUIRRE
 LABORATORISTA L.E.M. - USS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE.

Autor : Jainer Luysin NAVARRO MEDINA
Ubicación : Río La Leche- Tramo huacas El Oro y Las Ventanas

Calicata C - 2
Muestra M - 1
Profundidad (m) 2,00 Estado: INALTERADA

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01	ESPECIMEN 02	ESPECIMEN 03			
Esfuerzo Normal	(Kg/cm ²)		0,5	1,0	1,5			
Altura Anillo	(cm)		1,91	1,91	1,91			
Diámetro Anillo	(cm)		4,94	4,94	4,94			
Densidad Humeda	(gr/cm ³)		1,39	1,38	1,39			
Humedad	(%)		8,86	8,69	10,33			
Densidad Seca	(gr/cm ³)		1,28	1,27	1,26			
0.5Kg/cm ²			1Kg/cm ²			1.5Kg/cm ²		
Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz. (Kg/cm ²)	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz. (Kg/cm ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,02	0,04	0,10	0,05	0,05	0,10	0,10	0,06
0,20	0,03	0,06	0,20	0,08	0,08	0,20	0,23	0,15
0,35	0,04	0,08	0,35	0,11	0,11	0,35	0,29	0,19
0,50	0,08	0,15	0,50	0,15	0,15	0,50	0,36	0,24
0,75	0,08	0,15	0,75	0,19	0,19	0,75	0,40	0,26
1,00	0,10	0,19	1,00	0,23	0,23	1,00	0,45	0,30
1,25	0,12	0,23	1,25	0,26	0,26	1,25	0,50	0,34
1,50	0,13	0,26	1,50	0,30	0,30	1,50	0,61	0,41
1,75	0,15	0,30	1,75	0,33	0,33	1,75	0,69	0,46
2,00	0,15	0,31	2,00	0,37	0,37	2,00	0,72	0,48
2,50	0,17	0,35	2,50	0,43	0,43	2,50	0,73	0,49
3,00	0,20	0,40	3,00	0,45	0,45	3,00	0,79	0,53
3,50	0,22	0,44	3,50	0,47	0,47	3,50	0,81	0,54
4,00	0,23	0,46	4,00	0,48	0,48	4,00	0,81	0,54
4,50	0,23	0,46	4,50	0,50	0,50	4,50	0,82	0,55
5,00	0,24	0,49	5,00	0,50	0,50	5,00	0,82	0,55
5,50	0,25	0,51	5,50	0,51	0,51	5,50	0,81	0,54
6,00	0,28	0,56	6,00	0,51	0,51	6,00	0,83	0,55
6,50	0,26	0,53	6,50	0,52	0,52	6,50	0,81	0,54
7,00	0,25	0,51	7,00	0,52	0,52	7,00	0,82	0,55
7,50	0,25	0,51	7,50	0,51	0,51	7,50	0,82	0,55
8,00	0,25	0,51	8,00	0,51	0,51	8,00	0,82	0,55
8,50	0,25	0,51	8,50	0,51	0,51	8,50	0,82	0,55
9,00	0,25	0,51	9,00	0,51	0,51	9,00	0,80	0,54
9,50	0,25	0,51	9,50	0,51	0,51	9,50	0,80	0,53
10,00	0,25	0,51	10,00	0,51	0,51	10,00	0,80	0,53
11,00	0,25	0,51	11,00	0,51	0,51	11,00	0,79	0,53
12,00	0,25	0,51	12,00	0,51	0,51	12,00	0,79	0,53

Observación:

Muestreo realizado, por el Solicitante (Muestra Ingresada 18 de noviembre del 2019).

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.S.

TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA L.E.M. - USS.

Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS",
RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE

Autor(es): Navarro Medina Jainer Luysin.

Ensayo SUELOS. Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares
(carga constante)

Referencia : Norma NTP 339.147:2000

Calicata: C - 2

Muestra: M-1

Profundidad: 2.00 m

Datos de la Muestra							
Diametro	:	15,3	cm.	Area	:	183,85	cm ² .
Altura	:	10,9	cm.	Volumen	:	2004	cm ³ .
Peso	:	4416	g.	Densidad	:	2,20	g/cm ³ .

Datos del Ensayo			
Altura de la cabeza Variable (h)	:	63,7	cm.
	t	Q	T _x
	(segundos)	(cm ³)	(°C)
	26,85	78,5	24,725

$$K(T_x) = \frac{855,65}{314394,97} = 0,0027 \text{ cm/seg}$$

$$K(T_{20}) = 0,0027 \times \frac{0,9970770}{0,9982343}$$

$K(T_{20}) =$	0,00272	cm/seg
---------------	----------------	---------------

Observaciones:

Muestreo realizado, por el Solicitante (Muestra Ingresada 18 de noviembre del 2019).

USS UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.G.

 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.

Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ILLIMO-LAMBAYEQUE.

Autor(es): Navarro Medina Jainer Luysin.

Ensayo

- : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
- : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
- : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

Norma de Referencia

- : N.T.P. 339.128
- : N.T.P. 339.129 - 1999
- : N.T.P. 339.134 - 1999

Muestra C-2 Muestra M - 1

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg			
Nº Tamiz	Abertura (mm.)	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa				
3"	75,000	0,0	100,0	Límite líquido (LL)	0,00 (%)		
2"	50,000	0,0	100,0	Límite Plástico (LP)	0,00 (%)		
1 1/2"	37,500	0,0	100,0	Índice Plástico (IP)	0,00 (%)		
1"	25,000	0,0	100,0				
3/4"	19,000	0,0	100,0				
1/2"	12,500	0,0	100,0				
3/8"	9,500	0,0	100,0				
Nº 4	4,750	0,4	99,6				
Nº 10	2,000	2,6	97,4				
Nº 20	0,850	14,0	86,0				
Nº 40	0,425	54,7	45,3				
Nº 60	0,300	88,5	11,5				
Nº 140	0,150	99,4	0,6				
Nº 200	0,074	99,8	0,2				
FONDO		100	0				
Distribución granulométrico						Clasificación (S.U.C.S.)	
% Grava	G.G. %	0,0					SP
	G.F. %	0,0	0,0			Descripción del suelo	
% Arena	A.G. %	0,4		ARENA MAL GRADUADA			
	A.M. %	54,3					
	A.F. %	45,1	99,8				
% Arcilla y Limo		0,2	0,2	Clasificación (AASHTO)			
Total			100,0	Descripción			
Contenido de Humedad				A-3 (0)			
CURVA GRANULOMETRICA							
Grava		Arena			Arcilla y Limos		
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina			
3" 2" 1 1/2" 1" 3/4"	1 1/2" 3/4" 3/8" 1/2" 1/4" Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60		
		Nº140	Nº200				

Observaciones:

Muestreo realizado, por el Solicitante (Muestra Ingresada 18 de noviembre del 2019).

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.
 TCO. WILSONA OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - 1184

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 ASTM - D3080

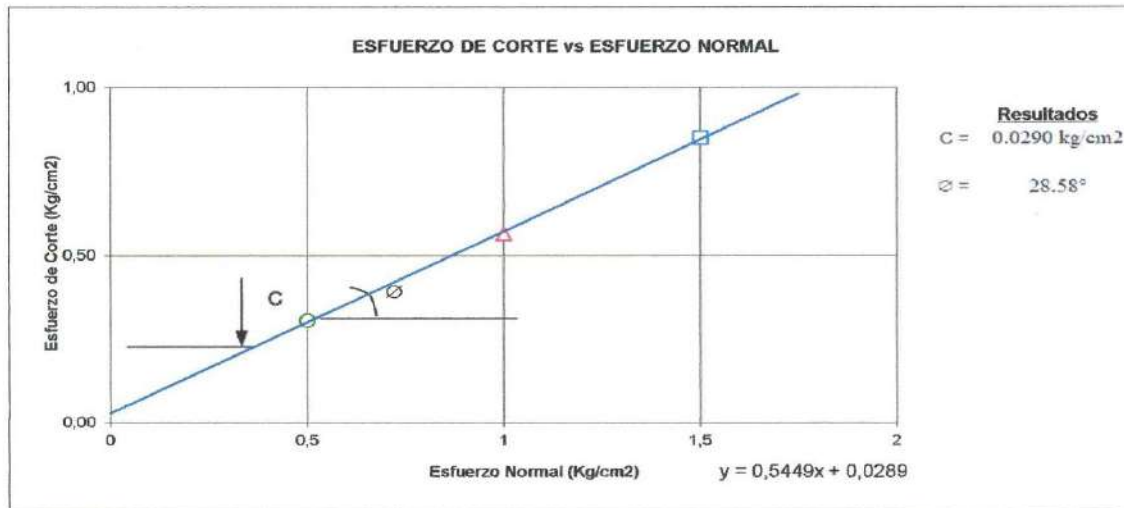
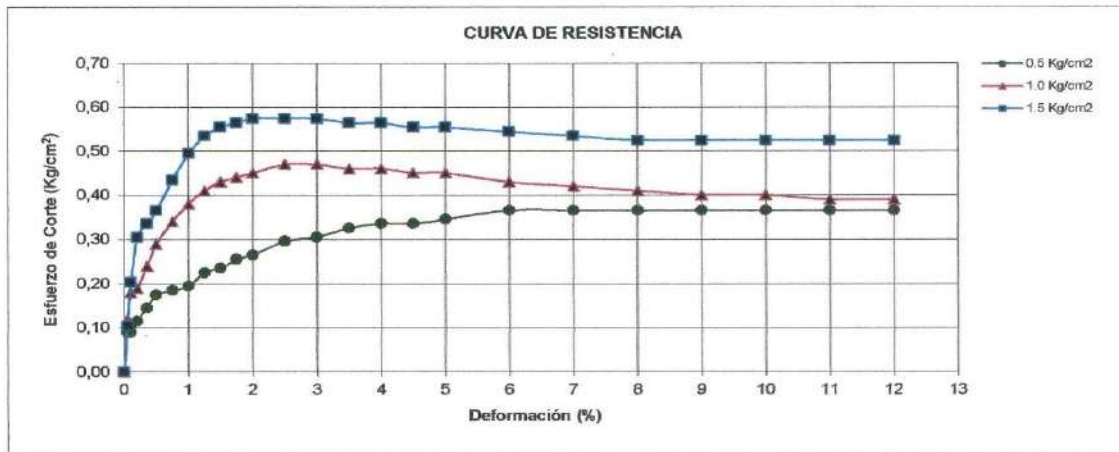
Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE.

