



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el río Rímac, sector

Batasol, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Jefrey Jared Chapoñan Tineo (ORCID: 0000-0002-7747-8737)

ASESOR:

Mg. John Nelinho Tacza Zevallos (ORCID: 0000-0002-1763-9375)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

A mis padres, Raúl y Antonia, quienes me motivaron en situaciones difíciles y me formaron en disciplina y respeto.

A mis hermanos, Michael y Antonella.

A mi abuela Basilia en el cielo, y a mi abuela Edelvina.

Agradecimiento

En primera instancia, agradezco a Dios Todopoderoso por las bendiciones y salud que me ha brindado para culminar con esta tesis de fin de carrera.

A mis padres, por enseñarme la constancia y que mediante el esfuerzo se consigue el éxito en distintos ámbitos de la vida, como es en lo personal, familiar, social y académico.

Expreso mi respetuoso y merecido agradecimiento a los ingenieros: Lepoldo Choque, John Tacza, Rodolfo Pretel y Luis Chinchay; por haberme brindado sabios consejos y orientación para la adecuada metodología y elaboración del presente trabajo de investigación.

Finalmente, agradezco por la formación recibida de parte de docentes cualificados de la Universidad César Vallejo que han fortalecido mis conocimientos y ética profesional.

El Autor

Página del Jurado

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 28

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) CHAPOÑAN TINEO JEFREY JARED cuyo título es: "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL RÍO RÍMAC, SECTOR BATASOL, DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA, LIMA, 2019"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 14 (CATORCE)

Lima, Ate 05 de julio del 2019.


.....
MG. CHOQUE FLORES, LEOPOLDO
PRESIDENTE


.....
MG. CASUSOL IBERICO, GERMAN FERNANDO
SECRETARIO


.....
MG. TACZA ZEVALLOS, JOHN NELINHO
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Declaratoria de autenticidad

Yo, Jeffrey Jared Chapoñan Tineo, con DNI N° 75190633, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro bajo juramento que los datos e información que se presenta en la tesis son auténticas y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión, tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 05 de julio del 2019



CHAPOÑAN TINEO JEFREY JARED

75190633

Presentación

Sres. miembros del jurado calificador, se presenta la tesis denominada: “Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el río Rímac, sector Batasol, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima, 2019”, con el fin de realizar la comparación entre diseños de dos tipos de estructuras, muro de contención y enrocado como defensa ribereña, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil. La información recopilada y los resultados que se obtuvieron, representan un modesto y constante esfuerzo.

Esperando cumplir con los requerimientos de conformidad.

El Autor

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación.....	vi
Índice	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática	1
1.2 Trabajos previos	2
1.2.1 Internacionales	2
1.2.2 Nacionales	8
1.3 Teorías relacionadas al tema	13
1.3.1 Modelamiento hidráulico	13
1.3.2 Defensa ribereña.....	21
1.4 Formulación del problema	25
1.4.1 Problema general.....	26
1.4.2 Problemas específicos	26
1.5 Justificación del estudio	26
1.6 Hipótesis	27
1.6.1 Hipótesis general	27
1.6.2 Hipótesis Específicas.....	27
1.7 Objetivos	27
1.7.1 Objetivo general	27
1.7.2 Objetivos específicos.....	27

II. MÉTODO	28
2.1 Tipo y diseño de investigación	28
2.1.1 Método de la investigación	28
2.1.2 Tipo de estudio	28
2.1.3 Nivel de estudio.....	28
2.1.4 Diseño de investigación	29
2.2 Operacionalización de variables	29
2.2.1 Variables.....	29
2.2.2 Operacionalización de variables.....	30
2.3 Población, muestra y muestreo	31
2.3.1 Población.....	31
2.3.2 Muestra.....	31
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	32
2.4.1 Técnicas de recolección de datos	32
2.4.2 Instrumento de recolección de datos	32
2.4.3 Validez	33
2.4.4 Confiabilidad.....	34
2.5 Procedimiento	34
2.6 Método de análisis de datos	35
2.7 Aspectos éticos	64
III. RESULTADOS	65
3.1 Alcance	65
3.2 Cuenca de estudio	66
3.3 Caudales	69
3.4 Levantamiento topográfico	79
3.5 Modelamiento hidráulico	80
3.6 Diseño de defensa ribereña	85

IV. DISCUSIÓN	93
V. CONCLUSIONES	97
VI. RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS	100
ANEXOS	110

Índice de tablas

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad en función al material	19
Tabla 2. Gradación según U.S. Department of Transportation	25
Tabla 3. Matriz de operacionalización.....	30
Tabla 4. Caudales máximos de la estación de Chosica	45
Tabla 5. Tamaño muestral y nivel de significación	51
Tabla 6. Factores para el cálculo del coeficiente de rugosidad – Cowan.....	53
Tabla 7. Valores del coeficiente de contracción del cauce μ	56
Tabla 8. Valores de z para suelos granulares.....	57
Tabla 9. Valores de β	57
Tabla 10. Valores de ψ	58
Tabla 11. Valores recomendados de C1 Y C2.....	62
Tabla 12. Factor de seguridad.....	63
Tabla 13. Caracterización de la cuenca de interés - Batasol -Chosica	68
Tabla 14. Parámetros estadísticos de la información de los caudales.	69
Tabla 15. Resultados de cálculos de caudales máximos.....	71
Tabla 16. Valores máximos recomendables de riesgo admisible de obras de drenaje	76
Tabla 17. Vida útil del proyecto	76
Tabla 18. Resultados de caudales máximos	77
Tabla 19. Resultados de caudales máximos instantáneos.....	78
Tabla 20. Factores para calcular el coeficiente de rugosidad -Cowan	80
Tabla 21. Resultados de tirantes y velocidad. T=200 años (HEC-RAS).....	82
Tabla 22. Resultados de tirantes y velocidad. T=500 años (HEC-RAS).....	82
Tabla 23. Cálculo de diámetro d50 para socavación	83
Tabla 24. Factores para el cálculo de la socavación.....	84
Tabla 25. Resultados de profundidad de socavación.....	84
Tabla 26. Dimensionamiento de muro de contención	86
Tabla 27. Factores de seguridad calculados	87
Tabla 28. Resumen de requisito de acero en pantalla.....	89
Tabla 29. Datos y resultado de diámetro d50 para enrocado (Maynord)	91
Tabla 30. Datos y resultado del diámetro d50 para enrocado (US Department of Transportation)	91
Tabla 31. Gradación para el enrocado	91

Índice de figuras

Figura 1. Representación de términos de la ecuación de energía.....	13
Figura 2. Elementos geométricos de un sección transversal de un canal.....	20
Figura 3. Canal irregular y distribución de velocidades.....	20
Figura 4. Ángulo de fricción interna y el peso específico de ciertos tipos de suelo.	22
Figura 5. Empuje activo e incremento dinámico.....	22
Figura 6. Tipos de muro de contención.	23
Figura 7. Elementos de un enrocado.	25
Figura 8. Plano del terreno de la cuenca del río Rímac. SENAMHI.....	31
Figura 9. Equipo topográfico.....	33
Figura 10. Metadatos de las unidades hidrológicas – Página web de ANA (2019).	35
Figura 11. Datos importados al programa ArcMap.....	36
Figura 12. Vista de la cuenca del río Rímac en Global Mapper.....	36
Figura 13. Cuenca del río Rímac en Google Earth.....	37
Figura 14. Ubicación de estación Chosica y zona de estudio. Google Earth.	37
Figura 15. Página web de Geoservidor del Ministerio del Ambiente del Perú.	38
Figura 16. Importación de archivos descargados de Geoservidor.....	38
Figura 17. Formato importado de Geoservidor en ArcMap.	39
Figura 18. Formato importado de Geoservidor en ArcMap.	39
Figura 19. Imagen formato ráster con la propiedad relleno en ArcMap.	40
Figura 20. Dirección del flujo en ArcMap.	40
Figura 21. Acumulación del flujo en ArcMap.....	41
Figura 22. Ajuste de corrientes en ArcMap.....	41
Figura 23. Polígonos de captación. ArcMap.	42
Figura 24. Procesamiento de líneas de drenaje en ArcMap.	42
Figura 25. Procesamiento de captación adjunta en ArcMap.	43
Figura 26. Ubicación de punto de salida de cuenca para estudio en ArcMap.....	43
Figura 27. Cuenca Batasol para estudio en ArcMap.	44
Figura 28. Puntos de interés y área de influencia. Googñe Earth.....	44
Figura 29. Hoja de cálculo - prueba de bondad de ajuste.....	49
Figura 30. Entorno del programa HidroEsta.	50
Figura 31. Progresivas para analizar en HEC-RAS.....	54
Figura 32. Vista de sección transversal en programa HEC-RAS.....	54

Figura 33. Vista de resultados del programa HEC-RAS.....	55
Figura 34. Parámetros de entrada y salida para modelamiento hidráulico.....	55
Figura 35. Flujograma para diseño de muro de contención.	59
Figura 36. Mapa de zonificación sísmica del Perú. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.030.....	59
Figura 37. Datos de entrada para diseño de muro de contención.	60
Figura 38. Presión de contacto muro-suelo de fundación	61
Figura 39. Cuenca del río Rímac. ANA (2010).....	65
Figura 40. Ubicación de zona de estudio.....	66
Figura 41. Mapa de la cuenca de estudio delimitada para Batasol – Chosica.....	67
Figura 42. Frecuencias de los caudales máximos entre 1921 y 2018.....	70
Figura 43. Proceso de selección de una distribución teórica.....	70
Figura 44. Ajuste de distribución Normal – HidroEsta.	71
Figura 45. Ajuste de distribución Log Normal 2 Parámetros – HidroEsta.....	72
Figura 46. Ajuste de distribución Log Normal 3 Parámetros – HidroEsta.....	72
Figura 47. Ajuste de distribución Gamma de 2 Parámetros – HidroEsta.....	73
Figura 48. Ajuste de distribución Gamma de 3 Parámetros – HidroEsta.....	74
Figura 49. Ajuste de distribución Log Pearson Tipo III – HidroEsta.....	74
Figura 50. Ajuste de distribución Gumbel – HidroEsta.	75
Figura 51. Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil. Ven te Chow.....	76
Figura 52. Curvas de periodo de retorno vs. caudal de diseño para distintas distribuciones.	77
Figura 53. Trabajo topográfico en el área de estudio.	79
Figura 54. Vista en planta y perfil longitudinal.....	79
Figura 55. Secciones transversales.	80
Figura 56. Cauce del río Rímac en el área de estudio.	81
Figura 57. Vista en HEC-RAS del cauce del río Rímac en el sector Batasol.	81
Figura 58. Distribución trapecial de tensiones en la base del muro	86
Figura 59. Distribución triangular de tensiones en la base del muro	87
Figura 60. Detalle de acero en zapata del muro.	88
Figura 61. Detalle de acero de refuerzo del muro de contención.....	89
Figura 62. Distribución acero en vista longitudinal del muro de contención H=7.50 m.....	90

Figura 63. Producto MacDarin de Maccaferri - Subdren	90
Figura 64. Curva de gradación para enrocado	92
Figura 65. Diseño del enrocado para la zona de estudio	92
Figura 66. Curva para distribución Log Pearson Tipo III considerando periodo de retorno y caudal máximo.....	93

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar defensas ribereñas usando la información de campo, como es la topografía, las características de la cuenca en interés, las propiedades resistente del suelo, y resultados del programa HEC-RAS 4.1, con la finalidad de aportar a la protección de la población en Batasol-Chosica ante posibles desbordes del río Rímac.

Además, se debe tener información hidrológica registrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, para estimar el nivel máximo de agua y la socavación, por ello, se recopiló información de los caudales de la estación hidrométrica de Chosica, ubicada cerca a la zona de einterés, aproximadamente 2 kilómetros aguas abajo, que posteriormente se procesó estadísticamente mediante distribuciones en el programa Hydroesta.

El objetivo de la presente investigación es diseñar el muro de contención y enrocado como defensas ribereñas en la zona de Batasol en Chosica-Lima, para menguar los posibles riesgos ante el desborde del río Rímac, por lo tanto se tiene una finalidad humanista porque se busca el beneficio y protección de los bienes materiales y sobre todo de las personas asentadas en zonas vulnerables. Para lograr el objetivo principal se desarrolló una serie de procedimientos relacionados a la geografía, parámetros estadísticos y diseño estructural, que se presentan en esta tesis.

Palabras claves: hidrología, caudales, muro de contención.

ABSTRACT

The objective of this research is to defend the defenses using the field information, such as the topography, the characteristics of the basin in the interest, the resistant properties of the soil, and the results of the HEC-RAS 4.1 program, in order to contribute to the protection of the population in Batasol-Chosica from possible overflows of the Rímac River.

In addition, hydrological information must be recorded by the National Meteorology and Hydrology Service of Peru, to estimate the maximum water level and scour, therefore, information is collected on the flows of the Chosica hydrometric station, located near the zone of interest, approximately 2 kilometers downstream, which is then statistically processed through distributions in the Hidroesta program.

The objective of the present investigation is the retaining wall and the protection of the ribs in the area of Batasol in Chosica-Lima, to obtain more information. The benefit and protection of material goods and especially people living in vulnerable areas. To achieve the main objective, this series of data is related to geography, static parameters and structural design, and is presented in this thesis.

Keywords: hydrology, flows, retaining wall.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En la actualidad el problema de las inundaciones y desbordes de ríos, así como sus devastadores efectos son temas que involucran a la sociedad civil y los gobiernos de distintos países vulnerables por su geografía y clima, lo cual se refleja en el Reporte Mundial de Desastres de la Cruz Roja Internacional, donde alrededor del 55% de los 3600 fenómenos naturales ocurridos a nivel internacional entre los años 2002 y 2011, fueron inundaciones y deslizamientos de tierra, que causaron más de 65000 personas fallecidas y 1.1 billones de personas damnificadas con un costo estimado de 280 billones de dólares.

En América Latina, el fenómeno El Niño es uno de los eventos meteorológicos más influyente del clima a nivel global, de acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (2016) que el reciente evento El Niño en 2015 y 2016 ha sido uno de los más severos, junto a los ocurridos en 1982-83 y 1997-98. Por lo general, los gobiernos de ciertos países latinoamericanos no orientan sus acciones en totalidad para la prevención, más bien tienden a ser reactivos, por ello es de vital importancia la gestión del territorio para menguar la exposición ante desastres y ser conscientes del cambio climático.

Perú está ubicado en la zona occidental y central de América del Sur, y debido a esta ubicación geográfica, y las características del relieve y la hidrografía extensa con la que cuenta, es más propenso a distintos fenómenos naturales. Las inundaciones es una problemática recurrente ya que existe una estacionalidad de las precipitaciones marcada en la región andina, sumado a ello el fenómeno el Niño, causa el incremento de los caudales y ocasionan desbordamientos en la zonas de la costa peruana, incluyendo a la ciudad de Lima con desbordes de los ríos Rímac, Chillón y Lurín.

Una de las maneras para la reducción de la vulnerabilidad ante los devastadores efectos de los fenómenos naturales como el fenómeno de la Oscilación del Sur (ENSO), es mediante la inversión en estructuras de defensas ribereñas, tales como muros de contención y gaviones que permitan el encauzamiento de los ríos principalmente en las zonas más susceptibles a inundaciones, y más aún en uno de los distritos más afectado por los embates del río Rímac y de las quebradas que lo rodean, en referencia a Lurigancho Chosica

El recurso hídrico es de vital importancia para la vida de los seres vivos, puesto que es la fuente para el desarrollo de la agricultura y crecimiento de poblaciones, además de tener distintos usos como en la industria, minería y el sector energético. Pero así como es beneficioso, en contraposición ocurren los fenómenos naturales relacionados al agua como son los desbordes de ríos, sin embargo en muchas ocasiones esto es provocado por la imprudencia y falta de criterio de personas que se asientan en las zonas aledañas al cauce del río.

Para analizar la situación actual de la zona de estudio se debe realizar el levantamiento topográfico para conocer las características de la superficie o relieve, además se requiere de la información hidrológica de los caudales relativamente actualizada, así como archivos pertenecientes a la Carta Nacional, luego se realiza el modelamiento hidráulico que permitirá determinar la altura requerida para las defensas ribereñas.

En el caso de estudio de la presente investigación, se tiene una zona en la que se ve afectado por las avenidas máximas durante el recurrente fenómeno el Niño, causando estragos en la población de la Cooperativa Batasol, debido a que algunas partes de la ribera del río Rímac en el sector Batasol no son muy elevadas, por lo que se tiene el riesgo de un probable desborde. En ese sentido, nace el interés y motivación para la investigación con el fin de proponer defensas ribereñas en base al modelamiento hidráulico, que permitan la reducción del riesgo inminente que esta expuesta la población de la zona de estudio.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 Internacionales

Areu et al. (2019) en su artículo científico titulado “Impacto del crecimiento urbano y cambios en el uso de la tierra en peligro de inundación en Villahermosa, Tabasco (México)”, se tuvo como objetivo primordial el análisis de las causas del incremento de la frecuencia y magnitud de las inundaciones en Villahermosa así como sus efectos, considerando los aspectos de expansión urbana y cambio del uso del suelo en la cuenca hidrológica de estudio. Dicha investigación destaca la importancia de la planificación urbana futura de Villahermosa y de las obras de protección que deberán realizarse, por lo cual obtuvo las siguientes conclusiones acerca de los niveles de inundación probables para periodos de retorno de 50

y 100 años, los cuales oscilan entre 1.50 m y 1.00 m respectivamente. También, se hizo un análisis del crecimiento poblacional para el año 2050, y se estimó que el nivel podría aumentar de entre 0.30 m a 0.70 m en el caso más desfavorable, y debido a la expansión de la urbanización se generaría inundaciones que afectarían a una mayor cantidad de personas.

Mosquera (2018) en su artículo titulado “Aplicación de Microsoft Excel en el diseño de muros de contención en voladizo” con el objetivo principal de elaborar ábacos que permitan estimar costos en el diseño conceptual del proyecto en específico para muros en voladizo. Puesto a que se realizó la investigación en función de la norma colombiana para estructuras NSR-10, se pudo concluir que el cambio de valor de los factores de reducción de resistencia cortante y el aumento del factor de seguridad al deslizamiento, incrementa la exigencia para el diseño del muro de contención, afectando por supuesto en la cantidad de acero y concreto.

Khadka, Jeevika y Bhaukajee, Jagritee (2018), Universidad de Lund – Lund – Suecia, en su proyecto de investigación titulado “Simulación y modelamiento de precipitación y escorrentía utilizando modelos HEC-HMS y HEC-RAS: Caso de estudios de Nepal y Suecia” se buscó desarrollar modelos hidrológicos e hidráulicos para dos ríos, Kankai y Kävlinge, ubicados en Nepal y Suecia respectivamente, estos ríos tienen características distintas, en cuanto a su clima y la fisiografía de la zona, y también se evaluó el desempeño de los modelos elaborándose mapas de inundación empleando el programa HEC-RAS, ante distintos escenarios de inundación provocados por determinadas descargas máximas. De esta investigación se concluyó que para la cuenca del río Kävlinge la nieve tenía mayor impacto en el modelado de precipitación en caso del río Kankai, esto debido a una temperatura promedio mayor en Kankai. Por otro lado, se concluyó que las áreas que pudieran ser afectadas abarcan un total de 165 edificaciones de las comunidades adyacentes al cauce de los ríos, y 157 km² de área agrícola en riesgo. También, se determinó que la cuenca de Kankai sufriría mayores impactos ante inundaciones, puesto que los caudales son altos. Se recomendó el uso de modelo 2D para un mejor análisis de las cuencas, así como la gestión de riesgos mediante políticas preventivas y obras de defensa.

Caro y Bayona (2018), en su artículo publicado por la revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquía, con el título “Hydro-dynamic modeling for identification of flooding zones in the city of Tunja” se tuvo como objetivo principal el modelamiento de los

ríos la Vega y Jordán, que atraviesan la ciudad de Tunja para la determinación de zonas que potencialmente se inundarían, para ello se empleó programas como HEC-HMS e IBER, así como la información meteorológica de la cuenca estudiada. Se concluyó que las alcantarillas de tipo caja no fueron diseñadas considerando estudios hidrológicos, por lo que en caso de máximas descargas se producía inundación aguas arriba de la estructura existente, en este sentido, el modelo hidráulico elaborado por los investigadores facilitó identificar áreas inundables y así plantear medidas de mitigación de riesgo.

Olasunkanmi y Dan'azumi (2018) en el artículo titulado "Mapeado de peligro de inundación de la cuenca del río Zungur usando GIS y modelos HEC-RAS" se tuvo el objetivo la elaboración de mapa de inundación para lo cual se requirió de información del modelo digital de elevaciones y datos de precipitación para procesarlo posteriormente en HEC-RAS. Durante el proceso de la discusión de resultados se verificó que la distribución de la información se ajustó mejor a la distribución Log Pearson Tipo III, y se pudo obtener el área de inundación para un periodo de retorno de 100 años igual a 205.32 km² y una profundidad máxima de inundación de la cuenca de 7.37 m. Se concluyó que la realización de investigaciones mediante el uso de herramientas GIS y del programa HEC-RAS permite el mapeo de áreas críticas ante de desbordes, para lo cual se requiere de la información topográfica de la zona de estudio para mayor precisión.

Díaz, Guacaneme y Alonso (2017), Universidad Católica de Colombia – Bogotá D.C. – Colombia, en su estudio titulado "Estimación de caudales máximos para el sector hidrológico de la quebrada El Diamante, mediante modelación con HEC-HMS" tuvo como objetivo principal la estimación de los caudales máximos de la quebrada el Diamante, teniendo como información de entrada los parámetros morfométricos, curva de intensidad – duración – frecuencia y el número de curva. Las conclusiones de la investigación fueron que la quebrada el Diamante tiene un área de 17.28 km², así como una pendiente de 46.71%, de acuerdo a los resultados se dedujo que la cuenca se encuentra en madurez, ya que posee mayor proceso de erosión en la parte más alta.

Azazkham, Vadher y Agnihotri (2017) en el artículo científico titulado "Modelamiento de inundaciones en el río utilizando GIS, HEC-GeoRAS y HEC-RAS para el río Puma, distrito de Navsati, Gujarat, India" se tuvo como objetivo demostrar y presentar el procedimiento

para realizar modelos de inundaciones empleando programas de hidráulica, e hidrología, se describió los procedimientos detallados para aportar a la ciencia y el conocimiento de estudiantes y especialistas. Dicha investigación concluyó que la utilidad de ArcGIS y HEC-RAS de manera conjunta es de valiosa relevancia para determinar zonas inundables y analizar los niveles de agua en las secciones transversales del río analizado.

Ramos y Pacheco (2017), en el artículo con título “Análisis hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Frio, municipios de Ciénaga y zona bananera, departamento del Magdalena” se plantearon como objetivo analizar la situación hidrológica e hidráulica en municipio de Zona Bananera, puesto a que se han presentado inundaciones severas en los últimos años, y posterior a ello, modelaron mediante el HEC-RAS el comportamiento hidráulico del río en estudio. Finalmente se pudo obtener las siguientes conclusiones: el nivel de lámina de agua supera los bordes de los cortes transversales del cauce para la modelación hidráulica incluso para un período de retorno de 2 años, y se mencionaron en que puntos del cauce del río se presentaba mayor socavación, con la finalidad de proponer obras hidráulicas de protección.

Vega, Lavado y Felipe (2017), en su artículo titulado “Evaluación de cambios hidrológicos en un sistema fluvial regular durante los últimos 90 años en la cuenca Rímac” se tuvo como objetivo principal el análisis del cambio hidrológico, para lo cual se empleó información de precipitaciones, de proyectos de regulación y desviación hidráulica construidos a partir de la década de 1960. Adicionalmente, se empleó métodos de alteración hidrológica para la cuantificación del cambio hidrológica de la cuenca del río Rímac, separando dos periodos, el primero comprendido entre los años 1920 y 1960 (periodo natural), el otro de 1961 a 2012 (periodo alterado). En cuanto a las conclusiones, se expone que los flujos mínimos aumentaron un 35% y los flujos máximos disminuyeron en un 29%, por lo cual se vio beneficiado el desarrollo de las actividades antrópicas en los años posteriores a la ejecución de obras hidráulicas de captación y almacenamiento.

Ramírez (2017), en su artículo de investigación titulado “Entendiendo El Niño Costero de 2017: El problema de la definición y los desafíos de las predicciones climáticas y las respuestas a los desastres” cuyo objetivo fue identificar lecciones para la reducción de riesgo de desastres y la planificación del desarrollo sostenible a largo plazo para desarrollar resiliencia en la sociedad. Se pudo analizar que a pesar de que hay un sistema de monitoreo

en la cuenca del océano Pacífico, no hubo una advertencia ante las amenazas climáticas, y explica que en el Perú se monitorea estos fenómenos mediante el “Índice Costero El Niño” que El Niño está definido por anomalías de temperaturas mayores a 0.40°C durante tres meses consecutivos y La Niña se da en caso de la variación de temperatura menor a -1.0°C , en el mismo periodo de tiempo. Sin embargo, el ICEN no es preciso para la estimación de la magnitud del fenómeno El Niño, puesto a que se calificó como un fenómeno débil pero existió fuertes variaciones de temperatura en la costa por lo que no se pudo identificar tempranamente el fenómeno costero del año 2017.

Wu et al. (2016), en su artículo de investigación titulado “Peligros hidrometeorológicos: Monitoreo, pronóstico, evaluación de riesgos y respuestas socioeconómicas” expone como la aceleración del ciclo del agua a nivel mundial y el crecimiento población incrementa el riesgo de inundación, así como las herramientas para monitorear mediante información satelital de la precipitación compilada en un determinado periodo de años, para el desarrollo de un modelo hidrológico, que permita estimar las zonas inundables y tomar medidas preventivas en dichas áreas vulnerables.

Yamani et al. (2016) en este artículo que tiene como título “Mapeo de la vulnerabilidad de la zona inundable en la región árida, Caso de estudio: área de Ghardaïa – Algeria, el objetivo principal del trabajo desarrollado fue mapear la vulnerabilidad ante inundaciones en la región Oued M’zabrefion Ghardaïa, para así generar un modelo que permita predecir situaciones extremas, y a la vez elaborar planos de desborde debido a las descargas máximas. Entre sus conclusiones, sugiere que para la simulación hidráulica con HEC-RAS es de vital importancia tener los estudios de topografía e hidrometeorología de la zona de estudio, para evaluar las posibles situaciones de inundación.

Moya, et al. (2016) en el artículo que tiene como título “Aplicación de simulación numérica 2D para el análisis de inundaciones en la amazonía boliviana en febrero de 2014: Aplicando el HEC-RAS versión 5” se tuvo como objetivo el análisis de la inundación ocurrida en febrero de 2014 en Llanos de Moxos usando la herramienta 2D de HEC-RAS, dicho evento hidrológico fue realizado con la información de los caudales diarios del río Mamore, con la finalidad de hallar la profundidad de inundación así como la extensión inundable. Entre las conclusiones que se obtuvieron figuran la importancia de la aplicación de herramientas como

el HEC-RAS para estudios de inundaciones y brindaron los resultados de la simulación muestran un desempeño parecido al registro de imágenes satelitales de las inundaciones en la zona de estudio, y también exponen que el margen izquierdo del río Mamore es más peligroso, debido a que tiene mayor extensión, profundidad y duración de inundación, en el otro margen del río se encuentran las ciudades de Trinidad y San Javier donde se pudo identificar dos lugares de desborde del río Mamore, el primero se encuentra a 32 km de Trinidad y el otro a 10 km del suroeste del lugar anteriormente mencionado.

González y Romo (2014) en el artículo científico “Empuje dinámico en estructuras de retención con inclusión compresible” se tuvo el objetivo de analizar experimentalmente prototipos de estructuras de contención de 0.20 m de altura, con material granular que fueron sometido a movimientos senoidales en mesa vibradora, por lo que durante los cálculos y análisis de resultados se empleó el método de Mononobe – Okabe para la determinación de la presión dinámica, y pudo concluir que el uso de poliestireno expandido como inclusión compresible puede reducir los efectos de los empujes debido al suelo de relleno.

Martínez (2013), Universidad de Alicante – España, en el artículo titulado “Análisis del riesgo de inundación en Motilla del Palancar (Cuenca, España)” se tuvo el objetivo fue diagnosticar la situación en ese momento del riesgo ante las inundaciones para el casco urbano de dicha localidad, puesto que no se tenía antecedentes de estudios de riesgo anteriores que indicarán las zonas inundables ante caudales máximos, y así tomar medidas que minimizarán el riesgo de inundación. En cuanto a las conclusiones se pudo resumir que el grado de riesgo de inundación en Motilla es significativo, en la cercanía del cauce del Riato existen viviendas, ferias y mercados, esto expone la vida y seguridad de la población por lo que se recomienda que las autoridades aprueben normativas que limiten la edificación en la franja marginal y en zonas de alta vulnerabilidad ante inundaciones.

Bury, et al. (2013), en el artículo titulado “Nuevas geografías de agua y cambio climático en Perú: transformaciones naturales y sociales acopladas en la cuenca del río Santa” se tuvo el objetivo principal de estudiar la influencia de las demandas hídricas de la población en los modelos hidrológicos específicamente en la cuenca del río Santa, considerando la variación de los glaciares de la Cordillera de los Andes. Se recopiló información de caudales mediante un prototipo elaborado por los investigadores, se consideró aspectos como la minería y el

uso del agua potable. Dicha investigación concluyó que la recesión glaciaria de la Cordillera Blanca se está acelerando, esto sustentado en que muchos de los afluentes del río Santa han pasado por transición crítica en cuanto al rendimiento hídrico y por lo tanto hoy tienen caudales menores, y advierten que si los glaciares desaparecieran los caudales durante la estación seca se reduciría un 30% por lo que se produciría una escasez hídrica, así como la alteración de la biodiversidad en la cuenca del río Santa.

Afanador, Sanjuán y Medina (2012) en el artículo de investigación titulado “Diseño sísmico de muros de contención en gravedad y voladizo” se tuvo como objetivo principal analizar el costo de muro de gravedad y muros de contención en función del análisis sísmico mediante el método de Monobe Okabe. Finalmente, se pudo aportar a la ingeniería para la evaluación económica de viabilidad mediante la obtención de fórmulas exponenciales que relacionan el precio del concreto y del acero con la altura del muro para diseñar, para distintas zonas sísmicas en función de la aceleración sísmica.

García y Conesa (2011) en su artículo científico titulado “Estimación de caudales de avenidas y delimitación de áreas inundables mediante métodos hidrométricos e hidráulicos y técnicas S.I.G., estudio aplicado al litoral sur de la región de Murcia” se tuvo la finalidad de combinar modelos hidrológicos e hidráulicos empleando técnicas de información geográfica. Se concluyó que es de vital importancia obtener los datos de la cuenca, del suelo y las secciones transversales, para que sean ingresados en el programa de la modelación hidráulica.

1.2.2 Nacionales

Ponte (2018), Universidad César Vallejo – Huaráz – Perú, en su tesis titulada “Defensa ribereña con gaviones y la estabilidad del talud en el Río Chillón – Asociación de Vivienda Valle Chillón – Distrito de Puente Piedra, 2017”, se tuvo como finalidad determinar cómo el diseño de gaviones influye en la estabilidad del talud en el río Chillón, considerando los aspectos del suelo y de los costos de la defensa ribereña. Se concluyó que las características del suelo era importante con una capacidad portante igual a 3.48 kg/cm^2 , y que material propio no era adecuado para los gaviones, además menciona que el enrocado cuesta un 22.22% más que la otra propuesta de gaviones.

Sarango et al. (2017), en el artículo titulado “Estudio de máximas avenidas para la protección de zonas de posible inundación ubicada en el tramo La Oroya – 40 km aguas abajo Cuenca del Río Mantaro” se tuvo como objetivo principal estimar los caudales máximos para diseño de obras hidráulicas, mediante el análisis estadístico de la información de las estaciones pluviométricas cercanas a la zona de estudio en la Oroya. De la investigación realizada por los autores se concluyó que es de vital importancia la confiabilidad de la información hidrométrica, topográfica y de la cartografía, además que al someter los caudales a la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov se obtuvo que la distribución normal se ajusta mejor a los datos, se obtuvo un caudal de 805.82 m³/s para un periodo de retorno de 100 años.

Soto (2017), Universidad Nacional de Cajamarca – Cajamarca – Perú, en su tesis titulada “Modelamiento hidráulico y diseño de defensas ribereñas del río Amojú, localidad el Parral – Jaén - Cajamarca” se planteó como objetivo principal determinar el riesgo de inundación en la localidad el Parral debido al río Amojú, para ello se consideró objetivos específicos tales como, realizar el estudio hidrológico, modelado hidráulico, determinación del sector inundables y propuesta de defensa ribereña, la cuál analiza símicamente mayorando el empuje activo por 1.12. En las conclusiones se expone que el sector el Parral presentó un nivel de riesgo alto ante inundaciones con un porcentaje de 79.2% de vulnerabilidad, el porcentaje de riesgo de 79.2% y se estima una afectación económica estimada de S/ 784,998.49 soles.

Benito (2016), en su artículo científico titulado “Aplicación del HEC-RAS, como herramienta en la gestión de riesgo de inundaciones – Tramo urbano de la ciudad de Ica” tiene como objetivo principal el uso del modelamiento numérico del HEC-RAS para evaluar la situación de vulnerabilidad de la zona urbana ante las posibles inundaciones entre los puentes Socorro y los Maestros, con la finalidad de tomar medidas para mitigar las consecuencias en la población. De la investigación realizada se pudo concluir que el caudal para un periodo de retorno de 50 años tiene la probabilidad de 68.18% de inundación en ambos márgenes del río, además que el mapa ante inundaciones es de vital ayuda para las autoridades para establecer algún sistema de alerta temprana.

Parillo (2014), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna – Perú, en su tesis titulada “Modelamiento hidrológico usando HEC-HMS para proyectar defensas contra avenidas en la localidad de Borogueña - Tacna” se estableció como objetivo general la elaboración de un modelo hidrológico para la determinación de caudales de diseño y así realizar la proyección de las estructuras de protección ante inundaciones para controlar la erosión de las quebradas de la localidad de Borogueña, para lo cual se empleó el programa HEC-HMS para los hidrogramas de descargas. Se pudo concluir que existe una alta capacidad erosiva en la zona de estudio y que las estructuras más recomendables para la protección ante máximas avenidas y el control de la erosión, son zanjas de infiltración, terrazas de formación lenta, 182 diques de control de cárcavas en las siete quebradas estudiadas, así como la plantación de arbustos.

Astorayme et al. (2015), en el artículo científico titulado “Modelización hidrológica con un enfoque semidistribuido en la cuenca del río Chillón, Perú” se tuvo como objetivo primordial analizar comparativamente distintos modelos hidrológicos de la cuenca del río Chillón, para ello se tuvo que delimitar la cuenca de 1253 km² y subdivirla en 25 subcuencas que se analizarán mediante la información de caudales registrados aplicando criterios estadísticos para hallar caudales en época de estiaje y avenidas máximas. Esta investigación tuvo conclusiones que los modelos Sacramento Soil Moisture Accounting y Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning ofrecen mejores resultados de descargas máximas, cumpliéndose ciertos parámetros de eficiencia como Nash y Nash-In.

Vega et al. (2015), en el artículo denominado “Simulación y caracterización del régimen natural de descargas diarias en los andes del sur del Perú: región de Apurímac y Cusco” se tuvo como finalidad principal de elaborar modelos PREVAH para 5 cuencas ubicadas entre el Cusco y Apurímac para simular los caudales diarios y corroborar los caudales proporcionados por SENAMHI mediante la calibración del modelo. Las conclusiones que pudo aportarse con la investigación realizada fue que el modelo PREVAH estima los caudales medios bastante cercano a los reales registrados para las cuencas estudiadas, además sostiene que representa de manera fiable el comportamiento hidrológico en las zonas de montañas.

Valdivia (2014), Universidad Nacional de Cajamarca – Cajamarca – Perú, en su tesis titulada “Determinación del área de inundación por máxima avenida de la quebrada Amojú, en la zona urbana de la ciudad de Jaén - Cajamarca” se tuvo como objetivo general determinar el área inundables en la zona urbana de Jaén para una máxima avenida en la quebrada de Amojú. Se concluyó que el área de inundación para un periodo de retorno de 10 años es de 202,805.20 m², y para un extremo de tiempo de retorno de 200 años, el caudal máximo sería de 365.71 m³/s y un área de inundación de 340,000.87 m².

Mochica (2013), Universidad Nacional del Altiplano Puno – Puno – Perú, en su trabajo de investigación titulado “Análisis de máximas avenidas con fines de diseño de defensa del río Chichanaco de la ciudad de Sandía”, se consideró los siguientes objetivos: realizar el análisis de máximas descargas con la finalidad de diseñar defensas ribereñas en el río de Chichanaco, aplicar modelos probabilísticos para estimar los máximos caudales y proporcionar información para proyectos de defensa ribereña. Se concluyó que para el análisis de las avenidas máximas dentro de la microcuenca estudiada se adapta mejor la distribución de probabilidad de la precipitación máxima de 24 horas, mediante la Lognormal 3 (Limani, Tambopata, Crucero, Cuyo Cuyo y Ananea) y la Log Pearson tipo III (para las estación Sina), de acuerdo a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov.

Rocha (2011), en el artículo indexado en la revista del Colegio de Ingenieros del Perú, titulado “El binomio río – ciudad y la difícil relación entre el río Rímac y los centros urbanos que atraviesa”, expone que los problemas debido a la expansión urbana y los fenómenos naturales como desborde del río Rímac afectan gravemente a la población limeña, por lo cual se debe elaborar un plan de acción que pueda dar tratamiento al río de manera integral. Además menciona que el río Rímac, tiene descargas variables significativos en el tiempo de acuerdo a la estación, estiaje o de máxima avenida en caso se presentará el Fenómeno el Niño, y también expresa que en la zona de Chosica el cauce se ha estrechado puesto que incluso hay viviendas al borde del mismo río, lo cual reduce la capacidad de cauce natural del río para inundación.

Villacorta, et al. (2019), en su artículo de investigación indexado titulado “Evolución geomorfológica de los abanicos aluviales del río Rímac, Lima, Perú” se tuvo como objetivo el estudio descriptivo de la contribución de sedimentos del río Rímac y la formación de

abánicos aluviales, y como el cambio climático a influenciado a través del tiempo. Esta investigación buscó que mediante la comprensión de la evolución geomorfológica se puede reducir y prevenir los efectos de potenciales desastres causados por procesos naturales que afectan a centenares de personas en la zona perteneciente a la cuenca del río Rímac.

Gutierrez (2018), Universidad César Vallejo, en su tesis de fin de carrera titulada “Propuesta de defensa ribereña desde el puente de Piedra hasta el puente Auqui, en el distrito de Independencia, Huaráz – 2017” tuvo como objetivo realizar un diseño hidráulico de defensa ribereña desde el puente de Piedra al puente Auqui, dicho objetivo general fue apoyado por los objetivos específicos que tuvo como es la determinación del caudal de diseño, caracterización de la cuenca de estudio, y análisis de vulnerabilidad. Se concluyó que los parámetros hidráulicos y la información topográfica le permitió definir la altura de del muro gavión, además se presentó la información de las características de la cuenca que fue estudiada.

Velásquez (2011), en el artículo científico titulado “Hidrología del río Rímac” publicado en la revista del Capítulo de Ingenieros del Perú, se expone que para la determinar el caudal de diseño para alguna estructura, se debe definir el riesgo de falla, el tiempo de vida y periodo de retorno. Además, sostiene que con la finalidad de cumplir con los requerimiento del agua potables adecuado, se debería aumentar el caudal mínimo, de ese modo se permita restablecer características ecológicas y sanitarias que beneficien a la población de influencia del río Rímac

Romero, Guadalupe y Blas (2010), en el artículo científico titulado “Estimado de descargas máximas en la microcuenca de Huaycoloro (Huachipa, Lima), se tiene como finalidad de determinar los caudales máximos para periodos de retorno de 10, 50 y 200 años para el río Huaycoloro en base al método del SCS, tras el procesamiento de la información de la precipitación y la caracterización de la microcuenca de interés, se concluyó que la pendiente longitudinal del cauce en la zona de estudio era de 1 % y que los caudales estimados fueron 50.40 m³/s, 97.00 m³/s y 116.91 m³/s, para los periodos de 10, 50 y 200 años, respectivamente.

Sánchez y Laqui (2009), en el artículo que tiene como título “Predicción de caudales medios mensuales del Río Huancané utilizando modelos de redes neuronales” se tuvo el objetivo principal de predecir caudales medios en el río Huancané mediante el desarrollo de modelos predictivos basados en las redes neuronales y evaluar su desempeño. De la investigación se pudo concluir que el análisis de la información del modelo mediante las redes neuronales en comparación al modelo autorregresivo PAR (1), supera por 13% en cuanto a los coeficientes estadísticos de ajuste

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Modelamiento hidráulico

El modelamiento hidráulico es una herramienta que se logra obtener mediante programas de Sistemas de Simulación de Ríos (RAS), del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) del ejército de los Estados Unidos, así como también del sistema de información geográfico (SIG). La finalidad de la aplicación de esta herramienta es la predicción del comportamiento de la dinámica de los ríos, para prevenir las inundaciones. (Bardales, 2009, p. 102).

El programa HEC-RAS emplea las ecuaciones de la hidráulica, como es el principio de energía, en el que se explica que la altura total de la energía en el punto 1 aguas arriba, debería ser de la misma altura total de energía en el punto 2 aguas abajo sumado la pérdida de energía h_f entre ambos puntos (Sánchez, 2014, p. 26).

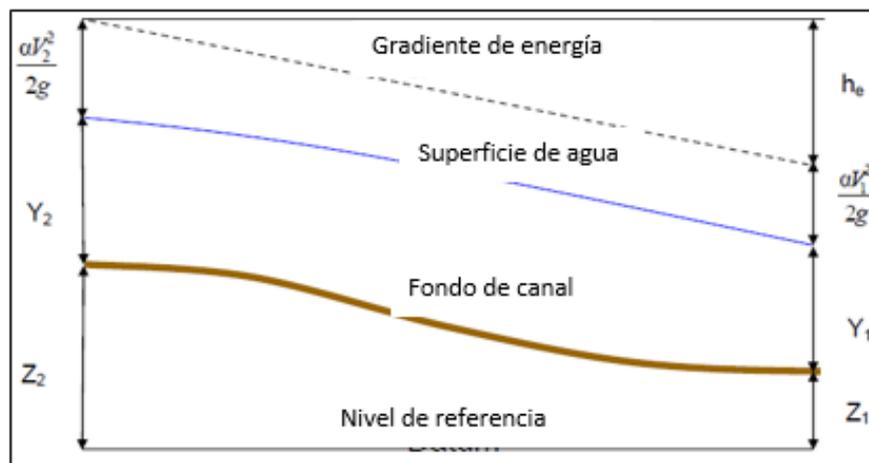


Figura 1. Representación de términos de la ecuación de energía.

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 \left(\frac{v_1^2}{2g} \right) = z_2 + y_2 + \alpha_2 \left(\frac{v_2^2}{2g} \right) + h_f$$

Donde:

z_1, z_2 : elevación de canal principal

y_1, y_2 : altura de agua en la sección transversal

v_1, v_2 : velocidad media

α_1, α_2 : coeficiente de ponderación de velocidad

g : aceleración de la gravedad

h_f : pérdida de energía

Para el cálculo aproximado de los tirantes se puede aplicar las ecuaciones de de la velocidad de Chézy y la fórmula de Manning para canales abiertos para un régimen uniforme, sin embargo es recomendable realizar estas estimaciones en el programa HEC-RAS, por la dificultad de los cálculos y la irregularidad del canal, es decir, el cauce del río. Entre los aspectos que se consideran para hacer una estimación aproximadamente son: el área del flujo, perímetro mojado, la pendiente del canal, el coeficiente de rugosidad.

La fórmula planteada por el ingeniero francés Antoine de Chézy calcula la velocidad del agua en la sección de un canal o cauce. Está definida por :

$$v = C\sqrt{R \cdot S}$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

Donde:

v : velocidad del agua (m/s)

C : coeficiente de Manning aplicado en la fórmula de Chézy.

R : radio hidráulico (sección/perímetro mojado) en (m).

S : pendiente (m/m)

n : coeficiente de rugosidad.

Luego, se tiene que sustituir el valor C en la fórmula de Chézy, dando como resultado la siguiente fórmula:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S}$$

Para la evaluación o estimación de la altura se hace una correlación con la expresión $Q = A \cdot V$ en la fórmula de Manning, obteniéndose:

$$\text{Área} = \frac{Q}{\frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S}}$$

Mediante esta forma se puede calcular el tirante de agua estimando previamente el ancho medio de superficie de agua, en muchos casos se simula la sección como si fuera un rectángulo.

Cuenca hidrológica

Se entiende como cuenca de drenaje de una corriente, al área en la cual las aguas provenientes de la precipitaciones se unen y forman un solo curso de agua, que es registrado los caudales por las estaciones pluviométricas. Una cuenca puede ser clasificada por su tamaño en cuenca pequeña de un área inferior a 250 km² y grande para cuencas de área superior a 250 km² (Villón, 2011).

Desde la óptica del punto de salida de la cuenca se puede clasificar en dos tipos: endorreicas y exorreicas. En la primera el punto de salida se encuentra dentro del límite de la cuenca, en general es un lago; y en contraposición, la segunda, se halla en el límite de la cuenca y termina en otra corriente o en el mar (Aparicio, 2016)

Caracterización de una cuenca hidrológica

La caracterización de una cuenca se refiere a la revisión de los parámetros representativos en cuanto a su geomorfología, para entender la situación y características de dicha cuenca.

Área y perímetro de la cuenca

La demarcación de la cuenca, es el primer paso a seguir para la obtención del área y perímetro de dicha cuenca en estudio, el área esta definido por el total de área proyectada sobre un plano horizontal y el perímetro viene a ser el borde de la forma que tiene la cuenca en su proyección en planta, por lo general tienen formas irregulares (Villón, 2011, p. 32)

Coefficiente de compacidad

Este parámetro define la relación entre el perímetro de una circunferencia con la misma área y el perímetro de la cuenca. De acuerdo al valor del coeficiente de Gravelious, se puede analizar la cuenca por ejemplo, si K es igual que 1, la cuenca es de forma circular, y en general se espera que las cuencas alargadas tengan un valor de K mayor a 1, lo que indica que se reduce las probabilidades de que sean cubiertas completamente por una tormenta (Villón, 2011, p. 42).

Factor de forma

Es el índice que relaciona el ancho promedio de la cuenca y su longitud, suponiendo la cuenca en forma rectangular. Al analizar la fórmula se entiende que si el valor del factor de forma es alto se deduce que tiene mayor posibilidad de tener una tormenta intensa, y si fuera el valor del factor de forma menor se tiene menor tendencia a concentrar las intensidades de lluvias (Villón, 2011, p. 40).

Rectángulo equivalente

El criterio de rectángulo equivalente permite obtener la pendiente de la cuenca, para lo cual se toma el desnivel total entre la cota máxima y la mínima, sobre la longitud mayor del rectángulo equivalente. La transformación geométrica, de una forma heterogéneas natural de cualquier cuenca a una forma de rectángulo, con las mismas características de área y perímetro, por lo tanto los índices de compacidad y ciertas propiedades como la distribución de alturas son semejante entre la cuenca y su rectángulo equivalente (Villón, 2011, p.42).

Desnivel total de la cuenca

La importancia de procesar la información topográfica de la cuenca radica en que será la superficie que tendrá pendiente distintas y podría darse velocidades de flujo variables que podría incrementarse debido a la diferencia entre las cota máxima y mínima, que se considera el desnivel total de la cuenca.

Altura media y pendiente de la cuenca

La altura media es un parámetro que permite evaluar la variación de las elevaciones en la cuenca, se debe considerar las cotas máximas y mínimas para luego promediar las alturas. Para el estudio del comportamiento de recursos hídricos, como para la solución de problemas

de inundación, la pendiente del cauce es un parámetro de relevante importancia, y se considera como el cociente entre el desnivel de los extremos de los tramos, entre la longitud horizontal de dicho tramo (Breña y Jacobo, 2006, p. 35).

Caudales máximos mensuales

Los caudales máximos medio mensuales son proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), que es registrado por estaciones hidrometeorológicas ubicadas en distintos puntos de un río. La información de los gastos máximos se emplea para el cálculo posterior del caudal de diseño para estructuras hidráulicas en función a distintos periodos de retorno. Se emplea el método hidrológico para el tratamiento estadístico de los caudales registrados en el tramo de estudio del río o cercano a el, con el fin de obtener el caudal máximo en función al periodo de retorno (MTC, 2011, p.75).

Caudal de diseño

Mediante métodos estadísticos se puede estimar el caudal de diseño para un determinado periodo de retorno, para ello se requiere de la información registrada de los caudales máximos anuales, mientras el tamaño del registro sea mayor, se tendrá más aproximación al caudal de diseño. Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, para la estimación de caudales se puede usar los datos de aforo para realizar el análisis estadístico para obtener los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más próxima a la zona de interés. Los datos pueden procesar mediante distintas distribuciones, tales como normal, log normal 2 parámetro, log normal 3 parámetros, gamma 2 parámetros, gamma 3 parámetros, log pearson tipo III y gumbel además se debe garantizar que dicha distribución se ajuste óptimamente a la serie de datos. Por otro lado, se menciona que en caso no exista datos de aforo, se usará la información de la precipitación como parámetros de entrada para la estimación del caudal de diseño.

El periodo de retorno es el tiempo medio en años en que sea posible que un caudal máximo o pico de una avenida es igualado o superado por lo menos una vez cada T años. Para ello también es necesario la estimación de falla para una vida útil de la estructura de n años, es decir, se busca garantizar que no ocurra un evento que supere el caudal de diseño empleado durante los años de vida de la obra (MTC, 2011).

Las probabilidades en la ingeniería es de suma importancia puesto que se hará una proyección de un fenómeno o evento en un determinado periodo de retorno, para lo cual la obra debe cumplir con su función determinada. El periodo de retorno es la inversa de la probabilidad, desde el punto de vista de la matemática está definido como $T=1/P$. También Se puede evaluar la probabilidad de que un evento ocurra al menos una vez en n números de años sucesivos, que se conoce como falla o riesgo R (Villón, 2011, p. 243).

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

Se debe considerar la importancia de la media de los datos, y el coeficiente de frecuencia, para ello es necesario las siguientes fórmulas

$$x_T = \mu + K_T \cdot S$$
$$K_T = \frac{x_T - \mu}{S}$$

K_T : factor de frecuencia

μ : media

S : desviación estándar

x_T : valores observados

Topografía

También denominada geomática, la topografía es la ciencia que permite determinar las posiciones de puntos ubicados sobre la superficie terrestre, esta disciplina comprende los distintos métodos para la medición y compilación de la información física de la Tierra. La topografía ha sido desde tiempos remotos, como es la delimitación de los derechos de propiedad en las antiguas civilizaciones, y en la actualidad tiene una alta demanda debido a la necesidad de mapas e información espacial para distintos tipos de proyectos (Wolf, 2016, p. 1).

Parámetros hidráulicos

Entre los parámetros que se analizan para el diseño de defensa ribereña se consideran el coeficiente de rugosidad, tirante de agua, velocidad de flujo y la socavación.

Coefficiente de rugosidad

La rugosidad de una superficie viene dada por la dimensión y forma del material que conforman el perímetro mojado, que produce un efecto retardante sobre la corriente o flujo. Por lo general, cuando existen granos finos el coeficiente de rugosidad es relativamente bajo y en caso de suelos granulares dan valores más altos. Otro aspecto a considerar es que cuando el caudal y el nivel de agua aumentan, el coeficiente de rugosidad decrece. Un método para el cálculo de este importante coeficiente lo propone Cowan que relaciona distintos valores de n en función a varios aspectos tales como la forma del canal, las secciones del cauce, la vegetación, factores de corrección y condiciones de flujo. (Sánchez, 2014, p. 68).

Tabla 1. *Coefficiente de rugosidad en función al material*

Material		Coefficiente de rugosidad de Manning típico
Concreto		0.012
Fondo de grava con lados de Canales naturales	Concreto	0.020
	Piedra	0.023
	Limpios y rectos	0.030
	Limpios y curvos	0.040
	Curvos con hierbas y piscinas	0.050
Material		Coefficiente de rugosidad de Manning típico
Con matorrales y árboles		0.100
Planicies de inundación	Pastos	0.35
	Cultivos	0.40
	Hierbas y pequeños matorrales	0.050
	Matorrales densos	0.070
Árboles densos		0.100

Fuente: Ven Te Chow, Maidment y Mays (1988).

Tirante de agua

El tirante hidráulico o profundidad del flujo es la distancia vertical al nivel de agua hasta el fondo más bajo del cauce medido en la sección transversal. Su cálculo está dado en función del ancho superficial o espejo de agua y el área hidráulica (Villón, 2007, p.18).

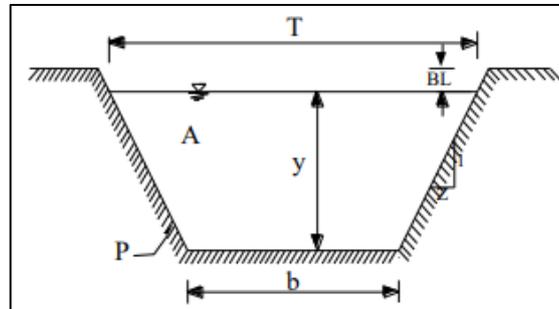


Figura 2. Elementos geométricos de un sección transversal de un canal.

Velocidad del flujo

La importancia del cálculo de la velocidad del flujo radica en que se puede realizar el análisis del tipo de flujo que tiene el cauce, además tiene influencia en la determinación del número de Froude. Debido a la irregularidad del cauce y de la fricción existentes en el perímetro mojado del cauce, las velocidades del flujo en el canal natural no son uniformes en su sección, esto puede deberse a que la rugosidad del canal incrementa la variabilidad de la curva de distribución de velocidades en un canal. La velocidad media del flujo se puede estimar dividiendo la sección del cauce o canal natural en franjas sucesivas separadas a cierta distancia y promediar velocidades en distintas profundidades en ese punto, aproximadamente entre 0.20 y 0.80 de la profundidad. (Ven Te Chow, 1994, p. 25).

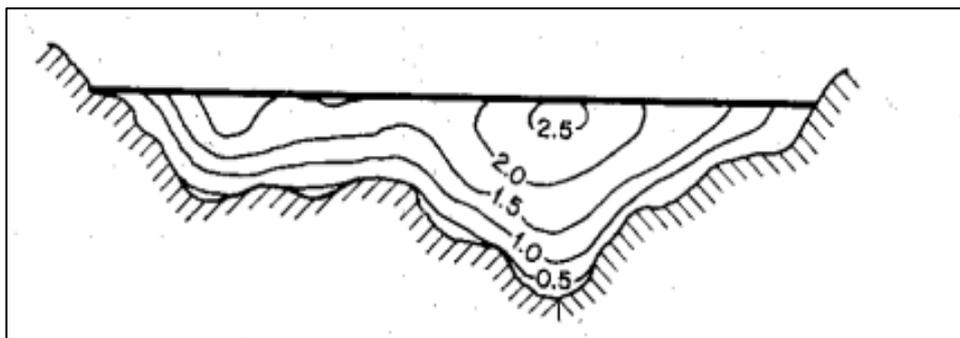


Figura 3. Canal irregular y distribución de velocidades.

El número de Froude depende de la velocidad y el tirante medio para el caso de los canales, donde el tirante medio se calcula como $\bar{y} = \text{área} / \text{ancho superficial}$. Su fórmula viene dada de la siguiente manera:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gy}} = \frac{v}{\sqrt{g \cdot A/T}}$$

Donde:

g: aceleración de la gravedad m/s².

v: velocidad media (m/s).

A: área de la sección (m²)

T: ancho superficial de agua (m)

Profundidad de socavación

Uno de los fenómenos hidrodinámicos que con mayor frecuencia causan fallas en la cimentaciones de los puentes es la socavación, este fenómeno se produce debido a descargas máximas y debido a la erosión. Con la finalidad de realizar la estimación de la socavación se considera que la máxima profundación del lecho del cauce sucede al tener una condición de transporte crítico, es decir no cabe la posibilidad de transporte aguas arriba. (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, 2011)

La erosión del cauce produce la socavación, y se puede calcular por medio de la ecuación planteada por Lischtván y Lebediev, que relaciona el diámetro característico del lecho, el tirante de agua, velocidad media y distintos factores de corrección que inciden en la profundidad que puede generarse.

1.3.2 Defensa ribereña

Las obras de protección es la infraestructura hidráulica que permite controlar las inundaciones, ya que impide que el agua salga del cauce del río, reduciéndose así la posibilidad de afectación a las poblaciones y zonas de interés. Los muros de encauzamiento se utilizan por lo general cuando hay zonas urbana o terrenos donde no hay espacio para construir otro tipo de defensa ribereña (Salas, 2014, p. 39).

Estudio de mecánica de suelos

La ejecución de proyectos de construcción exigen realizar estudios del suelo, puesto a que las bases o cimentaciones se apoyan sobre la superficie, por lo cual es de relevante importancia su estudio. De acuerdo a Terzaghi, la mecánica de suelos es la aplicación de leyes de la hidráulica y mecánica a distintos problemas de ingeniería en los que se tiene

involucrado sedimentos y varias acumulaciones no consolidadas, debido a la erosión que desintegra las rocas (Crespo, 2004, p.17).

Material	Suelto	Denso
Arena. Granos redondos y uniformes	27,5°	34°
Arena. Granos angulares y bien gradada	33°	45°
Cascajo arenoso	35°	50°
Arena limosa	27 – 33°	30 – 34°
Limo inorgánico	27 - 30°	30 – 35°

Figura 4. Ángulo de fricción interna y el peso específico de ciertos tipos de suelo.

Diseño de muro de contención

Para diseñar los muros de sostenimientos que viene a ser las estructuras que sirven para la retención de algún terreno en desnivel, se emplean para la estabilización de materiales confinados para evitar que se acomoden a su ángulo de reposo natural. Los muros pueden ser de distintos tipos: (a) muro de gravedad, (b) muro en voladizo, (c) muro con contrafuerte, (d) muro de sótanos o (e) estribos de puentes. Para el análisis sísmico de un muro de contención se puede emplear el método de Monobe-Okabe que es válido su aplicación para suelos granulares.

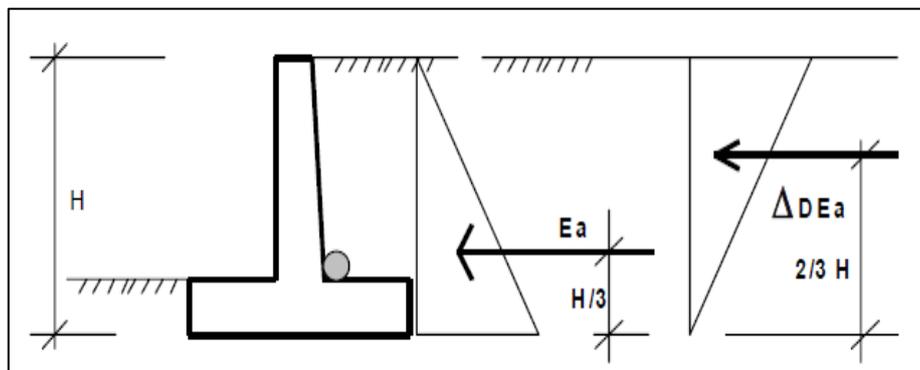


Figura 5. Empuje activo e incremento dinámico.

Entre las consideraciones para el diseño de un muro de sostenimiento se deben tener algunos aspectos importantes como las cargas que actúan sobre el muro, además se conoce que están sometidos a empuje activo y pasivo, debido al peso propio y el relleno, la fricción de la base, así como alguna sobrecarga que pudiera existir eventualmente.

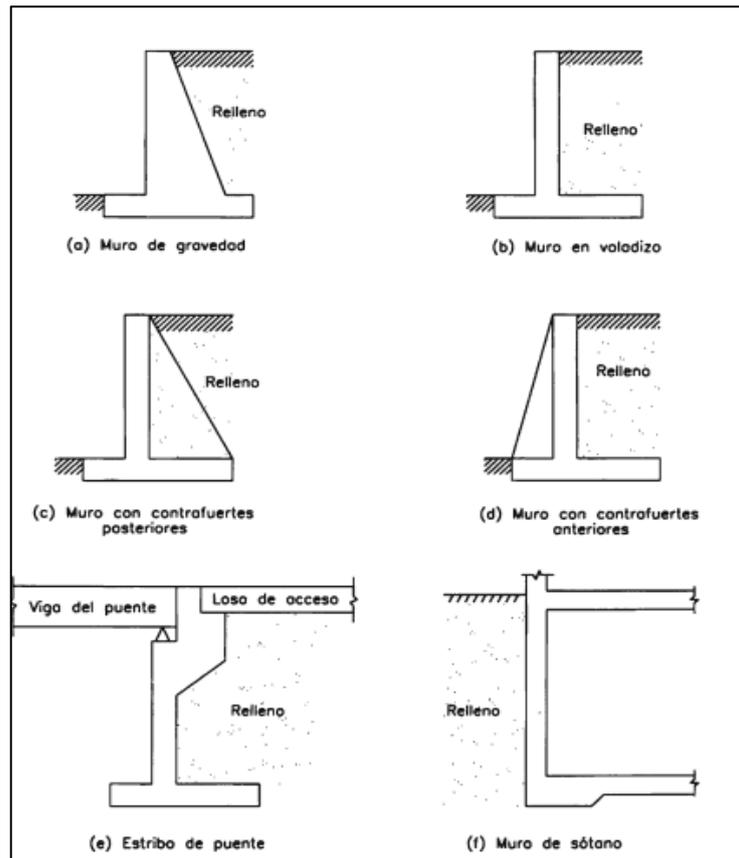


Figura 6. Tipos de muro de contención.

Empuje del suelo

Este es un parámetro importante que debe ser estimado pues es el empuje activo que se ejerce sobre el muro de contención, algunos aspectos a considerar es el tipo de suelo del relleno, su peso específico y el coeficiente de fricción de dicho material. Para ello se puede apreciar en la siguiente tabla los valores estimados para distintos tipos de suelos.

Existe tres tipos de empuje del suelo: (a) empuje activo, (b) empuje pasivo y (c) empuje en reposo. En el primer caso, el empuje activo consiste en que el muro se desplaza hacia el exterior debido a la fuerza que ejerce el suelo y se descomprime el terreno, el empuje pasivo es opuesto al primero, mientras que el empuje en reposo es el equilibrio entre los dos primeros (Harmsen, p. 363). En cuanto al sistema de drenaje se puede optar por usar geotextil o geocompuestos.

Criterios de estabilidad

Para garantizar que un muro de contención sea estable se debe cumplir que el muro no se voltee, ni se deslice, y la reacción del suelo no exceda el esfuerzo admisible del suelo,

además que el talud sea estable y el muro se desplace en conjunto con el relleno. Por lo cual se busca asegurar la estabilidad del muro mediante los factores de seguridad al volteo, dicho valor del factor FSV debe ser por lo menos 2, expresado en la siguiente fórmula:

$$F.S.V. = \frac{\sum M_R}{\sum M_A}$$

Donde:

M_R : es el momento resistente, generados por el empuje pasivo del relleno sobre la punta, debido al peso propio de la estructura.

M_A : es el momento actuante, provocado por el empuje activo del relleno y si hubiese la sobrecarga sobre el mismo.

Por otro lado, como un parámetro que garantice el deslizamiento del muro debido a las distintas fuerzas aplicadas sobre si mismo. El valor del factor de seguridad para el deslizamiento debe ser mayor a 1.5 y se resume en la siguiente fórmula:

$$F.S.D. = \frac{\sum F_R}{\sum F_A}$$

Donde:

F_R : es la suma de fuerzas resistentes, tales como el empuje pasivo y la fricción entre la base y el suelo de fundación.

F_A : es la suma de fuerzas actuantes, como es el empuje activo y suponiendo la existencia de alguna sobrecarga sobre el relleno (Harmsen, p.367).

En la norma CE.020, se establece que los parámetros de seguridad para estabilidad ante acciones sísmicas es de 1.25.

Enrocado

Durante la etapa de la construcción de un enrocado se sigue los procedimiento de preparación de la roca en cantera, selección, transporte y colocación. Algunos aspectos a considerar para la adecuada construcción es que la cantera debe estar relativamente cerca a la zona donde se busca proyectar la defensa ribereña, con la finalidad de reducir costos por flete (Terán, 1998, p. 54).

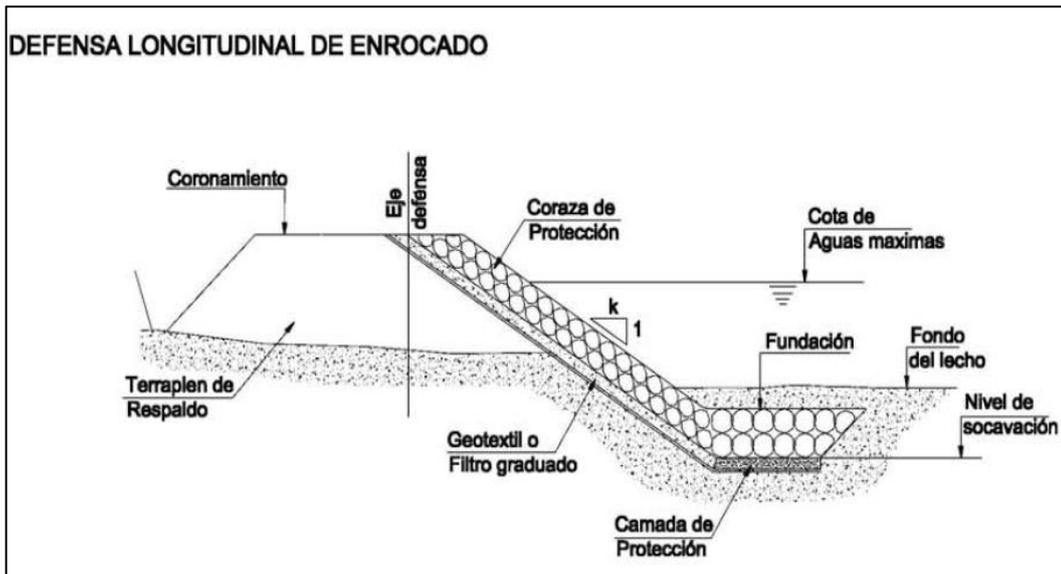


Figura 7. Elementos de un enrocado.

De acuerdo a la Administración Federal de Carreteras del Departamento de Transporte de Estados Unidos (1989), se tiene establecido la gradación o granulometría de las rocas para el enrocado, así como el peso de las rocas que se puede visualizar en la tabla siguiente:

Tabla 2. Gradación según U.S. Department of Transportation

Rango del tamaño de roca (pies)	Porcentaje de gradación Menor que
1.50 D ₅₀ a 1.70 D ₅₀	100
1.20 D ₅₀ a 1.40 D ₅₀	85
1.00 D ₅₀ a 1.15 D ₅₀	50
0.40 D ₅₀ a 0.60 D ₅₀	15

Fuente: U.S. Department of Transportation.

1.4 Formulación del problema

Debido a los máximos caudales en temporada del fenómeno El Niño en el río Rímac se producen desbordes de río lo cual afecta a la población de la Cooperativa Batasol, exponiéndose al peligro debido a la falta de defensa ribereña adecuada en la zona de estudio, por esa razón la presente investigación busca proponer defensas ribereña de una altura

adecuada para evitar el desbordamientos probables, basándose en los resultados del modelamiento en HEC-RAS.

1.4.1 Problema general

¿Qué defensa ribereña sería adecuada para la protección ante desbordes del río Rímac considerando el modelamiento hidráulico, en el sector Batasol, Chosica, 2019?

1.4.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es el caudal de diseño para defensa ribereña en el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019?
2. ¿Cómo influyen los parámetros hidráulicos en el diseño de la defensa ribereña para el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019?
3. ¿Cuáles son los parámetros para el diseño del muro de contención y enrocado como defensas ribereñas para el sector Batasol, Chosica, 2019?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Justificación práctica

Esta investigación, busca estudiar el sector de Chosica perteneciente a la cuenca del río Rímac, debido a su ubicación política y geográfica puesto que la ciudad de Lima tiene una alta densidad poblacional y urbana, lo cual implica mayor riesgo en caso de desbordes. Por lo que la problemática de los desbordes de río en la zona de la Coop. Batasol en Chosica se analizará mediante la evaluación hidrológica y simulación hidráulica para un posterior diseño de muro de contención que reduzca la probabilidad de afectación de los pobladores que viven en las zonas adyacente del río.

1.5.2 Justificación teórica

La presente investigación tiene como finalidad la revisión y estudio concienzudo de datos meteorológico e hidráulicos, así como de la superficie o topografía de la zona en estudio, para diseñar los muros de contención adecuados, considerando los preceptos del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

1.5.3 Justificación metodológica

En cuanto a lo metodológico, esta investigación está orientado a la situación de la cuenca del río Rímac en el sector de Chosica, procesar datos de precipitación y caudales máximos para el modelamiento en HEC-RAS para calcular la altura del nivel máximo de agua ante avenidas de diseño, a la vez conocer las características del suelo para la fundación del muro que es propuesto para la reducción de la vulnerabilidad ante inundaciones.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

La propuesta de defensa ribereña basada en los resultados del modelamiento hidráulico es la óptima para reducir la vulnerabilidad ante desbordes del río Rímac, en el sector Batasol, Chosica, 2019.

1.6.2 Hipótesis Específicas

1. Los caudales máximos de diseño calculados están basados en una distribución que se ajusta mejor a la serie de datos registrados.
2. Los parámetros hidráulicos estimados influyen en el diseño de la defensa ribereña para el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019.
3. El muro de contención y el enrocado pueden ser las defensas ribereñas más viables en el sector Batasol, Chosica, 2019.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Proponer el diseño de las defensa ribereña en a los resultados del modelamiento hidráulico, para el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019.

1.7.2 Objetivos específicos

1. Calcular los caudales máximos de diseño para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años, para defensa ribereña en el sector Batasol del río Rímac, Chosica.
2. Determinar los parámetros hidráulicos para realizar el diseño de la defensa ribereña en el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019.
3. Calcular los parámetros de diseño necesarios para la propuesta de muro de contención y enrocado.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

2.1.1 Método de la investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 4) afirman que el método es el conjunto de procedimientos sistematizados, cruciales y prácticos aplicados para el análisis de un fenómeno.

Debido a la problemática existente en Chosica debido a los desbordes de ríos y afectaciones de la población que se asientan en las zonas aledañas a las riberas del río Rímac, se plantea dar aportes y brindar alternativas para reducir la vulnerabilidad mediante el estudio de caudales y el diseño de defensa ribereña en el sector Batasol, por esta razón, se empleará el método científico.

2.1.2 Tipo de estudio

Martínez (2012) explica que la investigación aplicada busca dar solución a problemas prácticos, con un margen de generalización limitado. Su propósito de aportes al conocimiento es limitado (p.16).

En el presente trabajo la investigación es aplicada, porque se empleará teorías y conceptos para determinación de máximos caudales, desarrollo de gráficos resultantes de los estudios de hidrología, así como cálculos para el diseño de los muros de contención.

2.1.3 Nivel de estudio

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 80) una investigación descriptiva tiene el fin de precisar atributos y características relevantes de cualquier fenómeno que se estudie.

La información recopilada de los caudales máximos, el estudio de mecánica de suelos y del levantamiento topográfico permiten analizar las características de la zona de estudio t estudiar adecuadamente la problemática de los desbordes del río Rímac en el sector Batasol, Chosica, por lo tanto, el presente estudio es descriptivo.

2.1.4 Diseño de investigación

Por lo tanto, el presente proyecto de investigación es de diseño no experimental de corte longitudinal, ya que se analizará los datos hidrológicos para realizar la modelación hidráulica y posteriormente diseñar el muro de contención y enrocado.

$$\mathbf{M} \text{ ---} \rightarrow \mathbf{O}$$

Donde:

M: Representa la región o zona en la que se realizan los estudios del proyecto y la población beneficiaria.

O: Información recabada en la zona de estudio.

2.2 Operacionalización de variables

2.2.1 Variables

Según Arias (2012, p. 57) la variable se define como una característica o cantidad, que puede variar, y que es la razón de estudio, evaluación y control durante una investigación. Para el presente estudio se ha determinado las siguientes variables:

VI (V. Independiente): Modelamiento hidráulico

VD (V. Dependiente): Diseño de defensa ribereña

2.2.2 Operacionalización de variables

Tabla 3. *Matriz de operacionalización*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VI: Modelamiento hidráulico	El modelamiento hidráulico es una herramienta que tiene la finalidad de la aplicación de esta herramienta es la predicción del comportamiento de la dinámica de los ríos, para prevenir las inundaciones. (Manual HEC-RAS, p. 18)	La modelación hidráulica permitirá analizar parámetros hidráulicos ante caudales de diseño que permitiría el diseño de defensas ribereñas.	Cuenca	Parámetros de la caracterización
			Caudales	Caudal máximo anual
				Caudal de diseño
			Topografía	Secciones transversales
				Pendiente
			Parámetros hidráulicos	Coefficiente de Manning
				Tirantes
Velocidad				
VD: Diseño de defensa ribereña	Las obras de protección es la infraestructura hidráulica que permite controlar las inundaciones, ya que impide que el agua salga del cauce del río, reduciéndose así la posibilidad de afectación a las poblaciones y zonas de interés (Salas, 2014, p. 39).	La defensa ribereña es una obra que favorece la reducción de la vulnerabilidad ante inundaciones y salvaguarda a la población.	Estudio Mecánica de Suelos	Profundidad de socavación
				Clasificación SUCS
				Ángulo de fricción interna
			Diseño de muro de contención	Capacidad portante
				Esfuerzos del terreno
			Diseño de enrocado	Factores de seguridad al volteo y deslizamiento
				Diámetro medio
	Límites de gradación			

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Población, muestra y muestreo

2.3.1 Población

La población de acuerdo a Arias (2012, p. 81) es el conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Se encuentra definido por el problema y por los objetivos de la investigación.

Puesto que el análisis del presente estudio tiene una localización específica, busca proponer defensa ribereña en un solo sector que es vulnerable ante desbordes de río, se puede inferir que la población esta constituida por el cauce del río Rímac.

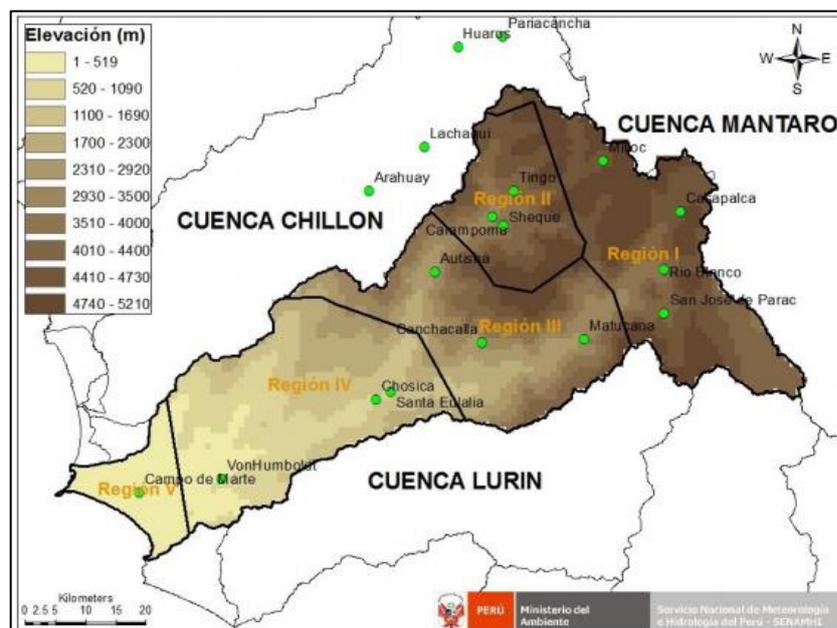


Figura 8. Plano del terreno de la cuenca del río Rímac. SENAMHI.

2.3.2 Muestra

Bernal (2010) sostiene que la muestra se define como la parte de la población que se selecciona, y de esta se obtiene información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán mediciones y observaciones de las variables objeto de estudio (p. 161).

La muestra para la presente investigación es el sector Batasol debido al riesgo que tiene la población ante desbordes del río Rímac en dicho sector.

Según Hernández et al. (2014) la muestra para un muestreo no probabilístico, es un subgrupo de la población escogida en base a las características de la investigación sin depender de la probabilidad (p. 189).

El tipo de muestreo es no probabilístico, debido a que de acuerdo al criterio del investigador se ha establecido como muestra una parte crítica del del río Rímac ante desbordes en específico el sector de Batasol – Chosica.

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

2.4.1 Técnicas de recolección de datos

Para la recopilación de datos se emplean técnicas o estrategias que son procesos interactivos entre el investigador y la muestra en estudio con el fin de conseguir información verídica y valiosa (Bisquerra et al., 2004, p. 150).

Por ello, en el presente trabajo de investigación se empleó las siguientes técnicas de recolección:

2.4.1.1 Observación directa

La observación es la examinación analítica de sucesos o fenómenos que acontecen en un determinado entorno. Se emplea para la recopilación de información empírica, debe obtenerse sin interferencias. (Martínez, 2012, p. 140)

Para la presente investigación se aplicó la *observación directa*, donde se realizó la inspección ocular de las actividades para identificar el desempeño de los trabajadores durante la ejecución las partidas, mediante el formato de carta balance, así como fichas para especificar la cuadrilla y el avance durante la jornada, adicionalmente se tomó fotografías como sustento.

2.4.2 Instrumento de recolección de datos

Una herramienta o instrumento para la recolección de la información es cualquier medio o formato que puede ser digital o en papel, que se emplea para la obtención, el registro o almacenamiento de los datos (Arias, 2006, p. 69).

Registro histórico de caudales

La obtención de los caudales se hará mediante la información recopilada por la estación Chosica en el río Rímac administrado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, que servirá para el procesamiento estadístico de los datos para obtener los caudales máximos, de vital interés para el diseño de la defensa ribereña.

Instrumentos para el levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico en la zona de estudio se empleó una estación total marca Leica FlexLine TS06 PLUS, 1 trípode para la estación, 2 prismas simples con tarjeta de puntería, brújula, 1 wincha, lapiceros y corrector, además del software Handy GPS para la georreferenciación.



Figura 9. Equipo topográfico.

Formatos de resultados de ensayos

Consiste en una serie de fichas que permite visualizar los resultados de las calicatas, que comprende los parámetros del estudio de mecánica de suelos, tales como el contenido de humedad, peso unitario del suelo, límites de consistencia, y corte directo, dicha información es obtenida de un proyecto cercano a la zona de estudio en este caso del Expediente Técnico del proyecto “Creación de servicio de protección contra inundaciones en la margen derecha del río Rímac desde el puente Milagros hasta la losa deportiva del AA.HH. Cantagallo, Distrito Lurigancho-Lima-Lima (Tramo I)” del año 2017 de la Municipalidad Distrital de Chosica.

2.4.3 Validez

La validez es la probabilidad de que un método sea capaz de obtener resultados que respondan a las preguntas formuladas en la investigación, además permite asegurar que el fenómeno en estudio este correctamente definido (Rusque, 2007, p. 136).

Los datos de los caudales máximos están validados por una entidad pública, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, por lo tanto, solo se recopiló los datos mediante su registro histórico que tienen y será procesado de acuerdo a los fines de la investigación.

Se empleará la validación en función de juicio de expertos, mediante la revisión de la matriz de validación, en el que se mencionan las variables, dimensiones e indicadores, que serán evaluadas mediante los distintos instrumentos, para ello se dará respaldo a la investigación mediante la evaluación de dicha matriz por parte de ingenieros.

2.4.4 Confiabilidad

La confiabilidad en un instrumento para la recopilación de datos, se define como la carencia de errores causales, es decir es el grado en que las medidas no son afectadas por desviaciones (Palella y Martins, 2006, p. 176).

Para dar confiabilidad al estudio realizado, se capturó fotografías del área de estudio, se recopiló información de los caudales máximos de la estación Chosica, además se hizo trabajos en campo como el levantamiento topográfico del sector en donde se busca plantear la defensa ribereña, siendo esto elementos que pueden ser revisados para garantizar la fiabilidad de la recolección de información en campo.

2.5 Procedimiento

El procedimiento a seguir para el desarrollo del proyecto de investigación es de la siguiente manera:

- a) Revisión de los caudales máximos anuales.
- b) Revisión de los Estudios de Mecánica de Suelos
- c) Levantamiento topográfico.
- d) Estimación de máximos caudales de diseño para distintos periodos de retorno.
- e) Modelamiento en HEC-RAS en función de la topografía del lugar.
- f) Diseño de muro de contención y enrocado

Cada aspecto mencionado anteriormente tiene sus indicadores correspondientes que pueden estimarse y así conseguir demostrar la rigurosidad de la investigación cuantitativa.

2.6 Método de análisis de datos

Según Caballero (2014, p. 286) el método de analizar las informaciones, se inicia con la obtención de datos aislados mediante el uso de técnicas e instrumentos de recopilación, posteriormente se establecen relaciones y se presentan en gráficos o diagramas, los cuales deben interpretarse y formular las conclusiones.

La información será procesada mediante plantillas de Excel, el programa HEC-RAS, AutoCAD, se elaboran cuadros y gráficos que resumen la información recopilada para la investigación.

Información geográfica

A continuación, se procedió a delimitar la cuenca en estudio mediante los programas de sistema de información geográfica, ArcMap, Global Mapper y ArcGIS. Para lo cual se recopiló información en archivos tipo shapefile del catálogo de metadatos de la Autoridad Nacional del Agua, que contiene información geométrica y atributos de la geografía de las cuencas hidrológicas del Perú.^{1/2}

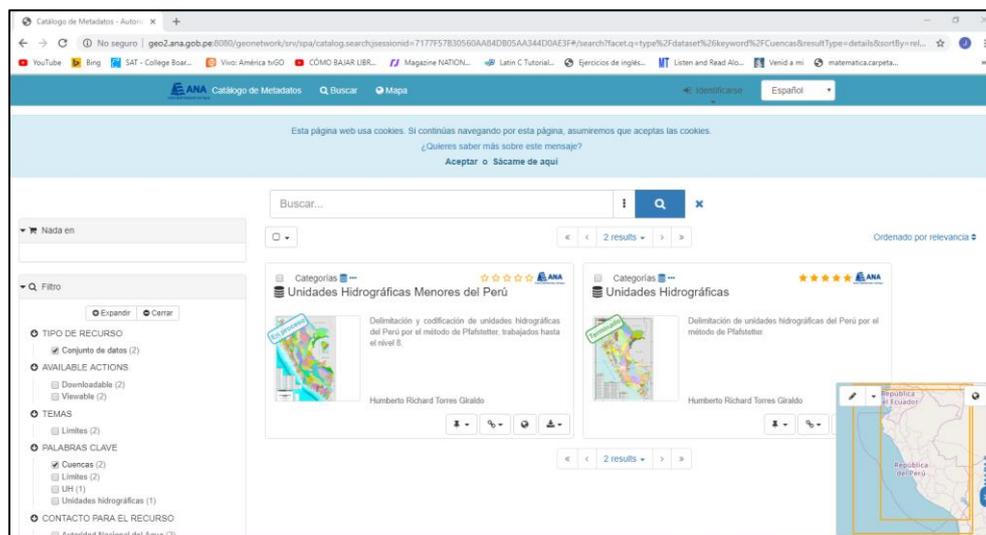


Figura 10. Metadatos de las unidades hidrológicas – Página web de ANA (2019).

Posteriormente se importa los archivos al programa ArcMap, donde se debe seleccionar exclusivamente la cuenca de interés, en esta oportunidad la cuenca del río Rímac, con la finalidad de extraer los datos en formato shapefile de dicha superficie.

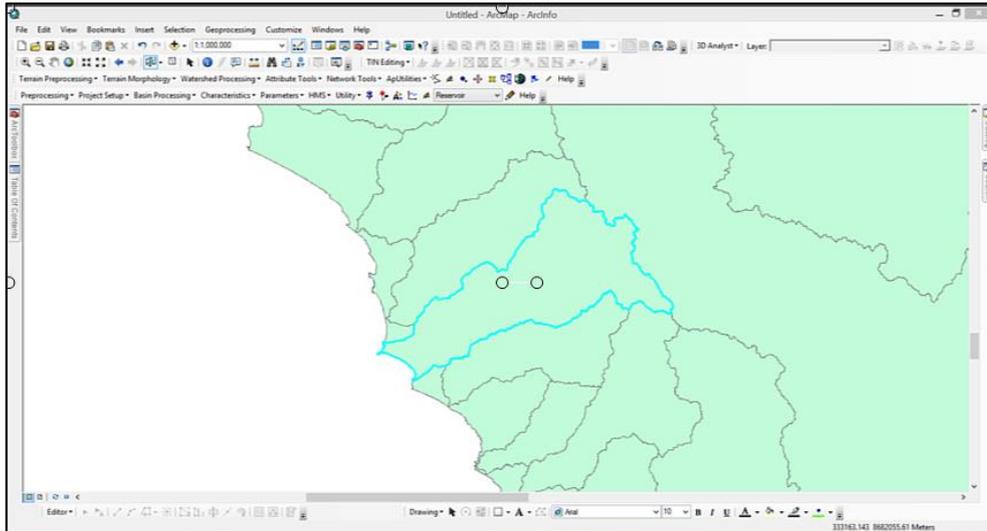


Figura 11. Datos importados al programa ArcMap.

Luego, se importa la información al programa Global Mapper, se debe verificar la configuración, en cuanto a la georreferenciación, como son la zona UTM 18 y el sistema de coordenadas geográficas mundial WGS84. Tras ello se exportó la información convirtiéndolo en un archivo tipo kmz para abrir en el programa Google Earth.

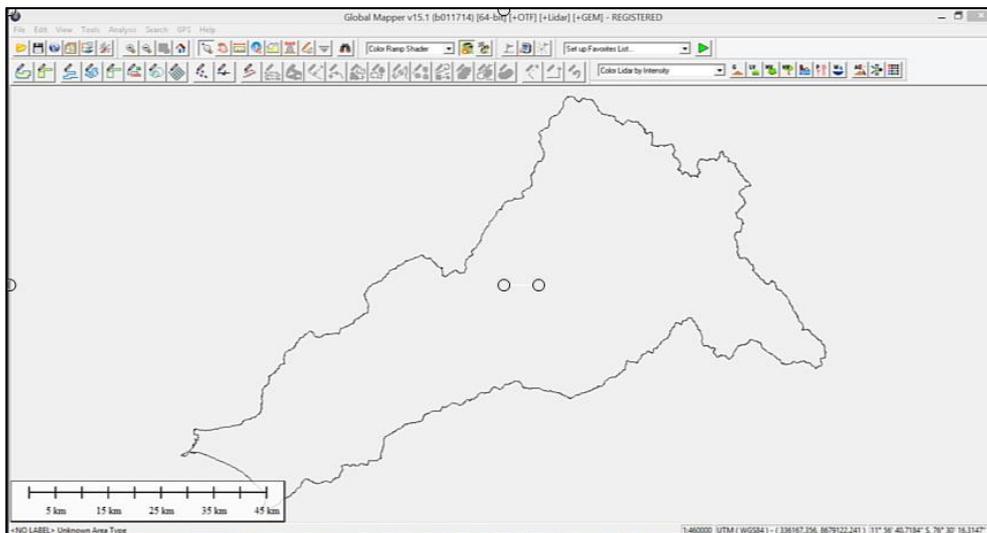


Figura 12. Vista de la cuenca del río Rímac en Global Mapper.

Ahora, en el programa Google Earth, se aprecia la ubicación de la cuenca del río Rímac, lo cual permite una mejor referenciación para la zona estudio, mediante la ubicación de puntos geográficos.



Figura 13. Cuenca del río Rímac en Google Earth.

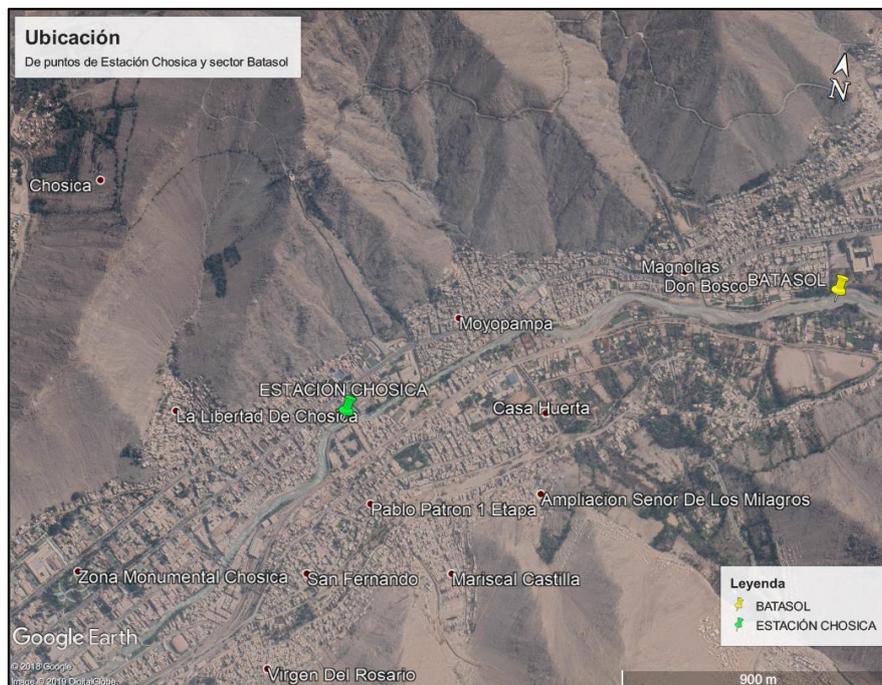


Figura 14. Ubicación de estación Chosica y zona de estudio. Google Earth.

Se consiguió información del mapa ASTER GDEM (Modelo digital de elevaciones global de ASTER), elaborado por más de 1.3 millones de fotografías recogidas por el radiómetro ASTER, que viaja a bordo del satélite TERRA, lanzado en 1999. Para el caso en estudio se descargó las siguientes cuadrantes codificados por: S11W076, S11W077, S11W078, S12W076, S12W077, S12W078, S13W076, S13W077 y S13W078.

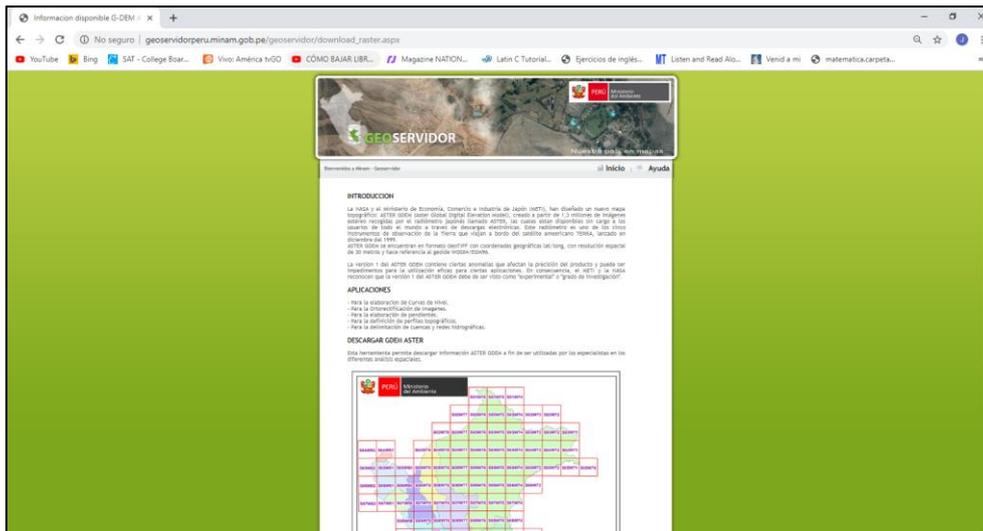


Figura 15. Página web de Geoservidor del Ministerio del Ambiente del Perú.

Dibujo de cauces en el Modelo Digital del Terreno (MDT)

Posterior a la recopilación de información de los distintos medios digitales proporcionada por las entidades públicas acerca de la geografía nacional, se realizó el procesamiento de los datos de las imágenes ASTER en el programa ArcMap

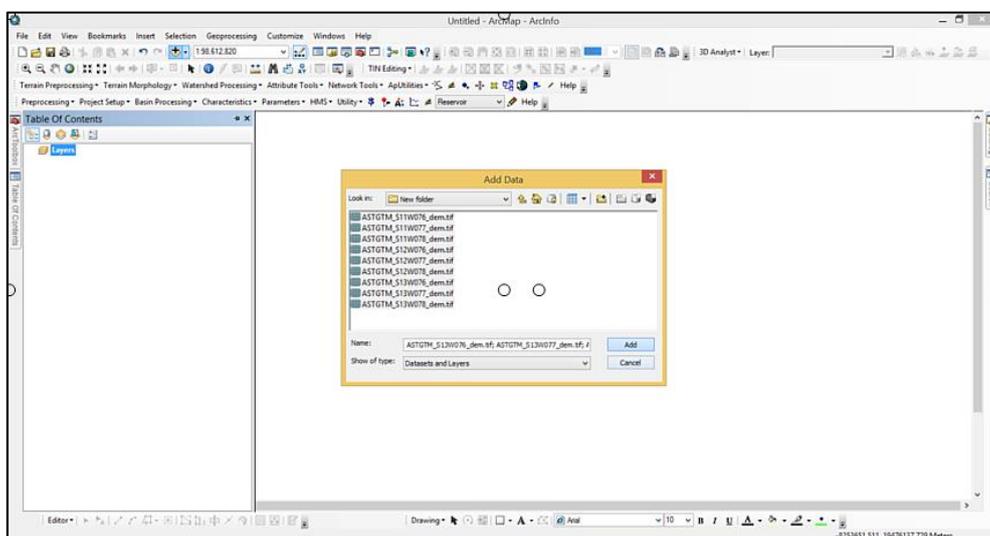


Figura 16. Importación de archivos descargados de Geoservidor.

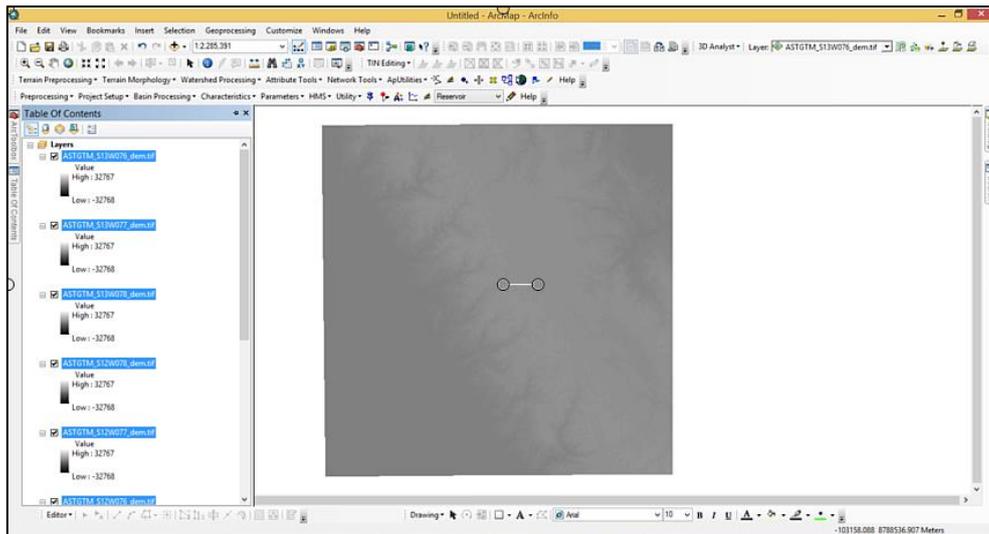


Figura 17. Formato importado de Geoservidor en ArcMap.

A continuación, se crea un archivo formato ráster que consiste en una serie de píxeles que juntos representan una imagen, diferenciándose las elevaciones mediante distintas tonalidades entre blanco y negro, obteniéndose el modelo digital de elevaciones. También, se realiza el proceso de relleno del modelo, para evitar las elevaciones negativa de las profundidades del océano, entonces se tiene ahora un rango de elevaciones desde 0 m.s.n.m. a 6322 m.s.n.m. de los cuadrantes importados del Geoservidor del MINAM.

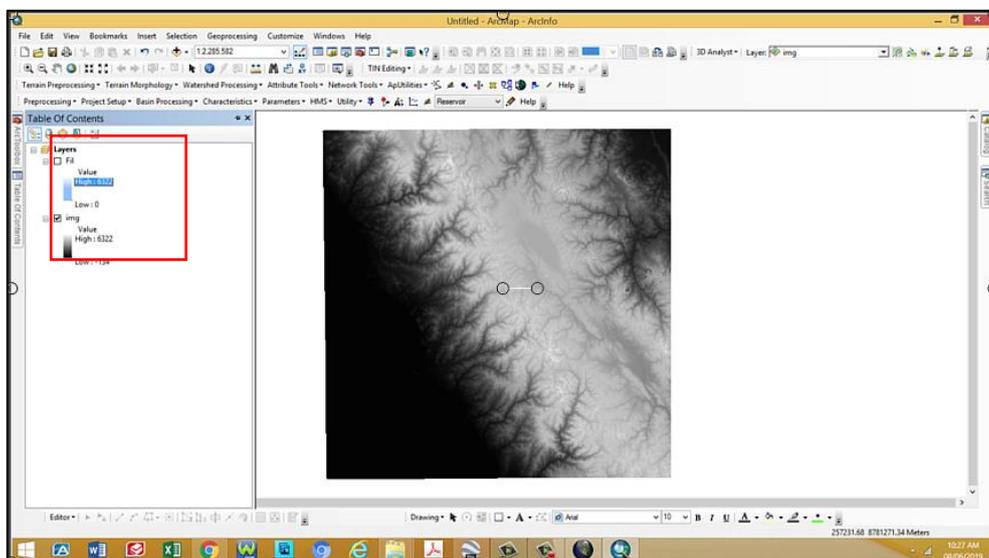


Figura 18. Formato importado de Geoservidor en ArcMap.