Ubicación: Río La Leche- Tramo huacas El Oro y Las Ventanas

Calicata: C - 1

Muestra: M - 1

Estado: INALTERADA



Observación:

Muestreo realizado, por el Solicitante (Muestra Ingresada 18 de noviembre del 2019).

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.
 TCO. WILSONA GLAYA AGUIAR
 LABORATORISTA L.P.M. - USS.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE.

Autor : Jainer Luysin NAVARRO MEDINA
 Ubicación : Río La Leche- Tramo huacas El Oro y Las Ventanas

Calicata C - 1
 Muestra M - 1
 Profundidad (m) 2,00 Estado: INALTERADA

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Esfuerzo Normal	(Kg/cm ²)		0,5			1,0			1,5		
Altura Anillo	(cm)		1,91			1,91			1,91		
Diámetro Anillo	(cm)		4,94			4,94			4,94		
Densidad Humeda	(gr/cm ³)		1,39			1,38			1,39		
Humedad	(%)		8,86			8,69			10,33		
Densidad Seca	(gr/cm ³)		1,28			1,27			1,26		
0.5Kg/cm ²			1Kg/cm ²			1.5Kg/cm ²					
Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz. (Kg/cm ²)	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz. (Kg/cm ²)			
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
0,10	0,02	0,04	0,10	0,05	0,05	0,10	0,09	0,06			
0,20	0,04	0,07	0,20	0,09	0,09	0,20	0,20	0,13			
0,35	0,05	0,09	0,35	0,12	0,12	0,35	0,28	0,19			
0,50	0,07	0,13	0,50	0,15	0,15	0,50	0,35	0,23			
0,75	0,08	0,15	0,75	0,20	0,20	0,75	0,39	0,26			
1,00	0,09	0,18	1,00	0,24	0,24	1,00	0,44	0,30			
1,25	0,13	0,25	1,25	0,28	0,28	1,25	0,51	0,34			
1,50	0,13	0,25	1,50	0,31	0,31	1,50	0,58	0,39			
1,75	0,15	0,30	1,75	0,34	0,34	1,75	0,69	0,46			
2,00	0,16	0,33	2,00	0,35	0,35	2,00	0,72	0,48			
2,50	0,19	0,38	2,50	0,43	0,43	2,50	0,73	0,49			
3,00	0,21	0,42	3,00	0,48	0,48	3,00	0,80	0,53			
3,50	0,23	0,46	3,50	0,50	0,50	3,50	0,81	0,54			
4,00	0,23	0,47	4,00	0,52	0,52	4,00	0,82	0,55			
4,50	0,23	0,47	4,50	0,52	0,52	4,50	0,83	0,55			
5,00	0,26	0,52	5,00	0,53	0,53	5,00	0,83	0,55			
5,50	0,29	0,57	5,50	0,55	0,55	5,50	0,83	0,55			
6,00	0,30	0,60	6,00	0,56	0,56	6,00	0,85	0,56			
6,50	0,30	0,60	6,50	0,56	0,56	6,50	0,85	0,57			
7,00	0,30	0,60	7,00	0,56	0,56	7,00	0,84	0,56			
7,50	0,31	0,61	7,50	0,57	0,57	7,50	0,84	0,56			
8,00	0,30	0,60	8,00	0,56	0,56	8,00	0,84	0,56			
8,50	0,30	0,60	8,50	0,56	0,56	8,50	0,84	0,56			
9,00	0,30	0,60	9,00	0,56	0,56	9,00	0,84	0,56			
9,50	0,30	0,60	9,50	0,56	0,56	9,50	0,84	0,56			
10,00	0,30	0,60	10,00	0,56	0,56	10,00	0,84	0,56			
11,00	0,30	0,60	11,00	0,55	0,55	11,00	0,83	0,55			
12,00	0,30	0,60	12,00	0,55	0,55	12,00	0,83	0,55			

Observación:

Muestreo realizado, por el Solicitante (Muestra Ingresada 18 de noviembre del 2019).

TCO. WILSONA CLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.

**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS"
RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE.

Autor(es): Navarro Medina Jainer Luysin.

Ensayo SUELOS. Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares
(carga constante)

Referencia : Norma NTP 339.147:2000

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 2.00 m

Datos de la Muestra			
Diametro	:	15,3	cm.
Area	:	183,85	cm ² .
Altura	:	10,9	cm.
Volumen	:	2004	cm ³ .
Peso	:	4410	g.
Densidad	:	2,20	g/cm ³ .

Datos del Ensayo			
Altura de la cabeza Variable (h)	63,7	cm.	
	t	Q	T _x
	(segundos)	(cm ³)	(°C)
	31,42	87	25,2

$$K(T_x) = \frac{948,3}{367945,76} = 0,0026 \text{ cm/seg}$$

$$K(T_{20}) = 0,0026 \times \frac{0,9970770}{0,9982343}$$

$K(T_{20}) = \mathbf{0,00257 \text{ cm/seg}}$

Observaciones:

Muestreo realizado, por el Solicitante (Muestra Ingresada 18 de noviembre del 2019).


 TCC WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.

Tesis: ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE.

Autor(es): Navarro Medina Jainer Luysin.

Ensayo

- : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
- : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
- : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

Norma de Referencia

- : N.T.P. 339.128
- : N.T.P. 339.129 - 1999
- : N.T.P. 339.134 - 1999

Muestra C-1 Muestra M - 1

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg																																									
Nº Tamiz	Abertura (mm.)	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa																																										
3"	75,000	0,0	100,0	Límite líquido (LL)	0,00 (%)																																								
2"	50,000	0,0	100,0	Límite Plástico (LP)	0,00 (%)																																								
1 1/2"	37,500	0,0	100,0	Índice Plástico (IP)	0,00 (%)																																								
1"	25,000	0,0	100,0																																										
3/4"	19,000	0,0	100,0																																										
1/2"	12,500	0,0	100,0																																										
3/8"	9,500	0,0	100,0																																										
Nº 4	4,750	0,2	99,8																																										
Nº 10	2,000	0,8	99,2																																										
Nº 20	0,850	2,4	97,6																																										
Nº 40	0,425	6,7	93,3																																										
Nº 60	0,300	25,5	74,5																																										
Nº 140	0,150	93,0	7,0																																										
Nº 200	0,074	97,6	2,4																																										
FONDO		100	0																																										
Distribución granulométrica																																													
% Grava	G.G. %		0,0			Clasificación (S.U.C.S.)	SP																																						
	G. F %		0,0			ARENA MAL GRADUADA																																							
% Arena	A.G %		0,2																																										
	A.M %		6,5																																										
	A.F %		90,9																																										
			97,6	Clasificación (AASHTO)																																									
% Arcilla y Limo			2,4	A-3 (0)																																									
Total			100,0																																										
Contenido de Humedad																																													
CURVA GRANULOMETRICA																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Grava</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Arena</th> <th style="text-align: center;">Arcilla y Limos</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Gruesa</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Fina</th> <th style="text-align: center;">Gruesa</th> <th style="text-align: center;">Medio</th> <th style="text-align: center;">Fina</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">3"</td> <td style="text-align: center;">2"</td> <td style="text-align: center;">1 1/2"</td> <td style="text-align: center;">1"</td> <td style="text-align: center;">3/4"</td> <td style="text-align: center;">1/2"</td> <td style="text-align: center;">3/8"</td> <td style="text-align: center;">1/4"</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Nº4</td> <td style="text-align: center;">Nº10</td> <td style="text-align: center;">Nº20</td> <td style="text-align: center;">Nº40</td> <td style="text-align: center;">Nº60</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Nº140</td> <td style="text-align: center;">Nº200</td> </tr> </tbody> </table>						Grava				Arena			Arcilla y Limos	Gruesa	Fina		Gruesa	Medio	Fina			3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"				Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60							Nº140	Nº200
Grava				Arena			Arcilla y Limos																																						
Gruesa	Fina		Gruesa	Medio	Fina																																								
3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"																																						
			Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº60																																						
						Nº140	Nº200																																						
% Que pasa Acumulado						Abertura de malla (mm)																																							

Observaciones:

Muestreo realizado, por el Solicitante (Muestra Ingresada 18 de noviembre del 2019).

TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA I.E.M. - USS.

ANEXO N° 03:
ESTUDIO HIDRÁULICO Y
PREDIMENSIONAMIENTO DEL DIQUE DE TIERRA
CON PROTECCIÓN DE ENROCADO

Tesis:	ESTUDIO HIDRÁULICO PARA DEFENSA RIBEREÑA, TRAMO HUACA "EL ORO Y LAS VENTANAS", RÍO LA LECHE, ÍLLIMO-LAMBAYEQUE
--------	--

Tesista: Jainer Luysin NAVARRO MEDINA

CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL RÍO LA LECHE Y PREDIMENSIONAMIENTO DEL DIQUE DE TIERRA

Q (m ³ /s)=	1430.3
T (años)=	50
Q (m ³ /s)=	1925.04
T (años)=	500
CM (m)=	59.09
Cm (m)=	57.81
S=	0.00064
n=	0.03
g (m/s ²)=	9.81

ANCHO ESTABLE

MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON

Condiciones de Fondo de río	K ₁
Fondo arena y orillas de material cohesivo	4.2
Fondo y orillas de material cohesivo	3.6
Fondo y orillas de grava	2.9
Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.8

$$B = K_1 Q^{1/2}$$

$$K_1 = 2.80$$

$$B (m) = 105.89$$

MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING

Coeficiente de Tipo de Río (Tabla)	
Descripción	m
Para ríos de montaña	0.5
Para cauces arenosos	0.7
Para cauces aluviales	1

Coeficiente Material del Cauce (Tabla)	
Descripción	K
Material de cauce muy resistente = 3 a 4	3
Material fácilmente erosionable = 16 a 20	16
Material aluvial = 8 a 12	12
Valor practico = 10	10

Valores rugosidad de Manning (n)	
Descripción	n
Cauce con fondo sólido sin irregularidades = 0.025	0.025
Cauces de río con acarreo irregular = 0.030 - 0.029	0.03
Cauces de Ríos con Vegetación = 0.033 - 0.029	0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades = 0.033	0.033
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza = 0.040-0.036	0.04
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045 - 0.050	0.05

$$B = \left(\frac{Q^{1/2}}{S^{1/5}} \right) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$$

$$K = 10.00$$

$$n = 0.03$$

$$m = 0.70$$

$$B (m) = 191.80$$

MÉTODO DE BLENCH

Factor de Fondo	F _b
Material Fino	0.8
Material Grueso	1.2
Factor de Orilla	F _s
Materiales sueltos	0.1
Materiales ligeramente cohesivos	0.2
Materiales cohesivos	0.3

$$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$$

$$F_b = 0.80$$

$$F_s = 0.10$$

$$B (m) = 192.54$$

MÉTODO DE PETTIS

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

$$B (m) = 167.92$$

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	105.89
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	191.80
MÉTODO DE BLENCH	192.54
MÉTODO DE PETTIS	167.92
PROMEDIO	165.00