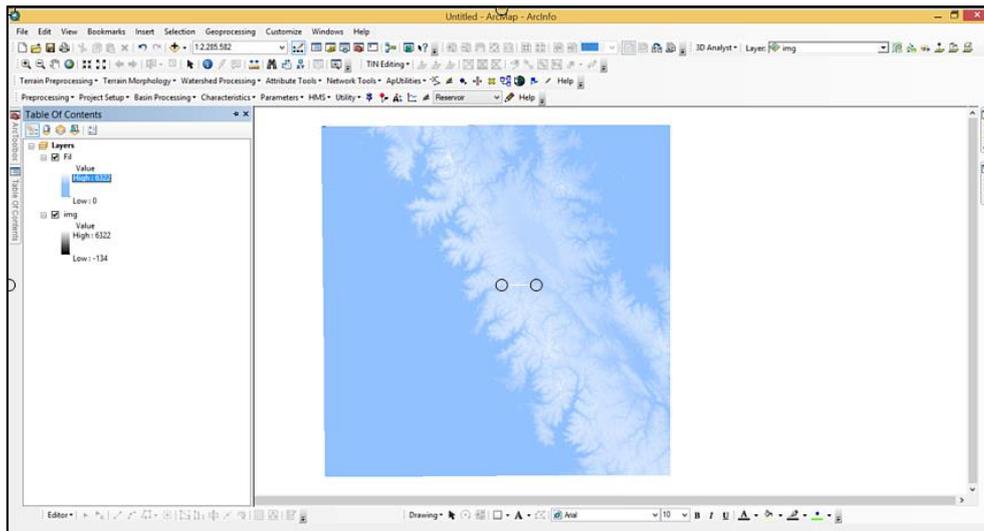


Figura 19. Imagen formato ráster con la propiedad relleno en ArcMap.

En cuanto a la definición de la dirección del flujo, el programa ArcMap emplea el modelo de flujo de 8 direcciones, la dirección que tendrá el flujo se determina en función de la caída máxima o pendiente existente entre las celdas vecinas del modelo ráster. Por lo cual el programa en cuestión toma 8 valores que indican la dirección de flujo resumiéndolo en 8 valores codificados que oscilan entre 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 128.

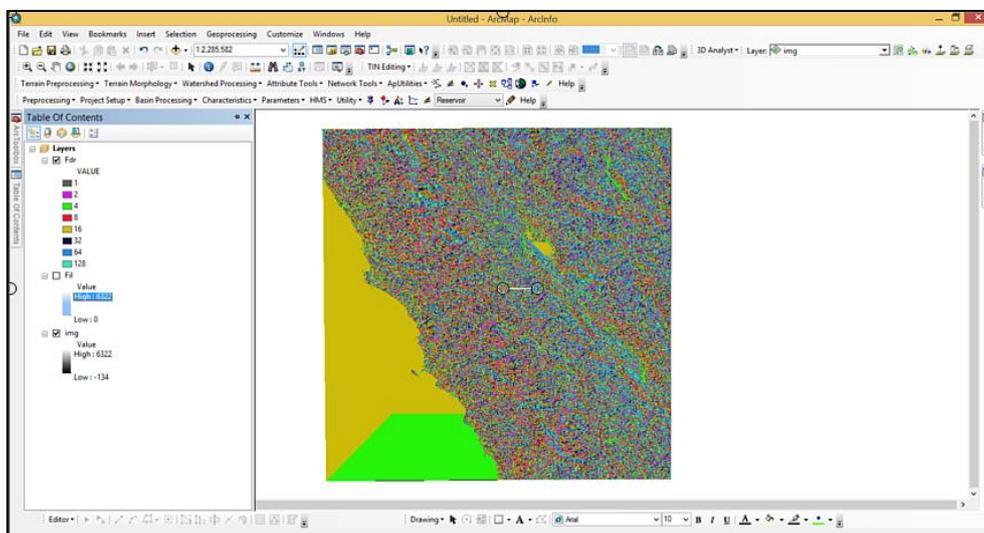


Figura 20. Dirección del flujo en ArcMap.

Utilizando la información de la dirección del flujo así como su codificación se puede obtener el ráster de flow accumulation (flujo acumulado) para cada celda, a razón de la acumulación de peso de las celdas que fluyen hacia alguna otra celda.

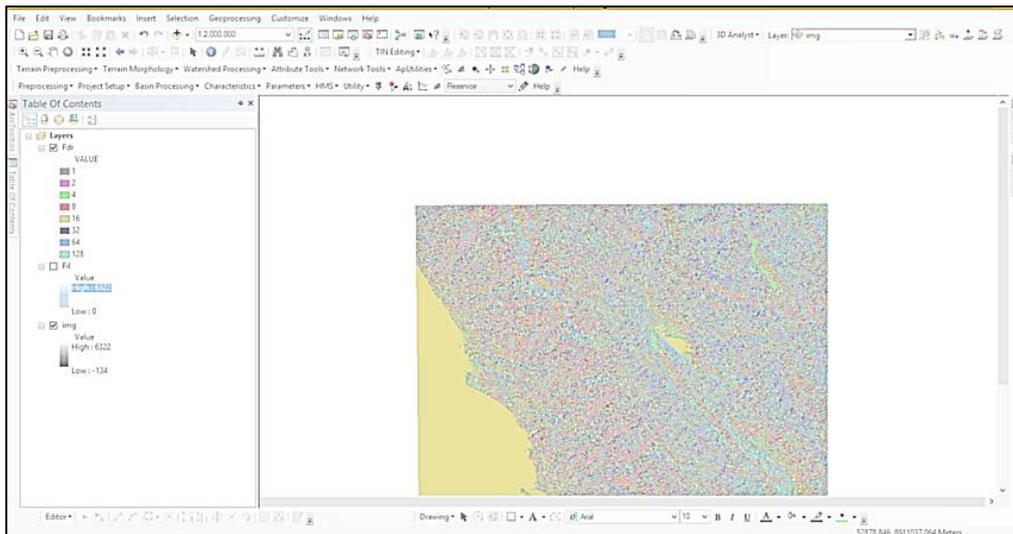


Figura 21. Acumulación del flujo en ArcMap.

El procedimiento a seguir, es la definición de la corriente (stream definition), consiste en el alineamiento de los puntos de fluidez en función de las celdas de flujo acumulado, seguidamente se realiza la vinculación de las corrientes de agua, asignando valores únicos a las distintas secciones de la red lineal del ráster en cuestión.

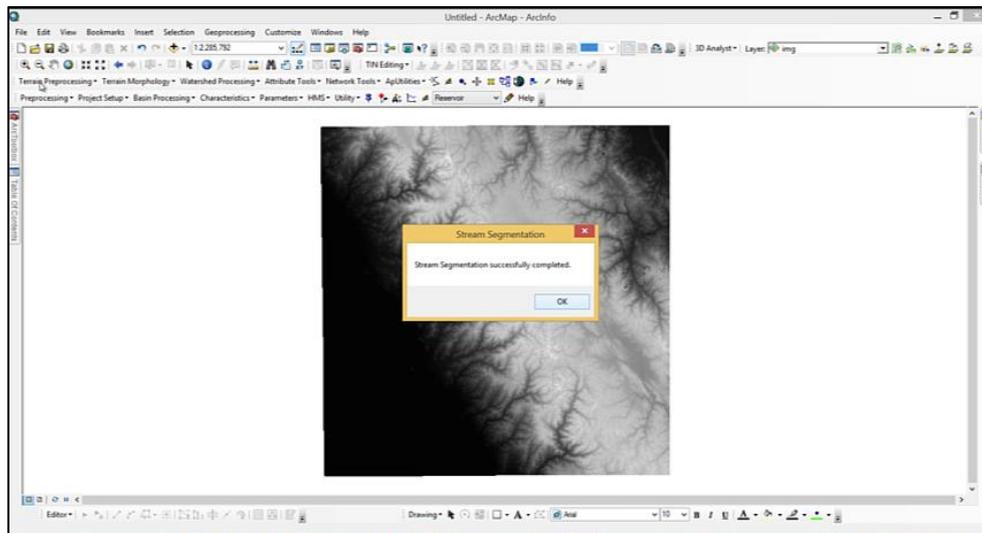


Figura 22. Ajuste de corrientes en ArcMap.

Delimitación de la cuenca

La delimitación de las grillas de captación es la generación de una capa ráster que agrupa todos los puntos que vierten en los segmentos de la corrientes establecidos en el proceso de vinculación de corrientes en el paso anterior. Inmediatamente sigue el procesamiento de polígonos de captación, que es la generación de una capa vectorial de las zonas establecidas en el paso anterior.

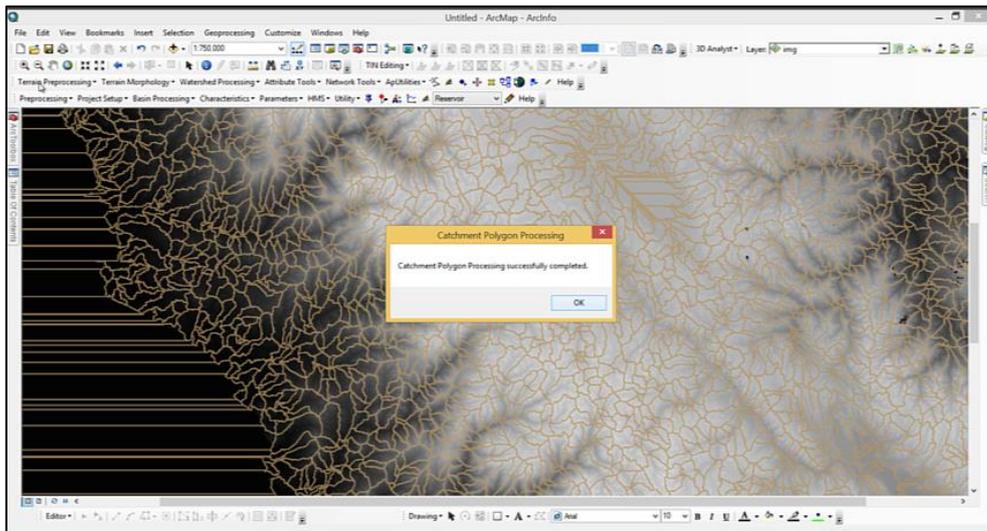


Figura 23. Polígonos de captación. ArcMap.

Para el procesamiento de líneas de drenaje, se emplea los datos de la dirección de flujo del programa ArcMap, y se convierte el layer de ráster a vectorial, por lo cual es necesario guardarlo en la base de datos.

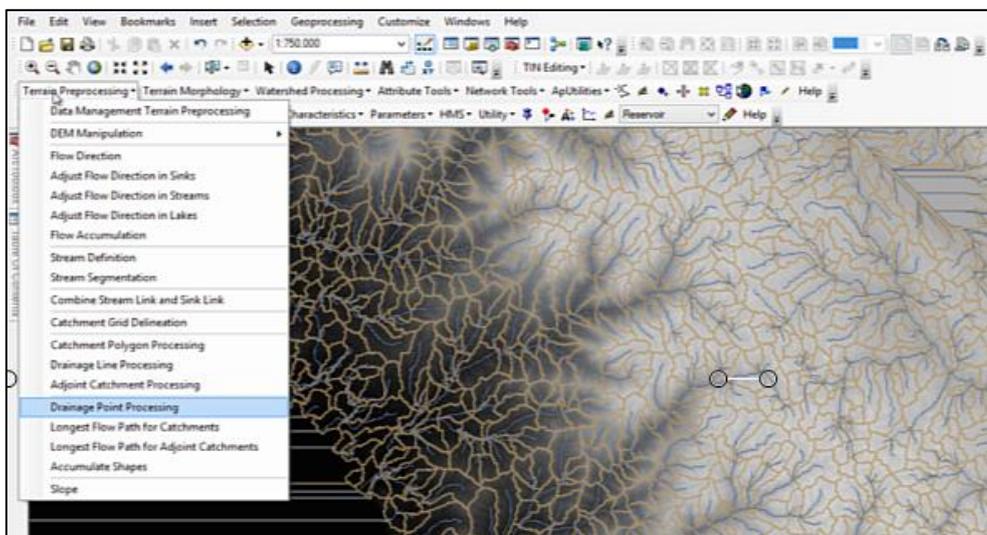


Figura 24. Procesamiento de líneas de drenaje en ArcMap.

En este proceso de captación adjunta, se genera una capa vectorial en base al procesamiento de polígonos de captación, en la cual se agrupa cada pareja de subcuencas que confluyen en un determinado punto.

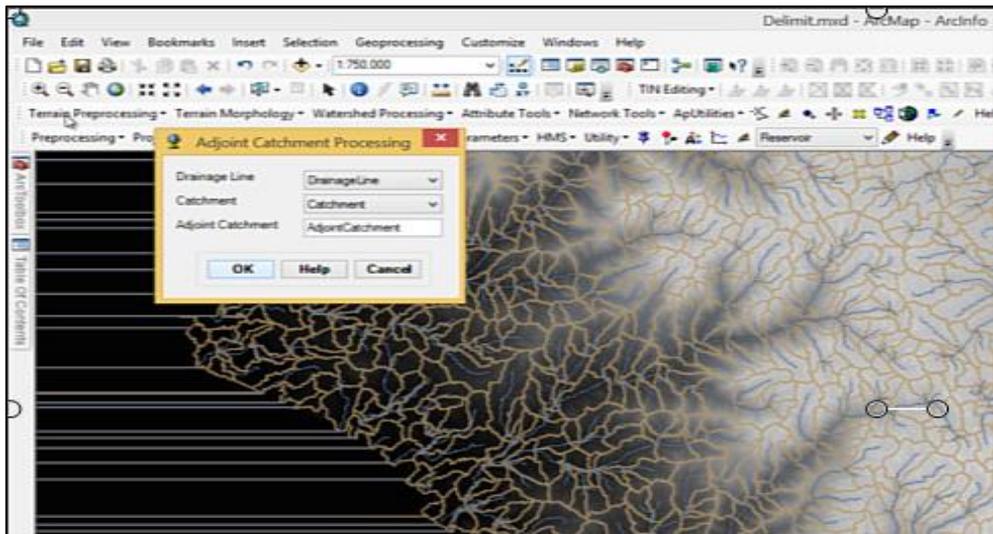


Figura 25. Procesamiento de captación adjunta en ArcMap.

El marcado del punto de salida de la cuenca, se dirige al apartado para indicar la ubicación UTM, en este caso, las coordenadas para la cuenca que se creó en esta investigación, son: 317,498.03 m E y 868,1365.13 m S. Luego de ello se generó la delimitación definitiva de la cuenca para el sector Batasol de Lurigancho-Chosica, del resultado obtenido se podrá obtener las características de dicha cuenca.

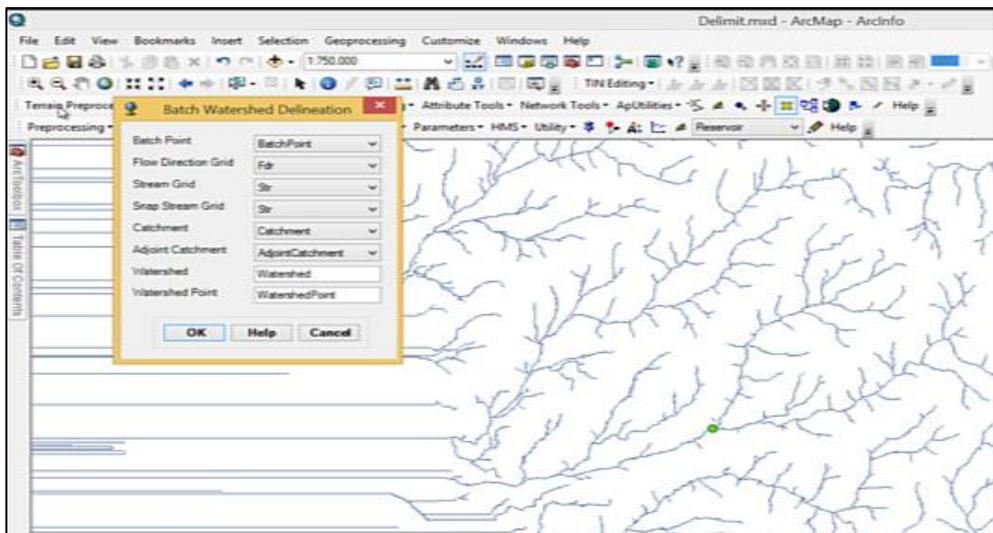


Figura 26. Ubicación de punto de salida de cuenca para estudio en ArcMap.

Finalmente se obtendrá la cuenca hidrológica diseñada para el estudio en el sector Batasol en Chosica, además se determina el flujo mayor trayectoria, y sobre ello se crea una línea en 3D para el análisis posterior de sus propiedades.

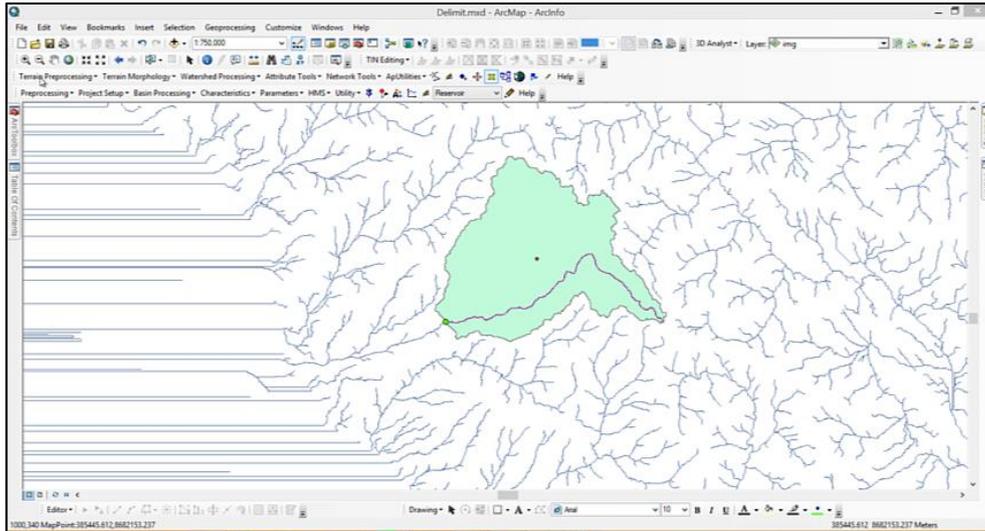


Figura 27. Cuenca Batasol para estudio en ArcMap.

Análisis de datos hidrológicos

De acuerdo al apéndice a.4) Avenidas de diseño o caudal máximo y periodos de retorno del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2011, p.75), se considera que el método de análisis para el cálculo de las avenidas de diseño en la sección de interés de un cauce natural en este caso un río, se hizo por medio del método hidrológico que consiste en aplicar teoría estadísticas a los caudales registrados en el tramo de interés o cercanos a el. Por ello se usa los datos de los caudales registrados por la estación Chosica que se ubica a menos de 2 kilómetros de la zona de estudio.



El procesamiento estadístico de los caudales máximos entre los años 1921 – 2018 de la estación hidrométrica de Chosica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, se realizó mediante una hoja de cálculo elaborada por el propio tesista y a la vez mediante el programa HidroEsta elaborado por el ingeniero Máximo Villón Béjar, especialista en Ingeniería de Recursos de Aguas y Tierra por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Los tipos de distribuciones que pueden seguir los datos aleatorios de los caudales fueron analizados de acuerdo a lo recomendado por el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, entre ellos se han considerado las distribuciones: normal, log normal 2 parámetros, log normal 3 parámetros, gamma 2 parámetros, gamma 3 parámetros, log pearson tipo III y gumbel.

Tabla 4. Caudales máximos de la estación de Chosica

Año	Qmáx	Año	Qmáx	Año	Qmáx	Año	Qmáx
1921	95.00	1946	185.00	1971	139.00	1996	108.930
1922	99.00	1947	130.00	1972	210.00	1997	77.370
1923	97.00	1948	130.00	1973	115.00	1998	120.610
1924	90.50	1949	108.00	1974	79.10	1999	125.490
1925	78.00	1950	98.50	1975	144.00	2000	108.580
1926	187.09	1951	316.00	1976	116.00	2001	108.650
1927	137.60	1952	164.00	1977	162.00	2002	76.080
1928	183.49	1953	175.00	1978	151.00	2003	128.610
1929	139.80	1954	202.00	1979	144.00	2004	82.000
1930	320.10	1955	320.00	1980	91.50	2005	72.570
1931	97.63	1956	155.00	1981	216.00	2006	118.890
1932	315.00	1957	100.00	1982	72.20	2007	121.140
1933	225.00	1958	99.80	1983	108.00	2008	78.640
1934	200.00	1959	175.00	1984	103.50	2009	139.170
1935	250.00	1960	77.40	1985	118.00	2010	84.960
1936	65.50	1961	70.50	1986	164.18	2011	83.400
1937	105.00	1962	84.10	1987	168.50	2012	104.610
1938	175.00	1963	92.20	1988	83.00	2013	131.020
1939	205.00	1964	78.80	1989	58.14	2014	96.990
1940	254.50	1965	108.10	1990	39.84	2015	92.390
1941	325.00	1966	100.60	1991	66.98	2016	79.700
1942	315.80	1967	100.50	1992	32.88	2017	126.500
1943	261.00	1968	46.40	1993	114.49	2018	66.100
1944	130.00	1969	81.40	1994	133.96		
1945	94.50	1970	158.00	1995	60.35		

Fuente: SENAMHI.

Los procedimientos para realizar el análisis estadístico inicia con hallar parámetros como el promedio, desviación estándar, varianza y el coeficiente de variación, que matemáticamente se expresan de la siguiente forma:

La media

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} : media muestral.

x_i : valor i-ésimo para la muestra.

n: número de datos.

La varianza

Esta definida como la suma de cuadrados de la diferencia entre los datos observados y la media, dividido entre el número de datos menos la unidad.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Desviación estándar

Esta definida como la raíz cuadrada de la varianza, mide la dispersión de los datos.

$$S = \sqrt{S^2}$$

Coeficiente de variación

Se define como la relación entre la las desviación estandar y la media.

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}}$$

Para los cálculos estadísticos se empleó las fórmulas de las distribuciones generales que se muestran a continuación, puesto que el programa HidroEsta aplica dichas fórmulas para estimar el ajuste de la distribución de datos y los caudales máximos.

Coeficiente de sesgo

Este coeficiente permite la medición de la asimetría de las distribución respecto a la media.

$$C_s = \frac{n^2 M_3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$M_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

Distribución Normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

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

Donde:

$f(x)$: función densidad normal de la variable x .

x : variable independiente.

μ : media aritmética de x .

S : desviación estándar de x .

Distribución Log Normal 2 parámetros

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

Donde:

\bar{X} : media de los datos de la muestra transformada.

S : desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Distribución Log Normal 3 parámetros

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{2\pi S_y}} e^{-\left(\frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{2S_y}\right)^2}$$

Donde:

x_0 : parámetro de posición

μ_y : media aritmética

S_y : Desviación estándar.

Distribución Gamma 2 parámetros

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

Válido para:

$$0 \leq x < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Donde:

γ : parámetro de forma.

β : parámetro de escala

Distribución Gamma 3 parámetros

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

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 : origen de la variable x .

γ : parámetro de forma.

β : parámetro de escala.

Distribución Log Pearson Tipo III

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

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 : parámetro de posición.

γ : parámetro de forma.

β : parámetro de escala.

Distribución Gumbel

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

Donde:

α : Parámetro de concentración.

β : parámetro de localización.

La información de los caudales máximos se procesa en la hoja de cálculo elaborada, se estiman los parámetros estadísticos necesarios, se realiza la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y finalmente se obtiene los caudales máximos para determinados periodos de retorno.

		x		log(x)	
Número de datos: n		98			
Promedio: x		132.93		2.08	
Desviación estándar: s		67.02		0.20	
Coeficiente asimetría: Cs		1.39		0.19	
Cs/6: k		0.23		0.03	

ESTACIÓN CHOSICA														
N	T	P(%)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			Q	log(Q)	K _T	ESPERADO								
1	99.00	1.01%	325.0	2.5119	2.3226	288.6	3.1288	342.6	2.3226	350.1	3.2684	352.0	2.4579	372.7
2	49.50	2.02%	320.1	2.5053	2.0496	270.3	2.5844	306.1	2.0496	308.4	2.6919	313.3	2.1473	322.7
3	33.00	3.03%	320.0	2.5051	1.8764	258.7	2.2642	284.7	1.8764	284.6	2.3517	290.5	1.9528	294.9
4	24.75	4.04%	316.0	2.4997	1.7460	249.9	2.0358	269.4	1.7460	267.9	2.1084	274.2	1.8077	275.7
5	19.80	5.05%	315.8	2.4994	1.6400	242.8	1.8578	257.4	1.6400	255.0	1.9183	261.5	1.6905	261.1
6	16.50	6.06%	315.0	2.4983	1.5497	236.8	1.7115	247.6	1.5497	244.6	1.7620	251.0	1.5912	249.3
7	14.14	7.07%	261.0	2.4166	1.4705	231.5	1.5871	239.3	1.4705	235.7	1.6289	242.1	1.5047	239.5
8	12.38	8.08%	254.5	2.4057	1.3997	226.7	1.4788	232.0	1.3997	228.1	1.5130	234.3	1.4275	231.1
9	11.00	9.09%	250.0	2.3979	1.3352	222.4	1.3827	225.6	1.3352	221.4	1.4101	227.4	1.3576	223.7
10	9.90	10.10%	225.0	2.3522	1.2758	218.4	1.2963	219.8	1.2758	215.4	1.3175	221.2	1.2934	217.1
11	9.00	11.11%	216.0	2.3345	1.2206	214.7	1.2177	214.5	1.2206	209.9	1.2332	215.6	1.2340	211.2
12	8.25	12.12%	210.0	2.3222	1.1689	211.3	1.1455	209.7	1.1689	204.9	1.1559	210.4	1.1785	205.9
13	7.62	13.13%	205.0	2.3116	1.1202	208.0	1.0786	205.2	1.1202	200.4	1.0843	205.6	1.1264	200.9
14	7.07	14.14%	202.0	2.3054	1.0740	204.9	1.0164	201.0	1.0740	196.1	1.0177	201.1	1.0771	196.4
15	6.60	15.15%	200.0	2.3010	1.0300	202.0	0.9581	197.1	1.0300	192.1	0.9553	197.0	1.0302	192.2

Figura 29. Hoja de cálculo - prueba de bondad de ajuste.

Luego, se ingresa la información al programa de HidroEsta para contrastar los resultados y sobre todo si la distribución a la que se ajusta es la misma.



Figura 30. Entorno del programa HidroEsta.

La prueba de bondad ajuste aplicada a las distribuciones analizadas es Kolmogorov – Smirnov, que consiste en la comparación entre el valor absoluto de la diferencia entre los valores observados y esperados de la distribución de probabilidad, además tiene la ventaja de no agrupar los datos, cuya finalidad es escoger la distribución más representativa para un nivel de significancia del 5%.

La diferencia de las probabilidades da como resultado el delta teórico:

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(x)|$$

Donde:

Δ : Valor del estadístico de Smirnov – Kolmogorov.

$F(x)$: Probabilidad de la distribución teórica.

$P(x)$: Probabilidad experimental de los datos.

Y para el caso de la presente investigación se considera un nivel de significación de 0.05, por lo cual es necesario considerar que el número de datos es $N=98$ y se estima el valor crítico tabular de Smirnov- Kolmogorov igual a $\Delta_0=0.1374$.

Tabla 5. *Tamaño muestral y nivel de significación*

Tamaño muestral (N)	Nivel de significación				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.9	0.925	0.95	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.51	0.565	0.669
6	0.41	0.436	0.47	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.36	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.41	0.49
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.45
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.25	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.2	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
N>35	1.07	1.14	1.22	1.36	1.63

Fuente: Ven te Chow.

Para definir cuál distribución se ajusta mejor a una serie de datos aleatorios, se debe comparar el delta teórico (Δ) con el delta tabular (Δ_0) para cada distribución planteándose las siguientes hipótesis:

- H_0 : El ajuste es bueno para determinada distribución a un nivel de significancia de 5%.
- H_1 : El ajuste no es bueno para determinada distribución a un nivel de significancia de 5%.

El criterio para la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula se basa en las siguientes condiciones:

- Se aceptará la hipótesis nula (H_0), sí y solo sí, el estadístico de Smirnov - Kolmogorov (Δ) es menor que el valor crítico tabular (Δ_0).
- Por otro lado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (H_1), sí el estadístico de Smirnov - Kolmogorov (Δ) no es menor que el valor crítico tabular (Δ_0).

Los valores obtenidos por medio del programa HidroEsta vienen a ser los caudales máximos, sin embargo para el diseño de estructuras hidráulicas se emplea el caudal de diseño instantáneo por lo cual es necesario considerar el área de influencia de la cuenca y así ingresar esta información al programa HEC-RAS 4.1. En ese sentido, considerando los antecedentes del Fenómeno El Niño y sus devastadores efectos en los años 1982, 1983, 1997 y 1998, que provocaron alteraciones considerables en los caudales de los ríos, déficit en algunos e incremento en otros, se destaca la importancia del análisis de caudales máximos para determinar los caudales máximos instantáneos que se deben calcular puesto a que se producen en los eventos extraordinarios del Fenómeno de Oscilación Sur (ENOS). La manera de obtener los caudales instantáneos está en función del área de la cuenca:

$$Q_{m\acute{a}x\ inst.} = Q_{m\acute{a}x} (1 + 2.66A^{-0.30})$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x\ inst.}$: Caudal máximo instantáneo.

$Q_{m\acute{a}x}$: Caudal máximo.

A : Área de la cuenca de influencia desde el punto de aforo.

Análisis de datos hidráulicos del programa HEC-RAS 4.1

Para estudiar los datos hidráulicos que son generados por el programa HEC-RAS 4.1 elaborado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, se requiere de las secciones del cauce obtenido del levantamiento topográfico, la pendiente entre los tramos, el coeficiente de rugosidad de Manning, así como los caudales para diferentes periodos de retorno del río estudiado, en esta oportunidad es el río Rímac en el sector Batasol, Chosica en la ciudad de Lima.

Tabla 6. Factores para el cálculo del coeficiente de rugosidad – Cowan

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n ₀	0.020
	Corte en ríos		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
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandro	Menor	n ₅	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

Para el caso de estudio, se determinó los siguiente coeficientes correspondiente para el cálculo de la rugosidad por el método de Cowan: $n_0=0.025$, debido a que el material involucrado es rocoso, $n_1=0.000$ porque la zona es poco irregular, $n_2=0.000$, porque se observó en el trabajo de campo que las secciones eran alternantes, $n_3=0.010$ puesto que se observó pocas obstrucciones, $n_4=0.005$ debido a la poca cantidad de vegetación y $n_5=1$, puesto que en la zona de estudio no se aprecia una curva pronunciada. Con la información anteriormente menciona se estima el coeficiente de rugosidad.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)n_5$$

$$n = (0.025 + 0.000 + 0.000 + 0.010 + 0.005) \cdot 1$$

$$n = 0.040$$

Con la información de las curvas de nivel en la zona de estudio se exporta el archivo del programa AutoCAD al programa HEC-RAS, para insertar las secciones que se tienen por cada progresiva.

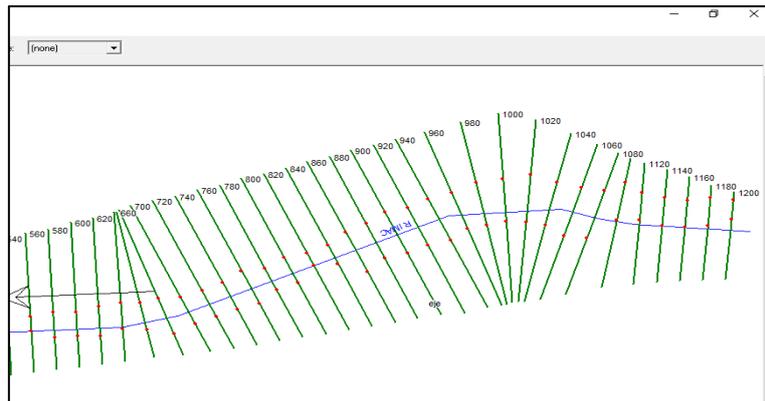


Figura 31. Progresivas para analizar en HEC-RAS.

En el apartado secciones transversales del programa HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), se puede visualizar los niveles de agua acoplado con la topografía del cauce, también se puede observar la velocidad en la sección.

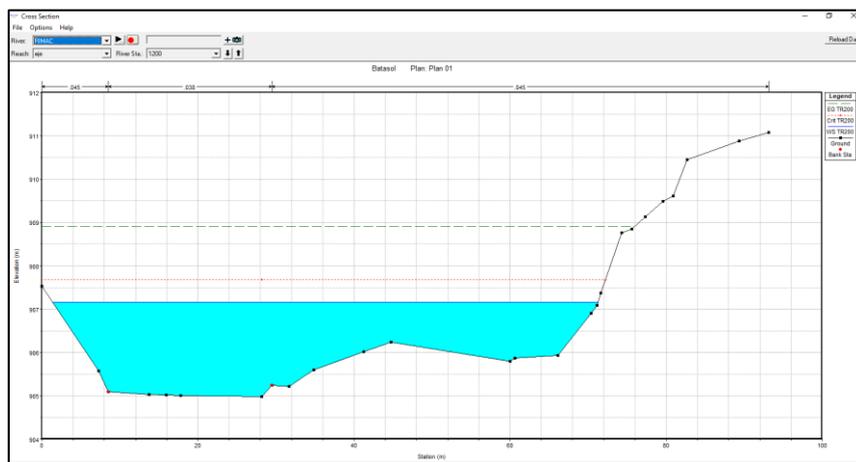


Figura 32. Vista de sección transversal en programa HEC-RAS.

El programa de modelamiento hidráulico empleado entrega un conjunto de resultados que son necesarios para el diseño de la defensa ribereña.

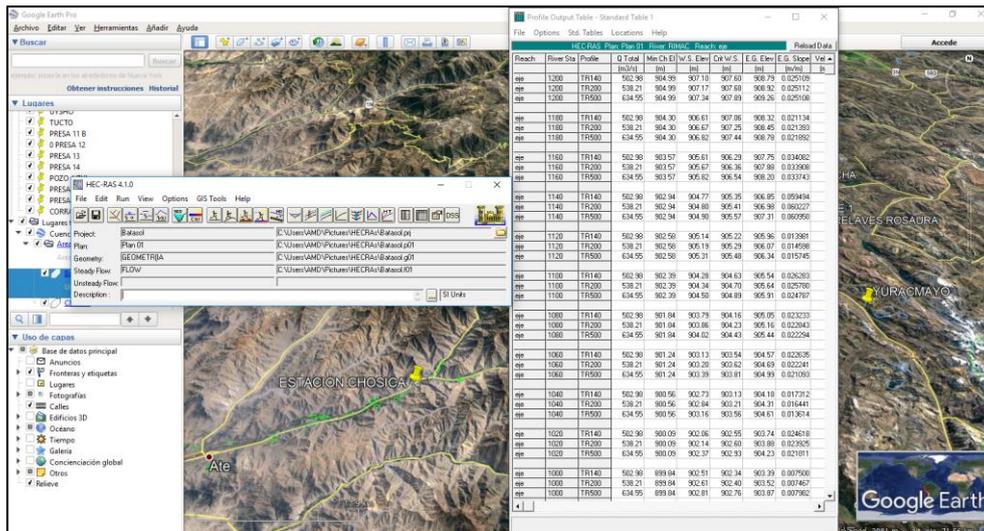


Figura 33. Vista de resultados del programa HEC-RAS.

Posterior a la corrida del programa se obtiene un conjunto de datos que se emplearán para el cálculo de la socavación así como el nivel máximo extraordinario, para hallar la altura de las defensas ribereñas.

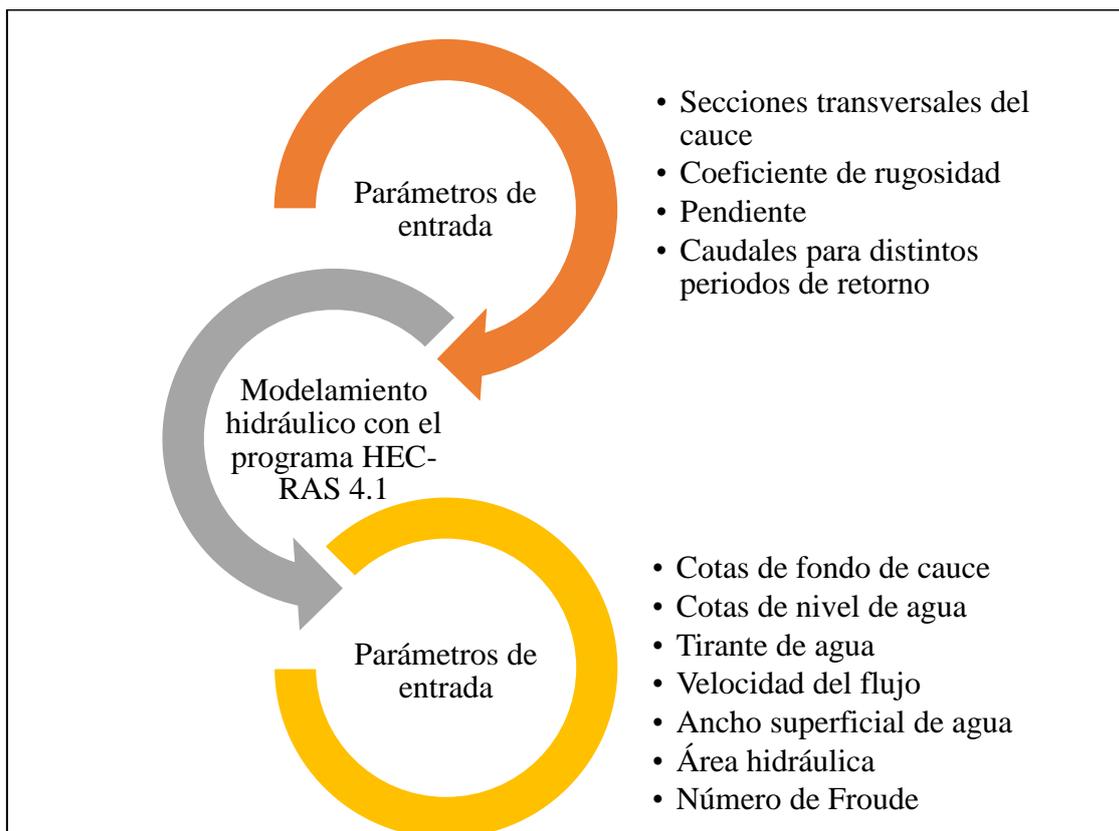


Figura 34. Parámetros de entrada y salida para modelamiento hidráulico.

Para el cálculo de la socavación general se emplea la ecuación propuesta por Lischtvann-Levediev en caso de suelos granulares se expresa matemáticamente por la siguiente fórmula:

$$y_s = \left[\frac{\alpha \cdot y_o^{5/3}}{0.68 D_m^{0.28} \cdot \beta \cdot \varphi} \right]^{1+z}$$

Donde:

y_s : Desnivel entre el nivel de agua y el fondo erosionado.

D_m : Diámetro medio.

y_o : Tirante medido en cada sección que se desea calcular la socavación.

β : Factor que depende del periodo de retorno del caudal de diseño (Ver Tabla 9).

φ : Factor dependiente de la concentración del material transportado en suspensión (Ver tabla 10).

z : Factor en función de D_m y y_s (Ver Tabla 8).

α : Coeficiente estimado mediante la fórmula:

$$\alpha = \frac{Q_d}{(H_m)^{5/3} \cdot B_e \cdot \mu}$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño con periodo de retorno T=500 años.

H_m : Tirante medio.

B_e : Ancho superficial

μ : Coeficiente dependiente de la contracción del cauce (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Valores del coeficiente de contracción del cauce μ

Velocidad media (m/s)	Luz libre entre dos pilas(m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
	Coeficiente μ												
<1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.9	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.9	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
>4	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Fuente: Suárez (2001).

Tabla 8. *Valores de z para suelos granulares*

Suelos granulares					
d (mm)	z	1/(1+z)	d (mm)	z	1/(1+z)
0.05	0.43	0.70	40.00	0.30	0.77
0.15	0.42	0.70	60.00	0.29	0.78
0.50	0.41	0.71	90.00	0.28	0.78
1.00	0.40	0.71	140.00	0.27	0.79
1.50	0.39	0.72	190.00	0.26	0.79
2.50	0.38	0.72	250.00	0.25	0.80
4.00	0.37	0.73	310.00	0.24	0.81
6.00	0.35	0.74	370.00	0.23	0.81
8.00	0.35	0.74	450.00	0.22	0.83
10.00	0.34	0.75	570.00	0.21	0.83
15.00	0.33	0.75	750.00	0.20	0.83
20.00	0.32	0.76	1000.00	0.19	0.84
25.00	0.31	0.76			

Fuente: Suárez (2001).

Tabla 9. *Valores de β*

Probabilidad de que se presente el caudal de diseño (%)	Coefficiente β
100	0.77
50	0.82
20	0.86
10	0.9
5	0.94
2	0.97
1	1
0.3	1.03
0.2	1.05
0.1	1.07

Fuente: Suárez (2001).

Tabla 10. Valores de ψ

γ mezcla agua-sedimento	Coefficiente ψ
1.05	1.06
1.10	1.13
1.15	1.20
1.20	1.27
1.25	1.34
1.30	1.42
1.35	1.50
1.40	1.60

Fuente: Suárez (2001).

Diseño de muro de contención

Se realiza un diseño sísmico del muro de contención con una altura determinada que cubra los requerimientos de socavación y nivel máximo extraordinario de agua en el cauce del río Rímac para el sector Batasol en Chosica, y por supuesto, adicionalmente debe cumplir con los requerimientos estructurales y de estabilidad. De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma de Diseño Sismorresistente E.030, en el artículo 2.1 Zonificación, se menciona los valores de aceleración máxima horizontal (Z) correspondientes a las zonas sísmicas en el Perú, que se emplea para el diseño sísmico del muro de contención mediante el método de Monobe Okabe, para suelos granulares aplicándose las siguientes fórmulas:

$$\Delta DE_a = \left(\frac{1}{2}\gamma H^2\right) (K_{as} - K_a)(1 - C_{sv})$$

$$K_{as} = \frac{\sin^2(\varphi + \delta - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \varphi \cdot \sin(\varphi - \delta - \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\delta - \beta - \theta)}{\sin(\varphi - \delta - \theta) \cdot \sin(\varphi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{C_{sh}}{1 - C_{sv}} \right), \delta = \frac{2}{3}\varphi, C_{sh} = 0.50 \cdot A_0 \text{ y } C_{sv} = 0.70 \cdot C_{sh}$$

 ΔDE_a : Incremento dinámico dell empuje activo K_{as} : Factor de presión dinámica activa C_{sh}, C_{sv} : Coeficiente sísmico horizontal y vertical β : ángulo de talud sobre muro, φ : ángulo trasdós muro-suelo A_0 : Aceleración sísmica de tabla de zonificación

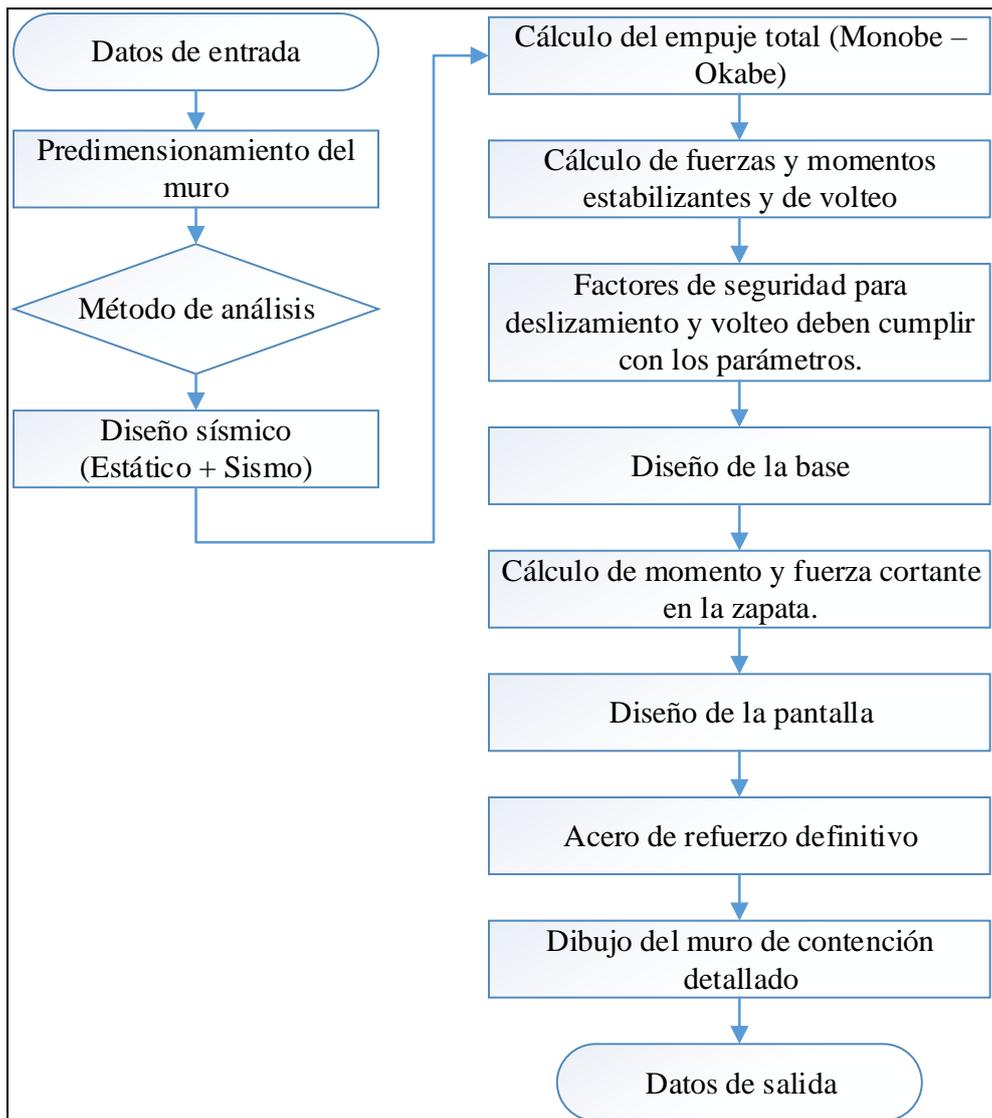


Figura 35. Flujograma para diseño de muro de contención.

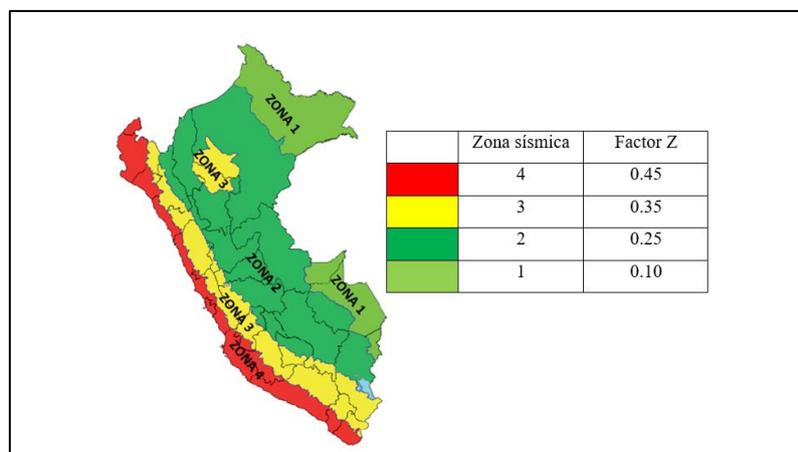


Figura 36. Mapa de zonificación sísmica del Perú. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.030.

Terreno de apoyo		Concreto	
$Q_{adm} =$	2.50 kg/cm ²	$f'c =$	280 kg/cm ²
$\gamma =$	1800 kg/m ³	$\gamma =$	2400 kg/m ³
$\phi =$	33°		Acero
	Relleno	$fy =$	4200 kg/cm ²
$\gamma =$	1800 kg/m ³		Altura
$\phi =$	33°	$H =$	7.50 m
$C =$	0 Tn/m ³	$Df =$	2.50 m

Figura 37. Datos de entrada para diseño de muro de contención.

Factor o coeficiente de empuje activo definido como:

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

Donde: ϕ es el ángulo de fricción interna.

El empuje activo total esta dado por el empuje activo, más la sobrecarga y el incremento dinámico de empuje activo.

$$E_{a+s+\Delta DE_A} = \left(\frac{1}{2}\gamma H^2\right) \cdot K_a + (\gamma \cdot H_s \cdot H) + \left(\frac{1}{2}\gamma H^2\right) (K_{as} - K_a)(1 - C_{sv})$$

Para el análisis del muro de contención se toma la situación más desfavorable en que el empuje pasivo del relleno de la puntera es 0.

El muro de contención debe cumplir con los parámetros de estabilidad, en este caso el factor de seguridad al volcamiento y deslizamiento son de 2 y 1.5 respectivamente, de acuerdo a la norma E.070 ante acciones estáticas, para situaciones donde se considere sismos de acuerdo a la norma C.E.020 se debe cumplir con un factor de seguridad para ambas condiciones de 1.25.

$$FSV = \frac{\sum M_R}{\sum M_A}, FSV \geq 2, \text{ en condiciones estáticas; y } FSV \geq 1.25 \text{ en condiciones sísmicas.}$$

Donde:

M_R : es el momento resistente, generados por el empuje pasivo del relleno sobre la punta, debido al peso propio de la estructura.