CALCULO DE LA ALTURA

MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 m)

Valores para Ks para Cauces Naturales	
Descripción	Ks
Cauce con fondo sólido sin irregularidades = 40	40
Cauces de río con acarreo irregular = 33 - 35	33
Cauces de Ríos con Vegetación = 30 - 35	35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades = 30	30
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 28	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza = 25 - 28	25
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 19 - 22	20

TIRANTE HIDRÁULICO (m)

$$t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5})$$

Ks= 33

t (m)= 4.07

VELOCIDAD MEDIA (M/S)

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

R = A / P

Z= 1.75

A (m2)= 642.86

P (m)= 167.16

R = 3.85

V (m/s)= 2.07

Numero de Froude :

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

y= A/B

y (m) = 3.896

F= 0.335

FLUJO SUBCRÍTICO

Calculo de la Altura de Dique

Borde Libre (BL) = ϕe					ALTURA DE MURO (H ₀)	
Caudal máximo m ³ /s	ϕ	e	$e = V^2/2g$	BL	$H_M = y + BL$	
3000.00	4000.00	2	0.22	0.31	y : Tirante de diseño (m)	
2000.00	3000.00	1.7			y = 4.07	
1000.00	2000.00	1.4			$H_M = 4.38$	
500.00	1000.00	1.2			Por Procesos Constructivos	
100.00	500.00	1.1			$H_M = 6.60$	

Caudal de Diseño (m³/s) : 1430.3

"33 capas de 0.20 de espesor"

CARÁCTERÍSTICAS DEL DIQUE

Alt. Dique (m)= 6.6

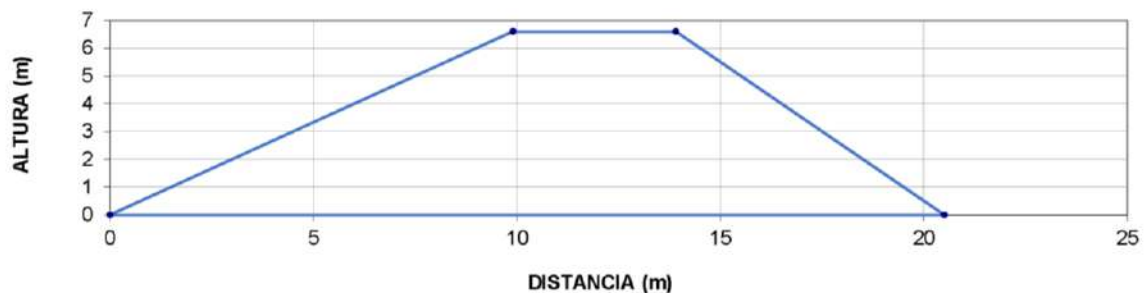
Alt. Enrocado (m) = 6.6

Ancho corona (m) = 4

TALUD	H	V
Cara seca	1	1
Cara Humeda	1.5	1

ÁREA (m²)= 80.85

SECCIÓN TÍPICA DEL DIQUE



SOCAVACIÓN LL. VAN LEVEDIEV

$$ts = ((\Theta t^{5/3}) / (0.68 Dm^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(1) \text{ Suelos No Cohesivos}$$

$$ts = ((\Theta t^{5/3}) / (0.60 w^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(2) \text{ Suelos Cohesivos}$$

D₅₀, (mm): Tamaño que participa en composición granulométrica con 50.00%.

- μ = 1.00
- β = 0.97
- y (m) = 3.90
- t = 4.07
- B (m) = 165.00
- Q = 1925.04
- D₅₀ - Dm = 0.36 NO COHESIVO
- x = 0.41

- Θ = Q / (y^{5/3} B μ)
- Θ = 1.21
- ts (m) = 9.84 SOCAVACIÓN GENERAL
- Hs (m) = 5.76
- Hs (m) = 4.80 PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN PROMEDIO

SOCAVACIÓN MÉTODO DE BLENCH

$$h_s = 1.20 [q^{2/3} / (D_{50})^{1/6}] \text{ válida para arenas de tamaño } 0.06 \text{ mm} < d_{50} \leq 2.00 \text{ mm};$$

$$h_s = 1.23 [q^{2/3} / (D_{50})^{1/12}] \text{ válida para arenas de tamaño } d_{50} > 2.00 \text{ mm}.$$

q = Q/B Caudal unitario del flujo de la corriente.

- Sección Hidráulica (KM) = 1+700
- Elevación del fondo sin socavación (m.s.n.m)= 58.45
- Elevación superficie de agua (m.s.n.m)= 62.52
- Altura Hidráulica (m)= 4.07
- Caudal de diseño (m3/s) = 1925.04
- q (m3/s/m)= 11.67
- D₅₀ (mm) = 0.36
- hs (m)= 7.32
- ds (m)= 3.25
- Elevación del río con socavación 55.20
- Profundidad de la Cimentación del Dique (m)= 3.25
- Prof.de la Cím. del Dique + 0.15% margen de seguridad (m)= 3.73
- PROFUNDIDAD (m) = 4.8**



Figura 2. Esquema general del Enrocado

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE ROCA RÍO

CONDICIÓN	RANGO DEL FS
Flujo uniforme, tramos rectos o medianamente curvos (radio de la curva/ancho del cauce > 30). Mínima influencia de impacto de sedimentos y material flotante.	1.0 – 1.2
Flujo gradualmente variado, curvatura moderada (10 < radio de la curva/ancho del cauce < 30). Moderada de impacto de sedimentos y material flotante.	1.3 – 1.6
Flujo rápidamente variado, curvas cerradas (radio de la curva/ancho del cauce < 10), flujos de alta turbulencia, flujo de turbulencia mixta en estribos de puentes. Efecto significativo de impacto de sedimentos y material flotante.	1.6 – 2.0

$$D_{50} = C \frac{0.00594 * V^3}{\gamma_m^{0.5} * k_1^{1.5}}$$

$$k_1 = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi}}$$

$$C_{sg} = \frac{2.12}{(\gamma_m - 1)^{1.5}}$$

$$C_{sf} = \left(\frac{FS}{1.2}\right)^{1.5}$$

$$FS = \frac{\text{tg}(\phi)}{\text{tg}(\theta)} > 1.5$$

$$C = C_{sg}$$

- D₅₀** Diámetro medio del enrocado de protección
- V** Velocidad media, m/s
- y_m** profundidad de flujo (m/s)
- K₁** Esfuerzo cortante crítico
- θ** Ángulo del talud respecto a la horizontal
- φ** Ángulo de reposo del material
- C** coeficiente de corrección
- γ_s** Peso específico del enrocado Kg/cm³, Tn/m³
- FS** factor de seguridad

Datos

$$\theta (^{\circ}) = 33.69$$

$$\phi (^{\circ}) = 40$$

$$y_s (\text{Tn/m}^3) = 2.7$$

$$V (\text{m/s}) = 2.070$$

$$y_m (\text{m}) = 4.072$$

$$K_1 = 0.505$$

$$C_{sg} = 0.956$$

$$FS = 1.600$$

$$C_{sf} = 1.540$$

$$C = 1.473$$

$$D_{50} (\text{m}) = 0.107$$

Fórmula de Maynord

D₅₀	Diámetro medio del enrocado de protección
F	N° de Froud
t	tirante de socavación (m/s)
C₁	Coefficiente de talud
C₂	Coefficiente de ubicación de roca
v	Velocidad del cauce en el centro m/s
g	Aceleración de la gravedad m/s ²
y	Altura hidráulica m

$$F = \frac{C_2 * v}{(g * y)^{0.5}}$$

$$D_{50} = C_1 * t * F^3$$

t =	4.8 m
C₁ =	0.34
C₂ =	1.5
v =	2.07 m/s
g =	9.81 m/s ²
y =	4.072 m
F =	0.49125498 m/s
D₅₀ =	0.19348222 m

Cálculo del espesor mínimo del enrocado (T)

Enchapando se tiene que solo se colocara una sola roca sobre el talud y la roca minima sera el doble de D calculado + 15% seguridad por ser zona curva.	0.7	No debe ser menor de 1.5D50	1.1
No debe ser menor que el tamaño máximo de la roca a usarse en el enrocado.	0.7	Por razones constructivas, no deberá ser menor a 30 cm	0.3

CÁLCULO DE ESTABILIDAD DEL ENROCADO

K₅₀ = coeficiente de los taludes y angulos de reposo del enrocado

Ym = tirante medio del flujo al pie del enrocado

C = coeficiente de corrección

φ = Ángulo de reposo del material

θ = Ángulo del talud respecto a la horizontal

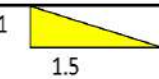
γ_m = Peso específico de las partículas, Kg/cm³, Tn/m³

γ = Peso específico del fluido, Kg/cm³, Tn/m³

V = Velocidad media, m/s

W = Peso, Kg

ESTABILIDAD DEL TERRAPLÉN				
Fuerza Resistente (Kg/m)			ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	
R = W * Tag Ø				
W = Peso del Terraplén		R		
Area Dique (m ²)	80.85	98515.34	R > P =====> EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESIÓN DEL AGUA	
Peso Especifico del material (Kg / m ³)	1950.00			
W =	157,657.50			
ángulo de fricción interna en grados (tipo de material de río)				
Ø	32			
Tag Ø	0.62			
Presión del Agua (Kg/m ²)				
P = P _w * t ² /2		P (Kg/m ²)		
P _w =	1000.00	8290.43		
Tirante				
t =	4.07			

ESTABILIDAD DEL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO				
ESFUERZO MAXIMO CORTANTE ACTUANTE (Kg/m2)		ESFUERZO CORTANTE CRÍTICOS (Kg/m2)		
$\tau_a = \gamma_a * t * S$	τ_a	$\tau_c = C * (\gamma_s - \gamma_a) * D_{50} * K$	τ_c	Verificacion ==>
Peso específico del agua Kg/m ³	2.61	Peso específico del agua Kg/m ³	60.10	Si $\tau_a < \tau_c$
$\gamma_a = 1000$		$\gamma_a = 1000$		
Tirante de diseño (m)		Peso específico de la roca (cantera) Kg/m ³		
t = 4.07		$\gamma_s = 2700$		
Pendiente Tramo de estudio		Factor de Talud (K)		
S = 0.00064	$K = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha}{\text{sen}^2 \phi}}$			EL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO ES ESTABLE
	Ángulo del Talud (α)			
	Z = 1.5			
		$\alpha = 33.69^\circ$		
	Ángulo de fricción interna del material (Enrocado) (Φ)			
	$\Phi = 40$			
	Factor de Talud (K)			
	K = 0.505			
	Coefficiente de Shields			
	C = 0.100			

PROBABILIDAD DE MOVIMIENTO DE LA ROCA	
$F_{roca(D50)} = 0.56 * (V^2/2g) * (1/D_{50}) * (1/\Delta)$	$F_{roca} (\%)$
Velocidad caudal de diseño (V)	
Velocidad (m/s)	2.07
$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a}$	Δ
Peso específico de la roca (cantera) Kg/m ³	1.70
$\gamma_s = 2,700.00$	
Peso específico del agua Kg/m ³	
$\gamma_a = 1,000.00$	
Díámetro medio de la roca D_{50}	0.10
$D_{50} (m) = 0.70$	

CÁLCULO PARA DETERMINAR EL USO DE FILTROS

1.- Determinación de Velocidad en el espacio entre el enrocado y material base :		
V_a : velocidad del agua entre el enrocado y el fondo.	V_a (m/s)	
$V_a = (D_{50} / 2)^{2/3} * S^{1/2} / n_f$		
$n_f =$ Rugosidad del fondo	0.63	
Condicion n_f		
Sin filtro o hay filtro de Geotextil		0.02
Pendiente Tramo de estudio		
S =		0.00064
Diámetro medio de la roca (D_{50})		
D_{50} (m) =	0.70	

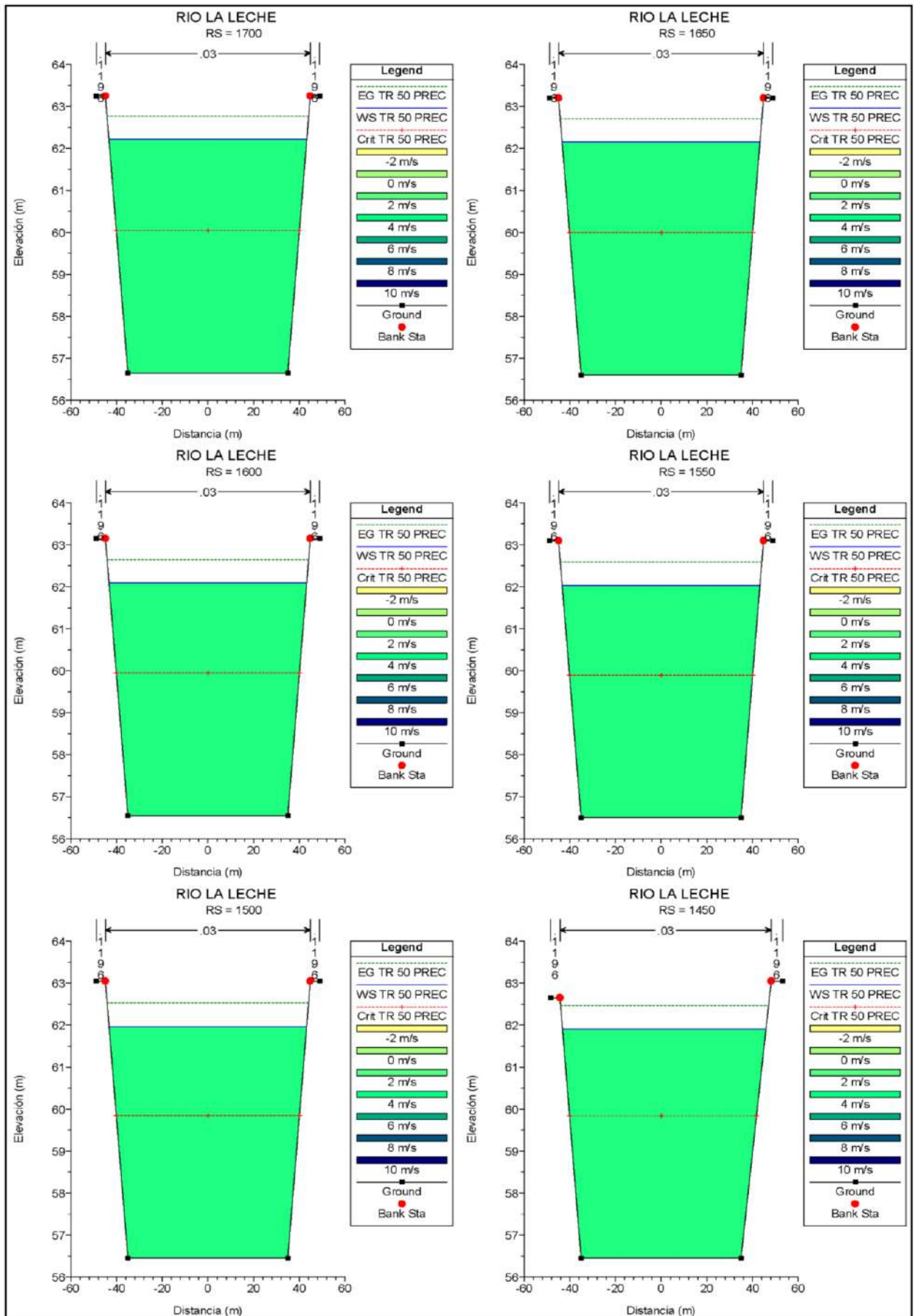
Condicion	n_f
Sin filtro o hay filtro Geotextil	0.020
Si hay filtro de grava	0.025

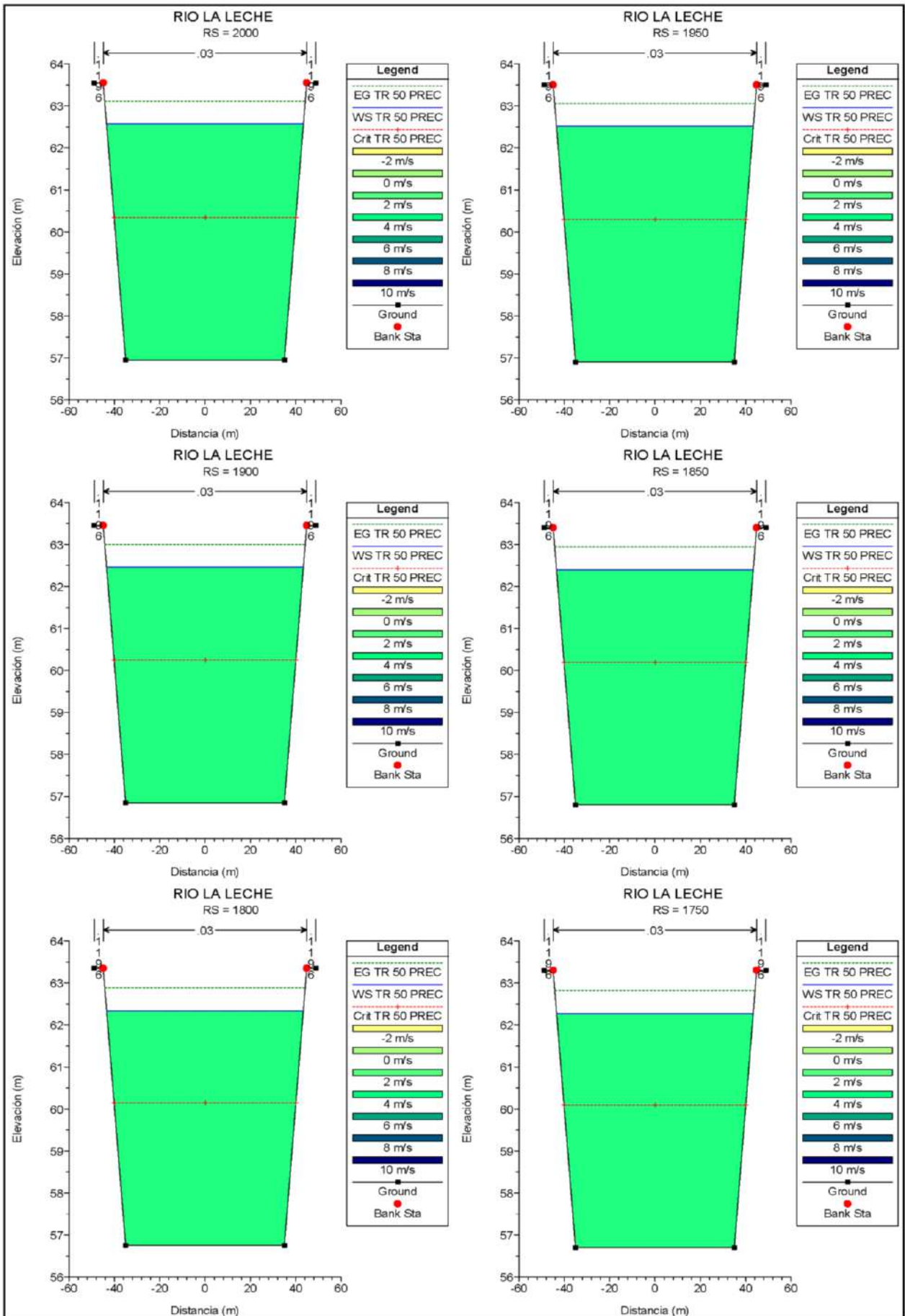
2.-Determinación de velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado (V_e)	
V_e = velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado	V_e (m/s)
$V_e = 16.1 * (D_m)^{1/2}$	
$D_m =$ diámetro de partículas del suelo base (m)	0.31
$D_m =$ 0.00036 m	
Verificacion :	
Como $V_a > V_e$: Habra Erosión ==> SE RECOMIENDA UTILIZAR UN FILTRO DE GEOTEXTIL O UN FILTRO DE GRAVA	