M_A : es el momento actuante, provocado por el empuje activo del relleno y si hubiese la sobrecarga sobre el mismo.

$$F.S.D. = \frac{\sum F_R}{\sum F_A}$$

$FSD \geq 1.5$ en condiciones estáticas, y $FSD \geq 1.25$ en condiciones sísmicas.

Donde:

F_R : es la suma de fuerzas resistentes, tales como el empuje pasivo y la fricción entre la base y el suelo de fundación.

F_A : es la suma de fuerzas actuantes, como es el empuje activo y suponiendo la existencia de alguna sobrecarga sobre el relleno (Harmsen, p.367).

Otro aspecto a considerar son los esfuerzos del terreno resultantes, los cuales deben ser menores que el esfuerzo admisible considerado, obtenido del estudio de mecánica de suelos. En algunos casos la excentricidad resultante puede alterar la forma de analizar los esfuerzos que pueden llegar a ser trapezoidal o triangular.

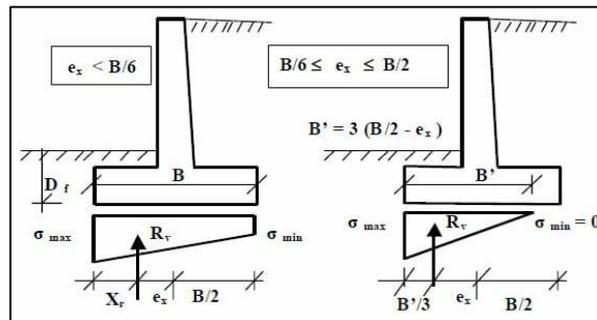


Figura 38. Presión de contacto muro-suelo de fundación

Diseño de enrocado

Este tipo de defensa fluvial es ampliamente usado para la protección debido a ser más económico que otros tipos de elementos y también presenta ventajas tales como fácil tratamiento para mantenimiento, el proceso constructivo es menos complicado, tiene una apariencia natural y no altera el paisaje significativamente, pero también cuenta con ciertas desventajas como taludes extendidos por lo que se requiere de un ancho libre para la adecuada construcción así como que de acuerdo a la velocidad del flujo se puede incrementar la dimensión del enrocado, lo cual podría incrementar los costos por transporte.

Para el diseño del enrocado se parte analizando el ancho medio del cauce, en este caso el ancho del cauce en el sector Batasol en Chosica, varía entre los 50 y 60 metros, lo que significa que si se puede aplicar el enrocado en esta zona.

Uno de los procedimientos más importantes es el cálculo de la socavación que se debe tener como dato para el dimensionamiento de la fundación. Otro aspecto a considerar, es que se requiere de la información de la velocidad media del flujo, el tirante para calcular el diámetro medio de las rocas.

Método de Maynard

$$F = C_2 \left(\frac{V}{\sqrt{gy}} \right)$$

$$d_{50} = C_1(yF^3)$$

Donde:

C_1 y C_2 : son coeficientes de corrección.

V: es la velocidad media del flujo.

y: profundidad de agua.

Para este caso se está considerando los siguientes valores:

V=4.71 m/s, y=3.89 m, $C_1= 0.32$, $C_2= 1.40$

Tabla 11. *Valores recomendados de C1 Y C2*

	Coficiente	Condición
	0.28	Fondo plano
C1	0.28	Talud 1V:3H
	0.32	Talud 1V:2H
	1.50	Tramos en curva
C2	1.25	Tramos rectos
	2.00	Extremos de espigones

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2011).

Método del United States Department of Transportation

$$d'_{50} = \frac{0.001V^3}{y^{0.5}K_1^{1.5}}$$

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

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

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

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

$$d_{50} = C d'_{50}$$

Donde:

d_{50} : diámetro medio de las rocas.

y : profundidad del flujo.

V : velocidad media del flujo.

K_1 : factor de corrección.

θ : medida del ángulo de la inclinación del talud.

\emptyset : medida del ángulo de reposo.

C : factor de corrección.

FS : factor de seguridad.

γ_s : peso específico del enrocado.

Tabla 12. Factor de seguridad

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

Fuente: MTC (2011)

Para el cálculo del diámetro medio de las rocas para el diseño del enrocado se procede a usar los datos correspondientes a las variables involucradas. Se ha considerado: $V=4.71$ m/s, $\theta=25^\circ$, $\phi=40^\circ$, $y=3.89$ m, $\gamma_s=2.65$ g/cm³ y FS=1.6.

2.7 Aspectos éticos

En esta investigación se tuvo respeto por los derechos intelectuales de los autores de las bibliografías estudiadas mediante el uso de la norma ISO 690 y 690-2; respeto por las convicciones políticas y respeto por el ambiente, con el fin de que esta investigación tenga credibilidad.

III. RESULTADOS

3.1 Alcance

Cuenca del río Rímac

La ubicación geográfica de la cuenca del río Rímac se encuentra entre las coordenadas U.T.M. 273959 E, 8661928 N y las coordenadas 370853 E, 8715806 N. La ubicación hidrográfica de la cuenca del río Rímac pertenece a la vertiente del Pacífico; la naciente del río Rímac es la Cordillera de los Andes y desemboca en el océano Pacífico. En cuanto a las características de la cuenca del río Rímac, la extensión es de 3503.95 km², una longitud de 127.02 km y un 65.7% de área húmeda correspondiente a la parte más alta de la cuenca.

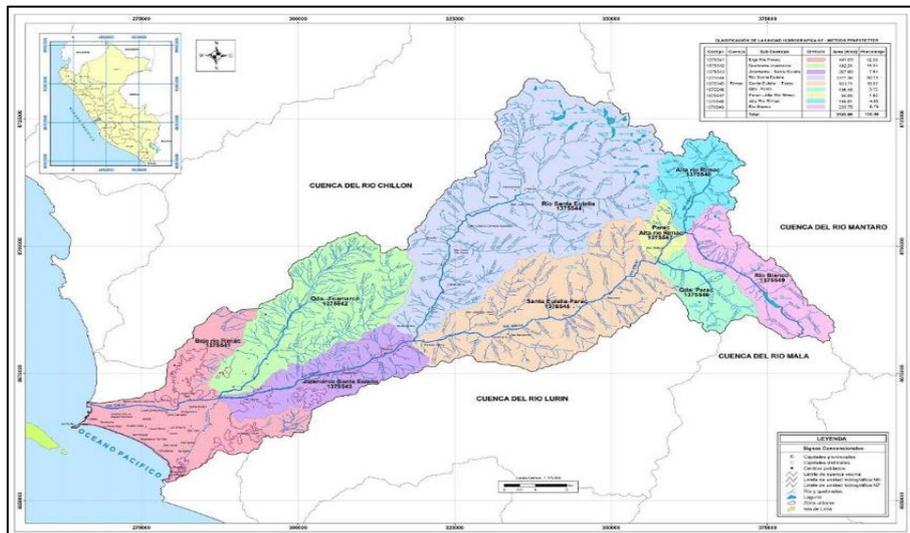


Figura 39. Cuenca del río Rímac. ANA (2010).

La cuenca hidrográfica del río Rímac cuenta en total con 4 estaciones hidrométricas administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, las cuales están ubicadas en el Túnel Trasadino, Tamboraque, Sheque y Chosica, que registran los caudales y toma datos meteorológicos. También, existe la demarcación administrativa para el uso de los recursos hídricos, cuya responsabilidad recae en la entidad de la Administración Local de Agua Chillón-Rímac-Lurín, perteneciente a la Autoridad Nacional del Agua, vinculado al Ministerio de Agricultura y Riego.

Ubicación del área de estudio

La zona en estudio se ubica en el sector de la Cooperativa Batasol, en el distrito de Lurigancho-Chosica, uno de los distritos vulnerables por el desborde de ríos en temporadas de verano en la costa peruana.

Localización del Distrito Lurigancho Chosica:

Región: Lima

Provincia: Lima

Región geográfica: Costa

Altitud: 850 m.s.n.m.

Superficie: 236.47 km²

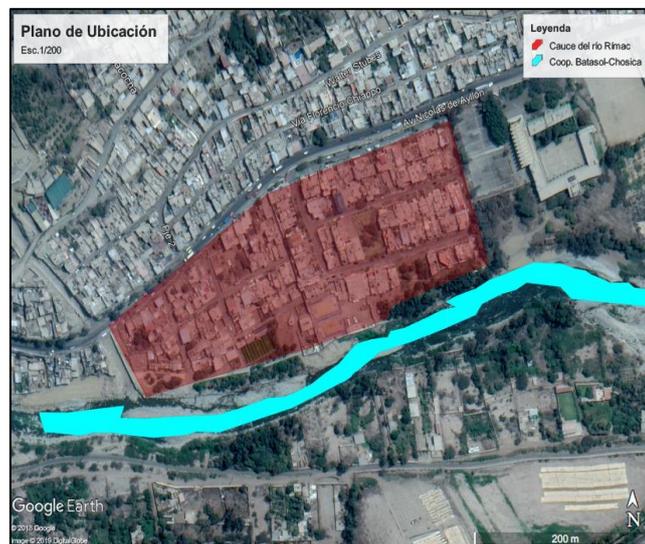
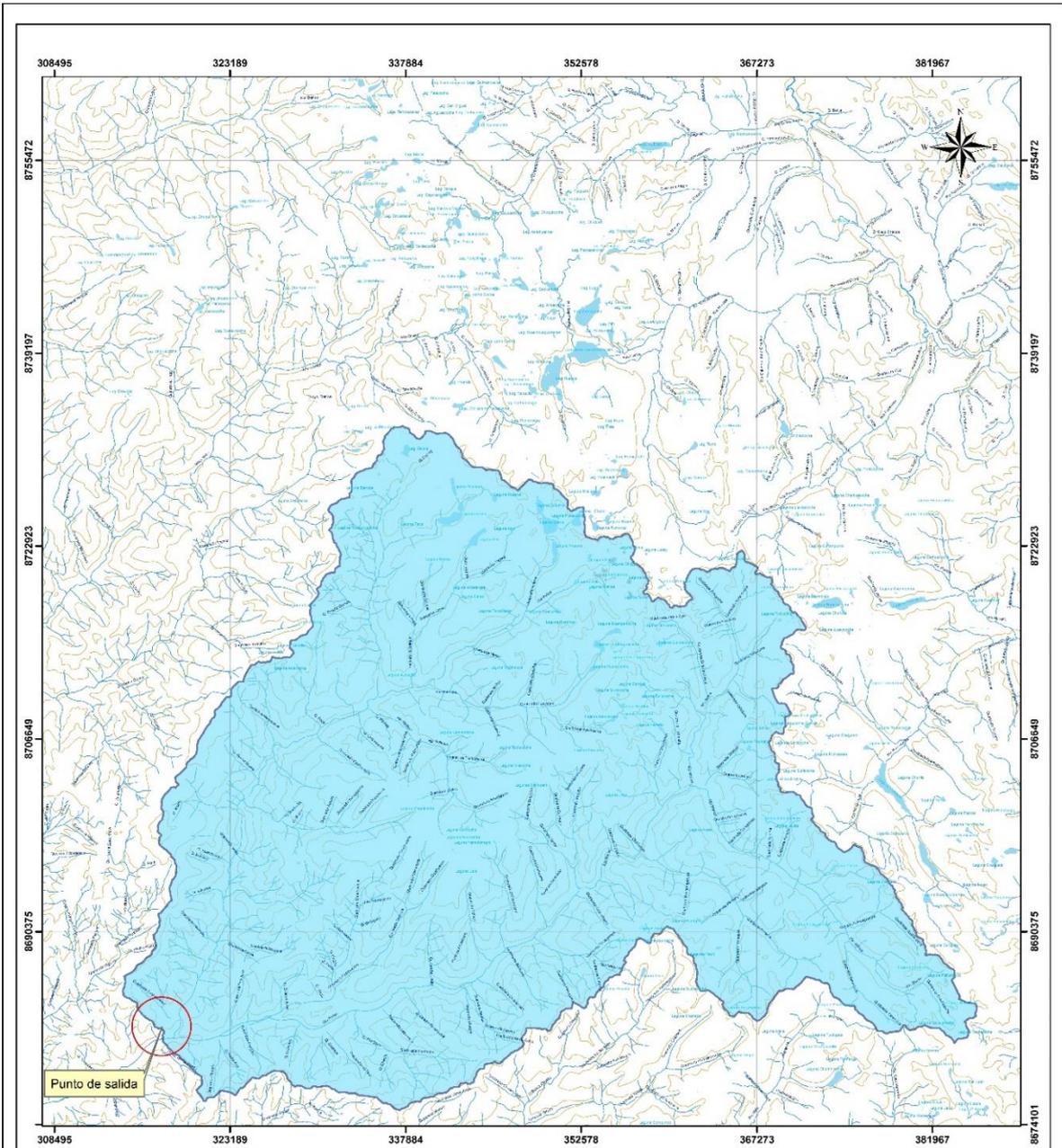


Figura 40. Ubicación de zona de estudio.

3.2 Cuenca de estudio

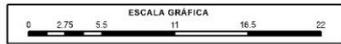
Los procesos hidrológicos que ocurren en el ámbito de la cuenca son la consecuencia de la distintos factores que interactúan tales como, la topografía o factores climáticos, para lo cual es importante el conocimiento de las características de la cuenca de interés.

Mediante el análisis de la cuenca en el programa ArcMap se pudo obtener la longitud del curso de agua más largo, la cota máxima y mínima, área y perímetro de la cuenca. En función de esta información se calculó los distintos parámetros de caracterización para la cuenca Batasol correspondiente para este estudio (Ver anexo 10).



LEYENDA

- Area de estudio
- Curvas de nivel
- Lagos
- Rios



CUENCA BATASOL

MAPA HIDROLOGICO

Datum: WGS 84	Escala: 1:300,000	Fecha: JUNIO 2019
Proyección: UTM Zona 17 S		
Fuente: Instituto Geografico Nacional - IGN (Carta Topografica Nacional) Autoridad Nacional del Agua		Mapa: HID-01

Tabla 13. Caracterización de la cuenca de interés - Batasol -Chosica

PARÁMETROS			UND.	NOMENCLATURA	CUENCA BATASOL
Superficie total de la cuenca			Km ²	Área cuenca	2305.86
Perímetro de la cuenca			Km.	P	355.325
RELACIONES DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coefficiente de Compacidad	1	$Kc = 0.28 P / (At)^{1/2}$	2.087
		Longitud (al curso más largo)	Km.	LB	98.344
		Ancho Medio	Km.	AM = Area cuenca/ LB	23.447
		Factor de Forma	1	Ff = AM / LB	0.238
		Lado Mayor	Km.	$L = Kc*(\pi*A)^{1/2}/2*(1+(1-4/\pi*Kc^2))$	151.708
		Lado Menor	Km.	B= At / L	15.199
	RECTÁNGULO EQUIVALENTE				
Nivel máximo			m.s.n.m.	N _{MÁX}	5316.00
Nivel mínimo			m.s.n.m.	N _{MÍN}	903.00
Desnivel total de la cuenca			m.s.n.m.	Ht	4413.00
Altura media de la cuenca			m.s.n.m.	Hm	3110.00
Pendiente de la cuenca (Sist. del Rectangulo Equivalente)			%	Ip =100 * Ht / B	29.03
Pendiente media			%	Ic	4.50

Fuente: Elaboración propia.

La relación entre el perímetro de la cuenca y del círculo equivalente de misma área de la cuenca, busca expresar el comportamiento de la escurrentía, en esta oportunidad el valor del coeficiente de Gravelious es de 2.087, por esta razón se tiene menor probabilidad de que dicha cuenca sea cubierta completamente por una tormenta.

En este caso, el factor de forma es de 0.238, lo cuál indica que se trata de una cuenca alargada, y dicho valor es inferior a la unidad, por lo tanto tiene menos tendencia a la concentración del escurrimiento debido a una lluvia intensa que pudiera generar con facilidad grandes crecidas.

3.3 Caudales

De la información obtenida de parte de la Autoridad Local del Agua Chillón-Rímac-Lurín se elaboró un gráfico de frecuencia que resume los caudales registrados por la Estación Chosica manejada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Posteriormente se realizó el tratamiento estadístico de la información de los datos recabados mediante la hoja de cálculo (Ver anexo 14) y la aplicación HidroEsta, para obtener los caudales máximos y evaluar cual de todas las distribuciones disponibles a cual se ajusta mejor. Por ello se formulan las siguientes hipótesis:

- H_0 : La serie de datos de caudales entre 1921-2018 de la estación Chosica se ajustan a determinada distribución, con un nivel de significancia del 5%.
- H_1 : La serie de datos de caudales entre 1921-2018 de la estación Chosica no se ajustan a determinada distribución, con un nivel de significancia del 5%.

Las comprobaciones se realizó mediante la comparación entre el delta teórico y el delta tabular de la prueba de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para datos que no requieren ser agrupados.

Tabla 14. *Parámetros estadísticos de la información de los caudales.*

	Q	Log(Q)
Número de datos	98	98
Máximo	325.00	2.5119
Mínimo	32.90	1.5169
Promedio \bar{X}	132.93	2.0761
Desviación estándar S	67.02	0.2015
Coficiente asimetría Cs	1.39	0.1856

Fuente: Elaboración propia.

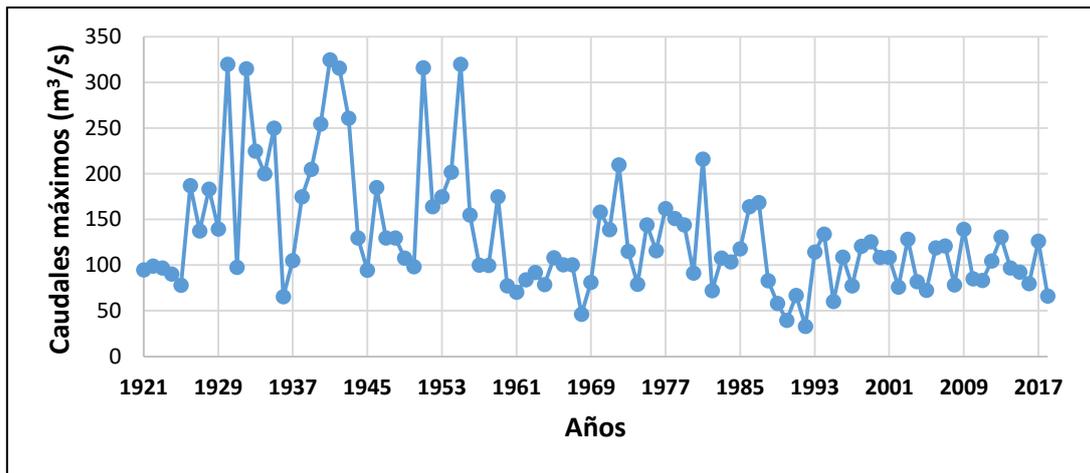


Figura 42. Frecuencias de los caudales máximos entre 1921 y 2018.

Prueba de bondad de ajuste

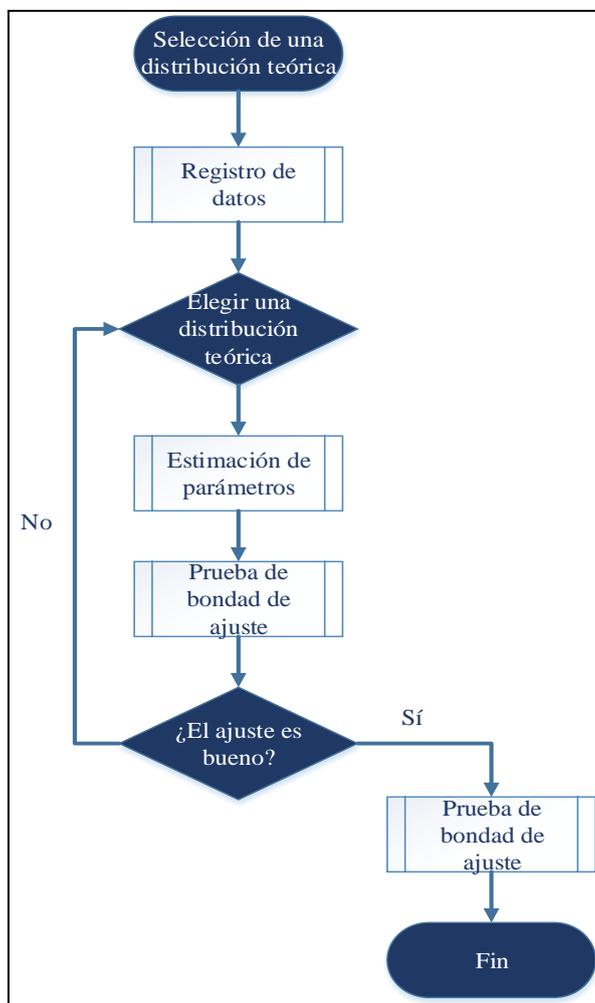


Figura 43. Proceso de selección de una distribución teórica.

Caudales máximos mediante hoja de cálculo

Se realizó la prueba de ajuste de las distribuciones aplicando los métodos estadísticos para obteniéndose como resultado los caudales máximos para las distribuciones Gumbel, Log normal, Pearson Tipo III y Log Pearson Tipo III, para ello fue necesario de una hoja de cálculo, se llegó a ver que la distribución Log Pearson Tipo III era la más adecuada.

Tabla 15. Resultados de cálculos de caudales máximos

T (años)	Gumbel	Log normal	Pearson Tipo III	Log Pearson Tipo III
2	121.90	119.1	118.2	117.4
5	181.1	176.1	179.9	175.22
10	220.4	215.9	221.8	217.76
20	258.0	255.6	262.1	261.7
50	306.7	309.0	313.9	323.4
100	343.1	350.7	371.2	373.5
500	427.4	453.0	441.4	503.4

Fuente: Elaboración propia

Distribución Normal

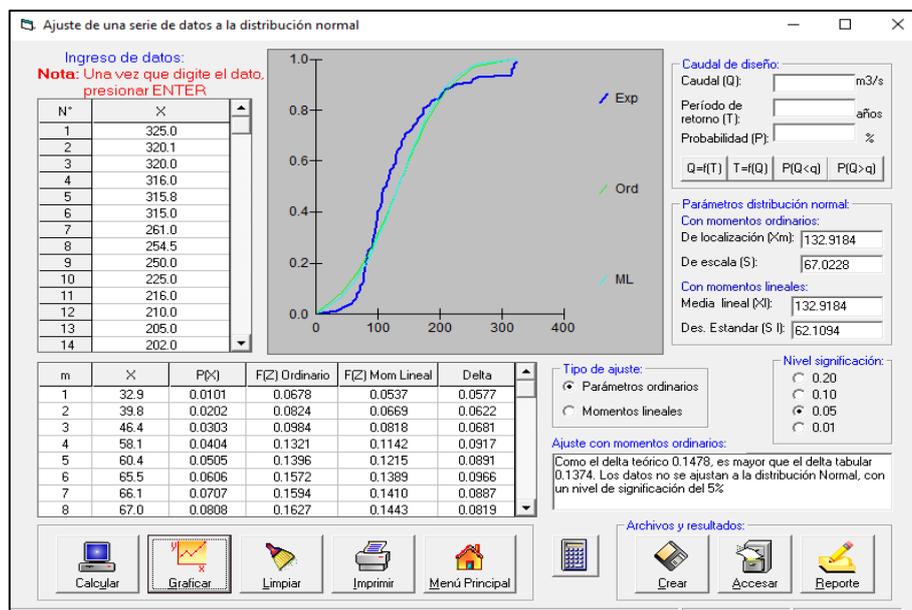
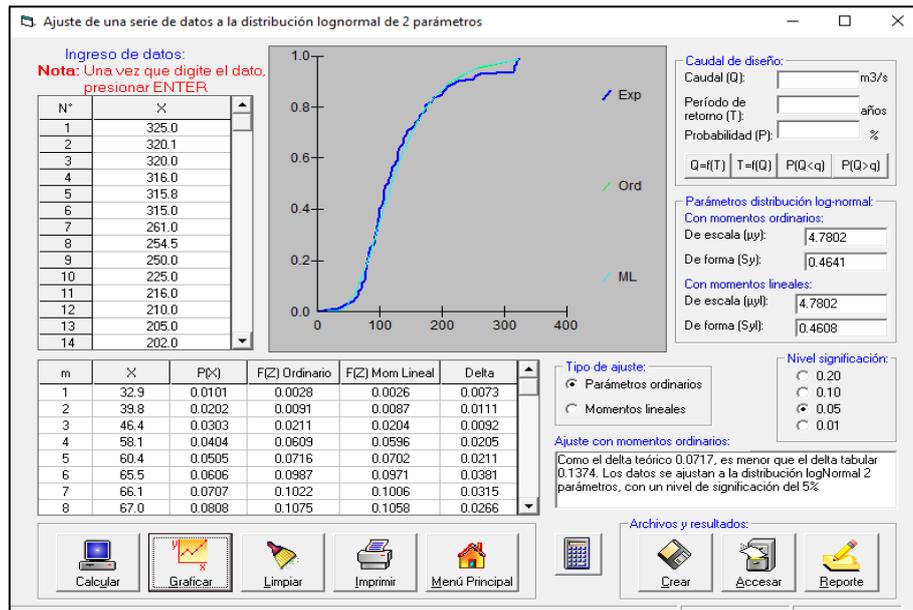


Figura 44. Ajuste de distribución Normal – HidroEsta.

Como el delta teórico 0.1478, es mayor que el delta tabular 0.1374. Se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto la serie de datos de caudales entre 1921-2018 de la estación Chosica no se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significancia del 5%.

Distribución Log Normal de 2 Parámetros



Como el delta teórico 0.0717, es menor que el delta tabular 0.1374. Se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la serie de datos de caudales entre 1921-2018 de la estación Chosica se ajustan a la distribución lognormal de 2 parámetros, con un nivel de significancia del 5%.

Distribución Log Normal de 3 Parámetros

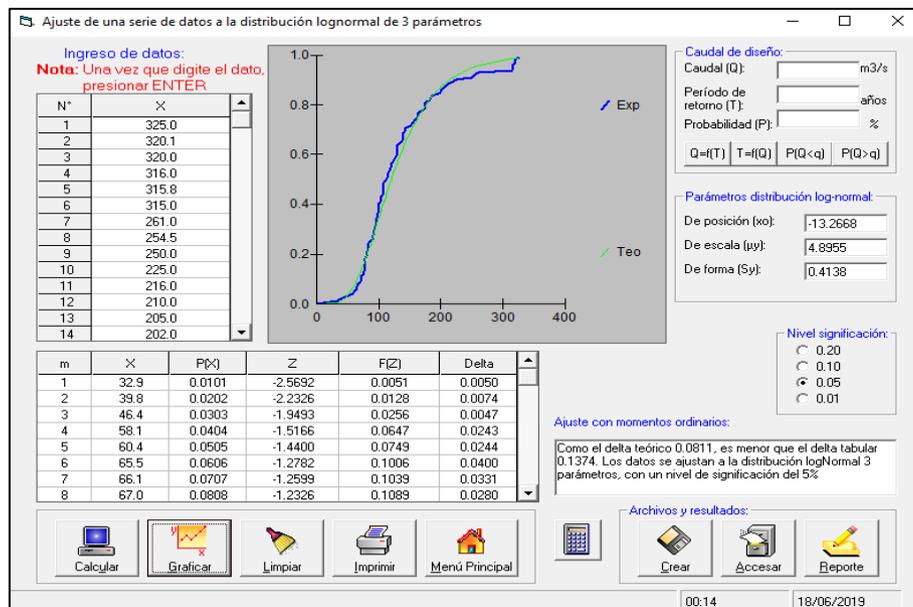


Figura 46. Ajuste de distribución Log Normal 3 Parámetros – HidroEsta.

Como el delta teórico 0.0811, es menor que el delta tabular 0.1374. Se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la serie de datos de caudales entre 1921-2018 de la estación Chosica se ajustan a la distribución lognormal de 3 parámetros, con un nivel de significancia del 5%.

Distribución Gamma de 2 Parámetros

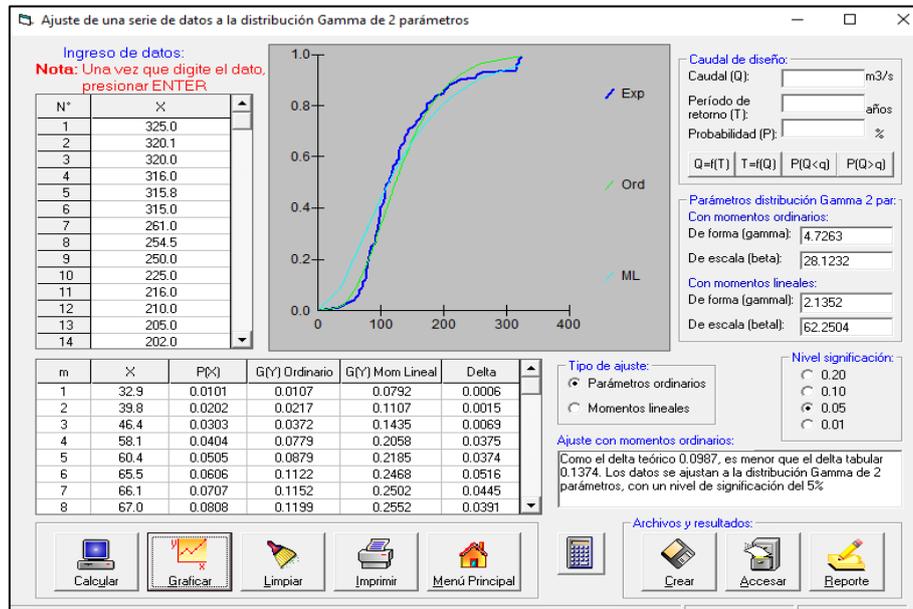


Figura 47. Ajuste de distribución Gamma de 2 Parámetros – HidroEsta.

Como el delta teórico 0.0987, es menor que el delta tabular 0.1374. Se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la serie de datos de caudales entre 1921-2018 de la estación Chosica se ajustan a la distribución gamma de 2 parámetros, con un nivel de significancia del 5%.

Distribución Gamma de 3 Parámetros

Excepcionalmente para el análisis de los datos mediante la distribución Gamma de 3 Parámetros, se obtuvo valores incorrectos de los parámetros $X_0=36.55$, $\gamma=2.0673$ y $\beta=46.6144$, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, y se puede afirmar que la serie de datos de caudales entre 1921-2018 de la estación Chosica no se ajustan a la distribución Gamma de 3 Parámetros, con un nivel de significancia del 5%.

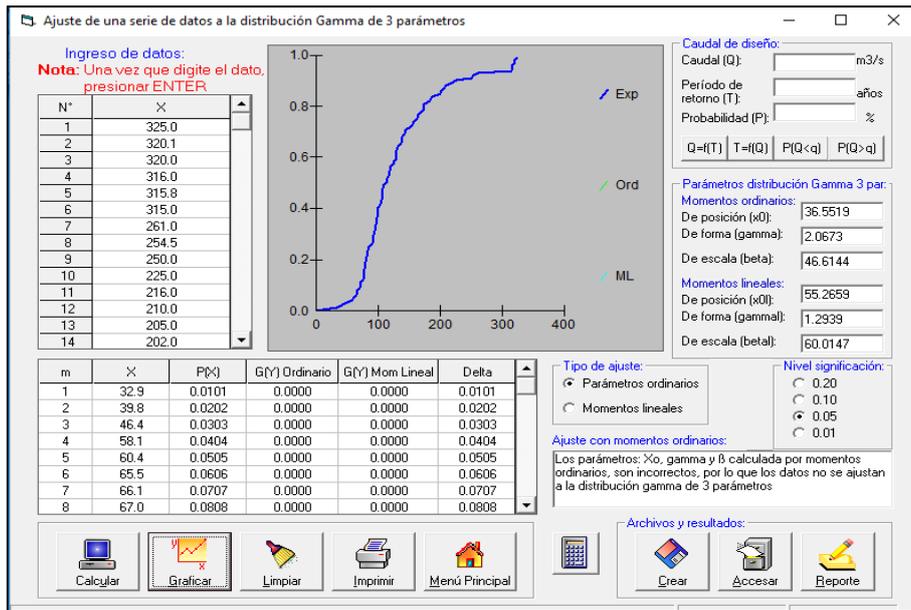


Figura 48. Ajuste de distribución Gamma de 3 Parámetros – HidroEsta.

Distribución Log Pearson Tipo III

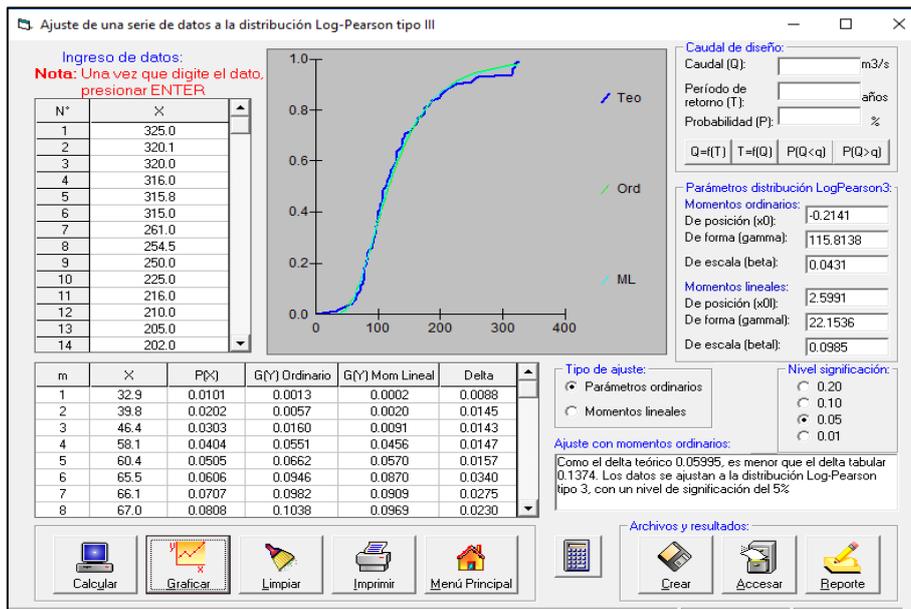


Figura 49. Ajuste de distribución Log Pearson Tipo III – HidroEsta.

Como el delta teórico 0.05995, es menor que el delta tabular 0.1374. Se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la serie de datos de caudales entre 1921-2018 de la estación Chosica se ajustan a la distribución Log Pearson tipo III, con un nivel de significancia del 5%.

Distribución Gumbel

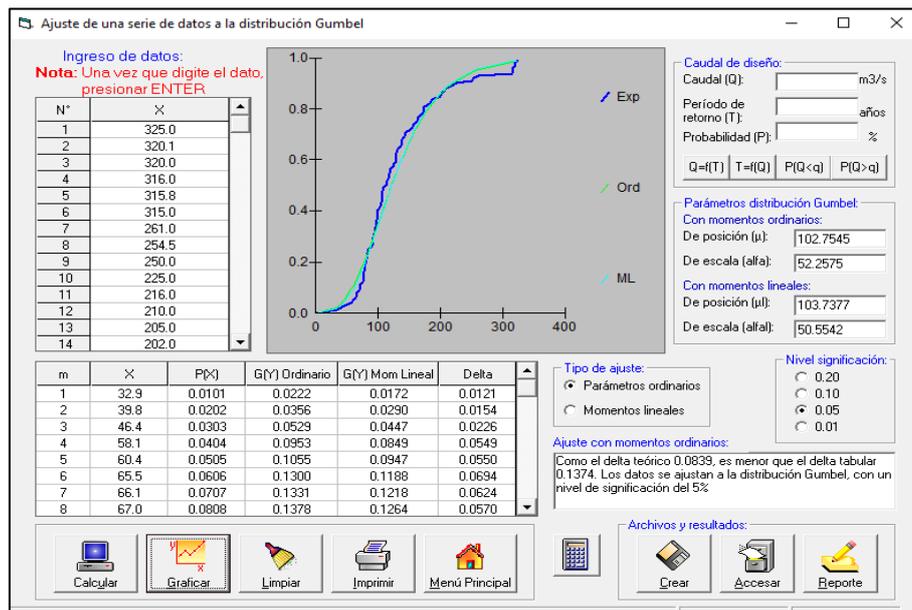


Figura 50. Ajuste de distribución Gumbel – HidroEsta.

Como el delta teórico 0.0839, es menor que el delta tabular 0.1374. Se acepta la hipótesis nula, por lo tanto la serie de datos de caudales entre 1921-2018 de la estación Chosica se ajustan a la distribución Log Pearson tipo III, con un nivel de significancia del 5%.

De los resultados obtenidos se puede afirmar que las distribuciones que se ajustan a la serie de datos de los caudales de la estación Chosica son: Log Normal 2 parámetros, Log Normal 3 parámetros, Gamma 2 parámetros, Log Pearson tipo III y Gumbel

Selección del periodo de retorno

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el riesgo máximo admisible para obras de defensa ribereña es del 25%, de lo cuál se estima el valor del periodo de retorno T=140 años, sin embargo por cuestiones de importancia de la infraestructura para población se reducirá el riesgo a 18%, lo cual implica un periodo de retorno T=200 años.

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{200}\right)^{40} = 18.0\%$$

Donde: n, es la vida útil del proyecto y T el periodo de retorno.

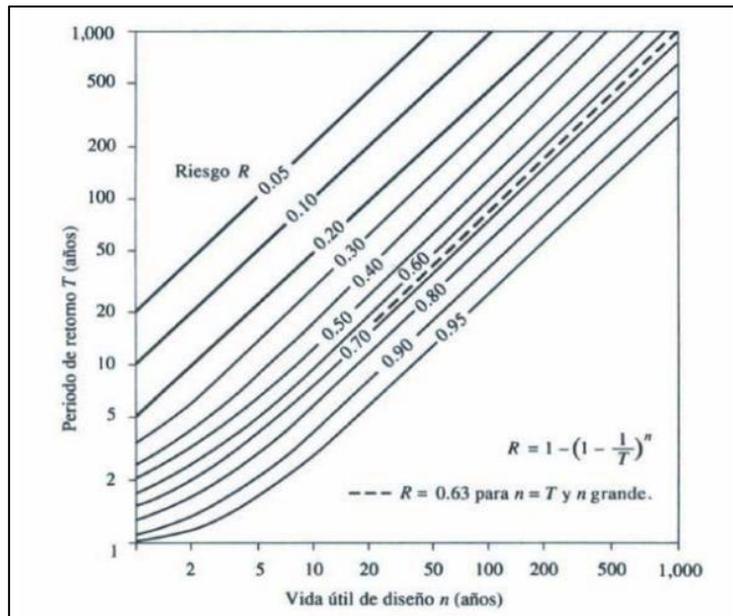


Figura 51. Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil. Ven te Chow.

Tabla 16. Valores máximos recomendables de riesgo admisible de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (%)
Puentes	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas ribereñas	25

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 17. Vida útil del proyecto

Tipo de obras	Vida útil
Puentes y defensas ribereñas	40 años
Alcantarilla de quebradas importantes	25 años
Alcantarilla de quebradas menores	15 años

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2011).

Caudales de diseño

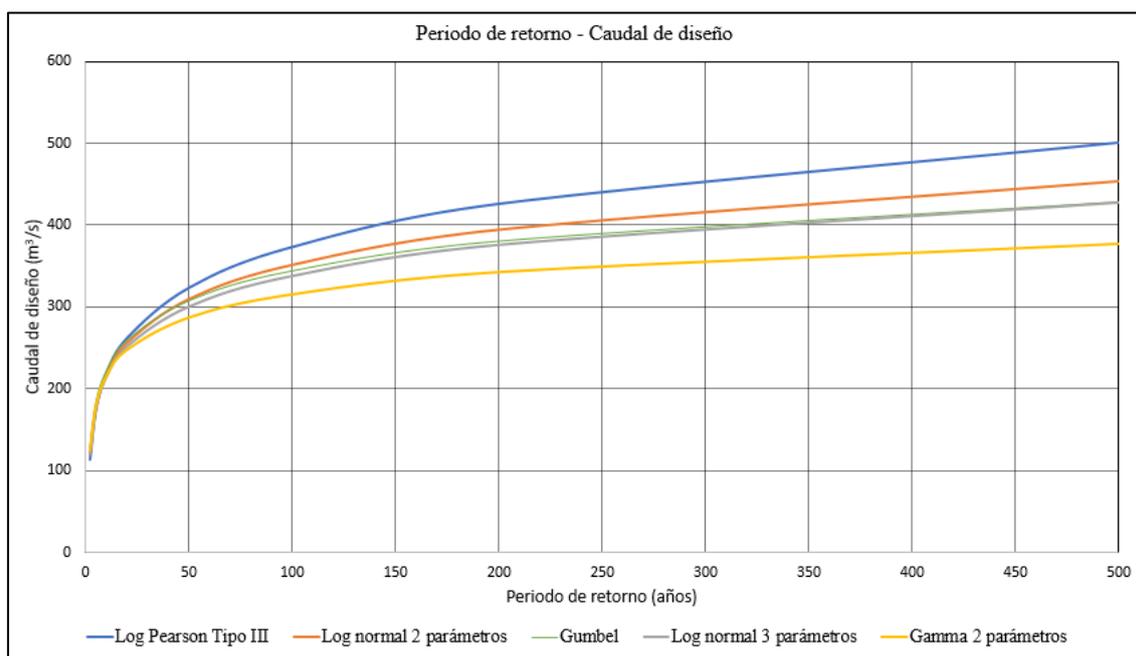


Figura 52. Curvas de periodo de retorno vs. caudal de diseño para distintas distribuciones.

Del gráfico anterior se considera que la distribución Log Pearson tipo III, se ajusta mejor a la serie de datos de caudales máximos de la estación hidrométrica de Chosica. En este sentido se procede a presentar los caudales máximos estimados por la hoja de cálculo en la siguiente tabla:

Tabla 18. Resultados de caudales máximos

Período de retorno T (años)	Log Normal 2 Parámetros	Log Normal 3 Parámetros	Gamma 2 Parámetros	Log Pearson Tipo III	Gumbel
2	119.13	120.41	123.67	112.37	121.91
5	176.05	176.1	179.79	175.23	181.14
10	215.96	213.94	214.78	217.75	220.35
20	255.64	250.82	246.74	261.68	257.97
50	309.07	299.52	286.1	323.31	306.66
100	350.75	336.87	314.35	373.25	343.15
200	393.8	374.95	341.56	426.18	379.5
500	453.1	426.68	376.15	501.33	427.46

Fuente: Elaboración propia.

Los caudales máximos hallados fueron mayorados por 1.26, resultado obtenido al aplicar la ecuación de Tucci, recomendado por el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, puesto

$$Q_{m\acute{a}x\text{instant\acute{a}neo}} = Q_{m\acute{a}x}(1 + 2.66A^{-0.30})$$

$$Q_{m\acute{a}x\text{instant\acute{a}neo}} = Q_{m\acute{a}x}(1 + 2.66(2305.86)^{-0.30})$$

$$Q_{m\acute{a}x\text{instant\acute{a}neo}} = 1.26Q_{m\acute{a}x}$$

Los caudales máximos instantáneos necesarios para el análisis hidráulico en el programa HEC-RAS 4.1, son los que corresponden a los periodos de retorno T=200 años y T=500 años, puesto que con el primer gasto de diseño se estimará el máximo tirante o nivel de agua, y con el segundo caudal se calculará parámetros hidráulicos que permiten hallar la profundidad de socavación.

Tabla 19. Resultados de caudales máximos instantáneos

Periodo de retorno (años)	Caudal (m ³ /s)
2	141.59
5	220.79
10	274.37
20	329.72
50	407.37
100	470.30
200	538.21
500	634.55

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Estudio de Mecánica de Suelos

Del expediente técnico de la municipalidad distrital de Chosica respecto al proyecto “Creación de servicio de protección contra inundaciones en la margen derecha del río Rímac desde el puente Milagros hasta la losa deportiva del AA.HH. Cantagallo, Distrito Lurigancho-Lima-Lima (Tramo I)” del año 2017 de la Municipalidad Distrital de Chosica.

Los resultados de las 3 calicatas realizadas cerca a la zona de estudio, se observó que el suelo era de tipo grava bien graduada (GW) de acuerdo a la clasificación SUCS y se estimó una capacidad portante admisible de 2.5 kg/cm².

3.4 Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico en el sector Batasol-Chosica, en el cauce del río Rímac con la finalidad de obtener las secciones, que servirá como parámetro de ingreso para la modelación en HEC-RAS. Se ubicaron puntos U.T.M. que permitan la localización de la zona de estudio los cuáles son: GPS1 : 371283.766 m E; 8681292.352 m N, elevado a 898.476 m.s.n.m y GPS2: 317254.079 m E, 8681250.225 m N, elevado a 892.781 m.s.n.m.



Figura 53. Trabajo topográfico en el área de estudio.

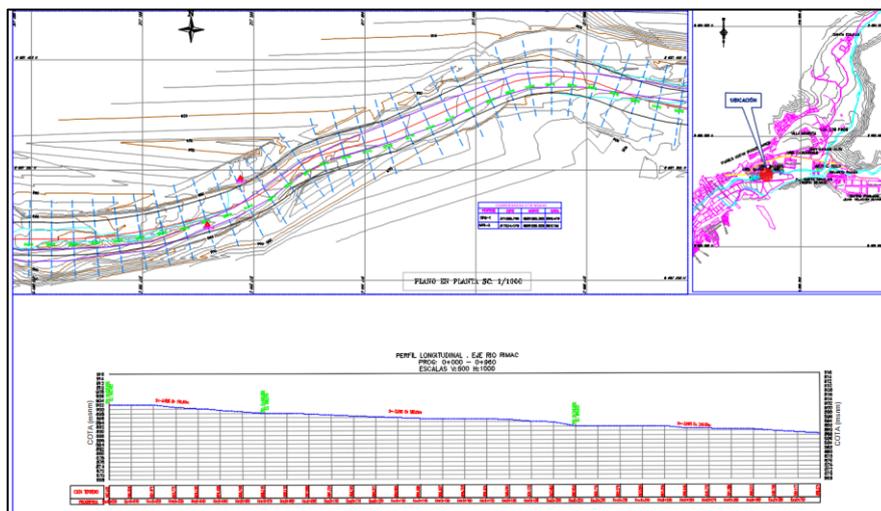


Figura 54. Vista en planta y perfil longitudinal.

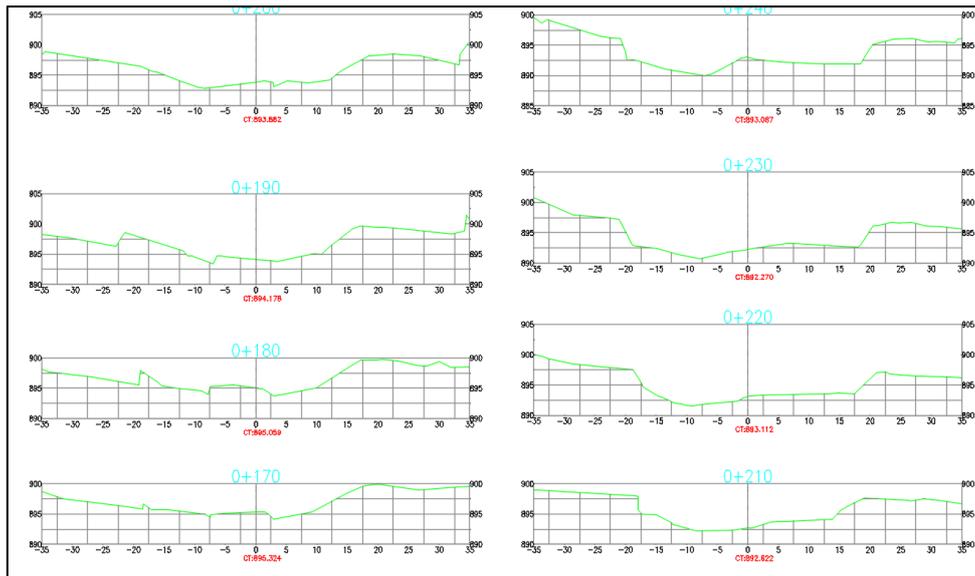


Figura 55. Secciones transversales.

3.5 Modelamiento hidráulico

El coeficiente de rugosidad del cauce del río Rímac en el sector Batasol ha sido calculado por el método de Cowan, el cual es $n=0.040$. En cuanto a la topografía se obtuvo el dato de la pendiente en el tramo del cauce estudiado que es igual a 2.51%, así como las cotas de las secciones. Para la estimación del coeficiente de rugosidad se usó el método de Cowan (Ver anexo 25).

Tabla 20. Factores para calcular el coeficiente de rugosidad -Cowan

Condiciones del canal		Valores
Material involucrado	n_0	0.025
Grado de irregularidad	n_1	0.000
Variaciones de la sección transversal	n_2	0.000
Efecto relativo de las obstrucciones	n_3	0.010.
Vegetación	n_4	0.005
Grado de los efectos por meandro	n_5	1.000
Coeficiente de rugosidad de Cowan	$n=$	0.040

Fuente: Elaboración propia.



Figura 56. Cauce del río Rímac en el área de estudio.