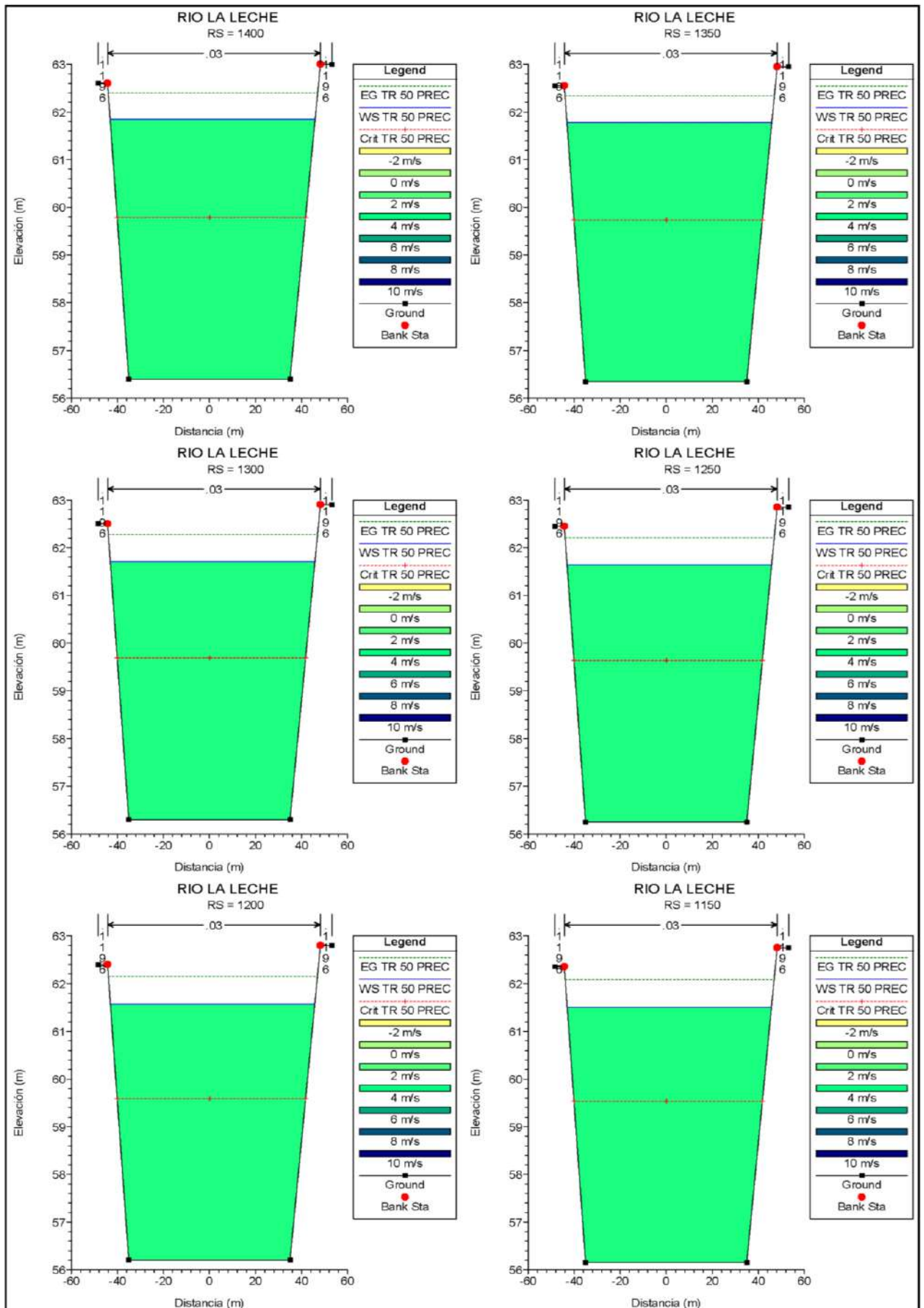
DETERMINACION DEL TIPO DE FILTRO	
ASUMIENDO UN FILTRO DE GRAVA : Se tiene ==>	
$V_{a1} = V_a / 4$	
$V_{a1} =$ 0.157 m/s	
Se debe verificar que se cumpla que : $V_{a1} > V_e$	
Verificacion :	
Como $V_{a1} < V_e$: ==> USAR FILTRO DE GRAVA	

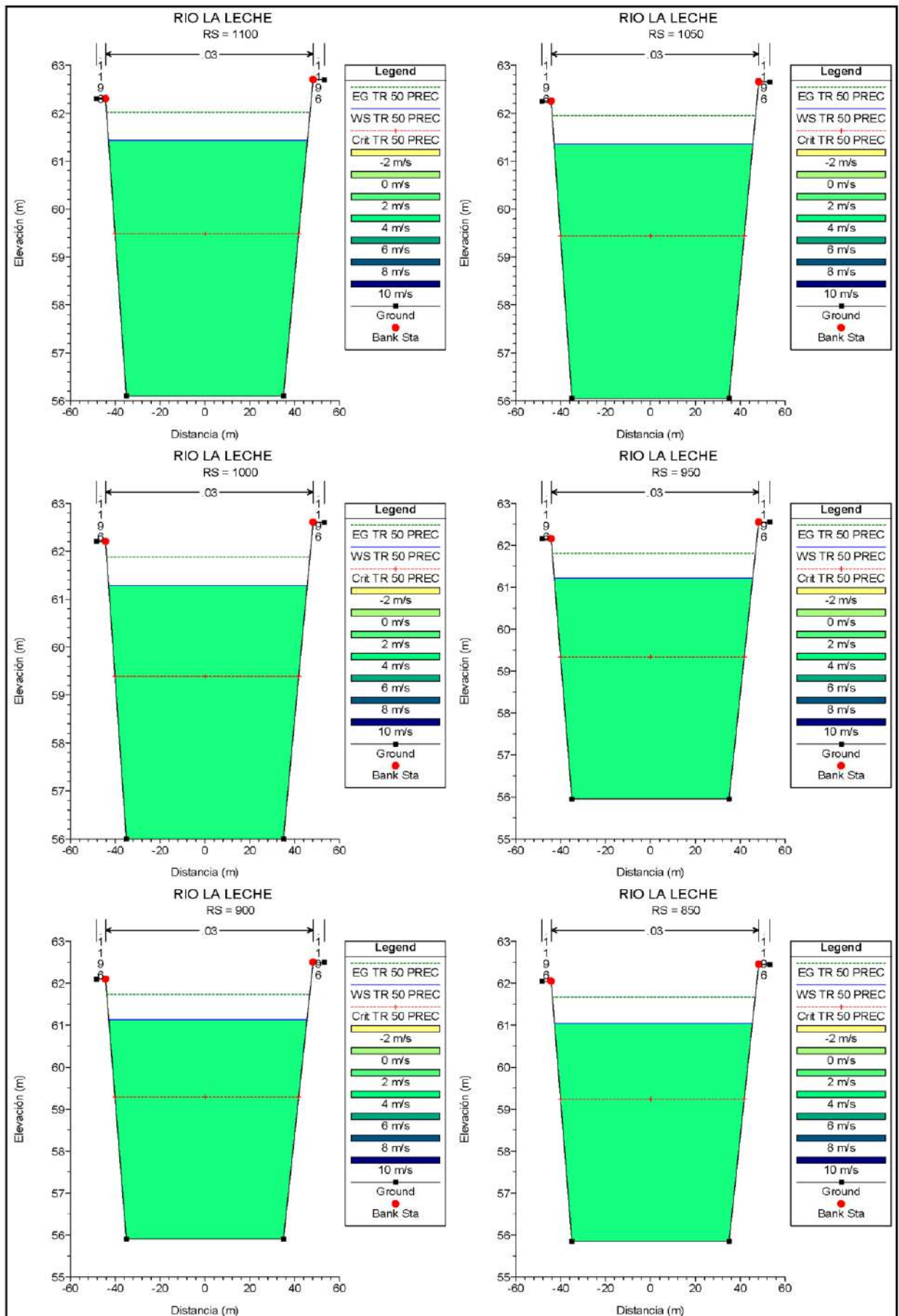
CONCLUSIÓN :
<p>COLOCAR FILTRO DE GRAVA CON Y UNA PROTECCIÓN DE GEOMEMBRANA PARA EL DIQUE</p>

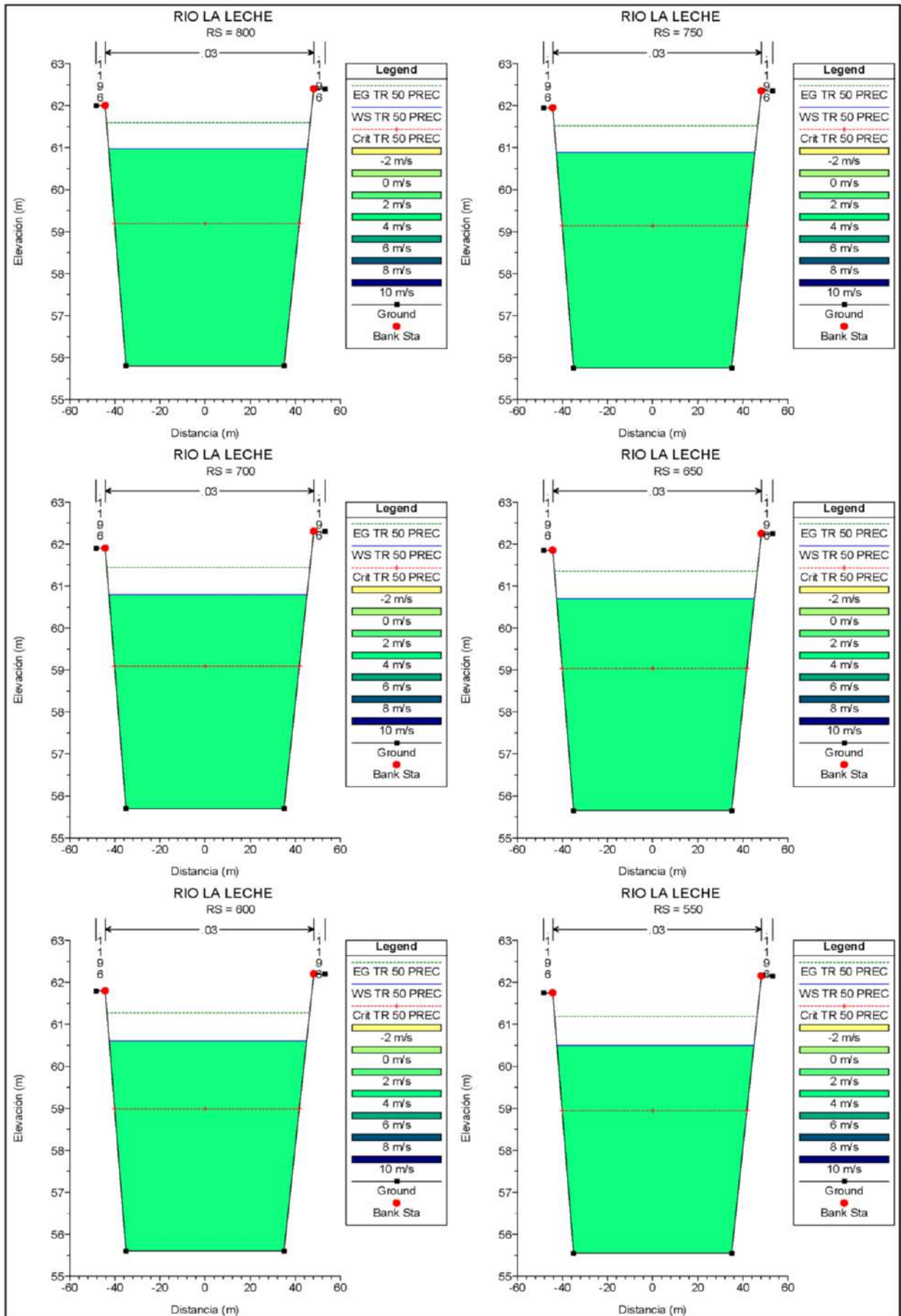
ANEXO N° 3.1:
SIMULACIÓN DEL TRAMO DEL RÍO LA LECHE
ESTUDIADO EN EL SOFTWARE HECRAS

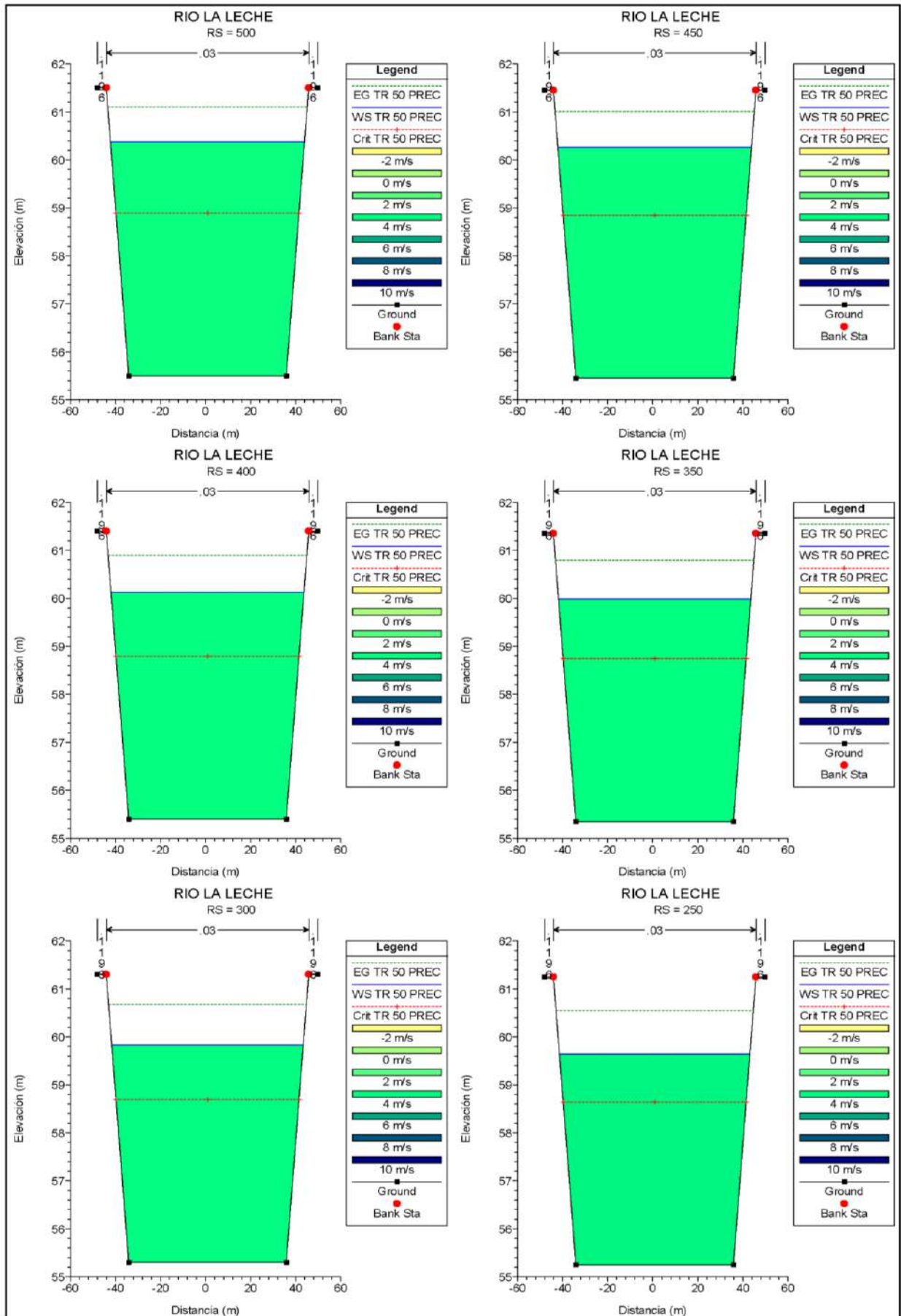


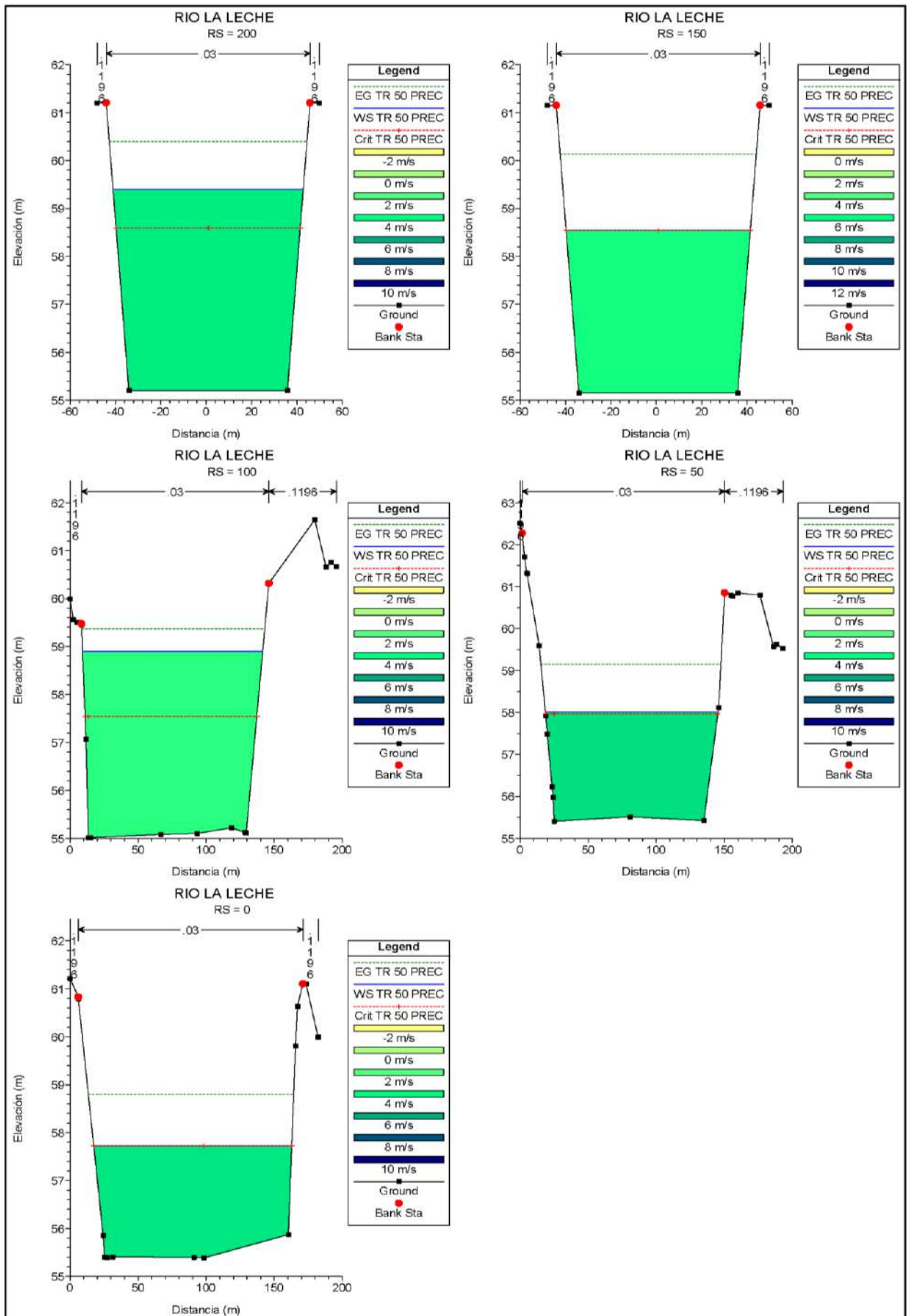




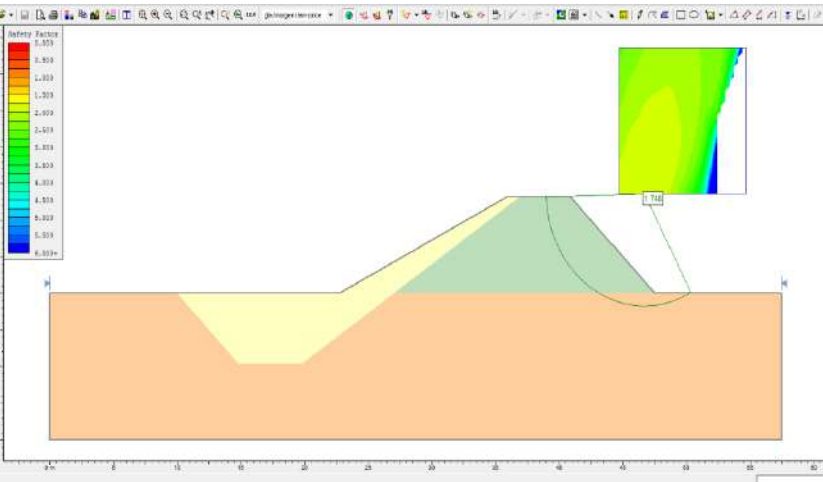
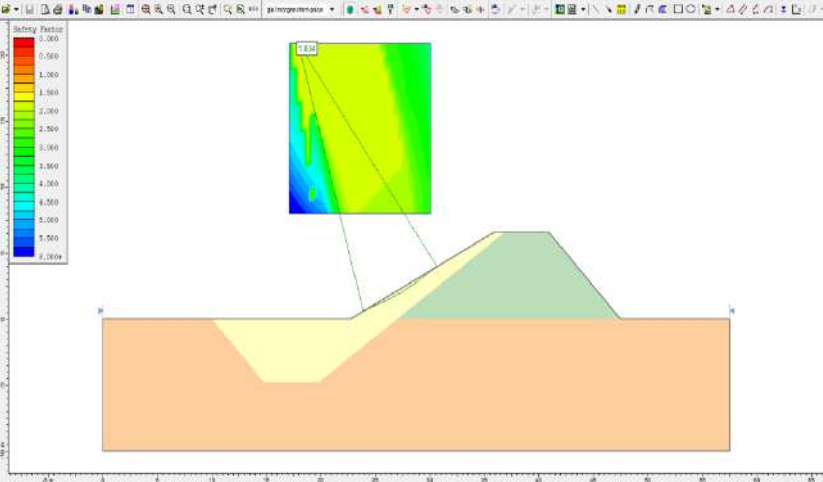