Al contar con la información necesaria para la ejecución del modelamiento hidráulico, se procede a configurar el proyecto en cuanto respecta a la geometría, los caudales de diseño y el flujo que tendrá el modelo en HEC-RAS del cauce del río Rímac, en el sector Batasol-Chosica. (Ver anexo 26).

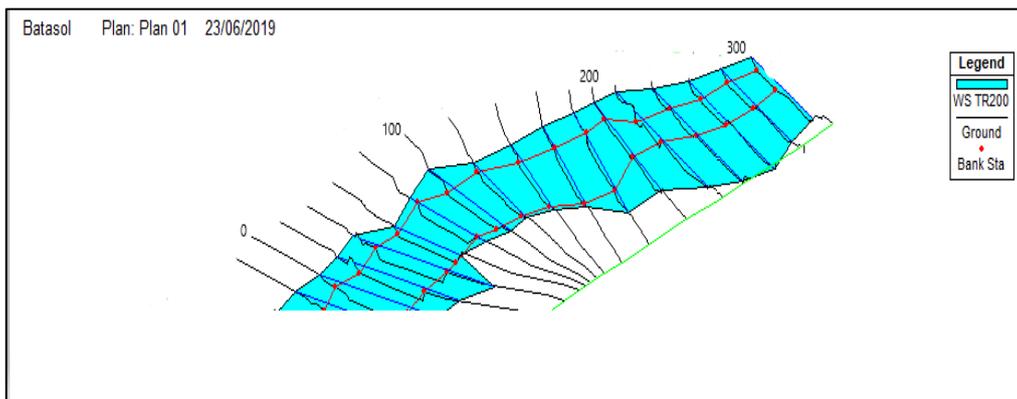


Figura 57. Vista en HEC-RAS del cauce del río Rímac en el sector Batasol.

Tras la corrida del programa HEC-RAS, se obtuvieron gráficos de las secciones transversales con el flujo y tablas con la información hidráulica de los tirantes, velocidad del flujo, entre otros datos que se estimaron para periodos de retorno de 200 años y 500 años. Los datos generados se procesaron para el cálculo de la socavación, altura del muro y diseño del enrocado. Para el primer caso, en que el caudal de diseño fue $538.21 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 200 años, se consiguió estimar un tirante promedio de 2.53 m y un tirante máximo de 3.89 metros, la velocidad media del flujo en el sector de estudio fue de 4.71 m/s, el flujo en el cauce es supercrítico de acuerdo a los resultados del HEC-RAS (Ver anexo 27).

Tabla 21. Resultados de tirantes y velocidad. $T=200$ años (HEC-RAS)

Estación	Velocidad	Cota de	Cota de	Tirante
	total del flujo	elevación del agua	elevación del lecho del cauce	
	m/s	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m
300	5.24	907.17	904.99	2.18
280	5.08	906.67	904.30	2.37
260	5.71	905.67	903.57	2.10
240	5.87	904.8	902.94	1.86
220	3.83	905.19	902.58	2.61
200	4.74	904.34	902.39	1.95
180	4.74	903.86	901.84	2.02
160	5.12	903.20	901.24	1.96
140	5.14	902.84	900.56	2.28
120	5.71	902.14	900.09	2.05
100	3.94	902.61	899.84	2.77
80	4.67	902.19	899.15	3.04
60	5.72	901.26	898.85	2.41
40	2.82	902.04	898.33	3.71
20	4.07	901.38	898.16	3.22
0	2.89	901.40	897.51	3.89

Fuente: Elaboración propia.

En el otro caso, en que el caudal de diseño es $634.55 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 500 años, se calculó un tirante promedio de 2.85 m, una velocidad promedio de flujo de 5.66 m/s.

Tabla 22. Resultados de tirantes y velocidad. $T=500$ años (HEC-RAS)

Estación	Velocidad	Cota de	Cota de	Tirante
	total del flujo	elevación del agua	elevación del lecho del cauce	
	m/s	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m
300	7.29	907.34	904.99	2.35
280	6.89	906.82	904.30	2.52
260	7.68	905.82	903.57	2.25
240	8.13	904.90	902.94	1.96
220	5.28	905.31	902.58	2.73
200	5.87	904.50	902.39	2.11
180	5.61	904.02	901.84	2.18

Estación	Velocidad total del flujo	Cota de elevación del agua	Cota de elevación del lecho del cauce	Tirante
	m/s	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m
160	5.78	903.39	901.24	2.15
140	5.46	903.16	900.56	2.60
120	6.11	902.37	900.09	2.28
100	4.68	902.81	899.84	2.97
80	4.41	902.73	899.15	3.58
60	6.08	901.56	898.85	2.71
40	3.33	902.31	898.33	3.98
20	4.66	901.67	898.16	3.51
0	3.37	901.70	897.51	4.19

Fuente: Elaboración propia.

Uno de los problemas más dañinos para las estructuras, como estribos de puentes o defensas ribereñas, es la erosión del lecho del río, por tal razón se analiza la socavación general mediante la ecuación de Lischtvan – Levediev, considerando el caudal de diseño instantáneo para un periodo de retorno de 500 años, como lo recomienda el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

Tabla 23. Cálculo de diámetro d_{50} para socavación

Diámetro de abertura (mm)	% que pasa	% retenido	(1)/(3)
(1)	(2)	(3)	(4)
50.800	100	0	
38.100	81.92	18.08	688.8480
25.400	64.78	17.14	435.3560
19.050	58.91	5.87	111.8235
9.525	48.27	10.64	101.3460
4.760	39.16	9.11	43.3636
2.000	28.94	10.22	20.4400
0.840	21.28	7.66	6.4344
0.426	15.44	5.84	2.4878
0.250	10.30	5.14	1.2850
0.149	7.12	3.18	0.4738
0.074	4.03	3.09	0.2287
	Suma=	95.97	1412.09
Diámetro d_{50}=			14.00 mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Factores para el cálculo de la socavación

Condición	Coefficiente	Valor
V=5.66 m/s / Luz=60 m	Coefficiente μ	0.98
T=500 años	Coefficiente β	1.05
$\gamma=1.20$	Coefficiente φ	1.34
d=14 mm	Coefficiente Z	0.33

Fuente: Elaboración propia.

En base a los resultados del modelamiento en HEC-RAS de la zona de estudio, se procedió con el cálculo de la socavación mediante el método de Lischtvsn-Levediev, que estima la erosión general del cauce independientemente si exista o no alguna estructura al borde del cauce. La estimación de la socavación reduce la posibilidad de la exposición de los cimientos o fundaciones de la estructura que se busca proyectar en el sector Batasol del río Rímac. El resultado de la profundidad de socavación considerada para el proyecto es de 2.50 m (Ver anexo 28).

Tabla 25. Resultados de profundidad de socavación

Estación	Tirante	Área de flujo	α	y_s	Hs
	m	m ²	Adimensional	m	m
320	2.35	114.71	4.09	4.99	2.64
280	2.52	118.89	4.26	5.62	3.10
260	2.25	107.62	5.38	5.81	3.56
240	1.96	101.85	6.36	5.54	3.58
220	2.73	152.69	3.16	4.96	2.23
200	2.11	127.98	4.10	4.37	2.26
180	2.18	129.15	4.21	4.64	2.46
160	2.15	119.84	4.12	4.49	2.34
140	2.60	127.33	3.57	5.11	2.51
120	2.28	108.42	4.17	4.87	2.59
100	2.97	152.00	2.84	5.09	2.12
80	3.58	161.42	3.09	6.85	3.27
60	2.71	108.12	3.43	5.23	2.52
40	3.98	216.65	1.76	5.12	1.14
20	3.51	155.60	2.76	6.14	2.63
0	4.19	211.31	1.67	5.25	1.06

Fuente: Ekaboración propia.

A continuación se estima la socavación para una de las secciones evaluadas en el programa, obteniéndose el siguiente resultado:

$$y_s = \left[\frac{3.57 \cdot (2.60)^{5/3}}{0.68(14)^{0.28} \cdot (1.05) \cdot (1.34)} \right]^{\frac{1}{1+0.33}}$$

$$y_s = 5.10 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{634.55}{(1.70)^{\frac{5}{3}}(74.97)(0.98)}$$

$$\alpha = 3.57$$

Altura de socavación = 5.10 - 2.60 = 2.50 metros

3.6 Diseño de defensa ribereña

Muro de contención

En primer lugar se analizó la información correspondiente a la clasificación SUCS del suelo en la zona de estudio así como la capacidad portante, de lo cual se conoce que el suelo es una grava bien graduada (GW) y el esfuerzo admisible del suelo es de 2.50 kg/cm². De este último valor, se puede hacer la comprobación de los esfuerzos en el terreno generados por las cargas del peso propio, del relleno y la sobrecarga. Los esfuerzos presentes en la base del muro de deben ser menores al esfuerzo admisible del terreno, de lo contrario se debe ampliar la base para la mejor distribución de esfuerzos.

La altura requerida para el diseño de la defensa ribereña es la suma de altura de socavación y la altura de nivel máximo de agua, adicionando 1.5 metros como borde libre. Para este proyecto se tiene una altura de H=7.50 m, profundidad de socavación=2.50 m, nivel de agua máximo=3.89 m y borde libre (considerando)=1.10 m.

Durante el diseño manual del muro de contención se empleó la metodología desarrollado por el Ing. Rafael Torres Belandría en la tesis “Análisis y diseños de muros de contención de concreto armado” en el cual se emplea la Norma ACI 318 y algunos de los factores de mayoración han sido modificados de acuerdo a la realidad nacional. Se analizó los esfuerzos, el cumplimiento de los factores de seguridad al volteo y deslizamiento, haciendo un análisis estático y sísmico, de lo cual se obtendrá los mayores momentos y cortantes que permitirá el dimensionamiento final del acero.

El dimensionamiento de las partes del muro de contención mediante cálculos manuales han sido calculados y en función de las mediadsa se han realizado la determinación de las fuerzas y pesos incidentes en el análisis sísmico del muro (Ver anexo 29).

Tabla 26. Dimensionamiento de muro de contención

Elemento	Dimensión
Base	4.50 m
Corona	0.35 m
Puntera	1.05 m
Talón	2.70 m
Altura de la zapata	0.75 m
Base de pantalla	0.75 m
Altura de pantalla	6.75 m

Fuente: Elaboración propia.

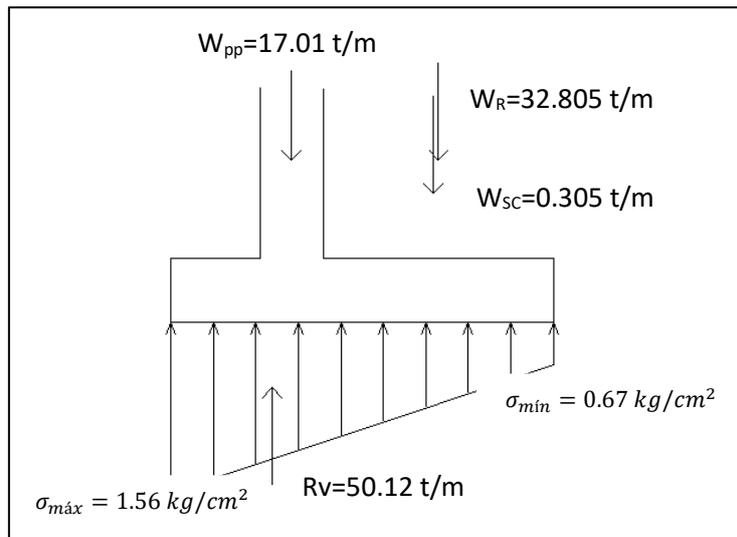


Figura 58. Distribución trapezoidal de tensiones en la base del muro

De la figura anterior se puede verificar que el esfuerzo admisible de 2.50 kg/cm^2 no ha sido superado por la semisuma de los esfuerzos máximo y mínimo, es decir que los esfuerzos en el terreno son adecuados para el diseño y no hay necesidad de incrementar la base que ya tiene una dimensión significativa de 4.50 m para el análisis estático y sísmico.

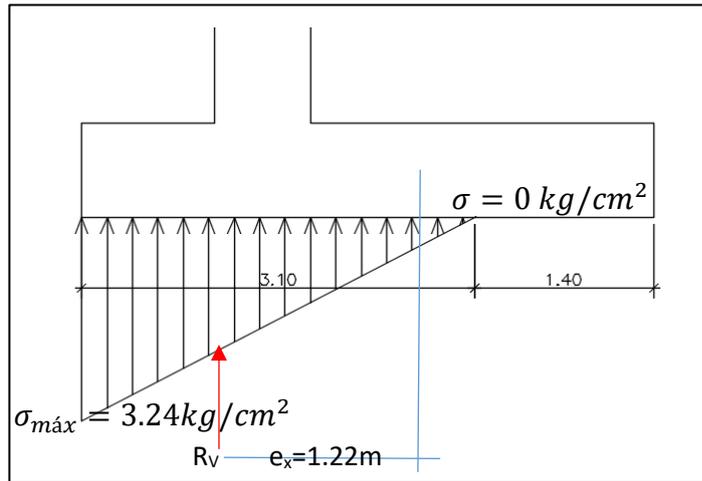


Figura 59. Distribución triangular de tensiones en la base del muro

Para el caso del análisis sísmico, la excentricidad de 1.22 no se encontraba exclusivamente entre $B/6$, sino que entre $B/3$ respecto al eje en x de la base, para esto el esfuerzo admisible basado en el $q_{\text{últ}}=7.50 \text{ kg/cm}^2$ aproximadamente, tiene un factor de seguridad de 2 para acciones sísmicas, obteniéndose un esfuerzo admisible de 3.75 kg/cm^2 , por lo tanto en el esfuerzo en el terreno esta dentro del rango para cumplir con la sollicitación del esfuerzo admisible.

Otro factor importante por verificar es la estabilidad del muro de contención en cuanto se refiere al volteo y deslizamiento, en este caso para condiciones estáticas si se cumple con lo establecido con respecto a los coeficientes de seguridad.

Tabla 27. Factores de seguridad calculados

Condiciones estáticas	
Factor de seguridad	Condición
FSV= 3.56 es mayor que 2.00	Cumple
FSD= 1.89 es mayor que 1.50	Cumple
Condiciones sísmicas	
Factor de seguridad	Condición
FSV= 1.62 es mayor que 1.25	Cumple
FSD= 1.26 es mayor que 1.25	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los factores de seguridad ante condiciones sísmicas se tuvo que añadir un dentellón de pie para mejorar el factor de seguridad al deslizamiento, puesto que sin dentellón no cumplía ya que el valor era menor que la condición requerida de 1.25. Se

añadió el dentellón de medidas 0.75 x 0.75 m, y se pudo cumplir con el factor de seguridad al deslizamiento para ambas situaciones, estática y sísmica.

Para el dimensionamiento del acero en la zapata se analiza los momentos obtenidos en el talón y en la puntera, los cuales fueron de 14.76 t-m y 48.27 t-m respectivamente. También se compara la fuerza cortante hallada, en este caso $V_{1-1} = 26.20$ t y $V_{2-2} = 30.46$, se elige la mayor y se verifica que la cortante máxima nominal de 56.86 t no supere la cortante resistente máxima de un concreto $f'c = 280$ kg/cm² igual a 59.89 t, por lo que se asegura que la resistencia del concreto es suficiente para las cargas, y se evitará la falla por corte. En cuanto a la flexión en la zapata corresponde un acero mínimo de 13.75 cm² por metro lineal, sin embargo para la zona de la puntera el valor calculado de acero fue de 8.18 cm²/m, por lo tanto se usó el acero mínimo; mientras que en el talón, el acero calculado fue de 26.47 cm²/m, fue mayor que el acero mínimo.

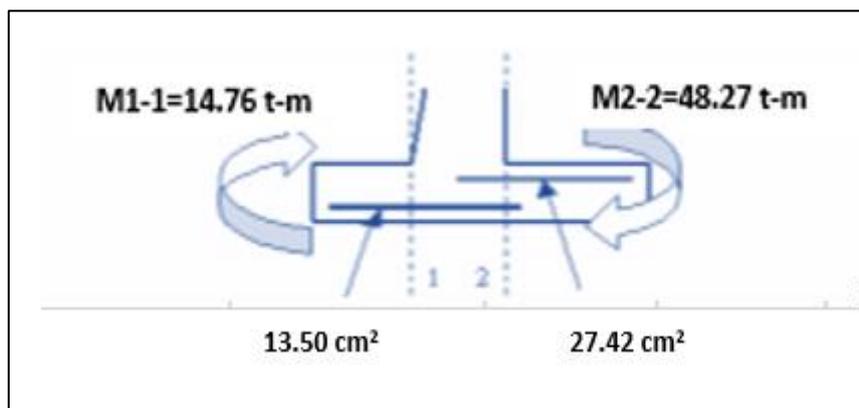


Figura 60. Detalle de acero en zapata del muro.

Para el diseño de la pantalla se requiere del análisis de los empujes activos y de la sobrecarga y se aplican en distancias en función de una altura “y”, que permite evaluar la sección variable de la pantalla y establecer el requerimiento de acero de acuerdo a la altura. Por lo que se puede notar como a medida que se descende a la base de la pantalla se incrementa la necesidad de acero, esto se debe al empuje activo del suelo es mayor en la parte baja.

Tabla 28. Resumen de requisito de acero en pantalla

y (m)	Vu (kg)	Mu (kg-m)	F(y) (cm)	d(y) (cm)	Φ Vc (kg)	Asmín (cm ² /m)	As requerido (cm ² /m)
1	847.58	389.58	40.9	33.4	22215.68	7.36	0.31
2	2816.32	2557.6	46.9	39.4	26206.52	8.44	1.72
3	5906.22	8002.98	52.8	45.3	30130.84	9.5	4.72
4	10117.28	18224.64	58.7	51.2	34055.17	10.57	9.57
5	15449.5	34721.5	64.7	57.2	38046.01	11.65	16.48
6	21902.88	58992.48	70.6	63.1	41970.334	12.71	25.65
6.75	27478.68	83199.18	75.0	67.5	44896.95	13.5	34.13

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se obtiene el dibujo del muro de contención detallando las dimensiones y el acero correspondiente.

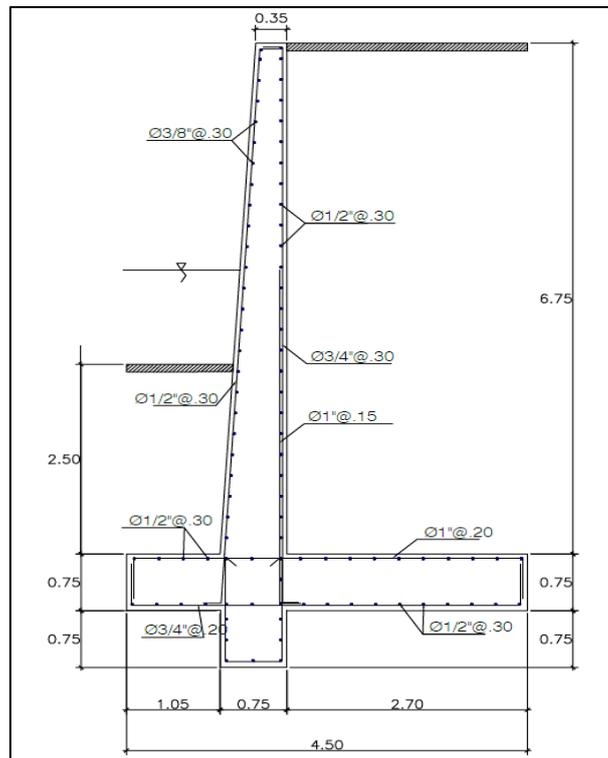


Figura 61. Detalle de acero de refuerzo del muro de contención

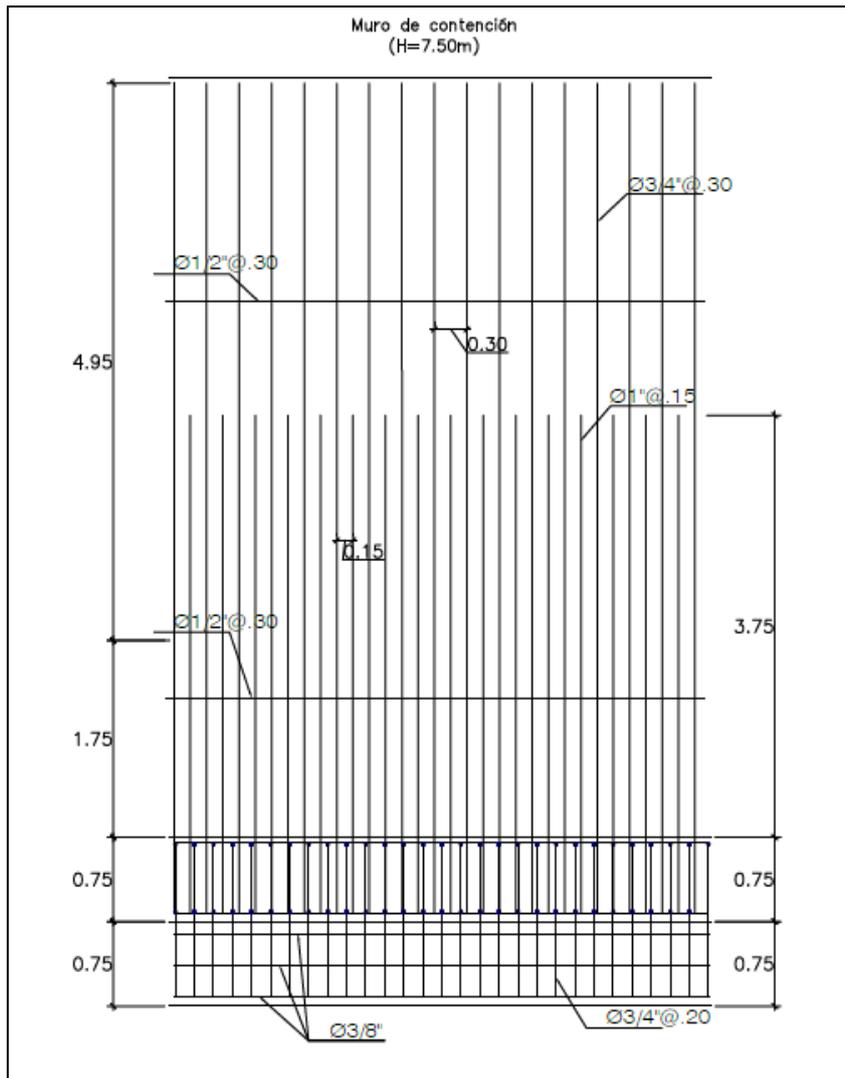


Figura 62. Distribución acero en vista longitudinal del muro de contención H=7.50 m.

En cuanto al sistema de drenaje para el muro de contención, se sugiere usar geocompuestos de acuerdo a lo recomendado por Maccaferri (2005) para un muro menor de 10 metros de altura, se puede usar el MacDrain®, cabe recalcar que esto se hace como una manera sugerencia, puesto que en esta investigación se ha realizado el diseño estructural.



Enrocado

En este tipo de defensa ribereña, uno de los factores importantes a considerar es el tipo de roca que se empleará así como los caudales de diseño. Por lo tanto, para diseñar un enrocado se requiere de estimar el diámetro medio de las rocas para dicha obra, los métodos de cálculos usados fueron el método de Maynard y el del United States Department of Transportation.

Tabla 29. Datos y resultado de diámetro d_{50} para enrocado (Maynard)

Variable	Valor	Variable	Valor
C1	0.32	F	1.32
C2	1.35	y=	3.89 m
V	4.71 m/s	d₅₀	1.52 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Datos y resultado del diámetro d_{50} para enrocado (US Department of Transportation)

Variable	Valor	Variable	Valor
V	4.71 m/s	K ₁	0.75
y	3.89 m	d' ₅₀	2.53 m
C	1.54	d₅₀	0.80 m

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el diámetro medio del enrocado se decidió escoger el $d_{50}=0.80$ m, puesto que es un diámetro conveniente y adecuado para la zona en estudio. Posteriormente se realiza la gradación de las rocas en general que se emplearían en el enrocado de acuerdo a los límites de gradación.

Tabla 31. Gradación para el enrocado

Rango de tamaño de partículas (m)	% de gradación
1.20 a 1.36	100
0.96 a 1.12	85
0.80 a 0.92	50
0.32 a 0.48	15

Fuente: Elaboración propia.

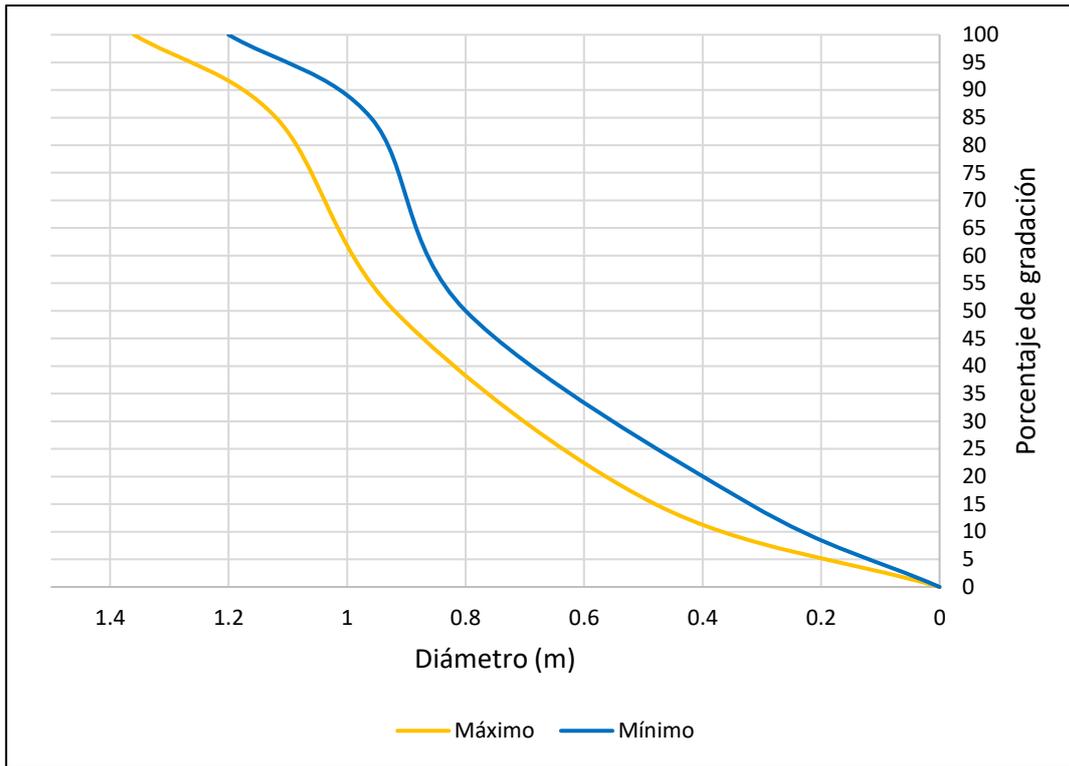


Figura 64. Curva de gradación para enrocado

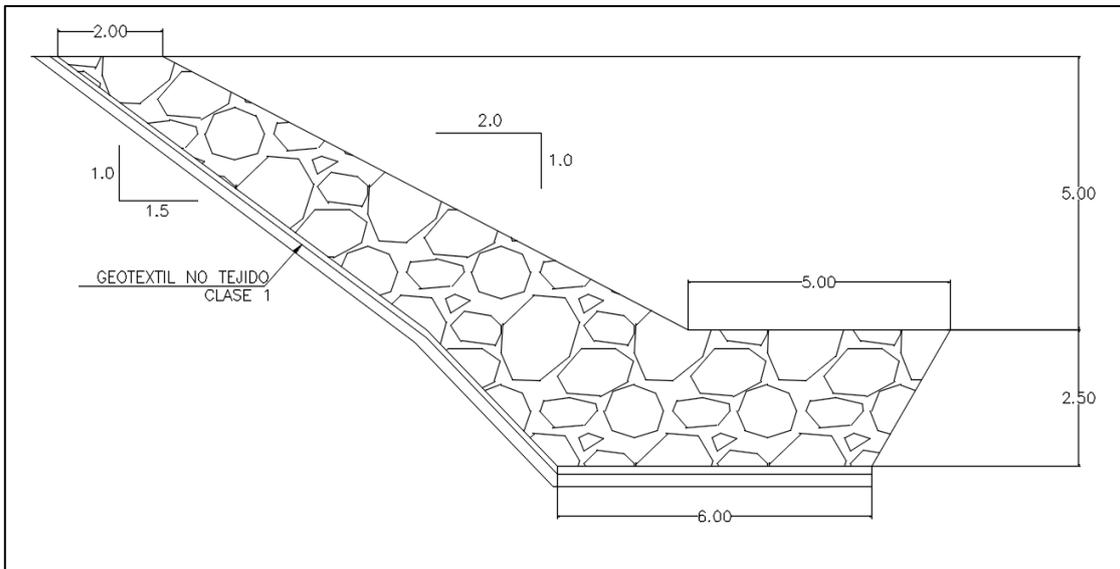


Figura 65. Diseño del enrocado para la zona de estudio

IV. DISCUSIÓN

Para reducir la vulnerabilidad ante desbordes del río Rímac en el sector Batasol, el diseño de una defensa ribereña con la altura adecuada para que no se supere el nivel de agua ante avenidas máximas es vital, por ello, los cálculos realizados para la determinación de los tirantes y profundidad de socavación son requeridos, una forma de obtener los parámetros es mediante del modelamiento hidráulico en el programa HEC-RAS, ingresando la información topográfica y características de rugosidad. Al respecto, Gutierrez (2018) en su tesis titulada “Propuesta de defensa ribereña desde el puente de Piedra hasta el puente Auqui, en el distrito de independencia, Huaráz, 2017” considera que las secciones del río así como el coeficiente de rugosidad son los datos necesarios para ingresar al programa HEC-RAS, pero adicionalmente se debe también considerar la pendiente en el tramo de estudio, que para esta investigación fue de 0.025 m/m.

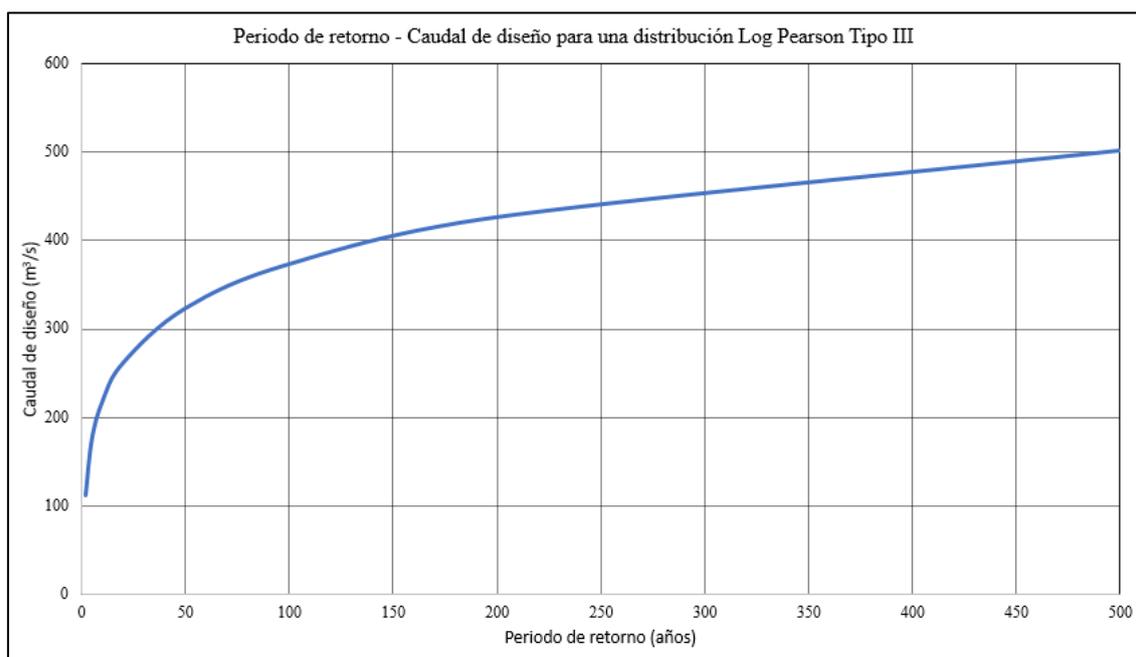


Figura 66. Curva para distribución Log Pearson Tipo III considerando periodo de retorno y caudal máximo.

En el presente estudio, tras el análisis estadístico de los caudales de la Estación Chosica ubicada en el río Rímac, y se ha considerado que la distribución Log Pearson Tipo III se ajusta mejor a la serie de datos, puesto que los valores obtenidos por dicha distribución. El caudal máximo de diseño obtenido es de 538.21 m³/s para defensas ribereñas en el sector de estudio del río Rímac, con una vida útil de 40 años y un periodo de retorno de 200 años. En contraste, Ponte (2018) en su tesis titulada “Defensa ribereña con gaviones

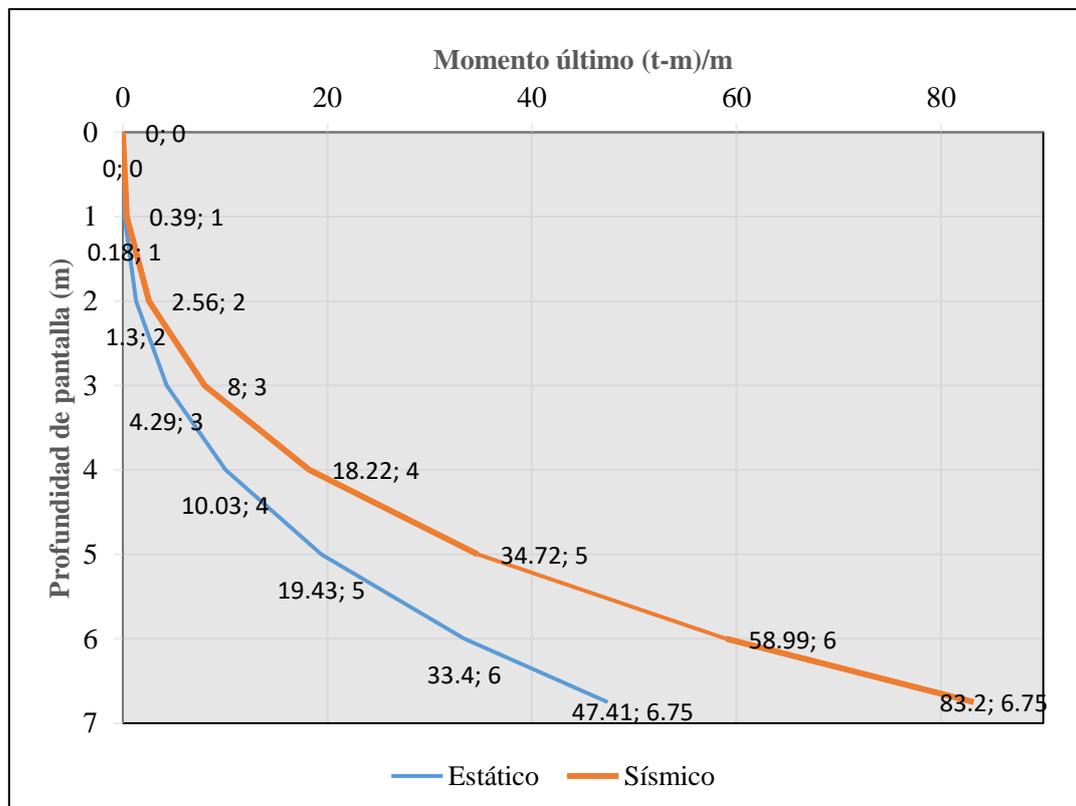
y la estabilidad del talud en el río Chillón – Asociación de Vivienda Valle Chillón – Distrito de Puente Piedra, 2017” analiza la serie de datos de los caudales de la estación Puente Magdalena correspondiente al río Chillón, exclusivamente mediante tres métodos para estudiar la distribución de los datos, entre ellos están: Log Normal, Gumbel y Pearson Tipo III, y obtuvo como resultado un caudal de 285.18 m³/s, pero no realizó el análisis con las demás distribuciones disponibles, por esa razón no se garantiza si otra distribución se ajustaba mejor a la serie de datos de caudales del río Chillón.

La determinación de los parámetros hidráulicos es de suma importancia para el diseño de una defensa ribereña, analizando desde el coeficiente de rugosidad del cauce del río Rímac en el sector Batasol que es de $n=0.040$ denota el grado de resistencia que aportan las características del fondo y paredes del cauce. Además, en función del nivel de agua y la socavación se halla la altura del muro o el enrocado, para esta investigación se obtuvo que el nivel de agua fue de 3.89 m y la altura de la socavación aproximada de 2.50 m, se observa de estos valores que existe la necesidad de una defensa ribereña de una significativa altura total para dar protección a la población del sector Batasol. Al respecto, Rocha (2011) hace mención que el río Rímac, tiene caudales variables importantes en el tiempo de acuerdo a la estación, estiaje o de máxima avenida en caso se presentará el Fenómeno el Niño, también afirma que en la zona de Chosica el cauce se ha estrechado puesto que incluso hay viviendas al borde del mismo río, lo cual reduce la capacidad de cauce natural del río para inundación. Por lo tanto, se corrobora la necesidad de una defensa ribereña en el sector de estudio.



Perfil de socavación para un periodo de retorno de 500 años.

En cuanto al diseño del muro de contención como defensa ribereña, debido a que la ciudad de Lima está ubicada en una zona de alto peligros sísmico se ha considerado la acción sísmica mediante el método de Monobe-Okabe, que considera la aceleración máxima horizontal de acuerdo a la zona sísmica, para analizar el muro de contención de 7.50 m se considero el coeficiente $Z=0.45$, de lo cual resultó un incremento en el 50% del empuje activo para condiciones estáticas. A comparacrón del análisis al muro diseñado en la tesis “Modelamiento hidráulico y diseño de defensas ribereñas del río Amojú, localidad el Parral – Jaén – Cajamarca” desarrollada por Soto (2017) , donde a pesar de no encontrarse en una zona sísmica alta, sino intermedia con un valor de aceleración horizontal de $Z=0.25$, no se realizó el análisis mediante la fórmula de Monobe-Okabe sino que se multiplicó por un factor de 1.12 al empuje activo que al parecer algunos autores consideraban, según lo menciona el tesista, de esto se puede entender que es de vital importancia considerar el aspecto sísmico para el diseño del muro de contención como defensa ribereña.



Curvas de momentos ante acciones estáticas y sísmicas

De la figura anterior, se puede analizar que el momento último en el punto más bajo de la pantalla para el caso sísmico es 75% más que el momento para condiciones estáticas, debido al incremento del empuje activo producido por considerar las acciones sísmicas mediante el método de Monobe-Okabe, por lo tanto, el requerimiento de la cantidad de acero de la zona trasdós del muro es mayor.

La otra defensa ribereña propuesta es el enrocado, en el que se consideró básicamente el tamaño medio de las rocas estimándose un diámetro medio de 0.80 m, a razón de la información obtenida de la velocidad media de la corriente y del tirante para un periodo de retorno de 200 años, en cuanto al espesor del enrocado se definió una medida de 1.50 metros, por lo que será necesario conseguir rocas de las canteras cercanas a la zona de estudio con dimensiones que cumplan con las condiciones de la gradación sugerida.

V. CONCLUSIONES

De la investigación desarrollada se obtuvo las siguientes conclusiones, que a continuación se mencionan:

Respecto a la propuesta del diseño defensa ribereña se concluye que ambas propuestas, el muro de contención y el enrocado, son óptimas para reducir la vulnerabilidad ante desbordes del río Rímac en el sector Batasol, puesto que la altura estimada está en función de los parámetros hidrológicos e hidráulicos obtenidos del modelamiento en el programa HEC-RAS, lo cual permite garantizar la protección ante desbordes o niveles máximos de agua.

En cuanto a la estimación del caudal máximo instantáneo de diseño es de vital importancia para una obra de defensa ribereña, puesto que dependiendo del caudal, las secciones del cauce y de los tirantes se hace el planteamiento de la altura de la obra de protección ribereña, en este caso fue de 5.00 metros sobre el nivel del lecho del río. Por lo tanto, para la propuesta de muro de contención y enrocado en el río Rímac para el sector Batasol en Chosica se usó un caudal de 538.21 m³/s, considerando un periodo de retorno T=200 años y ajustándose a una distribución Log Pearson Tipo III, con un riesgo de 18% y una vida útil de la estructura de 40 años. Adicionalmente, para el cálculo de socavación se determinó un caudal de 634.55 m³/s, estimado para un periodo de retorno de 500 años.

La determinación de los parámetros hidráulicos tales como el coeficiente de rugosidad, los tirantes, velocidad y altura de socavación fueron analizados para el presente estudio y se concluyó que el coeficiente de rugosidad para el sector Batasol se estimó $n=0.040$, el tirante máximo para un periodo de retorno de 200 años es de 3.89 metros, la velocidad promedio es de 4.71 m/s y la altura de socavación estimada es de 2.50 metros para un periodo de retorno de 500 años para un caudal máximo determinado. Entonces, de acuerdo a la información obtenida se calculó la altura para la defensa ribereña que fue de 5.00 metros sobre el nivel del lecho del río, que garantizaría la protección ante los desbordes del río Rímac.

Sobre el análisis del muro de contención se concluyó que los esfuerzos del terreno ante el peso del muro y del relleno, son menores al esfuerzo admisible de 2.50 kg/cm², los factores de seguridad cumplen y se garantiza la estabilidad, el factor de seguridad al

volteo en condiciones sísmicas es 1.62 y al deslizamiento es 1.26, que son mayores al parámetro de 1.25, por lo tanto si cumple con las condiciones mantener estable el muro. Además se hizo la verificación por corte y flexión. Respecto al enrocado, se concluyó que el diámetro medio de la roca para la defensa ribereña debe ser de 0.80 m, la profundidad de socavación es de 2.50 metros y se obtuvo la gradación de rocas en las que se tiene un diámetro mínimo de 32 centímetros y un diámetro máximo de 136 centímetros.

VI. RECOMENDACIONES

El procesamiento de la información de los caudales de una estación hidrométrica debe ser analizada por métodos estadísticos a fin de garantizar que el caudal de diseño se ajuste a la distribución de la serie de datos, de esa manera se da credibilidad al estudio para tomar dicho caudal para el diseño de defensas ribereñas. Se recomienda tener a disposición de información de por lo menos 30 años y que la estación sea cercana al punto de interés.

Para realizar los cálculos de parámetros hidrológicos e hidráulicos, es necesario conocer la zona de estudio, es decir, las características del suelo y la topografía principalmente, con la finalidad que los resultados sean acorde a la situación existente en el área de estudio, y el programa HEC-RAS lo procese adecuadamente, porque en función de los tirantes y socavación se obtendrá la altura de la defensa ribereña. En ese sentido, se recomienda contar con información del área de estudio para plantear la defensa ribereña adecuada que garantice la protección ante desbordes del río.

Respecto al diseño de las defensas ribereñas, se recomienda analizar sísmicamente el muro de contención sea en cualquier zona que se ubique, pues es un factor al cual está expuesto o vulnerable dicha estructura. Para el enrocado se recomienda estimar un diámetro de roca que cumpla con los requerimientos hidráulicos por medio de uno de los métodos de cálculo.

Finalmente, en función de la tesis desarrollada se aportó con datos hidrológicos de interés para el sector Batasol en Chosica, y a la vez se ha detallado los procedimientos para el diseño de defensa ribereña, a fin de aportar al ámbito académico y profesional. Esta tesis realizada puede ser un antecedente para próximas investigaciones que tengan como objeto de estudio diseñar defensas ribereñas en alguna zona vulnerable ante desbordes de ríos, además, se sugiere ampliar el campo de estudio en cuanto a los tipos de defensa ribereña y de análisis hidráulico mediante programas de modelamiento del comportamiento de ríos.

Se recomienda tener en orden la documentación de la geografía de la zona sobre todo al emplear el programa ArcMap, puesto que se generan distintos archivos constantemente al avanzar el proceso de la delimitación de la cuenca.

REFERENCIAS

- AFANADOR, Nelson, SANJUÁN, Yalitz y MEDINA, David. Diseño sísmico de muros de contención en gravedad y voladizo. *Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada* [en línea]. Junio 2012. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2019].
Disponible en: http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/195
- AREU, Omar [et al.]. Impact of Urban Growth and Changes in Land Use on River Flood Hazard in Villahermosa, Tabasco (México). *Water* [en línea]. Febrero 2019, n.º 2. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019].
Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/2/304>
- ASTORAYME, Miguel [et al.]. Modelización hidrológica con un enfoque semistribuido en la cuenca del río Chillón, Perú. *Revista Peruana Geo-Atmosférica* [en línea]. 2015, vol. 4. [Fecha de consulta: 06 de abril de 2019].
Disponible en: https://web2.senamhi.gob.pe/rpga/pdf/2015_vol04/paper8.pdf
- AZAZKHAN, Pathan, VADHER, B.M. y Aguihotri, P.G. River flood modeling using GIS, HEC-GeoRAS and HEC-RAS for Purna River, Navsari District, Gujarat, India. *International Journal of Science & Engineering Development Research* [en línea]. Marzo 2017, n.º 2. [Fecha de consulta: 08 de abril de 2019].
Disponible en: <http://www.ijedr.org/viewpaperforall.php?paper=IJSDR1703033>
- BENITO, Hugo. Aplicación del HEC-RAS, como herramienta en la gestión de riesgo de inundaciones – Tramo urbano de la ciudad de Ica. *Asociación Peruana de Ingeniería Hidráulica y Ambiental* [en línea]. Setiembre 2016. [Fecha de consulta: 05 de abril de 2019].
Disponible en: <http://www.apiha.org/blog/libro-resumenes-extendidos-xxvii-congreso-latinoamericano-hidraulica-lima-2016>
- BERNAL, César. Metodología de la Investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 3.^a ed. Bogotá: Pearson Education, 2010. 305 pp.
ISBN: 9789586991285

BOLETIN El Niño/La Niña Hoy [en línea]. Organización Mundial de Meteorología.2016. [Fecha de consulta: 04 de abril de 2019].

Disponible en: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_Feb16_Esp.pdf

BREÑA, Agustín y JACOBO, Marco. Principios y fundamentos de la Hidrología Superficial [en línea]. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana, 2006. 287 pp.

Disponible en: http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf

BURY, [et al.]. New Geographies of Water and Climate Change in Peru: Coupled Natural and Social Transformations in the Santa River Watershed. Annals of the Association of American Geographers [en línea]. Febrero 2013, n.º 103. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2019].

Disponible en: https://liberalarts.utexas.edu/_files/polkmh/Buryetal_2013AnnalsAAG.pdf

CABALLERO Romero, Alejandro. Metodología integral innovadora para planes y tesis La metodología del cómo formularlos. México D.F. Cengage Learning, 2013, 624 pp.

ISBN: 9786075190815

CARO C., Carlos A y BAYONA R., Julián A. Hydro-dynamic modeling for identification of flooding zones in the city of Tunja. Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquía [en línea]. 2018, n.º88. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019].

Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/2138981268/fulltextPDF/24747157E75D4F0BPQ/9?accountid=37408>

CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5.a ed. Monterrey: Limusa, 2004. 650 pp.

ISBN 968-18-6489-1

DÍAZ, Ubaldo, GUACANEME, Daniel y ALONSO, Francy. Estimación de caudales máximos para el sector hidrológico de la Quebra el Diamante, mediante modelación con HEC-HMS. Tesis (Especialista en Recursos hídricos). Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2017.
Disponibile en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15352>

ESTUDIO Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac [en línea]. Lima: Autoridad Nacional del Agua, 2010. [Fecha de consulta: 05 de abril de 2019].
Disponibile en: <http://www.ana.gob.pe/normatividad/estudio-hidrologico-cuenca-río-rimac-0>

GARCÍA, Rafael y CONESA, Conesa. Estimación de caudales de avenidas y delimitación de áreas inundables mediante métodos hidrometeorológicos e hidráulicos y técnicas S.I.G., estudio aplicado al litoral sur de la región de Murcia. Papeles de geografía, Universidad de Murcia [en línea]. 2011, n.º 53-54 [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019].
Disponibile en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15352>

GEOSERVIDOR Perú. MINAM. s.f. Disponibile en :http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx

GONZALEZ, Claudia y ROMO, Miguel. Empuje dinámico en estructuras de retención con inclusión compresible. Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología [en línea]. 2014, n.º 4. [Fecha de consulta: 9 de mayo de 2019].
Disponibile en: <https://www.elsevier.es/en-revista-ingenieria-investigacion-tecnologia-104-articulo-empuje-dinamico-estructuras-retencion-con-S140577431470650X>

GUTIERREZ, Yhosep. Propuesta de defensa ribereña desde el puente de Piedra hasta el puente Auqui, en el distrito de independencia, Huaráz-2017. Tesis (para obtener el título de ingeniero civil). Huaráz: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/26316/Gutierrez_AYA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HEC-RAS. Manual de referencia hidráulica. California: HEC-RAS, 2010 [Fecha de consulta: 20 de abril de 2019].

HEC-RAS. Manual de usuario. California: HEC-RAS, 2010 [Fecha de consulta: 21 de abril de 2019].

HARMSSEN, Teodoro. Diseño de estructuras de concreto armado. 3.a ed. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2002. 683 pp.