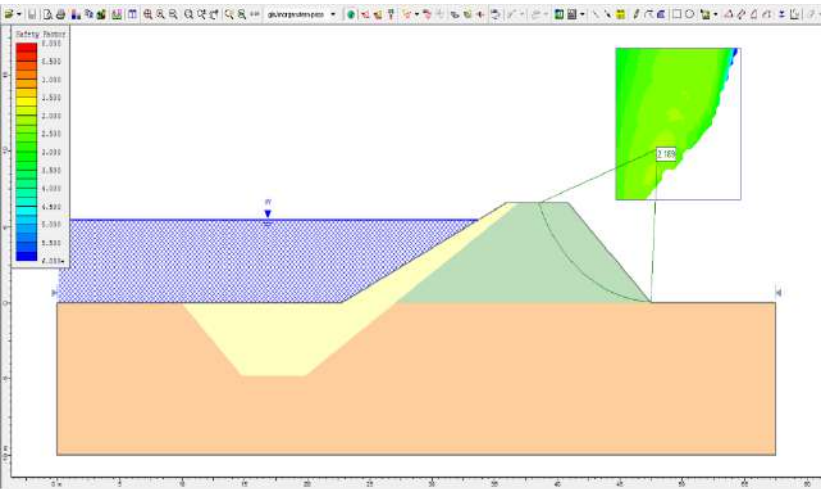
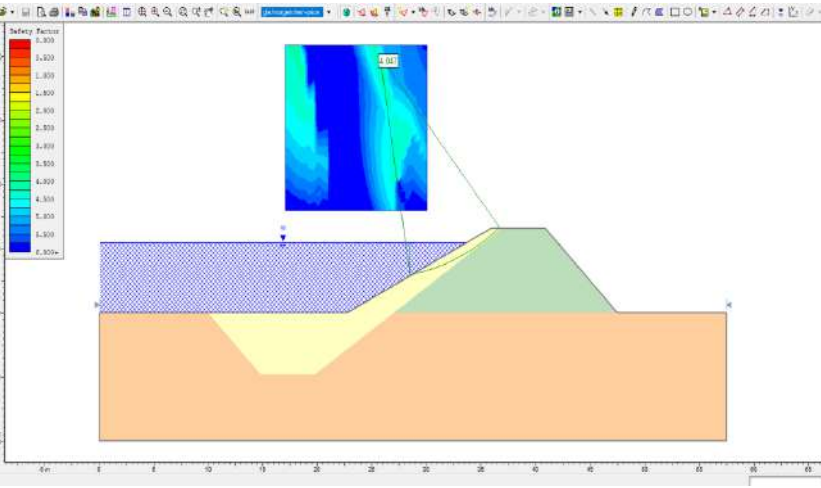


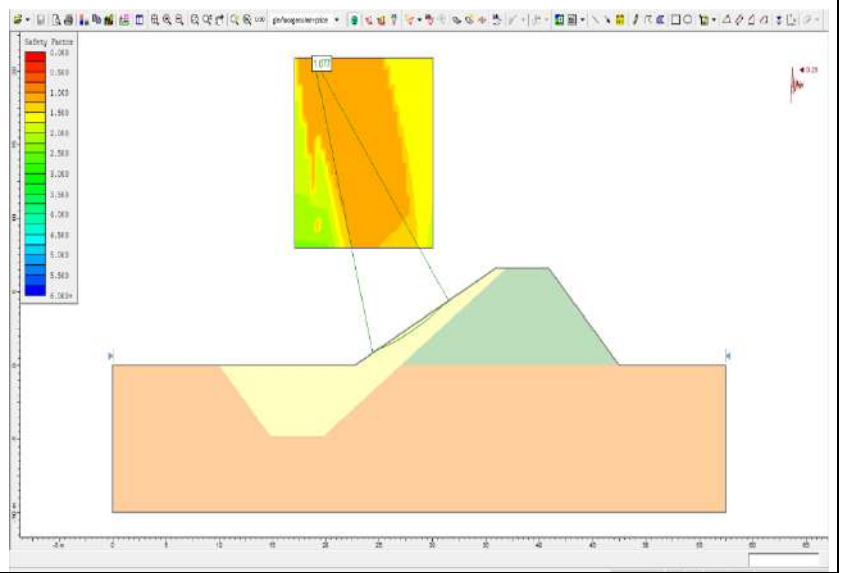
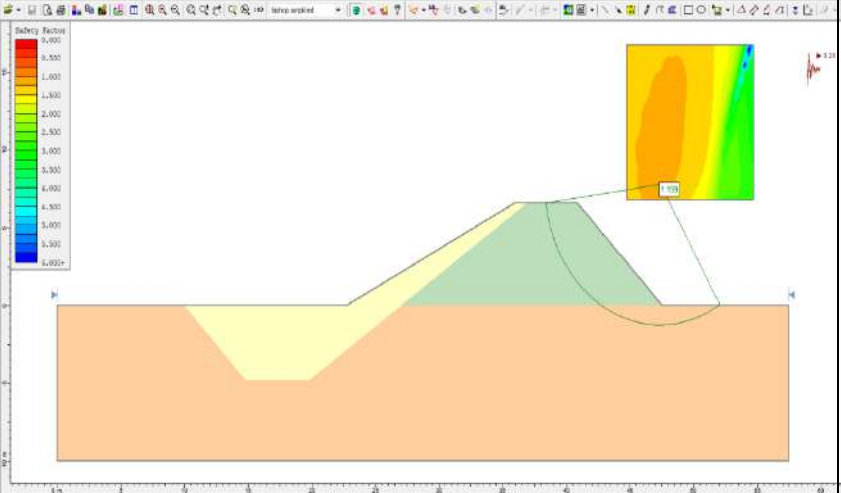




ANEXO N° 3.2:
**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD (ESTÁTICO Y PSEUDO ESTÁTICO) USANDO EL SOFTWARE
SLIDE V.5.0**

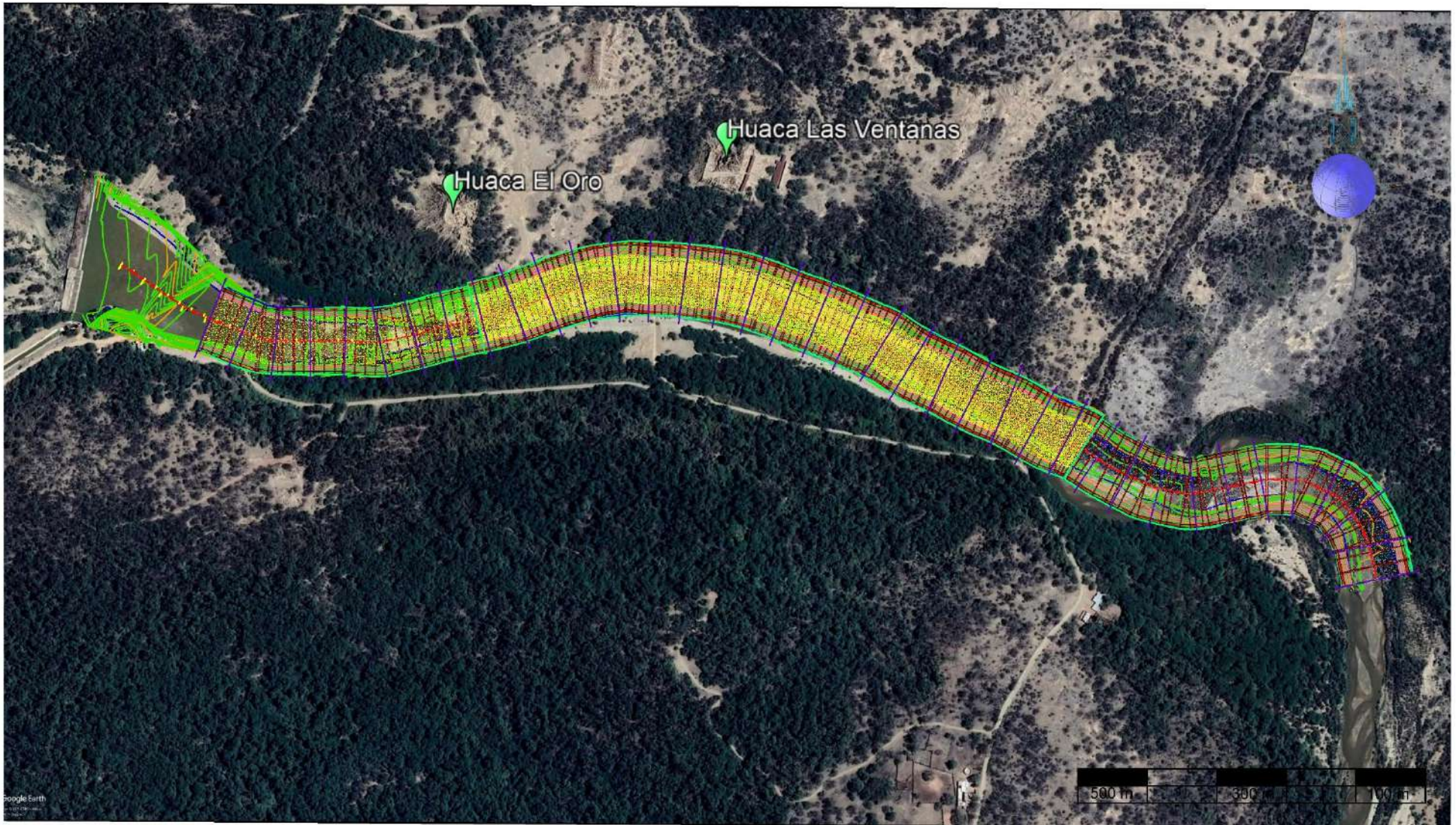
Estático	Pseudo estático	Fin de Construcción	Embalse lleno	Cara húmeda del talud	Cara seca del talud	Factor de Seguridad	Conformidad	Gráfico
X		X			X	1.748	CONFORME $FS > 1.50$ Método Morgenstern-Price	 <p>The figure shows a cross-section of a dam with a safety factor contour plot. The plot uses a color scale from blue (low safety factor) to red (high safety factor). A specific contour is highlighted in yellow and labeled with the value 1.748. The dam structure is shown in orange, and the water level is indicated by a horizontal line. The plot is titled 'Safety Factor' and includes a legend on the left side.</p>
X		X		X		1.834	CONFORME $FS > 1.50$ Método Morgenstern-Price	 <p>The figure shows a cross-section of a dam with a safety factor contour plot. The plot uses a color scale from blue (low safety factor) to red (high safety factor). A specific contour is highlighted in yellow and labeled with the value 1.834. The dam structure is shown in orange, and the water level is indicated by a horizontal line. The plot is titled 'Safety Factor' and includes a legend on the left side.</p>

x			x		x	2.189	<p>CONFORME FS>1.50</p> <p>Método Morgenstern- Price</p>	
x			x	x		4.047	<p>CONFORME FS>1.50</p> <p>Método Morgenstern- Price</p>	

	X	X		X		1.077	<p>CONFORME FS>1.00</p> <p>Método Morgenstern- Price</p>	
	X	X		X		1.199	<p>CONFORME FS>1.00</p> <p>Método Bishop Simplificado</p>	

	X		X	X		1.288	<p>CONFORME FS>1.00</p> <p>Método Bishop Simplificado</p>	
	X		X	X	X	1.544	<p>CONFORME FS>1.00</p> <p>Método Bishop Simplificado</p>	

ANEXO N° 3.3:
IMAGEN EN PLANTA DEL RÍO LA LECHE



**ANEXO N° 04:
DOCUMENTACIÓN REMITIDA Y
RECEPCIONADA**



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

Pimentel, 30 de mayo 2019

Arqueólogo
LUIS ALFREDO NARVAEZ VARGAS
Director
Unidad Ejecutora N° 005 Naylamp – Lambayeque
Ciudad.-

Asunto: Solicita autorización a estudiante de Ingeniería Civil para acceder a información del Bosque de Pómac

Es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo institucional a nombre de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán, y asimismo me permito presentar al estudiante **Jainer Luysin Navarro Medina**, con Código Universitario N° 2091413974 y DNI N° 46745401 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del IX ciclo, para quien solicito se le brinde las siguientes facilidades:

1. Acceder en formato virtual los Planos Topográficos y Ortofotos del Bosque de Pómac.
2. Panel Fotográfico de las acciones de Prevención, realizadas en el Río La Leche – Tramo Huaca la Merced.
3. Informe de Estudio de las áreas arqueológicas, ubicadas en el Río La Leche que pertenecen a la Huaca La Ventana.

Dicha información es necesaria para realizar su proyecto de tesis titulado **"Estudio Hidráulico para Defensa Ribereña, tramo Huacas "El Oro y Las Ventanas" – Río La Leche, Illimo - Lambayeque"**

Seguro de contar con su gentil atención, quedo de usted.

Atentamente,


M.Sc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez
DIRECTOR (e) DE ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERÍA CIVIL

ADMISIÓN E INFORMES

074 481610 - 074 481632

CAMPUS USS

Km. 5, carretera a Pimentel
Chiclayo, Perú

www.uss.edu.pe

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

Señor
MIGUEL BALDERA SANDOVAL
Alcalde
Municipalidad Distrital de Illimo
Ciudad.-

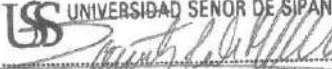
~~Pimentel, 20 de mayo 2019~~
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ILLIMO
Trámite Documentario
Exp. 1657
FECHA: 21-05-2019
HORA: 12:10' FOLIOS: —

Asunto: Solicita autorización a estudiante de Ingeniería Civil para realizar estudios en río La Leche

Es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo institucional a nombre de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán, y asimismo me permito presentar al estudiante **Jainer Luysin Navarro Medina**, con Código Universitario N° 2091413974 y DNI N° 46745401 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del IX ciclo, para quien solicito se le autorice realizar estudios Tramo Huaca El Sol y La Luna en el río La Leche, con la finalidad realizar su proyecto de tesis titulado **"Estudio Hidráulico para Defensa Ribereña, tramo Huacas "El Oro y Las Ventanas" - Río La Leche, Illimo - Lambayeque"**

Seguro de contar con su gentil atención, quedo de usted.

Atentamente,

USS UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

M.Sc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez
DIRECTOR (e) DE ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERÍA CIVIL

ADMISIÓN E INFORMES
074 481610 - 074 481632
CAMPUS USS
Km. 5, carretera a Pimentel
Chiclayo, Perú

www.uss.edu.pe



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

Pimentel, 14 de mayo 2019

Ingeniero

FÉLIX ESTEBAN ASTUDILLO BANCES

Administrador

Autoridad Local del Agua Motupe – Olmos – La Leche

Ciudad.-

Asunto: Solicita autorización a estudiante de Ingeniería Civil para realizar estudios en río La Leche

Es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo institucional a nombre de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán, y asimismo me permito presentar al estudiante **Jainer Luysin Navarro Medina**, con Código Universitario N° 2091413974 y DNI N° 46745401 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del IX ciclo, para quien solicito se le autorice realizar estudios Tramo Huaca El Sol y La Luna en el río La Leche, con la finalidad realizar su proyecto de tesis titulado **"Estudio Hidráulico para Defensa Ribereña, tramo Huacas El Oro y Las Ventanas – Río La Leche, Illimo - Lambayeque"**

Seguro de contar con su gentil atención, quedo de usted.

Atentamente,

USS UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

[Signature]
M.Sc. Sócrates Pedro Muñoz Pérez
DIRECTOR (e) DE ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERÍA CIVIL

ADMISIÓN E INFORMES

074 481610 - 074 481632

CAMPUS USS

Km. 5, carretera a Pimentel
Chiclayo, Perú

www.uss.edu.pe

SOLICITA: Autorización para acceder a información de bosques de Pómac-Lambayeque.

**SEÑOR DIRECTOR DE LA UNIDAD EJECUTORA N° 005 NAYLAMP-LAMBAYEQUE
Arqueólogo Luis Alfredo NARVAEZ VARGAS.**

S.D.

Jainer Luysin NAVARRO MEDINA, con DNI. N° 46975401, actualmente cursando el IX ciclo de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Universidad Señor de Sipán y con código universitario N°2091413974., con el debido respeto me presento y tengo el honor de exponer lo siguiente:

Que, con fecha 06 de junio del 2019, se ingresó a mesa de partes de la Unidad Ejecutora N° 005 Naylamp-Lambayeque, la carta proveniente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán, la cual consta en el sello de trámite documentario con registro N° 38145 y expediente N° 31524; y en la cual se solicita, brindar los planos topográficos y Ortofotos del Bosque de Pómac, panel fotográfico de las acciones de prevención en el río La Leche en el tramo Huaca La Merced, y el informe de estudio de las áreas arqueológicas del río La Leche perteneciente a la huaca Las Ventanas.

Asimismo, se solicita que la presente documentación sea derivada a la **Unidad de Infraestructura y Proyectos** de la entidad que usted dirige.

POR LO EXPUESTO:

A Ud., Señor Director de la Unidad Ejecutora N° 005 NAYLAMP-LAMBAYEQUE, solicito acceder a mi petición, por ser información menester en mi tesis, y así poder culminarla.

DOCUMENTOS ANEXOS:

- copia xerográfica de carta S/N.

Chiclayo, 27 de Junio del 2019.




JAINER LUYISIN NAVARRO MEDINA
DNI N° 46975401



PERÚ

Ministerio de Cultura

Proyecto Especial
Naylamp - Lambayeque
Unidad Ejecutora 005

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Chiclayo, 09 de agosto del 2019

CARTA N° 102-2019-UIP-DE-UE005-PENL-VMPCIC/MC

Señor

JAINER LUISIN NAVARRO MEDINA

ESTUDIANTE UNIVERSITARIO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - USS

Presente. -

ASUNTO : REMITE INFORMACION SOLICITADA

REFERENCIA : SOLICITUD S/N CON REGISTRO N° 38792

Por medio del presente, expreso mi cordial saludo y asimismo en relación a su solicitud de la referencia ingresada a nuestra entidad con N° de Registro: 38792; se le remite la información requerida en formato digital (CD) consistente en:

- Los Planos Topográficos y Ortofotos del Bosque de Pómac
- Panel Fotográfico de las acciones de prevención realizadas en el Rio La Leche – Tramo Huaca La Merced.
- Informe de estudio de las áreas arqueológicas ubicadas en el Rio La Leche que pertenece a la Huaca La Ventana.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,

Ministerio de Cultura
UNIDAD EJECUTORA 005 NAYLAMP - LAMBAYEQUE

Ing° Felipe S. Salazar Llontop
EJECUTIVO DE LA UNIDAD DE INFRAESTRUCTURA Y PROYECTOS



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

Jayanca, junio 11 del 2019

OFICIO N° 063-2019-ANA-AAA.JZ-ALA.MOLL

Señor M.Sc.
SOCRATES PEDRO MUÑOZ PEREZ
DIRECTOR (e) DE ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN
Chiclayo

Asunto : Autorización para realizar estudios para proyecto de tesis
"Estudio Hidráulico para Defensa Ribereña, tramo Huacas El Oro
y Las Ventanas – Río La Leche, Illimo – Lambayeque"

Referencia : Carta con CUT: 94046-2019

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, por el cual solicita autorización para realizar estudios en los tramos Huaca El Oro y Las Ventanas – río La Leche, con fines de proyecto de tesis del estudiante Jainer Luysin Navarro Medina con DNI 46745401 y Código Universitario 2091413974 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del IX ciclo.

Al respecto, esta dependencia **AUTORIZA** al estudiante mencionado en el párrafo precedente, la realización de los estudios en los tramos indicados para el proyecto de tesis denominado **"Estudio Hidráulico para Defensa Ribereña, tramo Huacas El Oro y Las Ventanas – Río La Leche, Illimo – Lambayeque"**

Sin otro particular, reitero a usted las muestras de mi consideración y estima.

Atentamente,



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
Administración Local de Agua Motupe Osmos La Leche

Ing. **LUIS JOSÉ PAZ VELIZ**
Administrador Local de Agua



C. c. Archivo
LJPV/sñs

Calle Diego Ferré N° 159, 2º piso – Jayanca
T: (51) 074 426005
www.ana.gob.pe
www.minagri.gob.pe

CUT: 94046-2019

EL PERÚ PRIMERO

CTK COURIER
19-0062278 10/07/2019 CA: 1
SOCRATES PEDRO MUÑOZ PEREZ
UNIVERSIDAD DE SIPAN
CHICLAYO