KHADKA, Jeevika y BHAUKAJEE, Jagritee. Rainfall-Runoff Simulation and Modelling Using HEC-HMS and HEC-RAS Models: Case Studies from Nepal and Sweden. Tesis (Maestría en Recursos Hídricos). Lund: Universidad de Lund, Departamento de Edificación y Tecnología Ambiental, 2018.

Disponible en: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8956602&fileId=8956603>

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima: MTC, 2011. 222 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). Norma C.E. 020. Suelos y taludes. Lima: MTC, 2012. 30 pp.

MACCAFERRI. Informe técnico: sistema de drenaje vertical con el geocompuesto MacDrain®. (Junio, 2005).

Disponible en <https://www.maccaferri.com/br/es/productos/geocompuestos-macdrain/>

MARTÍNEZ, Alberto. Análisis del riesgo de inundación en Motilla del Palancar (Cuenca, España). Revista Investigaciones Geográficas [en línea]. Enero-junio 2013. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019].

Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/33658>

MARTÍNEZ R., Héctor. 2012. Metodología de la investigación Con enfoque en competencias. México D.F. Cengage Learning, 2012. 264 pp.
ISBN: 9786074817218

METODOLOGÍA de la investigación educativa por Rafael Bisquerra [et al.]. Madrid: Editorial La Muralla, 2004. 459 pp.
ISBN: 8471337487

MOCHICA, Elmer. Análisis de máximas avenidas con fines de diseño de defensa del Río Chichanaco de la ciudad de Sandia. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2013.
Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5449>

MOSQUERA, Fernando. Aplicación de Microsoft Excel en el diseño de muros de contención en voladizo. Universidad Javeriana Cali [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2019].
Disponible en: <http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/10684/Articulo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

MOYA, et al. Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5. Ribagua [en línea]. Febrero 2016, n.º 3. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019].
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2386378116000025>

OLASUNKANMI, A. B. y DAN'AZUMI, S. Flood inundation and hazard mapping of river Zungur watershed using GIS and HEC-RAS models. Nigerian Journal of Technology [en línea]. Octubre 2018, n.º 4. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019].
Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/njt/article/view/179747>

- ORTÍZ, Oswaldo. Pronóstico de variables aleatorias en el diseño de ingeniería. En: XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Iquitos. 2003. Instituto de la Construcción y Gerencia [en línea]. [Fecha de consulta: 03 de abril de 2019].
Disponible en: <http://dev2.construccion.org/biblioteca/articulo/pronostico-variables-aleatorias-diseno-ingenieria-52>
- PALELLA S., Santa y MARTINS P., Feliberto. Metodología de la investigación cuantitativa. 2.^a ed. Caracas: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2006. 253 pp.
ISBN: 9802734454
- PARILLO, Yonatan. Modelamiento hidrológico usando HEC-HMS para proyectar defensas contra avenidas en la localidad de Borogueña – Tacna. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2014.
Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2808>
- PONTE Hidalgo, Jordy Scot. Defensa ribereña con gaviones y la estabilidad del talud en el Río Chillón – Asociación de Vivienda Valle Chillón – Distrito de Puente Piedra, 2017. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Puno: Universidad César Vallejo, 2018.
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27592>
- RAMÍREZ, Ivan y BRIONES, Fernando. Understanding the El Niño Costero of 2017: The definition Problema nd Challenges of Climate Forecasting and Disaster Responses. International Journal of Disaster Risk Science [en línea]. Diciembre 2017, n.º 8. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2019].
Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13753-017-0151-8>
- RAMOS, Alfredo y PACHECO, José. Análisis hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Frío, municipios de Ciénaga y zona bananera, departamento del Magdalena. Revista Logos Ciencia y Tecnología [en línea]. Julio – diciembre 2017, n.º 1. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2019].
Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/5177/517754057016.pdf>

ROCHA F., Arturo. Interacción de la dinámica fluvial y el desarrollo urbano. Revista técnica del Capítulo de Ingeniería Civil [en línea]. Setiembre 2011, n.º 46. [Fecha de consulta: 06 de abril de 2019].

Disponible en: http://www.cdlima.org.pe/docs/pdf_civil/setiembre-2011.pdf

ROMERO, Armando, GUADALUPE, Enrique y BLAS Wilfredo. Estimado de descargas máximas en la microcuenca de Huaycoloro (Huachipa, Lima). Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG-UNMSM [en línea]. Enero 2010, n.º 25. [Fecha de consulta: 03 de abril de 2019].

Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/articulo/view/402/344>

ISSN: 1628-8097

RUSQUE, Ana M. De la Diversidad a la Unidad en la Investigación Cualitativa. Valencia: Editores Vadell Hnos, 2007. 231 pp.

ISBN: 980212284X

SALAS, Marco. Cuadernos de investigación. Obras de protección contra inundaciones. México D.F.: Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2014. 67 pp.

Disponible en: <https://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/127-CUADERNODEINVESTIGACIONBRASDEPROTECCINCONTRAINUNDACIONES.PDF>

SÁNCHEZ, Miguel. Hidráulica de canales abiertos – Teorías y problemas. Lima: Fondo Editorial – UNALM, 2014. 213 p.

ISBN: 976-612-4147-25-8

SÁNCHEZ, Miguel y LAQUI, Wilber. Predicción de caudales medios mensuales del Río Huancané utilizando modelos de redes neuronales. Anales científicos UNALM [en línea]. Julio-Diciembre 2009, n.º 2. [Fecha de consulta: 02 de abril de 2019]

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6171117>

ISSN: 2519-7398

- SARANGO, Douglas [et al.]. Estudio de máximas avenidas para la protección de zonas de posible inundación ubicada en el tramo La Oroya – 40 km aguas abajo Cuenca del Río Mantaro. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM [en línea]. Enero-Junio 2017, n.º 39. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019].
Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14163/12477>
- SISTEMA de Información Geográfica del Ministerio de Educación. MINEDU.
Disponible en: <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/>
- SOTO, Jorge. Modelamiento hidráulico y diseño de defensas ribereñas del Río Amojú, localidad El Parral – Jaén – Cajamarca. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1095>
- TE Chow, Ven. Hidráulica de canales abierto. Colombia: McGraw-Hill, 1988. 667 p.
ISBN: 958-600-228-4
- TE Chow, Ven., R. MAIDMENT, David y W. MAYNS, Larry. Hidrología aplicada. Colombia: McGraw-Hill, 1988. 584 p.
ISBN: 958-600-171-7
- VALDIVIA, Jimmy. Determinación del área de inundación por máxima avenida de la quebrada Amojú, en la zona urbana de la ciudad de Jaén – Cajamarca. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.
Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/512>
- VEGA, Fernando [et al.]. Simulación y caracterización del régimen natural de descargas diarias en los andes del sur del Perú: región de Apurímac y Cusco. Revista Peruana Geo-Atmosférica [en línea]. 2015, vol 4. [Fecha de consulta: 02 de abril de 2019].
Disponible en: https://web2.senamhi.gob.pe/rpga/pdf/2015_vol04/paper1.pdf

- VEGA, Fiorella, LAVADO, Waldo y FELIPE, Oscar. Evaluación de cambios hidrológicos en un sistema fluvial regular durante los últimos 90 años en la cuenca Rímac. *Theoretical and Applied Climatology* [en línea]. Marzo 2019, n.º 132. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2019].
Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-017-2084-y#citeas>
- VELÁSQUEZ Díaz, Juan J. Hidrología del río Rímac. *Revista técnica del Capítulo de Ingeniería Civil* [en línea]. Setiembre 2011, n.º 46. [Fecha de consulta 20 de marzo de 2019].
Disponible en: http://www.cdlima.org.pe/docs/pdf_civil/setiembre-2011.pdf
- VILLACORTA, [et al.]. Geomorphological evolution of the Rimac River's alluvial fan, Lima, Perú. *Geosciences Journal* [en línea]. Junio 2019, n.º3. [Fecha de consulta: 13 de abril de 2019].
Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12303-018-0049-5>
- VILLÓN, Máximo. *Hidrología*. 3.a ed. Lima: Editorial Villón, 2011. 433 pp.
- VILLÓN, Máximo. *Hidráulica de canales*. 2.a ed. Lima: Editorial Villón, 2007. 508 pp.
ISBN: 99778-66-081-6
- W. BRUNNER, Gary. *HEC-RAS River Analysis System* [en línea]. Estados Unidos: US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center, 2016. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2019].
Disponible en: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Users%20Manual.pdf>
- WOLF, Paul y D. GHILANO, Charles, *Topografía*. 14.a ed. Ciudad de México: Alfaomega, 2016. 972 pp.
ISBN: 9786076227053

WU, Huan [et al.]. Hydrometeorological Hazards: Monitoring, Forecasting, Risk Assessment, and Socioeconomic Responses. *Advances in Meteorology* [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2019].

Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2016/2367939>

YAMANI, Kheira [et al.]. Mapping of vulnerability of flooded área in arid región. Case study: área of Ghardaïa – Algeria. *Modeling Earth Systems and Environment* [en línea]. Agosto 2016, n.º 3. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2019].

Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40808-016-0183-x>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Modelación hidráulica del río Rímac para el diseño de defensas ribereñas en el sector Batasol - Chosica, Lima, 2019							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores		Metodología		
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Qué defensa ribereña sería adecuada para la protección ante desbordes del río Rímac considerando el modelamiento hidráulico, en el sector Batasol, Chosica, 2019?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>P1 ¿Cuál es el caudal de diseño para defensa ribereña en el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019?</p> <p>P2 ¿Cómo influyen los parámetros hidráulicos en el diseño de la defensa ribereña para el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019?</p> <p>P3 ¿Cuáles son los parámetros para el diseño del muro de contención y enrocado como defensas ribereñas para el sector Batasol, Chosica, 2019?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Proponer el diseño de las defensas ribereñas en a los resultados del modelamiento hidráulico, para el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>O1 Calcular los caudales máximos de diseño para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años, para defensa ribereña en el sector Batasol del río Rímac, Chosica.</p> <p>O2 Determinar los parámetros hidráulicos para realizar el diseño de la defensa ribereña en el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019.</p> <p>O3 Calcular los parámetros de diseño necesarios para la propuesta de muro de contención y enrocado.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <p>La propuesta de defensa ribereña basada en los resultados del modelamiento hidráulico es la óptima para reducir la vulnerabilidad ante desbordes del río Rímac, en el sector Batasol, Chosica, 2019.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>H1 Los caudales máximos de diseño calculados están basados en una distribución que se ajusta mejor a la serie de datos registrados.</p> <p>H2 Los parámetros hidráulicos estimados influyen en el diseño de la defensa ribereña para el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019.</p> <p>H3 El muro de contención y el enrocado pueden ser las defensas ribereñas más viables en el sector Batasol, Chosica, 2019.</p>	VI : Modelación hidráulica		<p>Tipo de Investigación</p> <p>Aplicada</p> <p>Diseño de la Investigación</p> <p>No experimental</p> <p>Método de la Investigación</p> <p>Descriptiva</p> <p>Población</p> <p>Para la presente investigación la población está conformada por el cauce del río Rímac, en Chosica.</p> <p>Muestreo</p> <p>No probabilístico.</p> <p>Muestra La muestra que se utilizó en esta investigación consta de un sector crítico del del río Rímac ante desborde en específico el sector de Batasol - Chosica</p>		
			Dimensiones			Indicadores	
			-Cuenca hidrológica			Parámetros de la caracterización	
			Caudales			Caudal máximo anual	
			Topografía			Caudal de diseño	
			Parámetros hidráulicos			Secciones transversales	
						Pendiente	
						Coeficiente de Manning	
						Tirante	
						Velocidad	
			-Profundidad de socavación			-Profundidad de socavación	
			VD : Defensa ribereña				
			Dimensiones			Indicadores	
			Estudio de mecánica de suelos			Clasificación SUCS	
			Diseño de muro de contención			Ángulo de fricción interna	
Capacidad portante							
Esfuerzos del terreno							
Diseño de enrocado		Factores de seguridad al volteo y deslizamiento					
		Diámetro medio					
		Límites de gradación					

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Solicitud de información a la Autoridad Nacional del Agua

	SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA (Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM)		N° DE REGISTRO
	FORMULARIO		

I. FUNCIONARIO RESPONSABLE DE ENTREGAR LA INFORMACIÓN:			
Ing. Sixto Celso Palomino García			

II. DATOS DEL SOLICITANTE:			
APELLIDOS Y NOMBRES / RAZÓN SOCIAL Chapoñan Tineo, Jeffrey Jared		DOCUMENTO DE IDENTIDAD D.N.I./L.M./C.E./OTRO 75190633	
DOMICILIO			
AV/CALLE/JR/PSJ. Psj. Managua	N°/DPTO./INT. 149	DISTRITO Ate	URBANIZACIÓN Sicuani
PROVINCIA Lima	DEPARTAMENTO Lima	CORREO ELECTRÓNICO Jared.ctineo@gmail.com	TELÉFONO 982824836

III. INFORMACIÓN SOLICITADA:
Parámetro geomorfológicos de la cuenca del río Rímac, perfil longitudinal del río Rímac, Histograma de precipitación máxima en 24 horas-cuenca del río Rímac, Caudales medios anuales, caudales máximos, curva de duración del río Rímac-Estación Chosica, características de las subcuencas del río Rímac. La información es para fines académicos.

IV. DEPENDENCIA DE LA CUAL SE REQUIERE LA INFORMACIÓN:
ALA-CHIRILU

V. FORMA DE ENTREGA DE LA INFORMACIÓN (marcar con una "X")						
COPIA SIMPLE	DISQUETE	CD	CORREO ELECTRÓNICO	X	OTRO	

VI. AUTORIZACIÓN PARA RECIBIR RESPUESTA DE LA SOLICITUD POR CORREO ELECTRÓNICO:	
AUTORIZO (<input checked="" type="checkbox"/>)	NO AUTORIZO (<input type="checkbox"/>)

APELLIDOS Y NOMBRES Chapoñan Tineo, Jeffrey Jared FIRMA	FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN
---	---------------------------

OBSERVACIONES:

.....

NOTA: PRESENTAR EN MESA DE PARTES, EN ORIGINAL Y COPIA

Anexo 3: Solicitud de información a la Municipalidad de Lurigancho-Chosica

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

**SOLICITO: COPIA DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE LA QUEBRADA
MOYOPAMPA**

SR. VÍCTOR CASTILLO SÁNCHEZ
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DE LURIGANCHO-CHOSICA

Municipalidad de Lurigancho
S.G. de Administración Documentaria



EXP 005-67-2019
CHAPOÑAN TINEO JEFREY JARED
Folios: 2, F/H: 06/05/2019 12:47

Yo, JEFREY JARED CHAPOÑAN TINEO, identificado con DNI N° 75190633, en calidad de estudiante de pregrado del X ciclo del programa profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo – Filial Ate, con código de estudiante N° 6500056325, ante Usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que, deseando desarrollar el proyecto de investigación titulado: Modelación hidráulica de la cuenca del río Rímac en el sector de Chosica para el diseño de defensas ribereñas, Lima, 2019. Por lo cual, es necesario tener información referente a la zona de estudio mediante la revisión de expedientes técnicos de obras ejecutadas en el cauce del río Rímac - Zona de Moyopampa, para analizar los estudios hidrológicos, de mecánica de suelos, y los demás aspectos referentes a la construcción de un muro de contención. En este sentido, **solicito copia de expedientes técnicos de muro de contención como obra de defensa ribereña en la zona de la Quebrada de Moyopampa, Chosica.**

Por lo expuesto:

Ruego a Usted, tenga a bien acceder a mi solicitud, por ser de justicia.

Lima, 06 de mayo de 2019

Atentamente



JEFREY JARED CHAPOÑAN TINEO
DNI 75190633

Anexo 4: Carta de presentación de tesista



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

Ate, 02 de mayo de 2019

CARTA N° 146 -2019/EP-I.C.- UCV-LIMA-ATE

Señor.
Ing. Jose Percy Barron Lopez
Gerente General
SENAMHI
Jr. Cahuide N° 785, Jesús María

Presente. -

De nuestra mayor consideración:

Por la presente tengo a bien dirigirme a usted para saludarlo(a) cordialmente en representación de la Universidad César Vallejo - filial Ate manifestarle que, nuestra(o) alumna(o) está desarrollando un Proyecto de Informe de Tesis por especialidad; por lo que recurrimos a su reconocida Institución para solicitarle a usted tenga a bien autorizar el ingreso a nuestro alumno(o) a fin de facilitarle información para el desarrollo de su tesis “Modelación hidráulica de la cuenca del río Rímac, en el sector de Chosica, para el diseño de defensas ribereñas, Lima, 2019”, que será de suma importancia para elaborar su trabajo de investigación para la titulación.

Por lo anteriormente expuesto y para dicho fin, me permito presentar a la alumna(o) **CHAPOÑAN TINEO, JEFREY JARED**, de la Escuela de **ING. CIVIL** de **X** ciclo, con código de matrícula N° 6500056325.

Agradeciendo la atención que brinde a la presente me despido de usted deseándole mis mejores deseos.

Atentamente,



MG. LEOPOLDO CHOQUE FLORES
Coordinador Académico de la escuela de Ing. Civil
UCV – Filial Lima Campus Ate

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

Anexo 5: Matriz de validación 1

Matriz de validación de instrumento

Título de la investigación : Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el río Rimac, sector Batasol, distrito de Lurigancho-Chospen, Lima, 2019.		Apellidos y nombres del Investigador: Chapañan Tineo, Jeffrey Jarce		Apellidos y nombres del Experto : Ing. Portillo Ramirez, Freddy Nelson			
ASPECTO POR EVALUAR							
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM/PREGUNTA	ESCALA	OPINIÓN DEL EXPERTO		
					SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES/ SUGERENCIAS
Modelamiento hidráulico	Cuenca	Parámetros de la caracterización			Si		
	Caudales	Caudal máximo anual			Si		
		Caudal de diseño			Si		
	Topografía	Secciones transversales			Si		
		Pendiente			Si		
		Coefficiente de Manning			Si		
	Parámetros hidráulicos	Trante			Si		
		Velocidad			Si		
		Profundidad de socavación			Si		
	Estudio Mecánica de Suelos	Clasificación SUCS			Si		
Ángulo de fricción interna				Si			
Capacidad portante				Si			
Diseño de defensa ribereña	Diseño de muro de contención	Esfuerzos del terreno			Si		
		Factores de seguridad al volteo y deslizamiento			Si		
	Diseño de entrocado	Díametro medio				Si	
		Límites de gradación			Si		
Firma del Experto:				Fecha: 22/06/19			


FREDDY NELSON
PORTILLO RAMIREZ
INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 183624

Anexo 6: Matriz de validación 2

Matriz de validación de instrumento

Título de la investigación : Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el sector Batasol del río Rímac, Chosica, Lima, 2019.							
Apellidos y nombres del Investigador: Chapañan Tinco, Jeffrey Jared							
Apellidos y nombres del Experto : Ing. Pretel Castillo, Rodolfo Odilio							
ASPECTO POR EVALUAR							
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM/PREGUNTA	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES / SUGERENCIAS
Modelamiento hidráulico	Cuenca	Parámetros de la caracterización			Si		
	Caudales	Caudal máximo anual			Si		
		Caudal de diseño			Si		
	Topografía	Secciones transversales			Si		
Pendiente				Si			
Parámetros hidráulicos	Coeficiente de Manning	Tirante			Si		
		Velocidad			Si		
	Profundidad de socavación			Si			
	Clasificación SUCS	Ángulo de fricción interna			Si		
		Capacidad portante			Si		
Diseño de defensa ribereña	Diseño de muro de contención	Esfuerzos del terreno			Si		
		Factores de seguridad al volteo y deslizamiento			Si		
	Diseño de enrocado	Diámetro medio			Si		
Firma del Experto:				Fecha: 28/06/19			


 Rodolfo Pretel Castillo
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 64471

Anexo 7: Matriz de validación 3

Matriz de validación de instrumento

Título de la investigación : Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el río Rimac, sector Batasol, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima, 2019.		Apellidos y nombres del Investigador: Chapañan Tineo, Jeffrey Jared		Apellidos y nombres del Experto : Ing. Chinchay Vega, Luis Guillermo			
VARIABLES	DIMENSIONES	ASPECTO POR EVALUAR			OPINIÓN DEL EXPERTO		
		INDICADORES	ITEM/PREGUNTA	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES / SUGERENCIAS
Modelamiento hidráulico	Cuenca	Parámetros de la caracterización	/				
	Caudales	Caudal máximo anual	/				
	Topografía	Caudal de diseño					
		Secciones transversales					
		Pendiente					
	Parámetros hidráulicos	Coeficiente de Manning					
		Tiempo					
		Velocidad					
		Profundidad de socavación					
	Estudio Mecánica de Suelos	Clasificación SUCS					
Ángulo de fricción interna							
Capacidad portante							
Diseño de defensa ribereña	Estribos del terreno						
	Factores de seguridad al vuelco y deslizamiento						
Diseño de entrocado	Díametro medio						
	Límites de gradación						
Firma del Experto:					Fecha: / /		


Luis G. Chinchay Vega
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 128792

Anexo 8: Estudio de Mecánica de Suelos de Expediente

CREACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC
DESDE EL PUENTE MILAGROS HASTA LA LOSA DEPORTIVA DEL AA. HH. CANTAGALLO, DISTRITO
LURIGANCHO - LIMA - LIMA (TRAMO I) 2

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LURIGANCHO - LIMA

EXPEDIENTE TÉCNICO

CREACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN
DERECHA DEL RIO RIMAC DESDE EL PUENTE MILAGROS HASTA LA LOSA DEPORTIVA
DEL AA. HH. CANTAGALLO, DISTRITO LURIGANCHO - LIMA - LIMA (TRAMO I)



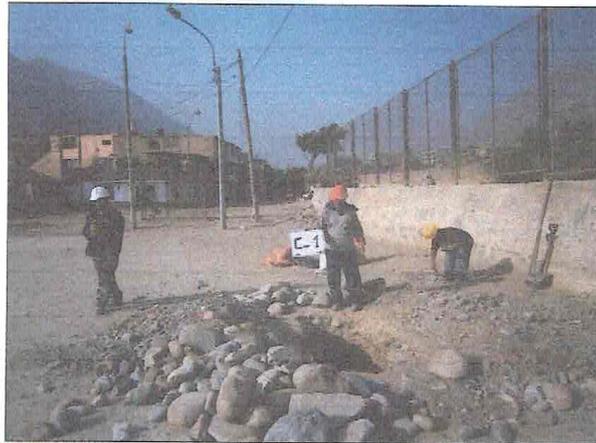
AGOSTO 2017

ING. EDGAR JOSE MONTJOY OBLITAS

CIP N° 72054


Edgar Montjoy Oblitas
EDGAR JOSE MONTJOY
OBLITAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°72054

INFORME DE MECANICA DE SUELOS



PROYECTO

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELO CON FINES DE
CIMENTACION**

DIRECCION : CAUCE DEL RÍO RIMAC
DISTRITO : LURIGANCHO-CHOSICA
PROVINCIA : LIMA
DPTO : LIMA



SOLICITA:

PRZ INGENIEROS SAC

AGOSTO 2017

**ESTUDIO DE MECANICA DE
SUELOS CON FINES DE
CIMENTACION**

**CREACION DE SERVICIO DE
PROTECCION CONTRA INUNDACIONES
EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO
RIMAC DESDE EL PUENTE MILAGROS
HASTA LA LOSA DEPORTIVA DEL
AAHH CANTAGALLO DISTRITO DE
LURIGANCHO- LIMA, LIMA**

- Agosto 2017 -




LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 18695v

ÍNDICE

1. GENERALIDADES	1
1.1 Objetivos	1
1.2 Normatividad.....	1
1.3 Ubicación y Descripción del Área en Estudio.....	2
2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO.....	3
3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO	10
3.1 Trabajos de Campo.....	10
3.1.1 Calicatas.....	10
3.1.2 Muestreo	11
3.1.3 Registro de Excavaciones	11
4. CIMENTACIONES DE LAS ESTRUCTURAS A TOMAR EN CUENTA PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA.	11
4.1 Nivel de Cimentación	11
5. ENSAYOS DE LABORATORIO	12
5.1 Ensayo de Corte Directo.....	12
5.2 Clasificación de Suelos	13
6. PERFILES ESTRATIGRAFICOS.....	14
7. ANALISIS DE LA CIMENTACION	15
7.1 Profundidad de cimentación.....	16
7.2 Cálculo de capacidad portante.....	16
7.3 Análisis de Asentamientos Inmediatos	18
7.3.1 Asentamiento Elástico.....	18
8. AGRESION AL SUELO DE CIMENTACION	20
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24



Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO C.TM
Reg. CIP N° 196954

1. GENERALIDADES

1.1 Objetivos

La presente investigación tiene por objetivo realizar la evaluación del terreno de fundación mediante excavación de calicatas con el fin de establecer características de resistencia del suelo y a fin de poder realizar el diseño de la cimentación.

El estudio se ha efectuado a través de trabajos de exploración de campo, necesarios para el reconocimiento del terreno y posteriormente definir las características del sub suelo, definir el perfil estratigráfico; y así mismo estimar el valor de la capacidad de carga, dar indicaciones del tipo del material del sub suelo para los diseños sismo resistentes.

1.2 Normatividad

Para el desarrollo del siguiente informe se contempló las recomendaciones de Norma E-050 de E.M.S.

La ejecución de ensayos en campo se realizó siguiendo las siguientes normas

- NTP 339.134:1999
- NTP 339.143:1999
- NTP 339.150:2001
- NTP 339.159:2001

Los ensayos de laboratorio se ejecutaron bajo las siguientes normas:

- NTP 339.127:1998
- NTP 339.128:1999
- NTP 339.129:1999
- NTP 339.131:1999
- NTP 339.139:1999
- NTP 339.154:2001




LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186954

➤ NTP 339.171:2002

1.3 Ubicación y Descripción del Área en Estudio

El proyecto se encuentra localizado en el cauce del Río Rímac en el Distrito de Lurigancho-Chosica, Provincia de Lima y Departamento de Lima. (Ver figura N° 1.1)

Según el sistema de coordenadas UTM – WGS 84 – Zona 18, el proyecto tiene la siguiente ubicación referencial:

-ESTE: 275 860
-NORTE: 8 666 705

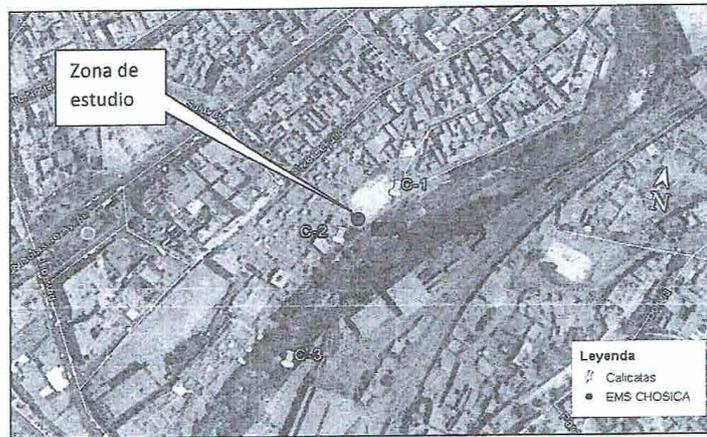


FIGURA N° 1.1: Ubicación del área de estudio.



Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO C.º
Reg. CIP N° 186954

2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

2.1 Geología

Chosica se ubica sobre los abanicos de deyección cuaternarios de los ríos Rímac, enmarcados en rocas sedimentarias del Jurásico Superior al Cretáceo Inferior y rocas intrusivas del Batolito Andino.

- Tectónicamente se trata de una suave estructura anticlinal, fallada por estructuras orientadas al N-S que condiciona espesores de 400 - 600 m. de depósitos aluviales.

- Los sedimentos del río Chillón son más finos y las gravas son de origen volcánico, en cambio los del río Rímac provienen de rocas intrusivas.

2.2 Geomorfología

El área de estudio forma parte de la región de la Costa alta, presenta un territorio de relieve moderado a abrupto, en el cual destacan de Oeste a Estas tres unidades morfológicas denominadas:

Valles en V.

2.3 Geología local

La zona de estudio está emplazada en depósitos cuaternarios de tipo arenoso, arena media a fina, en la zona de playa y /o sectores del balneario; subyaciendo se encuentran rocas de origen volcánico-sedimentaria que agrupadas pertenecen al denominado Grupo Quilmana, y están disturbadas por rocas intrusivas del batolito de la costa (granodiorita), y en gran parte cubiertas por depósitos cuaternarios (depósitos aluviales y deposito coluviales).

2.3.1 Depósitos aluviales

Estos depósitos están ampliamente distribuidos en las pampas costaneras, están representados por los conos de deyección de los ríos Rímac; así como por los depósitos aluviales de las quebradas que desembocan a las pampas costaneras. Generalmente conforman un manto continuo por estar los conos aluviales anastomosados, algunas veces cubiertos por depósitos eólicos.

El material mal clasificado consiste de gravas, arenas y limo arcilloso, las gravas y cantos tienen forma subredondeadas a redondeadas y composición litológica variada.

El grosor de los depósitos aluviales varía desde pocos metros en las playas de inundación de los ríos hasta los 60 m. en las terrazas localizadas en los flancos de




LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

Página 3 de 26

los valles y quebradas principales

2.3.3 Depósitos coluviales

En las laderas de los valles se ha depositado material de escombros de gravas y bloques sub-angulosos distribuidos en material limo arenosa y grava fina.

Forman los depósitos llamados pie de monte, cono de escombros y depósito de ladera de los valles.

2.3.4 Depósitos fluvio-aluviales

Son acumulaciones detríticas provenientes de la acción intermitente del agua y de la gravedad, las cuales fueron transportadas a través de cortas distancias, compuestas por una mezcla de componentes heterométricas como gravas, cantos, fragmentos de roca subredondeados, arenas y arcillas.



Obregon

LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186954

Figura N° 2.1 Geología de Lima

Estratigrafía del área de Lima																												
Entorno	Eratema	Sistema	Serie	Piso	Litología	Grupo	Formación	Miembro	Espesor (m)	Alcance / Faltas relevantes	Eventos tectónicos y deposicionales	Daciones relativos y absolutos																
Fanerozoico	Cenozoico	Cretáceo	Interior	Valanginiano	Batolito de la Costa (100 - 30 ma)	Casma	Depositos inconsolidados	Quilmaná	40 - 400	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.	Incorporación de los Andes, 2000 años AP. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.																
									44-1230	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.			Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.														
									4-1800	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.					Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.												
									41-600	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.							Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.										
									41-330	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.									Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.								
									41-650	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.											Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.						
									1-1330	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.													Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.				
									41-330	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.															Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.		
									41-800	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.																	Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.
									4-80	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.																		
4-115	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.	Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.																									
4-80	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.			Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.																							
4-80	Alcance 2000 m. Faltas: 2000 m.					Deposición de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas. Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.	Muy reciente (últimos 100 años). Depósitos de cenizas y bombas volcánicas.																					



Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO C. M.
Reg. CIP N° 496991

2.4 Sismicidad

La zona de estudio está localizada en el distrito de Lurigancho-Chosica, en la provincia de Lima y departamento de Lima la cual se encuentra dentro de la zona 4 del mapa de zonificación sísmica del Perú de acuerdo a la Norma de Diseño Sismoresistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006) como se puede observar en la Figura 2.2.

En cuanto a la sismicidad la zona está expuesta a un alto riesgo sísmico, especialmente a sismos superficiales de gran intensidad y magnitud. En la Figura 2.3 se presenta un mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas, (Alva et al, 1984). Note cómo en la zona se presentan intensidades en un rango de 6 a 10.

Las fuerzas sísmicas horizontales pueden calcularse de acuerdo a las normas de diseño sismo resistente según la siguiente relación:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

La zona donde se cimentarán las bases que conforman el proyecto, constituye depósitos aluviales de gravas sueltas a compactas.

Para estas condiciones se consideran los siguientes parámetros sísmicos:

- Para las zonas donde se encuentran materiales clasificados como gravas compactas uniformes (GW), Con estas características el suelo se denominará suelo rígido de tipo S2.

El factor de suelo que corresponde es $S=1.05$, para un periodo predominante de $T_p=0.60$ s y $T_l=2.00$ s y Z es el factor de la zona 4, resultando $Z=0.45g$.

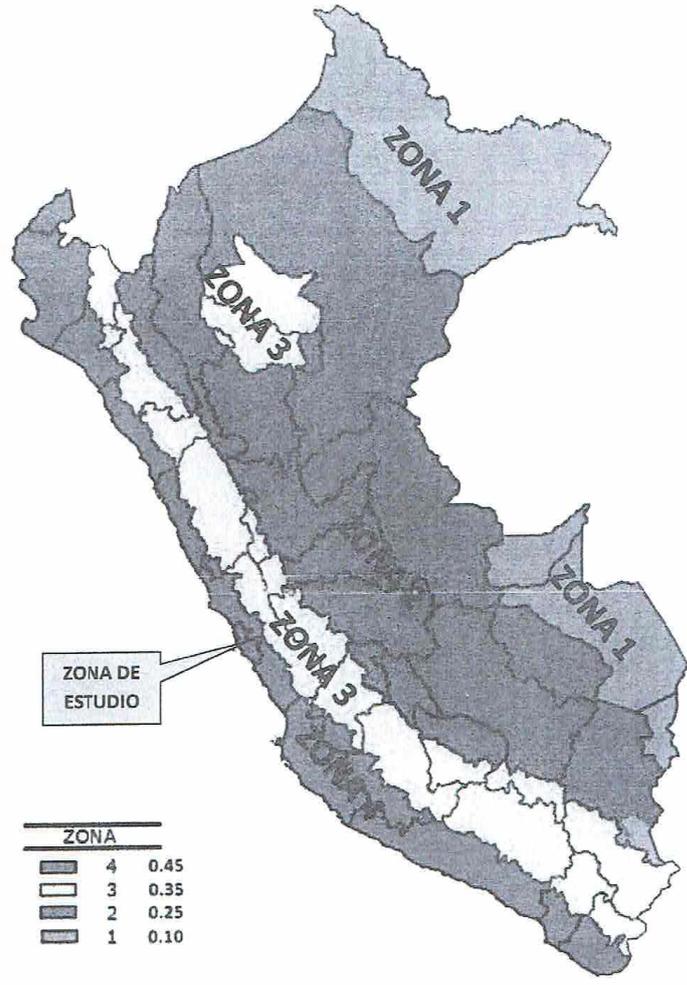
- En la Figura 2.4 se muestra los valores de isoaceleraciones para un periodo de retomo de 500 años y para una vida útil de 50 años, con una excedencia de 10%.


LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959



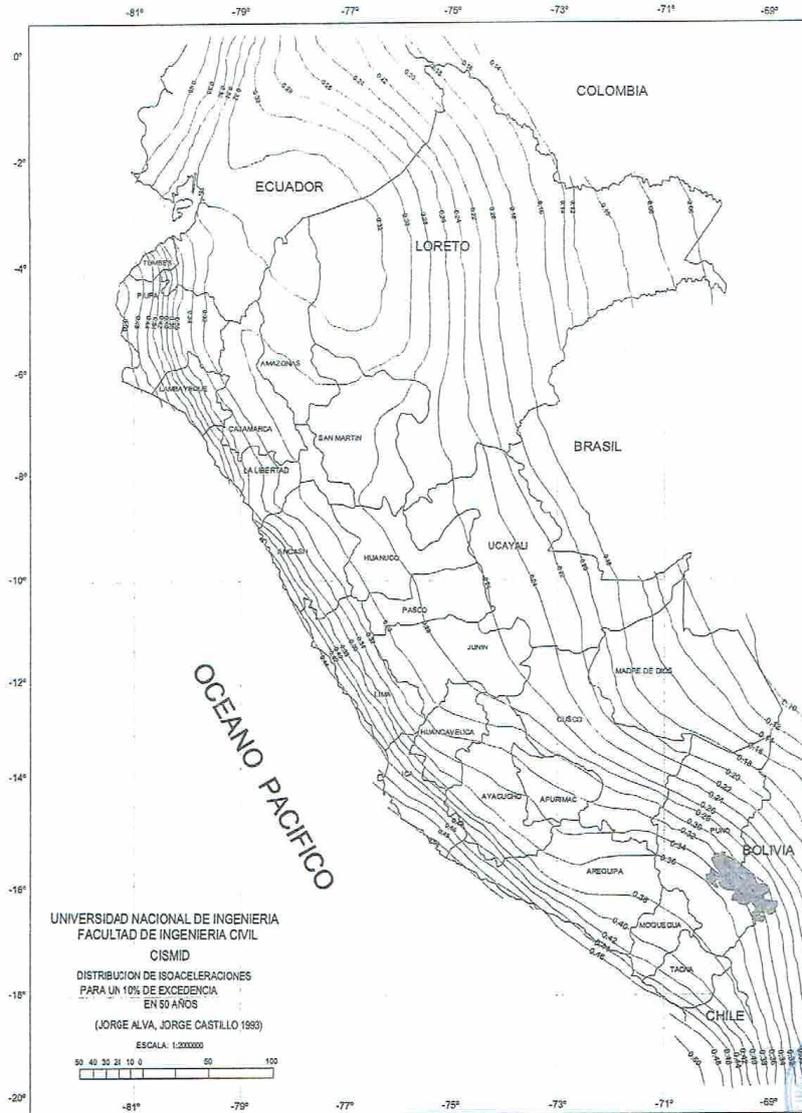
FIGURA N° 2.2: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2016).

ZONAS SÍSMICAS



Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

FIGURA N°2.4: Mapa de Isoaceleraciones para 475 años de periodo de retorno.



Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO C.º
Reg. CIP N° 186954

3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

La investigación de campo se ha efectuado según a las recomendaciones de la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones, del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006). Los trabajos efectuados corresponden a trabajos de campo.

3.1 Trabajos de Campo

Los trabajos de campo, desarrollados en la etapa de investigación, fueron los siguientes:

3.1.1 Calicatas

Con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico del área de estudio fueron extraídas muestras de la calicata para la evaluación visual y por ensayos de laboratorio de las muestras, y de esta manera determinar y estimar a priori las características físicas y mecánicas de los suelos encontrados, así como de su conjunto. Se han realizado tres (03) calicatas a cielo abierto. Todas estas investigaciones mencionadas se realizaron en el área del terreno.

En el cuadro N° 3.1 se presenta las calicatas ejecutadas.

CUADRO N° 3.1
Calicatas Ejecutadas

Calicata	Profundidad (m)	Clasificación VISUAL	Descripción	Observación
C-1	0.00 - 0.40	RE	Relleno de arena limosa	
	0.40 - 2.00	GW	Grava pobremente gradada	
C-2	0.00 - 0.50	RE	Relleno de arena limosa	
	0.50 - 3.00	GW	Grava pobremente gradada	
C-3	0.00 - 0.90	SP	Arena pobremente gradada	

Elaboración: Propia



[Firma]
LUIS MIGUEL
OBREGÓN MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

3.1.2 Muestreo

Se tomaron muestras de cada uno de los tipos de suelos encontrados en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de clasificación y de identificación de los suelos. Se extrajo, además, muestras representativas para el ensayo de corte directo, el mismo que nos permitirá realizar el cálculo de la capacidad portante, así como los asentamientos por acción de la carga aplicada.

3.1.3 Registro de Excavaciones

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada una de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como: espesor, humedad, tipo de grano, plasticidad, consistencia, granulometría, textura, color, etc.

4. CIMENTACIONES DE LAS ESTRUCTURAS A TOMAR EN CUENTA PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA.

4.1 Nivel de Cimentación

El nivel de cimentación estará ubicado en el estrato competente, natural o estabilizado.

La cimentación se desplantará en el estrato de grava uniforme densa, esta profundidad se ubica a los 2.00m de profundidad.

La profundidad de zapatas cuadradas y corridas recomendada será no menor de 2.00m.




LUIS MIGUEL
OBREGÓN MALLQUI
INGENIERO C.º/M.
Reg. CIP N° 186959

5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos estándar y físico mecánicos se realizaron en el laboratorio de la Empresa ROMAIA S.A.C.

Según a los estándares de la ASTM, tales como:

- Corte Directo ASTM D-3080
- Análisis Granulométrico por tamizado ASTM D-422
- Límites de Consistencia ASTM D-4318-93
- Análisis Químico de Suelos N.T.P. 339.117,339152 y N.T.P. 339.178

5.1 Ensayo de Corte Directo

Se llevó a cabo el ensayo de corte directo en una muestra representativa de la zona de estudio. Los parámetros de resistencia cortante se obtuvieron siguiendo los procedimientos recomendados en la norma ASTM D-3080 correspondiente. Los valores de los parámetros de resistencia cortante del material son resumidos en la siguiente tabla.

CUADRO N° 5.1
Resultados de Ensayo de Corte Directo

CALICATA	Muestra	Clasificación SUCS	Parámetros Drenados	
			Angulo de Fricción (grados)	Cohesión (kg/cm ²)
C-1	M - 1	GW	34.22°	0.00



Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

5.2 Clasificación de Suelos

Los suelos han sido clasificados de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), según se muestra en el siguiente cuadro y en las diversas zonas en que se ha realizado exploraciones.

CUADRO N° 5.2
Clasificación de Suelos por Calicatas

CALICATA	C - 1	C - 2	C - 3
Muestra	M - 1	M - 1	M - 1
Profundidad	0.40 - 2.00	0.50 - 3.00	0.00 - 0.90
%Gravas	60.84	67.54	47.85
%Arena	35.13	29.73	49.34
%Finos	4.03	2.73	2.81
L.L.	NP	NP	NP
I.P.	NP	NP	NP
SUCS	GW	GW	SP

Elaboración: Propia



Obregon

LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

material de grava bien graduada, uniforme, de partículas redondeadas con T_{max} de 10".

7. ANALISIS DE LA CIMENTACION

La capacidad portante es la máxima presión que puede admitir el suelo de cimentación bajo dos consideraciones:

- a) El factor de seguridad mínimo de una falla por cortante sea, $F_{s\text{mín}} = 3.0$
- b) Los asentamientos producidos por la presión recomendada no sean mayores a los asentamientos admisibles por la estructura.

La metodología para calcular la capacidad portante se inicia cumpliendo la primera consideración, es decir calculando la presión vertical, q_{adm} , de tal forma que se obtenga un factor de seguridad por cortante, $FS = 3.0$. Posteriormente se debe comprobar que los valores de q_{adm} produzcan valores de asentamientos menores a los permisibles.

La evaluación de la capacidad de soporte del subsuelo está condicionada a tres factores fundamentales, tales como profundidad de la cimentación, características del suelo de soporte y tipo de zapata a emplear.

Los parámetros de resistencia al corte a utilizar se presentan a continuación en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 7.1

Parámetros de resistencia cortante utilizados en los estratos encontrados

Estructura	Clasificación SUCS	Parámetros Drenados	
		Angulo de Fricción (grados)	Cohesión (kg/cm ²)
Cimentación	GW	33.00°	0.00



Obregon Mollqui
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

7.1 Profundidad de cimentación

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, descripción de los perfiles estratigráfico y a las características del proyecto, se concluye que el nivel de desplante de la cimentación será a 2.00m del nivel máximo de erosión, esta profundidad de cimentación obedece a consideraciones de funcionalidad y a sollicitaciones de la estructura ante fenómenos de inundación, sismo y tipo de suelo.

7.2 Cálculo de capacidad portante

Se ha evaluado la capacidad de soporte del suelo de cimentación para recibir los esfuerzos producidos por las estructuras principales, la cimentación será superficial.

A la profundidad antes mencionada los cimientos se apoyarán sobre el material GW (Grava pobremente gradada), cuyos parámetros de resistencia (Modelo de Mohr-Coulomb) están dados por el ángulo de fricción interna del suelo (ϕ) y la cohesión (C), obtenidos a través del ensayo de corte directo de la muestra remoldeada. Para el cálculo de la capacidad portante se utilizará el valor mostrado a continuación:

CUADRO N° 7.2

Parámetros de resistencia y profundidad utilizados

Tipo de suelo	Df.(m)	Angulo de fricción interna (°)	Cohesión (Kg/cm ²)
GW	2.00	33.00°	0.00



Considerando la teoría de Terzaghi, la capacidad Portante última modificada por Vesic es calculada de la siguiente ecuación:

$$Q_u = S_c * C * N_c + 0.5 * S_y * \gamma_2 * B * N_y + S_q * \gamma_1 * D_f * N_q$$

Donde:

Obregón
LUIS MIGUEL
OBREGÓN MALLQUI
INGENIERO C.™
Reg. CIP N° 186959

CUADRO N° 7.3

Parámetros de cimentación para Df=2.00 m

Tipo de suelo	Df	Nc	Nq	Ny	Ko	Ka	Kp
GW	2.00	38.64	26.09	35.19	0.46	0.29	3.39

Profundidad de Cimentación Df = 2.00 m
Factor de seguridad F.S. = 3

Reemplazando valores en la ecuación anterior se obtiene el siguiente valor para la capacidad admisible sin verificación de asentamientos (los cálculos correspondientes se encuentran en el anexo de tablas):

CUADRO N° 7.4 Resultados de la Capacidad Portante

Suelo GW, Df = 2.00 m				
Cimentación	B	L	Qu (tn/m ²)	Qadm (kg/cm ²)
Corrida	1.40	10.00	76.82	2.56

CUADRO N° 7.5 Resultados de la Capacidad Portante

Suelo GW, Df = 2.00 m				
Cimentación	B	L	Qu (tn/m ²)	Qadm (kg/cm ²)
Cuadrada	1.20	1.20	98.74	3.29

CUADRO N° 7.8 Resultados de la Capacidad Portante

Suelo GW, Df = 2.00 m				
Cimentación	B	L	Qu (tn/m ²)	Qadm (kg/cm ²)
Rectangular	2.00	4.00	97.28	3.24



Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 18695s

7.3 Análisis de Asentamientos Inmediatos

7.3.1 Asentamiento Elástico

Las presiones anteriores pueden generar asentamientos mayores a los admisibles, por lo tanto, se verificará los asentamientos previstos.

El asentamiento elástico depende del Módulo de Elasticidad y según la teoría elástica (Los parámetros se ha extraído de Handbook of Geotechnical Investigation Burt Look, 2007), podemos utilizar la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{q_s B (1-u^2) I_w}{ES}$$

Dónde:

- δ = Asentamiento (cm)
- q_s = Esfuerzo neto transmitido (Kg/cm²)
- B = Ancho de cimentación (m)
- ES = Módulo de elasticidad (1000kg/cm²)
- U = Relación de Poisson (0.30)
- I_w = Factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación (Bowles, 1977) cm/m.

Reemplazando valores se obtiene el asentamiento total para el caso de cimentación cuadrada (para las dimensiones antes dichas).

CUADRO N° 7.9

Resultados del Asentamiento Elástico

Suelo GW a Df = 2.00 m		
Cimentación	Qad (kg/cm ²)	De(cm)
Corrida	2.50	0.69
Cuadrada	3.29	0.40
Rectangular	3.24	0.90



Obregón
LUIS MIGUEL
OBREGÓN MALLQUI
INGENIERO C.º I.
Reg. CIP N° 186959

Estas deformaciones en las zapatas cuadrada y rectangular son permisibles para el tipo de estructura del proyecto, es decir, estos asentamientos son

menores de 2.54 cm, que recomienda el Reglamento Nacional de Edificaciones para este tipo de cimentación. (Ver memoria de cálculo en anexo tablas).

Finalmente, para el proyecto la capacidad admisible por servicio es:

$$Q_{adm} = 2.50 \text{ kg/cm}^2$$





LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO C.™™
Reg. CIP N° 186959

CUADRO N° 8.2

Elementos Químicos nocivos para la cimentación

PRESENCIA EN EL SUELO DE:	P.P.M.	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACION
SULFATOS (*)	0 – 1,000 1,000 – 2,000 2,000 – 20,000 > 20,000	Leve Moderado Severo Muy severo	Ocasiona un ataque químico al Concreto de la cimentación.
CLORUROS (**)	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras y elementos metálicos.
SALES SOLUBLES TOTALES (**)	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia por lixiviación.

(*) Comité 318-83 ACI

(**) Experiencia Existente.

CUADRO N° 8.3

Tipo de cemento requerido para el concreto expuesto al ataque de los sulfatos

GRADO DE ATAQUE DE LOS SULFATOS	PORCENTAJE DE SULFATOS SOLUBLES (SO ₄) EN LA MUESTRA DE SUELO (%)	PARTES POR MILLON DE SULFATOS (SO ₄) EN AGUA (p.p.m.)	TIPO DE CEMENTO	RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA (concreto normal)
Despreciable	0 a 0.10	0 a 150	I	
Moderado	0.10 a 0.20	150 a 1,500	II	0.50
Agresivo	0.20 a 2.00	1,500 a 10,000	V	0.45
Muy Agresivo	> de 2.00	> 10,000	V+ puzolana	0.45

P.C.A. ASOCIACIÓN CEMENTO PORTLAND


LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959



9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a las evaluaciones de campo, sondajes realizados; así como el análisis efectuado, se puede concluir lo siguiente:

- Según las excavaciones efectuadas, en el terreno se ha encontrado una capa superficial de relleno de arena limosa y limos con materiales no clasificados, el espesor de este relleno es variables y va desde 0.40 hasta 0.50m de espesor, debajo de esta capa se encontró la grava mal graduada de partículas redondeadas de consistencia media a densa, este material se encontró hasta los 3.0m de profundidad.
- En las excavaciones se encontró nivel freático en la calicata C-3 a una profundidad de excavación de 0.90m. mientras que en la zona de las calicatas C-1 y C-2 a 2.50m de profundidad aproximadamente.
- El suelo de soporte será de Grava bien graduada de tipo (GW).
- El tipo de cimentación será superficial.
- Para la cimentación, la profundidad mínima será de 2.00m del nivel máximo de erosión. Asimismo, para el cálculo se utilizará el valor D50 igual a 345mm.
- De acuerdo al tipo de estratificación y los cálculos, la cimentación será a 2.00m del nivel máximo de erosión, las capacidades portantes admisibles para este tipo de suelos son las siguientes:

Suelo Tipo GW

Cimentación General: Q adm. = 2.50 kg/cm²

Las deformaciones son permisibles para el tipo de estructura del proyecto, ya que los asentamientos totales estimados con estas cargas son menores de 2.54 cm.

- El valor de $K_a=0.46$ y $K_p=3.39$. el ángulo de fricción interna para estos valores es 33.00° .
- El factor de suelo que correspondiente a zonas de las calicatas efectuadas es $S=1.05$, para un periodo predominante de $T_p=0.60s$, $T_I=2.00s$ y Z es el factor de la zona 4, resultando $Z=0.45g$.
- Se empleará cemento Pórtland tipo I o similar, en la preparación del concreto de la cimentación.




LUIS MIGUEL
OBREGON MALLOQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

Página 22 de 26

- Para el caso del relleno no clasificado se deberá retirar en su totalidad para proceder a colocar las estructuras posteriormente.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio, así como las conclusiones y recomendaciones establecidas, sólo son válidos para el área investigada y no garantiza a otros proyectos que la tomen como referencia.
- Este informe contempla las recomendaciones de la Norma E-050 de E.M.S





LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO C.º
Reg. CIP N° 186954

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berry P. & D. Reid "Mecánica de Suelos".
- UNI-FIC: "Seminario de Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones" Junio 2000.
- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E050 "Suelos y Cimentaciones".
- Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E030 "Diseño Sismorresistente".
- Burt Look "Geotechnical Investigation and Design Tables".
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, CD de Mapas Geológicos del Perú.
- Biblioteca Encarta de Microsoft.
- Joseph E. Bowles "Foundation Analysis and Design"
- ACI-UNI "Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones"



LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

180

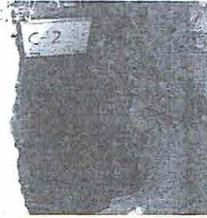
ANEXOS



181

ANEXO I
REGISTRO DE EXCAVACIONES



REGISTRO DE EXCAVACION						
PROYECTO	REACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC					
SOLICITANTE	PRZ					
UBICACIÓN	CHOSICA - LIMA - LIMA					
Sistema de coordenadas: WGS 84						
Calicata	C - 2	Cota (msnm)	861.00	Fecha	AGOSTO - 2017	
Prof. Total (m)	3.00	Coordenadas	E 315 756	Realizado	F.M.S.	
Prof. N. F. (m)	N.P.		N 8 680 265	Revisado	O.R.S.	
Prof. (m)	Esp. Estr.	Nº de Muest.	Descripción visual del Suelo		Clasif. SUCS	Simbología Gráfica
<small>Clasificación técnica; forma del material granular; color, contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: Presencia de oxidaciones, material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.</small>						
0.50	0.50	S/M	Material de relleno de arena limosa con gravas sub angulosas y sub redondeadas aisladas, compactación media, color beige.		RE	
2.50	2.50	M-1	Estrato de una grava bien gradada, compactación media a suelta, color gris a beige, húmedo, presencia de balonerías, canto rodados y bloques de tamaño máximo es de 11"x12".		GW	
OBSERVACIONES:			FOTO : 			



Av. Alfonso Ugarte N° 1428 Oficina 301 - Breña - Lima 01
E-mail: roma.ingenieria.andina@gmail.com Teléfono: (00-51-1) 4246355

Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186954

REGISTRO DE EXCAVACION						
PROYECTO	CREACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC					
SOLICITANTE	PR2					
UBICACION	CHOSICA - LIMA - LIMA					
Sistema de coordenadas: WGS 84						
Calicata	C - 1	Cota (msnm)	862.00	Fecha	AGOSTO - 2017	
Prof. Total (m)	2.00	Coordenadas	E 315 785	Realizado	F.M.S.	
Prof. N. F. (m)	N.P.		N 8 680 305	Revisado	O.R.S.	
Prof. (m)	Esp. Estr.	Nº de Muest.	Descripción visual del Suelo		Clasif. SUCS	Simbología Gráfica
			Clasificación técnica; forma del material granular; color, contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: Presencia de oxidaciones, material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.			
0.40	S/M		Material de relleno de arena con limos y gravas sub angulosas y sub redondeadas aisladas, compacidad media, presencia de raicillas.		SM	
1.60	M-1		Estrato de una grava bien gradada, compacidad media a suelta, color gris a beige, húmedo, presencia de boloneras, canto rodados y bloques de tamaño máximo es de 10"x12".		GW	
2.50						
3.00						
OBSERVACIONES:			FOTO:			



Av. Alfonso Ugarte N° 1428 Oficina 301 - Breña - Lima 01
E-mail: roma.ingenieria.andina@gmail.com Teléfono: (00-51-1) 4246355

Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO C.º
Reg. CIP N° 186954

REGISTRO DE EXCAVACION						
PROYECTO		CREACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC				
SOLICITANTE		PRZ				
UBICACION		CHOSICA - LIMA - LIMA				
Sistema de coordenadas: WGS 84						
Calicata	C - 3	Cota (msnm)	857.00	Fecha	AGOSTO - 2017	
Prof. Total (m)	0.90	Coordenadas	E 315 740	Realizado	F.M.S.	
Prof. N. F. (m)	0.90		N 8 680 176	Revisado	O.R.S.	
Prof. (m.)	Esp. Estr.	Nº de Muest.	Descripción visual del Suelo		Clasif. SUCS	Simbología Gráfica
			Clasificación técnica; forma del material granular; color, contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: Presencia de oxidaciones, material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.			
0.50	0.90	S/M	Estrato de una arena pobremente gradada, compactación media a suelta, color gris, húmedo, presencia de boloneras.		SP	
1.00	NF					
1.50						
2.00						
2.50						
3.00						
OBSERVACIONES:			FOTO: 			



Av. Alfonso Ugarte N° 1428 Oficina 301 - Breña - Lima 01
E-mail: roma.ingenieria.andina@gmail.com Teléfono: (00-51-1) 4246355

Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

125

ANEXO II
ENSAYOS DE LABORATORIO



176

**ENSAYOS ESTÁNDARES DE CLASIFICACIÓN
NORMAS ASTM D2216 - D422 - D4318 - D427**

PROYECTO: "CREACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC DESDE EL PUENTE MILAGROS HASTA LA LOSA DEPORTIVA DEL AAHH CANTAGALLO DISTRITO DE LURIGANCHO- LIMA, LIMA."
SOLICITANTE: PRZ INGENIEROS SAC
UBICACIÓN: CHOSICA - LURIGANCHO - LIMA
FECHA: AGOSTO - 2017

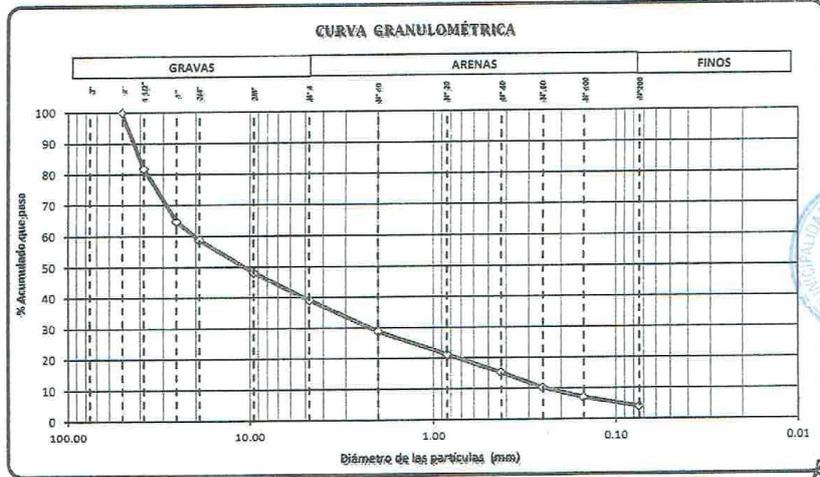
CALICATA: C - 1 MUESTRA: M - 1 PROF. (m): 0.40 - 2.00 TÉCNICO: F.R.S

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)	
1	Nº tara
2	Peso de tara
3	Peso tara + suelo húmedo
4	Peso tara + suelo seco
5	Peso del agua
6	Peso del suelo seco
7	Contenido de Humedad (%)

DATOS PESOS DE MUESTRA	
Peso de la muestra seca (g)	3524.00
Peso de muestra lavada y secada (g)	3382.00
Peso de finos lavados (g)	142.00
Finos totales (g)	
Finos tomados (g)	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D422)					
TAMICES ASTM	DESCRIPCIÓN ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
3"	76.200				
2"	50.800				100.00
1 1/2"	38.100	637.00	18.08	18.08	81.92
1"	25.400	604.00	17.14	35.22	64.78
3/4"	19.050	207.00	5.87	41.09	58.91
3/8"	9.525	375.00	10.64	51.73	48.27
Nro. 4	4.760	321.00	9.11	60.84	39.16
Nro. 10	2.000	360.00	10.22	71.06	28.94
Nro. 20	0.840	270.00	7.66	78.72	21.28
Nro. 40	0.426	106.00	5.85	84.56	15.44
Nro. 60	0.250	181.00	5.14	89.70	10.30
Nro. 100	0.149	112.00	3.18	92.88	7.12
Nro. 200	0.074	109.00	3.09	95.97	4.03

LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM-D4318)	
Límite Líquido (%)	-
Límite Plástico (%)	-
Índice de Plasticidad (%)	-
Límite de Contracción (%)	-
RESULTADOS	
COEFICIENTES	
Uniformidad (Cu)	84.13
Curvatura (Cc)	1.07
MATERIAL	
Grava (Nº 4 < φ < 3") (%)	60.84
Arena (Nº 200 < φ < Nº 4) (%)	35.13
Finos (φ < Nº 200) (%)	4.03
CLASIFICACIÓN: ASTM - D3282 / D2487	
AASHTO	A-1a(0)
SUCS	GW
NOMBRE DE GRUPO (SUCS)	
Grava Bien Gradada	



cbul
LUIS MIGUEL OBREGON MALDONADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 1365

Av. Alfonso Ugarte Nº 1428 Oficina 301 - Breña - Lima 01
E-mail: roma.ingenieria.andina@gmail.com Teléfono: (00-51-1) 4246355

150
127

**ENSAYOS ESTÁNDARES DE CLASIFICACIÓN
NORMAS ASTM D2216 - D422 - D4318 - D427**

PROYECTO: "CREACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC DESDE EL PUENTE MILAGROS HASTA LA LOSA DEPORTIVA DEL AAHH CANTAGALLO DISTRITO DE LURIGANCHO- LIMA, LIMA."
SOLICITANTE: PRZ INGENIEROS SAC.
UBICACIÓN: CHOSICA - LURIGANCHO - LIMA
FECHA: AGOSTO - 2017

CALICATA: C - 2 MUESTRA: M - 1 PROF. (m): 0.50 - 3.00

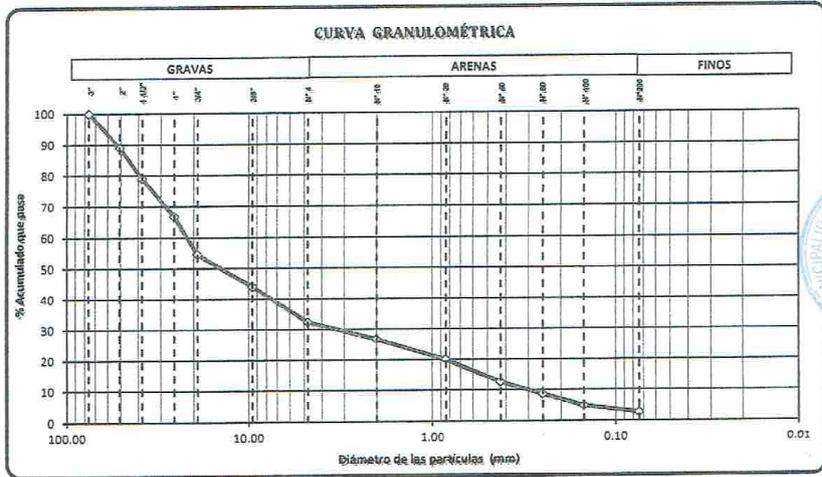
TÉCNICO: F.R.S

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)		
1	N° tara	89
2	Peso de tara	178.00
3	Peso tara + suelo húmedo	2678.00
4	Peso tara + suelo seco	2630.00
5	Peso del agua	48.00
6	Peso del suelo seco	2452.00
7	Contenido de Humedad (%)	1.96

DATOS PESOS DE MUESTRA	
Peso de la muestra seca (g)	2452.00
Peso de muestra lavada y secada (g)	2385.00
Peso de finos lavados (g)	67.00
Finos totales (g)	
Finos tomados (g)	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D422)					
TAMICES ASTM	DESCRIPCIÓN ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO (%)	QUE PASA (%)
3"	76.200				100.00
2"	50.800	267.00	10.89	10.89	89.11
1 1/2"	38.100	246.00	10.03	20.92	79.08
1"	25.400	298.00	12.15	33.08	66.92
3/4"	19.050	300.00	12.23	45.31	54.69
3/8"	9.525	259.00	10.56	55.87	44.13
Nro. 4	4.760	286.00	11.66	67.54	32.46
Nro. 10	2.000	135.00	5.51	73.04	26.96
Nro. 20	0.840	167.00	6.81	79.85	20.15
Nro. 40	0.426	181.00	7.38	87.23	12.77
Nro. 60	0.250	100.00	4.08	91.31	8.69
Nro. 100	0.149	90.00	3.67	94.98	5.02
Nro. 200	0.074	56.00	2.28	97.27	2.73

LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM-D4318)	
Límite Líquido (%)	-
Límite Plástico (%)	-
Índice de Plasticidad (%)	-
Límite de Contracción (%)	-
RESULTADOS	
COEFICIENTES	
Uniformidad (Cu)	71.10
Curvatura (Cc)	1.86
MATERIAL	
Grava (N° 4 < φ < 3") (%)	67.54
Arena (N° 200 < φ < N° 4) (%)	29.73
Finos (φ < N° 200) (%)	2.73
CLASIFICACIÓN: ASTM - D3282 / D2487	
AASHTO	A-1a(0)
SUCS	GW
NOMBRE DE GRUPO (SUCS)	
Grava Bien Gradada	



Obregon
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

Av. Alfonso Ugarte N° 1428 Oficina 301 - Breña - Lima 01
E-mail: roma.ingenieria.andina@gmail.com Teléfono: (00-51-1) 4246355

128

**ENSAYOS ESTÁNDARES DE CLASIFICACIÓN
NORMAS ASTM D2216 - D422 - D4318 - D427**

PROYECTO: "CREACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC DESDE EL PUNTE MILAGROS HASTA LA LOSA DEPORTIVA DEL AAHH CANTAGALLO DISTRITO DE LURIGANCHO- LIMA, LIMA."
SOLICITANTE: FIZ INGENIEROS SAC.
UBICACIÓN: CHOSICA - LURIGANCHO - LIMA
FECHA: AGOSTO - 2017

CALICATA:	C - 3	MUESTRA:	M - 1	PROF. (m):	0.00 - 0.90
-----------	-------	----------	-------	------------	-------------

TÉCNICO:	F.R.S
----------	-------

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)		
1	N° tara	105
2	Peso de tara	205.00
3	Peso tara + suelo húmedo	2114.00
4	Peso tara + suelo seco	2068.00
5	Peso del agua	46.00
6	Peso del suelo seco	1863.00
7	Contenido de Humedad (%)	2.47

DATOS PESOS DE MUESTRA	
Peso de la muestra seca (g)	1863.00
Peso de muestra lavada y secada (g)	1810.56
Peso de finos lavados (g)	52.44
Finos totales (g)	
Finos tomados (g)	

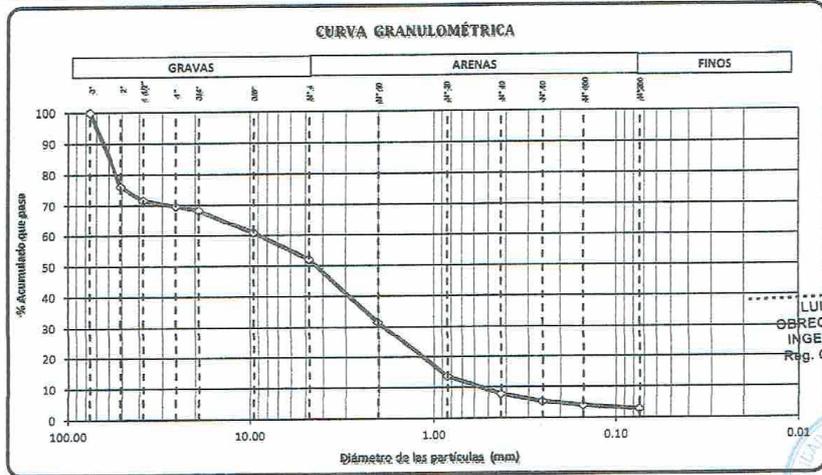
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D422)					
TAMICES ASTM	DESCRIPCIÓN ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)
3"	76.200			100.00	
2"	50.800	443.81	23.82	23.82	76.18
1 1/2"	38.100	84.39	4.53	28.35	71.65
1"	25.400	34.94	1.88	30.23	69.77
3/4"	19.050	27.22	1.46	31.69	68.31
3/8"	9.525	136.84	7.35	39.03	60.97
Nro. 4	4.760	164.20	8.81	47.85	52.15
Nro. 10	2.000	384.85	20.66	68.51	31.49
Nro. 20	0.840	332.84	17.87	86.37	13.63
Nro. 40	0.426	108.61	5.83	92.20	7.80
Nro. 60	0.250	45.74	2.46	94.66	5.34
Nro. 100	0.149	25.22	1.35	96.01	3.99
Nro. 200	0.074	21.89	1.17	97.19	2.81

LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM-D4918)	
Límite Líquido (%)	-
Límite Plástico (%)	-
Índice de Plasticidad (%)	-
Límite de Contracción (%)	-

RESULTADOS	
COEFICIENTES	
Uniformidad (Cu)	15.46
Curvatura (Cc)	0.69

MATERIAL	
Grava (N° 4 < φ < 3") (%)	47.85
Arena (N° 200 < φ < N° 4) (%)	49.34
Finos (φ < N° 200) (%)	2.81

CLASIFICACIÓN: ASTM - D3282 / D2487	
AASHTO	A-1a(0)
SUCS	SP
NOMBRE DE GRUPO (SUCS)	
Arena Pobremente Gradada	



LUIS MIGUEL OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. OIP N° 186959



179

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D - 3080

Proyecto : "CREACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC DESDE EL PUENTE MILAGROS HASTA LA LOSA DEPORTIVA DEL AAHH CANTAGALLO DISTRITO DE LURIGANCHO- LIMA, LIMA."

Solicitante : TRZ INGENIEROS SAC.

Ubicación : CANTAGALLO - LURIGANCHO - LIMA

Fecha : AGOSTO - 2017

Calicata : C - 2

Velocidad : 0.25 mm/min

Muestra : M - 1

SUCS : GW

Profund (m) : 0.50 - 3.00

Grava Bien Gradada

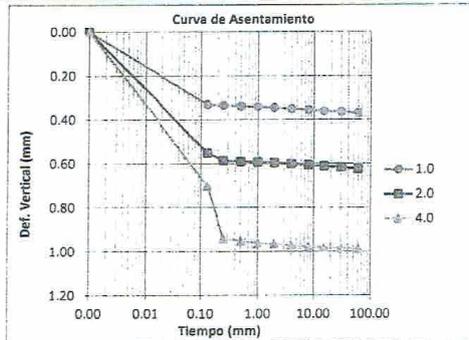
Datos del Especimen	Diámetro :	6 cm.
	Altura :	2 cm.
	Area Cont. :	28.27

Material menor del Tamiz N° 4

$w =$	SATURADO	%
$w_d =$	1.75	gr/cm ³
Peso =	98.96	gr
Estado/Muestra:	ALTERADO - REMOLDEADO	

Esf. Normal	1.0 kg/cm ²	2.0 kg/cm ²	4.0 kg/cm ²
Tiempo (min)	Deformación Vertical (mm)	Deformación Vertical (mm)	Deformación Vertical (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.33	0.55	0.70
0.25	0.33	0.59	0.94
0.5	0.34	0.59	0.95
1	0.34	0.59	0.96
2	0.35	0.60	0.97
4	0.35	0.60	0.97
8	0.35	0.61	0.98
15	0.36	0.61	0.98
30	0.36	0.62	0.98
60	0.37	0.62	0.99

Esf. Cortante	1.0 kg/cm ²	2.0 kg/cm ²	4.0 kg/cm ²
Deformación Horizontal %	Esfuerzo de Corte kg/cm ²	Esfuerzo de Corte kg/cm ²	Esfuerzo de Corte kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.17	0.27	0.50
0.10	0.19	0.34	0.53
0.20	0.22	0.41	0.58
0.35	0.27	0.51	0.80
0.50	0.31	0.61	1.00
0.75	0.37	0.69	1.20
1.00	0.41	0.78	1.39
1.25	0.46	0.87	1.56
1.50	0.51	0.93	1.71
1.75	0.54	0.99	1.86
2.00	0.57	1.06	1.98
2.50	0.62	1.15	2.22
3.00	0.67	1.23	2.37
3.50	0.69	1.28	2.47
4.00	0.70	1.32	2.57
4.50	0.71	1.35	2.64
5.00	0.71	1.36	2.68
6.00	0.71	1.36	2.71
7.00	0.72	1.36	2.72
8.00	0.72	1.37	2.72
9.00	0.72	1.37	2.73
10.00	0.72	1.37	2.73
11.00	0.72	1.35	2.71
12.00	0.71	1.33	2.66
13.00	0.69	1.29	2.57
14.00	0.65	1.26	2.50
15.00	0.61	1.23	2.45



Observación:

La muestra ha sido identificado y entregado por el solicitante.

Material que pasa el tamiz N° 4, humedad = saturado, densidad seca = 1.75g/cm³

[Firma]
LUIS MIGUEL
OBREGON NALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959



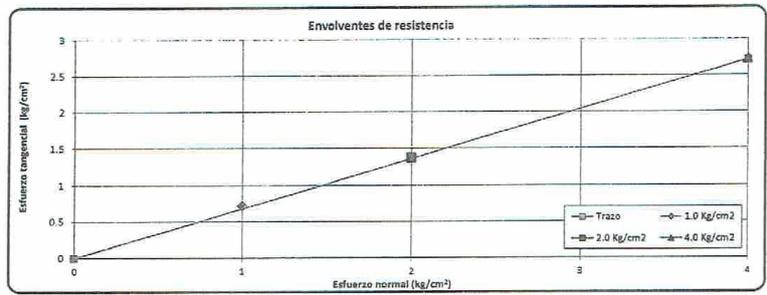
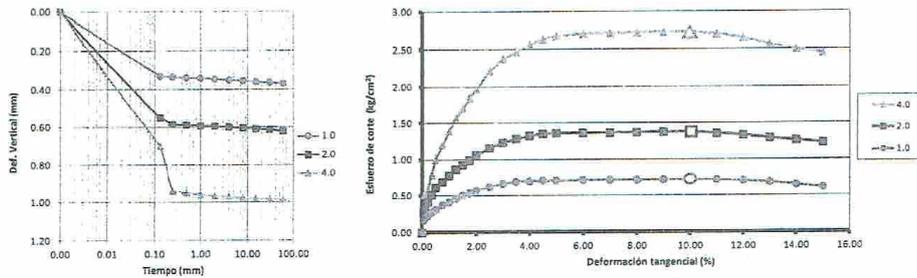
190

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM D - 3080

Proyecto : "CREACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC DESDE EL PUENTE MILAGROS HASTA LA LOSA DEPORTIVA DEL AAHF CANTAGALLO DISTRITO DE LURIGANCHO- LIMA, LIMA"
Solicitante : TR2 INGENIEROS SAC
Ubicación : CANTAGALLO - LURIGANCHO - LIMA
Fecha : AGOSTO - 2017

Calicata : C - 2 Velocidad : 0.25 mm/min
Muestra : M - 1 SUCS : GW
Profund (m) : 0.50 - 3.00 Grava Bien Gradada

Aplicación del esfuerzo cortante



$\Phi =$
34.22

$C =$
0.00
Kg/Cm2

Observación:
La muestra ha sido identificado y entregado por el solicitante.
Material que pasa el tamiz N° 4, humedad = saturado, densidad seca = 1.75g/cm³

[Signature]
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 186959

Av. Alfonso Ugarte N° 1428 Oficina 301 - Breña - Lima 01
E-mail: roma.ingenieria.andina@gmail.com Teléfono: (00-51-1) 4246355



ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

N.T.P 339.152, 339.177, 339.178

PROYECTO : "CREACION DE SERVICIO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO RIMAC DESDE EL PUENTE MILAGROS HASTA LA LOSA DEPORTIVA DEL AAHH CANTAGALLO DISTRITO DE LURIGANCHO- LIMA, LIMA."
SOLICITADO : PRZ INGENIEROS SAC.
UBICACION : CHOSICA - LURIGANCHO - LIMA
FECHA : AGOSTO - 2017

N° Muestra	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)	pH	M.O (%)
C-1 M-1 Prof.: 2.00 mt.	450.45	127.61	356.40	6.08	

TABLAS NORMATIVAS

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGÚN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS (Valores expresados en ppm)

ACI - 201.2R.77		BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (Inglesa)		DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruana)
Grado de Ataque	Sulfatos en el suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos
Leve	0-1.000	0-150	<2.400	<360	0 - 600
Moderado	1.000-2.000	150-1.500	2.400-6.000	360-1440	600 - 3.000
Severo	2.000-20.000	1.500-10.000	6.000-24.000	1.440-6.000	>3.000
Muy Severo	>20.000	>10.000	>24.000	>6.000	--

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable, expresados en partes por millón (ppm)

Sustancia	Referencias		
	MTC	RIVVA 5	Agua Potable
Cloruros	300	300	250
Sulfatos	300	50	50
Sales Solubles Totales	1 500	300	300
Sales en Magnesio	--	125	125
Sólidos en Suspensión	1 000	10	10
pH	< de 7	> de 8	10.5
Mat. Orgánica expres. en Oxígeno	16	0.001	0.001

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos

Obel
LUIS MIGUEL
OBREGON MALLQUI
INGENIERO C.I.
R.O.B. CIP N° 186954



192

ANEXO III
TABLAS Y CALCULOS



MEMORIA DE CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE - SUELO

Formula de Capacidad Portante
 $Q_{ult} = C + \gamma \cdot D_f \cdot N_c + \gamma \cdot B \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_q$

* EVALUACION GEOTECNICA DE SUELO DE FUNDACION *

Ubicación	Chosica - Lima - Lima											
Solicitud	PRZ											
Calicata	C-1	Prof. (m)										
Muestra	M-1	Operador										
		ORSLJ.F.V.M										
		Fecha										
		AGOSTO 2017										
ϕ	C (kn/m ²)	Rc	Nq	Ny	Ny/Nc	tan ϕ	Ko	Ica	Kp	u (kg/cm ²)	Es (kg/cm ²)	0.3
33	0.00	38.64	28.09	35.19	0.61	0.65	0.46	0.29	3.38			1000

Cimentación corrida												
B (cm.)	L (cm.)	Df (m.)	Ys	Y	Qu (kn/m ²)	Qcd (kg/cm ²)	Sc	Sq	Sy	Qe (kg/cm ²)	Iw	Dd (cm.)
0.80	10.00	2.00	1.00	1.00	66.26	2.21	1	1	1	2.21	2.10	0.34
1.20	10.00	2.00	1.00	1.00	69.78	2.33	1	1	1	2.33	2.10	0.44
1.20	10.00	2.00	1.00	1.00	73.30	2.44	1	1	1	2.44	2.10	0.50
1.40	10.00	2.00	1.00	1.00	76.82	2.56	1	1	1	2.56	2.10	0.69
1.80	10.00	2.00	1.00	1.00	80.33	2.68	1	1	1	2.68	2.10	0.83
1.80	10.00	2.00	1.00	1.00	83.85	2.80	1	1	1	2.80	2.10	0.83

Cimentación cuadrada												
B (cm.)	L (cm.)	Df (m.)	Ys	Y	Qu (kn/m ²)	Qcd (kg/cm ²)	Sc	Sq	Sy	Qe (kg/cm ²)	Iw	Dd (cm.)
1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	96.63	3.22	1.68	1.65	0.60	3.22	1.12	0.33
1.20	1.20	2.00	1.00	1.00	98.74	3.29	1.54	1.32	0.60	3.29	1.12	0.40
1.20	1.40	2.00	1.00	1.00	100.95	3.36	1.40	1.27	0.60	3.36	1.12	0.48
1.20	1.60	2.00	1.00	1.00	101.91	3.40	1.27	1.26	0.60	3.40	1.12	0.52
1.80	1.80	2.00	1.00	1.00	102.96	3.43	1.15	1.23	0.60	3.43	1.12	0.66
1.80	2.00	2.00	1.00	1.00	105.07	3.50	1.24	1.32	0.60	3.50	1.12	0.60
2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	107.19	3.57	1.43	1.43	0.68	3.57	1.12	0.51
2.20	2.20	2.00	1.00	1.00	109.30	3.64	1.43	1.43	0.73	3.64	1.00	0.48

Cimentación rectangular												
B (cm.)	L (cm.)	Df (m.)	Ys	Y	Qu (kn/m ²)	Qcd (kg/cm ²)	Sc	Sq	Sy	Qe (kg/cm ²)	Iw	Dd (cm.)
1.50	2.00	2.00	1.00	1.00	92.57	3.09	1.41	1.39	0.76	3.09	1.55	0.64
1.50	2.40	2.00	1.00	1.00	90.24	3.01	1.34	1.32	0.80	3.01	1.55	0.63
2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	97.28	3.24	1.54	1.32	0.60	3.24	1.55	0.90
4.00	6.00	2.00	1.00	1.00	95.30	3.18	1.27	1.26	0.64	3.18	1.55	0.88
4.00	8.00	2.00	1.00	1.00	126.38	4.21	1.45	1.43	0.73	4.00	1.55	2.23
8.00	10.00	2.00	1.00	1.00	125.43	4.18	1.54	1.43	0.80	4.00	1.55	2.23
8.00	10.00	2.00	1.00	1.00	175.01	5.83	1.54	1.62	0.68	2.20	1.55	2.45
8.00	12.00	2.00	1.00	1.00	177.99	5.93	1.45	1.43	0.73	2.20	1.55	2.45




 LUIS MIGUEL
 OBREGON MALLQUI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 186959

Anexo 9: Caudales máximos mensuales entre los años 1921 y 2018 (SENAMHI)

Estación : CHOSICA
 Parámetro : CAUDALES MAXIMOS MENSUALES

Longitud 76°41'23.8" W
 Latitud : 11° 55'48.5" S
 Altitud : 906 msnm

Dpto. Lima
 Prov. Lima
 Dist. Chosica

N°	Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1	1921	55.20	85.90	95.00	58.10	33.54	18.24	14.36	16.95	20.23	13.07	16.95	36.50
2	1922	32.40	63.30	99.00	61.40	45.60	11.20	11.78	10.61	13.07	16.95	20.23	62.60
3	1923	68.00	64.00	97.00	69.20	35.80	16.30	13.72	11.20	18.24	19.55	24.85	55.20
4	1924	54.50	58.80	90.50	74.00	24.85	16.95	11.20	13.72	16.30	18.90	18.90	23.87
5	1925	47.50	56.60	78.00	62.62	27.60	7.40	10.50	11.80	15.80	18.53	18.16	39.88
6	1926	59.80	115.80	187.09	90.36	35.20	17.18	11.40	12.19	14.80	14.73	19.70	50.96
7	1927	51.60	88.70	137.60	57.40	35.20	25.19	9.10	10.20	15.73	15.76	18.70	37.70
8	1928	49.70	111.22	183.49	88.70	40.30	14.00	12.10	12.10	13.19	13.10	14.70	27.50
9	1929	99.60	139.80	137.50	50.60	18.90	7.50	10.00	13.00	15.60	18.90	45.00	40.80
10	1930	81.75	55.80	320.10	98.40	67.80	35.40	12.90	14.73	11.88	15.80	20.00	18.93
11	1931	89.63	53.68	97.63	42.50	25.00	19.50	13.80	9.87	12.83	14.92	21.69	73.00
12	1932	84.75	315.00	106.50	62.50	34.00	14.52	12.27	13.45	12.67	19.20	25.69	35.40
13	1933	50.70	105.00	225.00	86.00	66.80	20.69	13.84	13.00	12.66	12.66	13.05	42.60
14	1934	83.50	160.00	200.00	71.90	41.00	25.69	18.23	12.66	12.27	15.20	14.52	13.84
15	1935	105.00	101.20	250.00	55.80	57.50	15.52	13.05	13.05	13.84	13.05	13.84	98.80
16	1936	65.50	47.40	60.50	39.60	22.19	15.20	13.05	13.05	13.05	13.05	13.05	16.23
17	1937	40.30	35.40	105.00	38.20	25.69	14.18	12.27	13.05	13.05	17.26	17.26	32.38
18	1938	96.60	175.00	130.00	65.50	35.40	15.00	13.05	13.05	13.05	13.05	13.05	20.19
19	1939	40.30	146.45	205.00	157.80	22.65	15.20	12.66	13.05	13.05	13.05	13.05	53.45
20	1940	96.60	57.50	254.50	70.80	23.11	14.18	13.05	13.05	13.05	13.05	16.23	22.27
21	1941	62.50	290.10	325.00	28.62	14.18	12.27	12.27	12.27	13.05	17.23	26.48	76.30
22	1942	184.60	315.80	125.50	42.60	28.05	14.52	13.84	13.84	13.05	13.05	13.05	27.48
23	1943	58.50	261.00	138.00	203.00	26.29	13.05	12.97	13.08	13.48	16.70	25.00	44.50

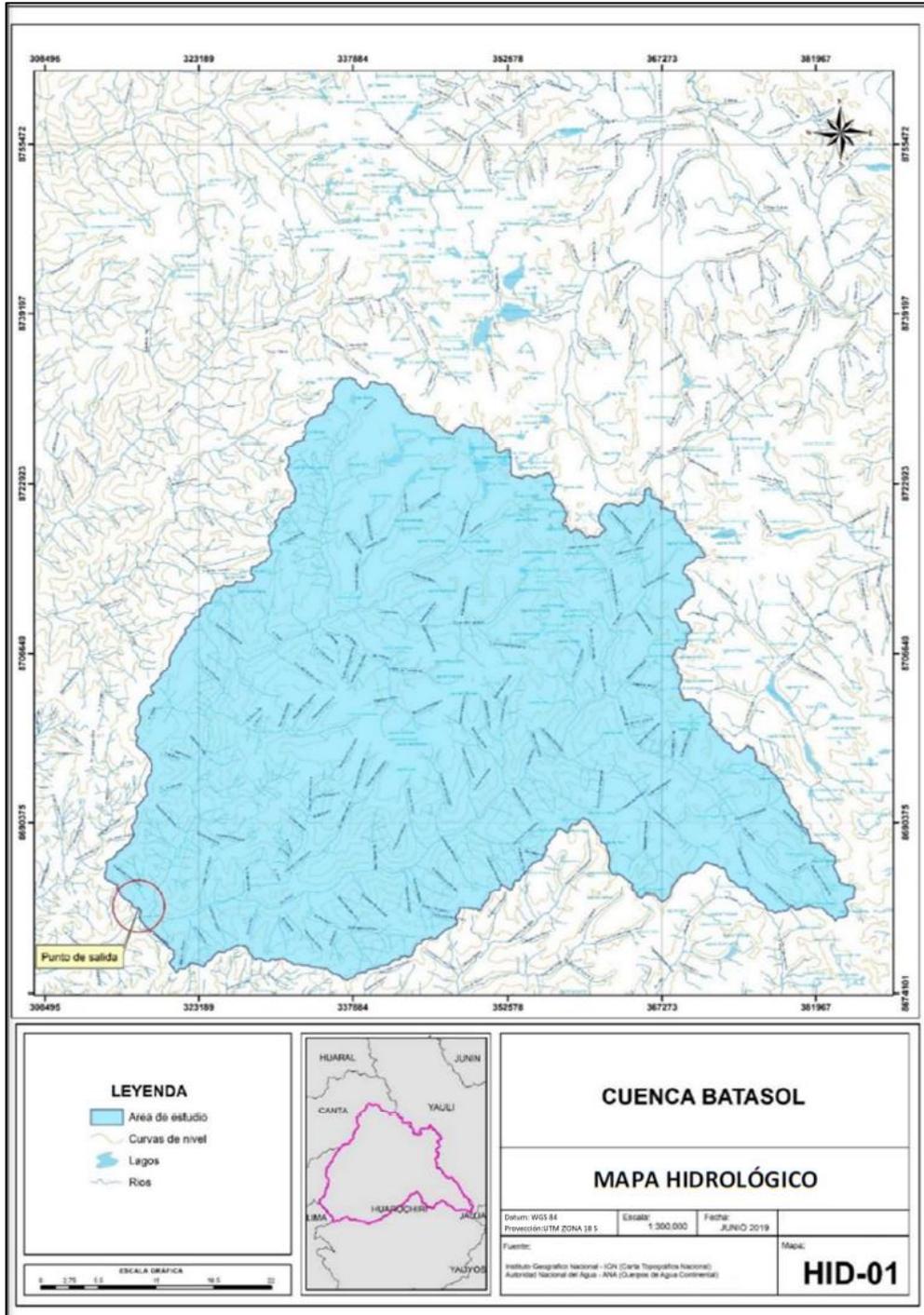
N°	Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr	May	Jun	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
24	1944	71.90	130.00	127.30	38.50	24.70	15.00	13.04	13.05	13.03	14.50	14.30	18.50
25	1945	63.50	94.50	83.60	57.50	25.00	15.50	13.08	13.00	12.05	16.00	24.50	73.40
26	1946	134.00	105.00	185.00	113.00	35.00	17.50	14.00	13.00	14.00	15.50	32.40	53.60
27	1947	64.00	78.50	130.00	43.00	31.00	17.00	12.00	13.50	13.10	22.00	15.40	33.00
28	1948	130.00	90.00	128.00	62.00	33.00	23.00	18.00	14.00	13.15	51.00	34.00	22.60
29	1949	47.00	55.50	108.00	56.50	21.00	15.00	15.50	15.50	13.50	14.50	21.00	14.00
30	1950	80.00	98.50	79.50	55.00	33.00	17.50	14.80	13.00	13.50	13.50	18.00	58.50
31	1951	71.00	195.00	316.00	108.00	24.00	20.00	15.50	13.50	14.50	22.64	45.00	70.00
32	1952	115.00	132.00	164.00	109.00	24.00	19.00	17.00	14.00	18.00	15.00	33.00	45.00
33	1953	70.00	175.00	130.00	79.00	31.00	20.00	17.00	14.50	16.50	21.00	42.00	66.00
34	1954	72.00	202.00	180.00	42.00	36.00	20.00	16.00	15.00	14.50	18.00	36.00	28.00
35	1955	115.00	164.00	320.00	59.00	24.00	20.50	18.00	14.50	14.50	16.00	13.80	21.00
36	1956	39.00	142.00	155.00	68.00	21.00	15.00	12.70	13.20	14.80	13.80	12.40	13.10
37	1957	36.50	100.00	71.00	63.00	20.00	11.50	10.50	13.10	13.40	12.60	15.10	19.00
38	1958	40.00	99.80	94.80	27.90	16.00	11.25	12.15	11.20	12.50	15.90	16.62	14.30
39	1959	15.50	175.00	135.00	106.00	31.00	14.50	13.75	13.50	13.95	21.65	19.90	36.40
40	1960	60.90	69.00	77.40	28.10	21.40	14.10	13.85	15.00	14.30	16.80	18.20	16.85
41	1961	59.50	70.50	65.40	70.40	26.60	16.40	14.25	13.75	13.80	14.05	30.30	53.90
42	1962	84.00	76.60	84.10	49.70	28.15	15.30	15.25	16.00	15.10	14.95	16.30	29.00
43	1963	69.40	74.00	92.20	52.80	25.80	17.70	15.60	15.20	15.95	17.65	32.80	63.70
44	1964	26.70	78.80	72.50	77.30	31.80	17.70	15.60	16.00	16.45	16.95	18.20	21.74
45	1965	26.06	108.10	95.70	27.00	20.80	13.30	12.70	12.50	13.35	15.50	15.20	31.80
46	1966	72.00	54.09	100.60	30.20	24.90	15.80	17.70	14.60	15.80	30.60	27.80	42.00
47	1967	44.30	91.20	100.50	43.20	26.60	20.10	21.20	19.50	22.90	32.50	24.10	33.10
48	1968	39.90	30.10	46.40	35.50	18.90	17.30	15.60	18.90	16.75	21.80	35.80	39.40

N°	Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
49	1969	32.20	51.00	81.40	50.20	22.60	18.10	18.10	17.60	18.10	21.20	21.20	81.40
50	1970	158.00	58.20	88.00	57.70	41.00	23.70	20.80	19.20	22.80	22.20	19.40	55.80
51	1971	71.00	101.00	139.00	53.30	24.30	25.30	22.10	21.70	21.80	21.80	17.70	54.30
52	1972	93.00	138.00	210.00	119.00	38.60	19.20	18.20	17.30	15.30	20.40	20.00	45.10
53	1973	108.00	115.00	110.00	98.20	33.70	15.60	14.30	14.30	12.20	18.30	18.00	52.60
54	1974	59.50	67.70	79.10	49.20	19.80	14.20	11.40	15.10	19.20	17.00	17.00	15.10
55	1975	32.30	63.60	144.00	55.50	38.80	27.50	24.40	24.90	23.80	25.50	26.10	33.80
56	1976	69.00	116.00	91.10	51.10	26.10	22.80	18.00	18.00	19.00	19.40	21.00	23.40
57	1977	28.70	162.00	94.00	60.00	42.60	22.20	22.80	22.80	21.60	21.00	46.20	57.40
58	1978	98.80	151.00	61.30	46.20	21.00	20.40	20.40	19.90	18.50	20.40	22.20	51.10
59	1979	28.70	140.40	144.00	61.30	20.04	20.04	17.92	19.01	20.00	20.33	19.67	20.33
60	1980	91.50	40.11	82.40	85.00	20.51	20.51	18.40	19.05	21.65	23.94	28.56	29.40
61	1981	83.00	216.00	200.00	70.48	27.32	24.44	24.00	24.00	28.50	20.40	27.40	57.00
62	1982	57.50	72.20	65.20	58.40	41.40	38.50	32.55	35.10	27.00	30.40	47.80	33.60
63	1983	48.80	46.60	72.00	108.00	31.50	21.92	33.40	27.52	27.00	30.40	47.80	33.60
64	1984	39.00	103.50	82.80	50.70	28.70	38.08	33.60	31.04	27.84	31.92	42.56	72.00
65	1985	46.70	74.00	118.00	80.00	50.20	67.12	56.89	68.97	29.19	29.00	36.63	86.59
66	1986	164.18	154.51	158.35	98.19	113.0	32.06	29.35	34.10	26.19	26.19	26.43	54.96
67	1987	81.82	133.82	168.50	78.57	41.15	24.87	23.91	23.91	31.55	34.17	29.42	34.03
68	1988	57.77	67.63	43.40	83.00	35.40	24.52	31.40	36.68	23.60	25.28	22.40	58.56
69	1989	43.43	57.12	58.14	53.91	26.41	19.36	18.52	17.70	17.70	19.36	21.43	18.11
70	1990	35.12	21.02	26.82	18.92	16.86	15.02	13.90	11.10	13.90	31.95	38.58	39.84
71	1991	31.65	32.51	66.98	40.82	33.87	21.33	18.46	15.31	18.06	21.30	24.98	20.82
72	1992	27.52	25.57	32.88	24.72	16.29	14.85	16.38	15.18	15.51	17.30	13.63	16.88
73	1993	95.46	114.49	88.56	55.40	33.45	18.62	17.43	18.71	18.20	21.38	57.99	88.12
74	1994	85.11	133.96	132.45	76.39	47.29	27.13	25.65	24.91	24.79	28.44	25.97	36.11

N°	Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
75	1995	40.47	33.92	60.35	41.98	23.15	23.77	20.97	23.25	22.59	23.93	26.87	37.60
76	1996	81.32	108.93	80.36	69.79	26.88	28.24	31.50	26.18	25.25	22.91	20.83	30.74
77	1997	44.55	76.35	47.69	21.55	19.44	20.54	18.92	19.56	19.60	22.40	26.80	77.37
78	1998	109.17	120.61	92.06	74.15	50.94	29.66	27.87	24.53	27.36	31.64	32.13	32.44
79	1999	49.47	125.49	107.73	74.72	46.17	25.19	26.43	25.31	29.31	29.78	32.09	50.93
80	2000	76.65	93.88	108.58	87.77	49.92	28.91	25.37	23.90	23.70	30.68	26.84	64.59
81	2001	91.08	89.14	108.65	88.84	40.20	29.45	28.55	28.11	28.21	27.91	44.11	36.70
82	2002	41.67	65.49	76.08	65.83	29.05	21.73	22.70	23.87	29.12	31.95	43.25	45.41
83	2003	75.83	82.68	128.61	77.55	41.90	30.16	29.95	31.27	52.21	63.11	58.12	79.53
84	2004	17.76	82.00	46.50	42.59	31.98	18.10	15.17	19.00	22.28	27.51	36.32	71.73
85	2005	50.52	72.57	51.40	67.28	28.40	31.51	31.00	20.75	40.77	28.40	41.76	48.43
86	2006	42.53	71.39	101.14	118.89	43.38	29.94	43.21	24.99	25.38	17.98	28.63	53.68
87	2007	63.02	82.44	79.66	121.14	42.35	35.00	28.41	36.08	34.59	35.48	39.57	33.75
88	2008	71.48	47.79	78.64	32.73	21.19	14.69	12.62	11.23	16.17	21.91	29.22	43.27
89	2009	65.75	125.52	139.17	48.55	19.11	10.70	10.47	12.11	18.08	20.09	23.34	38.93
90	2010	78.00	84.79	84.96	65.48	31.91	25.74	24.66	24.17	25.89	23.85	24.60	42.83
91	2011	59.35	68.67	72.96	83.40	41.60	28.70	26.00	26.10	26.50	32.50	33.10	48.10
92	2012	50.10	104.61	79.95	77.35	52.11	28.76	29.47	29.69	27.49	30.95	51.13	95.35
93	2013	61.84	116.74	131.02	71.58	26.45	25.98	25.56	27.09	26.26	27.09	28.89	39.83
94	2014	50.14	91.05	96.99	49.58	34.31	22.84	22.85	23.53	24.35	25.85	31.94	50.82
95	2015	63.95	59.08	92.39	51.24	35.04	25.46	27.74	26.05	25.18	28.64	25.96	50.83
96	2016	32.48	79.70	77.60	39.90	25.90	23.10	26.61	22.67	25.04	24.01	25.05	21.64
97	2017	94.21	108.59	126.50	93.43	53.33	30.71	24.65	27.84	23.98	25.71	25.66	25.15
98	2018	48.95	38.99	66.10	51.23	46.16	22.59	23.14	25.71	21.87	22.25	22.33	24.91

Fuente: SENAMHI.

Anexo 10: Caracterización de la cuenca de interés



Caracterización de la cuenca

Datos:

$$\text{Área de la cuenca} = 2305.86 \text{ km}^2$$

$$\text{Perímetro} = 355.325 \text{ km}$$

$$\text{Longitud del curso más largo} = 98.344 \text{ km}$$

$$\text{Cota máxima} = 5316 \text{ m.s.n.m.}$$

$$\text{Cota mínima} = 903 \text{ m.s.n.m.}$$

Coefficiente de compacidad

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K_c = 0.28 \frac{355.325}{\sqrt{2305.86}}$$

$$K_c = 2.087$$

Ancho medio de la cuenca

$$Am = \frac{A}{L}$$

$$Am = \frac{2305.86 \text{ km}^2}{98.344 \text{ km}} = 23.447 \text{ km}$$

Factor de forma

$$F = \frac{Am}{L} = \frac{23.447 \text{ km}}{98.344 \text{ km}} = 0.238$$

Rectángulo equivalente (LxB)

$$L = \frac{K_c(\sqrt{\pi A})}{2} \cdot \left(1 + \left(1 - \frac{4K_c^2}{\pi} \right) \right)$$

$$L = 151.708 \text{ km}$$

$$B = \frac{A}{L} = \frac{2305.86 \text{ km}^2}{151.708 \text{ km}} = 15.199 \text{ km}$$

Desnivel total de la cuenca

$$H = 5316 - 903 = 4413 \text{ m}$$

Altura media de la cuenca

$$H_m = \frac{Cota\ máx. + Cota\ mín.}{2} = \frac{5316 + 903}{2} = 3109.5\ m$$

Pendiente de la cuenca (Sist. Rectángulo Equivalente)

$$Ip = 100 \cdot \frac{H}{B} = 100 \frac{(4413\ m)}{15200\ m} = 29.03\%$$

Pendiente media

$$Ic = \frac{H}{L} = \frac{4413\ m}{98.34\ m} = 0.045 * 100 = 4.5\%$$

Anexo 11: Fotografías del trabajo en campo



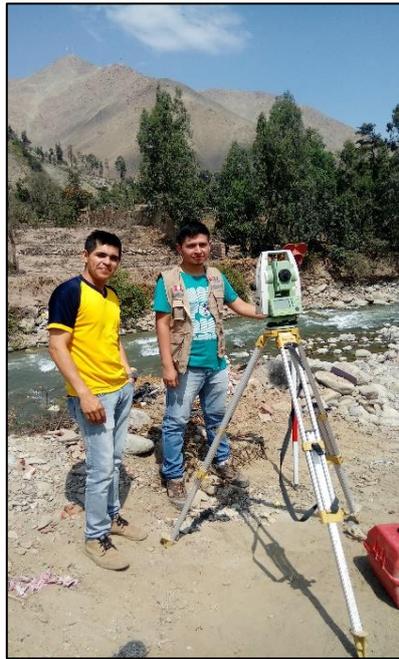
Tomando el prisma para lectura con la estación total



Trasladando el prisma

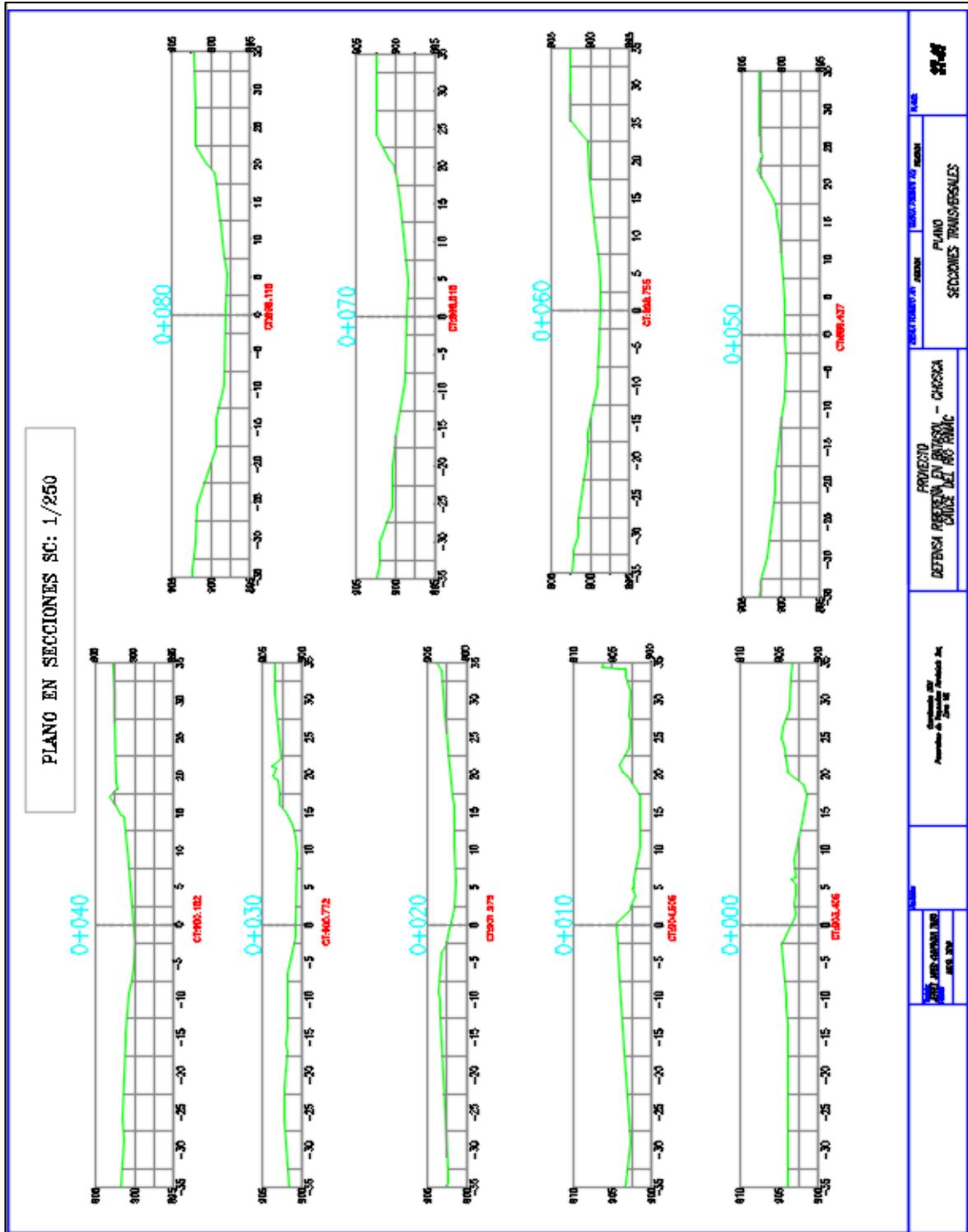


Realizando medición con estación total

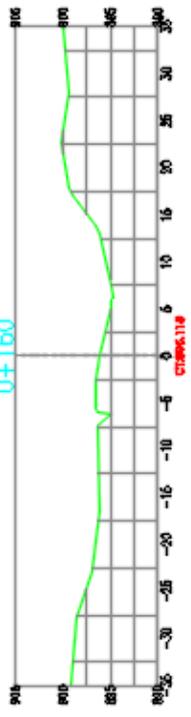


Estación total y panorama de la zona de estudio.

Anexo 13: Secciones transversales

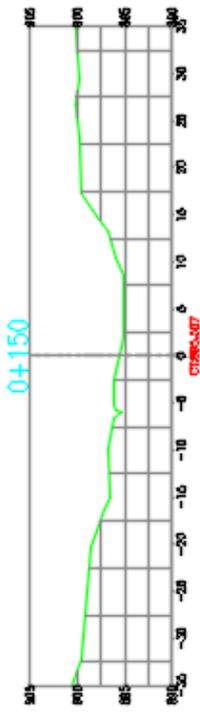


PLANO DE SECCIONES BC: 1/RSO



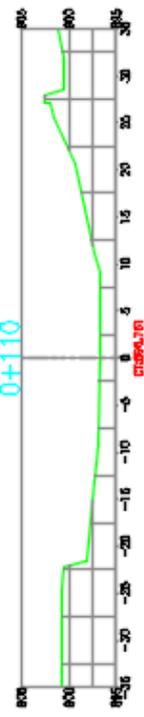
0+120

C120A.127



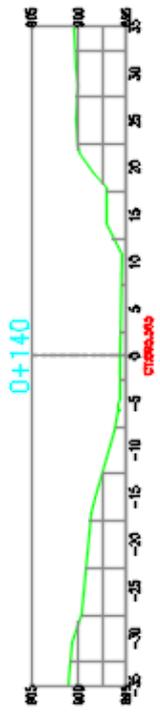
0+150

C150A.167



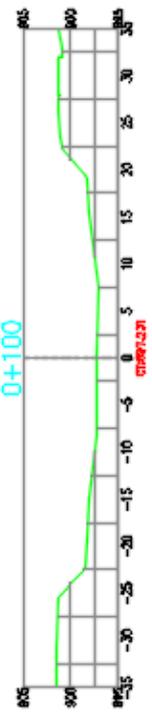
0+110

C110A.110



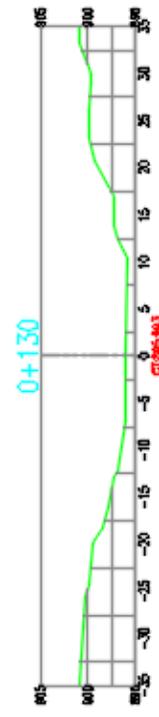
0+140

C140A.140



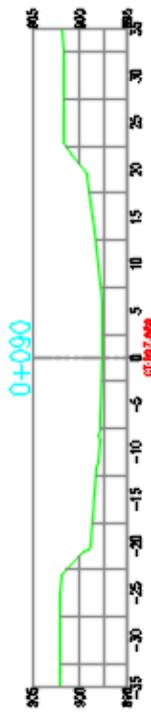
0+100

C100A.100



0+130

C130A.133

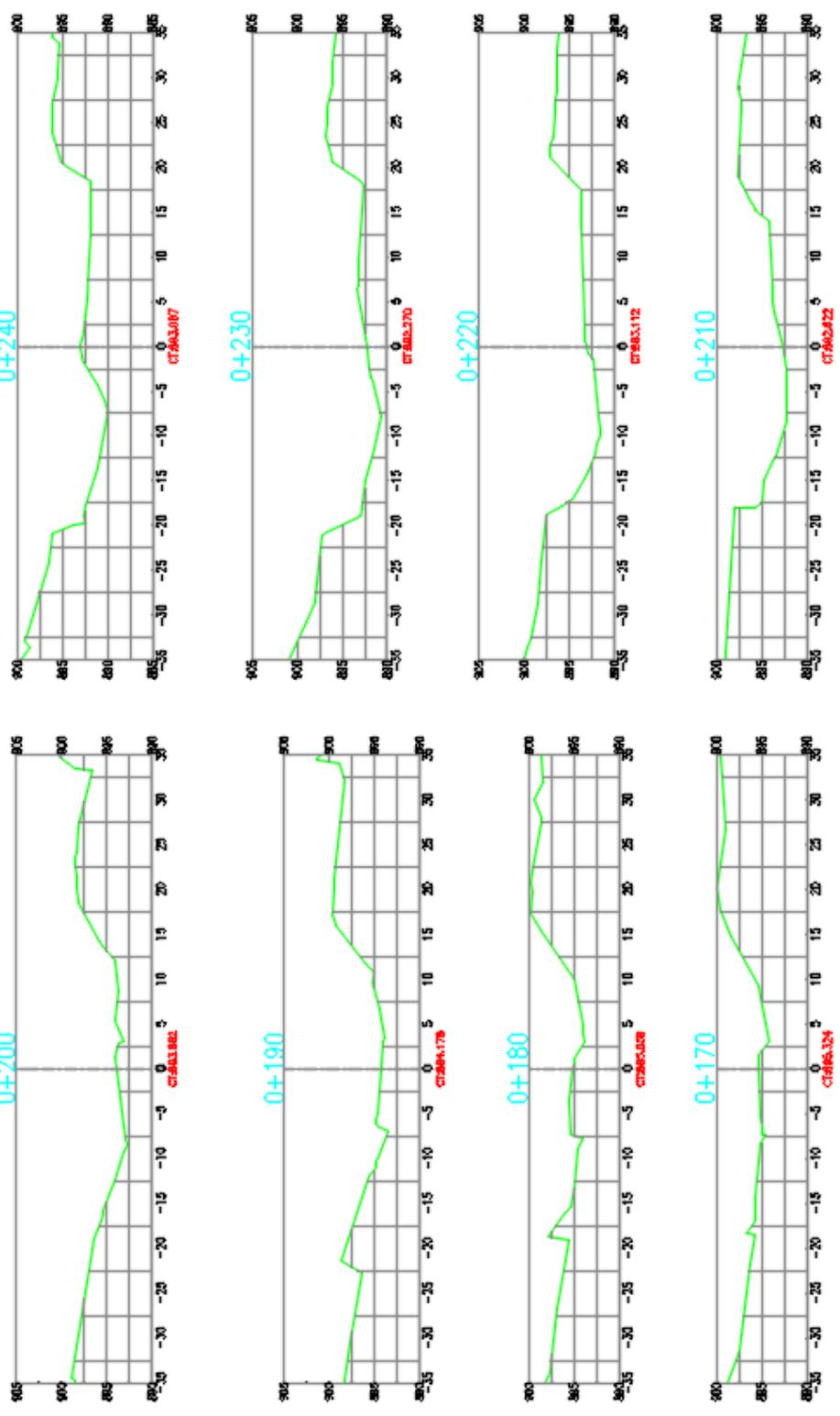


0+090

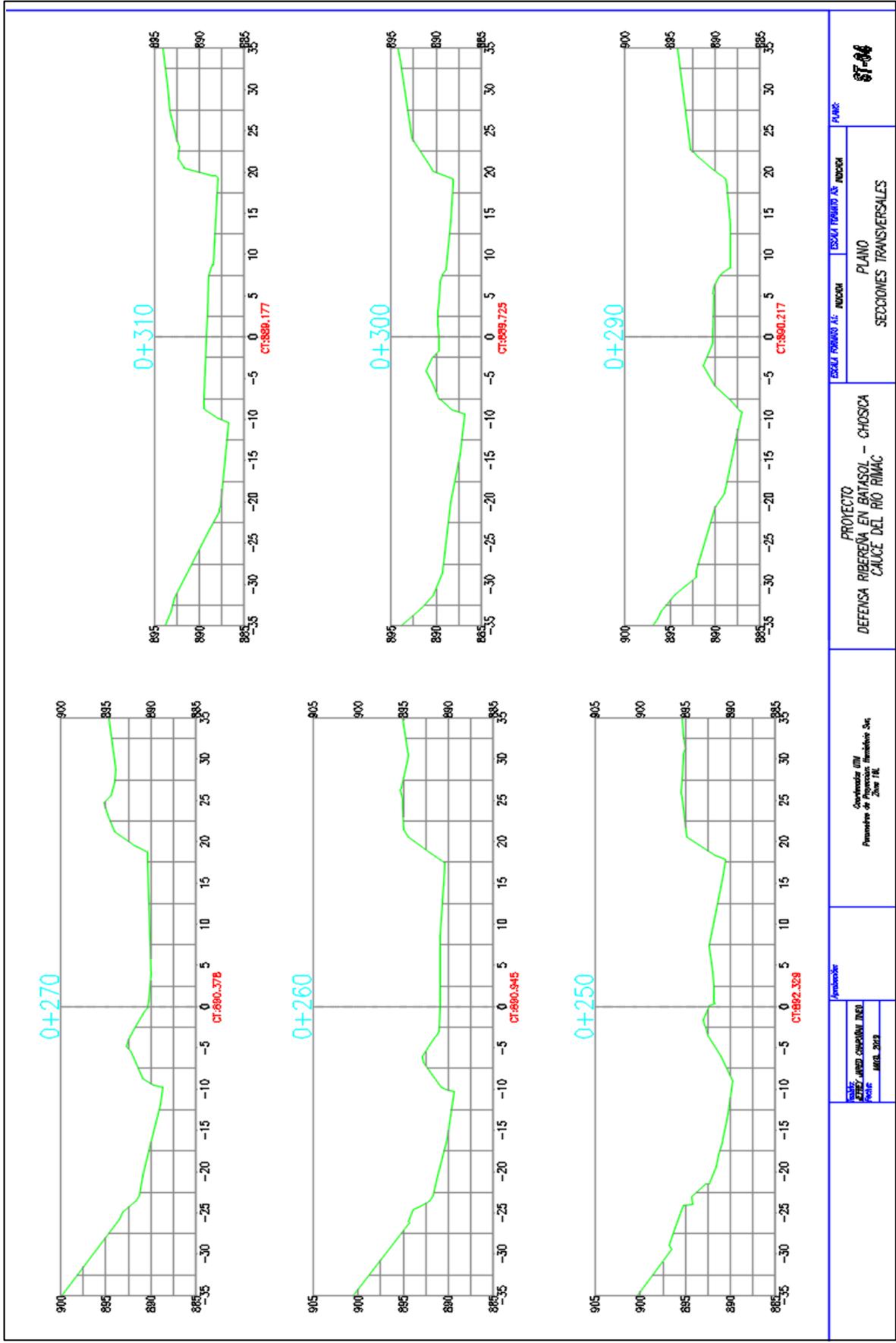
C090A.090

<p>PROYECTO DEFENSA PUERTO DE LA BASTIEN - CHOSICA CRUCE DEL RIO FRUIC</p>	<p>PLANO SECCIONES TRANSVERSALES</p>	<p>PLAN 57-02</p>
<p>PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PUENTE DE CEMENTO ARMADO DE 20x12 M.</p>	<p>PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PUENTE DE CEMENTO ARMADO DE 20x12 M.</p>	<p>PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PUENTE DE CEMENTO ARMADO DE 20x12 M.</p>

PLANO EN SECCIONES BC 1/850



<p>PROYECTO DEFENSA AGROPECUARIA EN SIBUASOL - CHAGUICA CAMINO DEL RÍO RIMAC</p>	<p>PLANO SECCIONES TRANSVERSALES</p>	<p>ESTADO: PERÚ REGION: TUMBES</p>	<p>Departamento: TUMBES Provincia: Alto Tumbes Distrito: Tumbes</p>	<p>ESTADO: PERÚ REGION: TUMBES</p>	<p>47-48</p>
--	--	--	---	--	--------------



ESTADO

PLANO

ESCALA TERNARIO AS INGENIERIA

SECCIONES TRANSVERSALES

PROYECTO
DEFENSA RIBERENA EN BATASOL - CHOSICA
CAUCE DEL RIO RIMAC

Comandante en Jefe
Presidencia de la Junta Ejecutiva de
Zona 18

Intendente

ESTADO
ESTRATEGIA DE DESARROLLO INTEGRAL
RIMAC
MAYO 2012

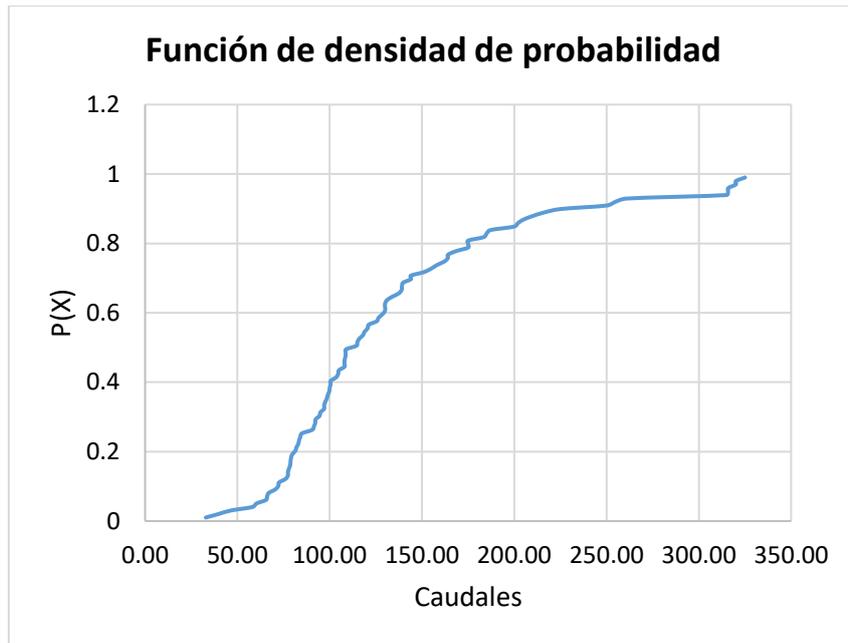
Anexo 14: Cálculos estadísticos

De acuerdo a la fórmula de Weibull para obtener la probabilidad experimental acumulada,

esta determinada como: $P(X) = \frac{m}{n+1}$, n=98.

Q	m	P(X)	Q	m	P(X)	Q	m	P(X)	Q	m	P(X)
32.88	1	0.0101	90.5	26	0.2626	115	51	0.5152	164.18	76	0.7677
39.84	2	0.0202	91.5	27	0.2727	116	52	0.5253	168.5	77	0.7778
46.4	3	0.0303	92.2	28	0.2828	118	53	0.5354	175	78	0.7879
58.14	4	0.0404	92.39	29	0.2929	118.89	54	0.5455	175	79	0.7980
60.35	5	0.0505	94.5	30	0.3030	120.61	55	0.5556	175	80	0.8081
65.5	6	0.0606	95	31	0.3131	121.14	56	0.5657	183.49	81	0.8182
66.1	7	0.0707	96.99	32	0.3232	125.49	57	0.5758	185	82	0.8283
66.98	8	0.0808	97	33	0.3333	126.5	58	0.5859	187.09	83	0.8384
70.5	9	0.0909	97.63	34	0.3434	128.61	59	0.5960	200	84	0.8485
72.2	10	0.1010	98.5	35	0.3535	130	60	0.6061	202	85	0.8586
72.57	11	0.1111	99	36	0.3636	130	61	0.6162	205	86	0.8687
76.08	12	0.1212	99.8	37	0.3737	130	62	0.6263	210	87	0.8788
77.37	13	0.1313	100	38	0.3838	131.02	63	0.6364	216	88	0.8889
77.4	14	0.1414	100.5	39	0.3939	133.96	64	0.6465	225	89	0.8990
78	15	0.1515	100.6	40	0.4040	137.6	65	0.6566	250	90	0.9091
78.64	16	0.1616	103.5	41	0.4141	139	66	0.6667	254.5	91	0.9192
78.8	17	0.1717	104.61	42	0.4242	139.17	67	0.6768	261	92	0.9293
79.1	18	0.1818	105	43	0.4343	139.8	68	0.6869	315	93	0.9394
79.7	19	0.1919	108	44	0.4444	144	69	0.6970	315.8	94	0.9495
81.4	20	0.2020	108	45	0.4545	144	70	0.7071	316	95	0.9596
82	21	0.2121	108.1	46	0.4646	151	71	0.7172	320	96	0.9697
83	22	0.2222	108.58	47	0.4747	155	72	0.7273	320.1	97	0.9798
83.4	23	0.2323	108.65	48	0.4848	158	73	0.7374	325	98	0.9899
84.1	24	0.2424	108.93	49	0.4949	162	74	0.7475			
84.96	25	0.2525	114.49	50	0.5051	164	75	0.7576			

Para la generación de la curva de la función de densidad de probabilidad se proyectan los caudales en el eje X y la probabilidad P(X) en el eje Y.



La media

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{13026.83}{98} = 132.928$$

La varianza

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Q	$(x - \bar{x})^2$	Q	$(x - \bar{x})^2$	Q	$(x - \bar{x})^2$	Q	$(x - \bar{x})^2$
32.88	10009	90.5	1800	115	321.37	164.18	976.76
39.84	8665.2	91.5	1716.2	116	286.52	168.5	1265.4
46.4	7486.9	92.2	1658.7	118	222.81	175	1770.2
58.14	5593.1	92.39	1643.2	118.89	197.03	175	1770.2
60.35	5267.4	94.5	1476.6	120.61	151.7	175	1770.2
65.5	4546.4	95	1438.4	121.14	138.93	183.49	2556.6
66.1	4465.8	96.99	1291.5	125.49	55.307	185	2711.6
66.98	4349	97	1290.7	126.5	41.304	187.09	2933.6
70.5	3897.1	97.63	1245.9	128.61	18.635	200	4498.8
72.2	3687.7	98.5	1185.2	130	8.5664	202	4771.1
72.57	3642.9	99	1151	130	8.5664	205	5194.5
76.08	3231.6	99.8	1097.4	130	8.5664	210	5940.3
77.37	3086.6	100	1084.2	131.02	3.636	216	6901.2
77.4	3083.2	100.5	1051.5	133.96	1.0674	225	8477.5
78	3017	100.6	1045	137.6	21.838	250	13706
78.64	2947.1	103.5	865.94	139	36.883	254.5	14780
78.8	2929.7	104.61	801.84	139.17	38.977	261	16403

Q	$(x - \bar{x})^2$	Q	$(x - \bar{x})^2$	Q	$(x - \bar{x})^2$	Q	$(x - \bar{x})^2$
79.1	2897.3	105	779.91	139.8	47.24	315	33151
79.7	2833.1	108	621.35	144	122.61	315.8	33443
81.4	2655	108	621.35	144	122.61	316	33516
82	2593.5	108.1	616.37	151	326.64	320	34996
83	2492.7	108.58	592.77	155	487.22	320.1	35034
83.4	2452.9	108.65	589.36	158	628.66	325	36892
84.1	2384.1	108.93	575.85	162	845.25		
84.96	2300.8	114.49	339.92	164	965.54		

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{435661.24}{98 - 1} = 4491.35299$$

Desviación estándar

Esta definida como la raíz cuadrada de la varianza, mide la dispersión de los datos.

$$S = \sqrt{S^2} = 67.01756$$

Coefficiente de variación

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{67.01756}{132.928} = 0.5042$$

Coefficiente de sesgo

Este coeficiente permite la medición de la asimetría de las distribución respecto a la media.

$$C_s = \frac{n^2 M_3}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

$$M_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 = \frac{1}{98} \cdot (39786330.9) = 405982.9684$$

$$C_s = \frac{n^2 M_3}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{98^2 (405982.9684)}{(98 - 1)(98 - 2)(67.01756)^3} = 1.3911$$

Para el cálculo del coeficiente de sesgo

Q	$(x - \bar{x})^3$	Q	$(x - \bar{x})^3$	Q	$(x - \bar{x})^3$	Q	$(x - \bar{x})^3$
32.88	-1001405.77	90.5	-76369.8551	115	-5761.17422	164.18	30526.8457
39.84	-806612.264	91.5	-71096.0261	116	-4849.84028	168.5	45016.0565
46.4	-647817.215	92.2	-67552.5966	118	-3325.85546	175	74475.8534
58.14	-418288.088	92.39	-66611.5556	118.89	-2765.7172	175	74475.8534
60.35	-382291.033	94.5	-56741.9053	120.61	-1868.51927	175	74475.8534
65.5	-306547.912	95	-54555.6677	121.14	-1637.53968	183.49	129271.474
66.1	-298437.036	96.99	-46410.8529	125.49	-411.305757	185	141202.334
66.98	-286801.825	97	-46372.12	126.5	-265.455578	187.09	158895.667
70.5	-243284.249	97.63	-43975.1539	128.61	-80.4446101	200	301749.362
72.2	-223945.316	98.5	-40802.9318	130	-25.0723828	202	329555.096
72.57	-219876.805	99	-39050.8163	130	-25.0723828	205	374386.988
76.08	-183704.128	99.8	-36352.9712	130	-25.0723828	210	457835.587
77.37	-171479.63	100	-35698.506	131.02	-6.93331147	216	573300.393
77.4	-171201.989	100.5	-34096.8113	133.96	1.10282483	225	780547.233
78	-165711.929	100.6	-33782.3331	137.6	102.054648	250	1604619.46
78.64	-159986.602	103.5	-25481.838	139	223.998346	254.5	1796855.48
78.8	-158576.178	104.61	-22705.6648	139.17	243.34029	261	2100750.16
79.1	-155954.023	105	-21780.3699	139.8	324.690761	315	6035841.28
79.7	-150796.748	108	-15488.2204	144	1357.7352	315.8	6115752.9
81.4	-136804.522	108	-15488.2204	144	1357.7352	316	6135840.41
82	-132080.928	108.1	-15302.5631	151	5903.40388	320	6546881.31
83	-124452.08	108.58	-14432.0374	155	10754.5864	320.1	6557385.84
83.4	-121484.754	108.65	-14307.9135	158	15762.5825	325	7085982.33
84.1	-116406.11	108.93	-13818.5351	162	24574.0563		
84.96	-110362.936	114.49	-6266.99356	164	30002.4271		

Coefficiente de curtosis

$$C_s = \frac{n^3 \cdot M_4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} = \frac{98^3(88007190)}{(97)(96)(95)(67.01756)^4} = 4.6417$$

$$M_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 = \frac{1}{98} \cdot (8624704619.87) = 88007190$$

Q	$(x - \bar{x})^4$	Q	$(x - \bar{x})^4$	Q	$(x - \bar{x})^4$	Q	$(x - \bar{x})^4$
32.88	100187480	90.5	3240131.39	115	103279.631	164.18	954060.483
39.84	75084984.4	91.5	2945283.48	116	82092.4559	168.5	1601363.51
46.4	56053574.6	92.2	2751203.59	118	49644.5023	175	3133434.72
58.14	31282443.1	92.39	2700221.77	118.89	38821.9215	175	3133434.72
60.35	27745474	94.5	2180411.95	120.61	23014.2473	175	3133434.72
65.5	20669556.1	95	2069123.92	121.14	19301.4133	183.49	6536374.61
66.1	19943603.1	96.99	1667859.25	125.49	3058.81387	185	7352852.14

Q	$(x - \bar{x})^4$	Q	$(x - \bar{x})^4$	Q	$(x - \bar{x})^4$	Q	$(x - \bar{x})^4$
66.98	18913673.2	97	1666003.6	126.5	1706.03973	187.09	8606291.91
70.5	15187466.2	97.63	1552183.84	128.61	347.266269	200	20239284.2
72.2	13599490.7	98.5	1404715.88	130	73.3827776	202	22763412.8
72.57	13271068.5	99	1324870.68	130	73.3827776	205	26983254.4
76.08	10442998.6	99.8	1204258.95	130	73.3827776	210	35286836.8
77.37	9526865.83	100	1175438.89	131.02	13.2206949	216	47625877
77.4	9506304.93	100.5	1105651.74	133.96	1.13939781	225	71867452.6
78	9102032.09	100.6	1092075.98	137.6	476.918004	250	187857876
78.64	8685166.6	103.5	749849.894	139	1360.37847	254.5	218449404
78.8	8583226.96	104.61	642952.61	139.17	1519.2131	261	269049718
79.1	8394511.75	105	608256.839	139.8	2231.65252	315	1098964713
79.7	8026433.95	108	386072.346	144	15034.4232	315.8	1118407076
81.4	7049104.29	108	386072.346	144	15034.4232	316	1123307711
82	6726463.88	108.1	379914.24	151	106693.181	320	1224745795
83	6213498.71	108.58	351374.461	155	237387.738	320.1	1227366648
83.4	6016755.61	108.65	347350.885	158	395217.8	325	1361027038
84.1	5683742.14	108.93	331601.133	162	714445.545		
84.96	5293760.95	114.49	115543.539	164	932270.309		

Anexo 15: Resultados de distribución Normal - HidroEsta

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
1	32.9	0.0101	0.0678	0.0577
2	39.8	0.0202	0.0824	0.0622
3	46.4	0.0303	0.0984	0.0681
4	58.1	0.0404	0.1321	0.0917
5	60.4	0.0505	0.1396	0.0891
6	65.5	0.0606	0.1572	0.0966
7	66.1	0.0707	0.1594	0.0887
8	67.0	0.0808	0.1627	0.0819
9	70.5	0.0909	0.1758	0.0849
10	72.2	0.1010	0.1825	0.0815
11	72.6	0.1111	0.1841	0.0730
12	76.1	0.1212	0.1983	0.0771
13	77.0	0.1313	0.2021	0.0707
14	77.4	0.1414	0.2037	0.0623
15	78.0	0.1515	0.2063	0.0548
16	78.6	0.1616	0.2088	0.0472
17	78.8	0.1717	0.2097	0.0380
18	79.1	0.1818	0.2110	0.0292
19	79.7	0.1919	0.2136	0.0217
20	81.4	0.2020	0.2210	0.0190
21	82.0	0.2121	0.2237	0.0116
22	83.0	0.2222	0.2282	0.0060
23	83.4	0.2323	0.2300	0.0023
24	84.1	0.2424	0.2332	0.0092
25	85.0	0.2525	0.2373	0.0152
26	90.5	0.2626	0.2634	0.0008
27	91.5	0.2727	0.2683	0.0044
28	92.2	0.2828	0.2717	0.0111
29	92.4	0.2929	0.2727	0.0202
30	94.5	0.3030	0.2833	0.0198
31	95.0	0.3131	0.2858	0.0274
32	97.0	0.3232	0.2960	0.0272
33	97.0	0.3333	0.2960	0.0373
34	97.6	0.3434	0.2991	0.0443
35	98.5	0.3535	0.3038	0.0497
36	99.0	0.3636	0.3064	0.0572
37	99.8	0.3737	0.3106	0.0631
38	100.0	0.3838	0.3117	0.0722
39	100.5	0.3939	0.3143	0.0796
40	100.6	0.4040	0.3148	0.0892
41	103.5	0.4141	0.3304	0.0838

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
42	104.6	0.4242	0.3363	0.0879
43	105.0	0.4343	0.3385	0.0958
44	108.0	0.4444	0.3550	0.0894
45	108.0	0.4545	0.3550	0.0995
46	108.0	0.4646	0.3550	0.1096
47	108.1	0.4747	0.3556	0.1192
48	108.7	0.4848	0.3589	0.1259
49	108.9	0.4949	0.3600	0.1349
50	114.5	0.5051	0.3917	0.1133
51	115.0	0.5152	0.3946	0.1206
52	116.0	0.5253	0.4004	0.1249
53	118.0	0.5354	0.4119	0.1234
54	118.9	0.5455	0.4172	0.1283
55	120.6	0.5556	0.4271	0.1285
56	121.1	0.5657	0.4300	0.1356
57	125.5	0.5758	0.4559	0.1198
58	126.5	0.5859	0.4619	0.124
59	128.6	0.5960	0.4743	0.1216
60	130.0	0.6061	0.4826	0.1234
61	130.0	0.6162	0.4826	0.1335
62	130.0	0.6263	0.4826	0.1436
63	131.0	0.6364	0.4886	0.1478
64	134.0	0.6465	0.5064	0.1400
65	137.6	0.6566	0.5278	0.1287
66	139.0	0.6667	0.5362	0.1305
67	139.2	0.6768	0.5373	0.1394
68	139.8	0.6869	0.5409	0.1460
69	144.0	0.6970	0.5657	0.1313
70	144.0	0.7071	0.5657	0.1414
71	151.0	0.7172	0.6063	0.1108
72	155.0	0.7273	0.6291	0.0982
73	158.0	0.7374	0.6459	0.0915
74	162.0	0.7475	0.6678	0.0797
75	164.0	0.7576	0.6786	0.0790
76	164.2	0.7677	0.6797	0.0880
77	168.5	0.7778	0.7023	0.0755
78	175.0	0.7879	0.7350	0.0529
79	175.0	0.7980	0.7350	0.0630
80	175.0	0.8081	0.7350	0.0731
81	183.5	0.8182	0.7748	0.0434
82	185.0	0.8283	0.7814	0.0468
83	187.1	0.8384	0.7906	0.0478

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
84	200.0	0.8485	0.8416	0.0069
85	202.0	0.8586	0.8487	0.0099
86	205.0	0.8687	0.8589	0.0098
87	210.0	0.8788	0.8749	0.0038
88	216.0	0.8889	0.8924	0.0035
89	225.0	0.8990	0.9153	0.0163
90	250.0	0.9091	0.9597	0.0506
91	254.5	0.9192	0.9652	0.0460
92	261.0	0.9293	0.9720	0.0427
93	315.0	0.9394	0.9967	0.0573
94	315.8	0.9495	0.9968	0.0473
95	316.0	0.9596	0.9968	0.0373
96	320.0	0.9697	0.9974	0.0277
97	320.1	0.9798	0.9974	0.0176
98	325.0	0.9899	0.9979	0.0080
			Δ máx.	0.1478

Fuente: HidroEsta.

Anexo 16: Resultados de distribución Log Normal de 2 Parámetros – HidroEsta

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
1	32.90	0.0101	0.0028	0.0073
2	39.80	0.0202	0.0091	0.0111
3	46.40	0.0303	0.0211	0.0092
4	58.10	0.0404	0.0609	0.0205
5	60.40	0.0505	0.0716	0.0211
6	65.50	0.0606	0.0987	0.0381
7	66.10	0.0707	0.1022	0.0315
8	67.00	0.0808	0.1075	0.0266
9	70.50	0.0909	0.1291	0.0382
10	72.20	0.1010	0.1403	0.0393
11	72.60	0.1111	0.1429	0.0318
12	76.10	0.1212	0.1671	0.0459
13	77.00	0.1313	0.1735	0.0422
14	77.40	0.1414	0.1764	0.0350
15	78.00	0.1515	0.1807	0.0292
16	78.60	0.1616	0.1851	0.0235
17	78.80	0.1717	0.1866	0.0148
18	79.10	0.1818	0.1888	0.0070
19	79.70	0.1919	0.1932	0.0013
20	81.40	0.2020	0.2059	0.0039
21	82.00	0.2121	0.2105	0.0017
22	83.00	0.2222	0.2181	0.0042
23	83.40	0.2323	0.2211	0.0112
24	84.10	0.2424	0.2265	0.0159
25	85.00	0.2525	0.2335	0.0190
26	90.50	0.2626	0.2768	0.0142
27	91.50	0.2727	0.2848	0.0121
28	92.20	0.2828	0.2904	0.0076
29	92.40	0.2929	0.2920	0.0009
30	94.50	0.3030	0.3088	0.0058
31	95.00	0.3131	0.3129	0.0003
32	97.00	0.3232	0.3289	0.0057
33	97.00	0.3333	0.3289	0.0044
34	97.60	0.3434	0.3337	0.0097
35	98.50	0.3535	0.3410	0.0126
36	99.00	0.3636	0.3450	0.0187
37	99.80	0.3737	0.3514	0.0223
38	100.00	0.3838	0.3530	0.0308
39	100.50	0.3939	0.3570	0.0369
40	100.60	0.4040	0.3578	0.0462
41	103.50	0.4141	0.3809	0.0332

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
42	104.60	0.4242	0.3896	0.0346
43	105.00	0.4343	0.3928	0.0416
44	108.00	0.4444	0.4163	0.0282
45	108.00	0.4545	0.4163	0.0383
46	108.00	0.4646	0.4163	0.0484
47	108.10	0.4747	0.4171	0.0577
48	108.70	0.4848	0.4217	0.0631
49	108.90	0.4949	0.4233	0.0717
50	114.50	0.5051	0.4659	0.0391
51	115.00	0.5152	0.4697	0.0455
52	116.00	0.5253	0.4771	0.0482
53	118.00	0.5354	0.4918	0.0436
54	118.90	0.5455	0.4983	0.0471
55	120.60	0.5556	0.5105	0.0450
56	121.10	0.5657	0.5141	0.0516
57	125.50	0.5758	0.5447	0.0311
58	126.50	0.5859	0.5514	0.0344
59	128.60	0.5960	0.5654	0.0305
60	130.00	0.6061	0.5746	0.0315
61	130.00	0.6162	0.5746	0.0416
62	130.00	0.6263	0.5746	0.0517
63	131.00	0.6364	0.5811	0.0553
64	134.00	0.6465	0.6000	0.0464
65	137.60	0.6566	0.6219	0.0346
66	139.00	0.6667	0.6302	0.0365
67	139.20	0.6768	0.6313	0.0454
68	139.80	0.6869	0.6348	0.0520
69	144.00	0.6970	0.6585	0.0384
70	144.00	0.7071	0.6585	0.0485
71	151.00	0.7172	0.6952	0.0219
72	155.00	0.7273	0.7147	0.0126
73	158.00	0.7374	0.7285	0.0088
74	162.00	0.7475	0.7461	0.0014
75	164.00	0.7576	0.7545	0.0031
76	164.20	0.7677	0.7553	0.0124
77	168.50	0.7778	0.7725	0.0053
78	175.00	0.7879	0.7963	0.0085
79	175.00	0.7980	0.7963	0.0016
80	175.00	0.8081	0.7963	0.0117
81	183.50	0.8182	0.8240	0.0058
82	185.00	0.8283	0.8285	0.0002
83	187.10	0.8384	0.8346	0.0037
84	200.00	0.8485	0.8679	0.0194

85	202.00	0.8586	0.8724	0.0138
86	205.00	0.8687	0.8789	0.0102
87	210.00	0.8788	0.8890	0.0103
88	216.00	0.8889	0.9001	0.0112
89	225.00	0.8990	0.9147	0.0157
90	250.00	0.9091	0.9449	0.0358
91	254.50	0.9192	0.9490	0.0298
92	261.00	0.9293	0.9545	0.0252
93	315.00	0.9394	0.9819	0.0425
94	315.80	0.9495	0.9822	0.0327
95	316.00	0.9596	0.9822	0.0226
96	320.00	0.9697	0.9834	0.0137
97	320.10	0.9798	0.9834	0.0036
98	325.00	0.9899	0.9847	0.0052
			Δ máx.	0.0717

Fuente: HidroEsta.

Anexo 17: Resultados de distribución Log Normal de 3 Parámetros

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
1	32.90	0.0101	0.0051	0.0050
2	39.80	0.0202	0.0128	0.0074
3	46.40	0.0303	0.0256	0.0047
4	58.10	0.0404	0.0647	0.0243
5	60.40	0.0505	0.0749	0.0244
6	65.50	0.0606	0.1006	0.0400
7	66.10	0.0707	0.1039	0.0331
8	67.00	0.0808	0.1089	0.0280
9	70.50	0.0909	0.1293	0.0384
10	72.20	0.1010	0.1399	0.0388
11	72.60	0.1111	0.1424	0.0313
12	76.10	0.1212	0.1652	0.0440
13	77.00	0.1313	0.1713	0.0400
14	77.40	0.1414	0.1741	0.0326
15	78.00	0.1515	0.1782	0.0267
16	78.60	0.1616	0.1823	0.0207
17	78.80	0.1717	0.1837	0.0120
18	79.10	0.1818	0.1858	0.0040
19	79.70	0.1919	0.1901	0.0019
20	81.40	0.2020	0.2022	0.0001
21	82.00	0.2121	0.2065	0.0056
22	83.00	0.2222	0.2138	0.0085
23	83.40	0.2323	0.2167	0.0156
24	84.10	0.2424	0.2219	0.0206
25	85.00	0.2525	0.2285	0.0240
26	90.50	0.2626	0.2702	0.0076
27	91.50	0.2727	0.2780	0.0052
28	92.20	0.2828	0.2834	0.0005
29	92.40	0.2929	0.2849	0.0080
30	94.50	0.3030	0.3013	0.0017
31	95.00	0.3131	0.3052	0.0079
32	97.00	0.3232	0.3209	0.0024
33	97.00	0.3333	0.3209	0.0125
34	97.60	0.3434	0.3256	0.0179
35	98.50	0.3535	0.3326	0.0209
36	99.00	0.3636	0.3366	0.0271
37	99.80	0.3737	0.3428	0.0309
38	100.00	0.3838	0.3444	0.0394
39	100.50	0.3939	0.3483	0.0456
40	100.60	0.4040	0.3491	0.0549

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
41	103.50	0.4141	0.3719	0.0423
42	104.60	0.4242	0.3805	0.0438
43	105.00	0.4343	0.3836	0.0507
44	108.00	0.4444	0.4069	0.0375
45	108.00	0.4545	0.4069	0.0476
46	108.00	0.4646	0.4069	0.0577
47	108.10	0.4747	0.4077	0.0671
48	108.70	0.4848	0.4123	0.0725
49	108.90	0.4949	0.4139	0.0811
50	114.50	0.5051	0.4565	0.0486
51	115.00	0.5152	0.4602	0.0549
52	116.00	0.5253	0.4677	0.0576
53	118.00	0.5354	0.4824	0.0529
54	118.90	0.5455	0.4890	0.0564
55	120.60	0.5556	0.5013	0.0542
56	121.10	0.5657	0.5049	0.0607
57	125.50	0.5758	0.5359	0.0398
58	126.50	0.5859	0.5428	0.0430
59	128.60	0.5960	0.5571	0.0389
60	130.00	0.6061	0.5665	0.0396
61	130.00	0.6162	0.5665	0.0497
62	130.00	0.6263	0.5665	0.0598
63	131.00	0.6364	0.5731	0.0633
64	134.00	0.6465	0.5925	0.0540
65	137.60	0.6566	0.6150	0.0416
66	139.00	0.6667	0.6235	0.0432
67	139.20	0.6768	0.6247	0.0521
68	139.80	0.6869	0.6283	0.0586
69	144.00	0.6970	0.6527	0.0443
70	144.00	0.7071	0.6527	0.0544
71	151.00	0.7172	0.6907	0.0265
72	155.00	0.7273	0.7109	0.0164
73	158.00	0.7374	0.7253	0.0121
74	162.00	0.7475	0.7436	0.0039
75	164.00	0.7576	0.7524	0.0052
76	164.20	0.7677	0.7532	0.0145
77	168.50	0.7778	0.7711	0.0067
78	175.00	0.7879	0.7960	0.0081
79	175.00	0.7980	0.7960	0.0020
80	175.00	0.8081	0.7960	0.0121
81	183.50	0.8182	0.8249	0.0067
82	185.00	0.8283	0.8296	0.0013
83	187.10	0.8384	0.8359	0.0024

84	200.00	0.8485	0.8705	0.0220
85	202.00	0.8586	0.8752	0.0166
86	205.00	0.8687	0.8819	0.0132
87	210.00	0.8788	0.8924	0.0136
88	216.00	0.8889	0.9038	0.0149
89	225.00	0.8990	0.9187	0.0197
90	250.00	0.9091	0.9493	0.0402
91	254.50	0.9192	0.9534	0.0342
92	261.00	0.9293	0.9588	0.0295
93	315.00	0.9394	0.9850	0.0456
94	315.80	0.9495	0.9853	0.0358
95	316.00	0.9596	0.9853	0.0257
96	320.00	0.9697	0.9864	0.0167
97	320.10	0.9798	0.9864	0.0066
98	325.00	0.9899	2.2434	0.0023
			Δ máx.	0.0811

Fuente: HidroEsta

Anexo 18: Resultados de distribución Gamma de 2 Parámetros

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
1	32.90	0.0101	0.0107	0.0006
2	39.80	0.0202	0.0217	0.0015
3	46.40	0.0303	0.0372	0.0069
4	58.10	0.0404	0.0779	0.0375
5	60.40	0.0505	0.0879	0.0374
6	65.50	0.0606	0.1122	0.0516
7	66.10	0.0707	0.1152	0.0445
8	67.00	0.0808	0.1199	0.0391
9	70.50	0.0909	0.1387	0.0478
10	72.20	0.1010	0.1483	0.0473
11	72.60	0.1111	0.1506	0.0395
12	76.10	0.1212	0.1712	0.05
13	77.00	0.1313	0.1767	0.0454
14	77.40	0.1414	0.1792	0.0378
15	78.00	0.1515	0.1829	0.0314
16	78.60	0.1616	0.1866	0.025
17	78.80	0.1717	0.1879	0.0162
18	79.10	0.1818	0.1897	0.0079
19	79.70	0.1919	0.1935	0.0016
20	81.40	0.2020	0.2044	0.0024
21	82.00	0.2121	0.2083	0.0039
22	83.00	0.2222	0.2148	0.0075
23	83.40	0.2323	0.2174	0.0149
24	84.10	0.2424	0.2220	0.0204
25	85.00	0.2525	0.2280	0.0246
26	90.50	0.2626	0.2654	0.0027
27	91.50	0.2727	0.2723	0.0004
28	92.20	0.2828	0.2772	0.0057
29	92.40	0.2929	0.2786	0.0144
30	94.50	0.3030	0.2933	0.0097
31	95.00	0.3131	0.2968	0.0163
32	97.00	0.3232	0.3110	0.0122
33	97.00	0.3333	0.3110	0.0223
34	97.60	0.3434	0.3153	0.0282
35	98.50	0.3535	0.3217	0.0318
36	99.00	0.3636	0.3253	0.0384
37	99.80	0.3737	0.3310	0.0428
38	100.00	0.3838	0.3324	0.0514
39	100.50	0.3939	0.3360	0.058
40	100.60	0.4040	0.3367	0.0673

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
41	103.50	0.4141	0.3575	0.0566
42	104.60	0.4242	0.3654	0.0588
43	105.00	0.4343	0.3683	0.066
44	108.00	0.4444	0.3898	0.0546
45	108.00	0.4545	0.3898	0.0647
46	108.00	0.4646	0.3898	0.0748
47	108.10	0.4747	0.3906	0.0842
48	108.70	0.4848	0.3949	0.09
49	108.90	0.4949	0.3963	0.0987
50	114.50	0.5051	0.4362	0.0688
51	115.00	0.5152	0.4397	0.0754
52	116.00	0.5253	0.4468	0.0784
53	118.00	0.5354	0.4608	0.0745
54	118.90	0.5455	0.4671	0.0783
55	120.60	0.5556	0.4789	0.0766
56	121.10	0.5657	0.4824	0.0833
57	125.50	0.5758	0.5124	0.0634
58	126.50	0.5859	0.5191	0.0667
59	128.60	0.5960	0.5331	0.0629
60	130.00	0.6061	0.5423	0.0638
61	130.00	0.6162	0.5423	0.0739
62	130.00	0.6263	0.5423	0.084
63	131.00	0.6364	0.5488	0.0875
64	134.00	0.6465	0.5681	0.0784
65	137.60	0.6566	0.5907	0.0659
66	139.00	0.6667	0.5993	0.0674
67	139.20	0.6768	0.6005	0.0763
68	139.80	0.6869	0.6041	0.0827
69	144.00	0.6970	0.6291	0.0679
70	144.00	0.7071	0.6291	0.078
71	151.00	0.7172	0.6685	0.0487
72	155.00	0.7273	0.6897	0.0376
73	158.00	0.7374	0.7050	0.0324
74	162.00	0.7475	0.7245	0.023
75	164.00	0.7576	0.7339	0.0237
76	164.20	0.7677	0.7348	0.0328
77	168.50	0.7778	0.7542	0.0236
78	175.00	0.7879	0.7814	0.0064
79	175.00	0.7980	0.7814	0.0165
80	175.00	0.8081	0.7814	0.0266
81	183.50	0.8182	0.8134	0.0047
82	185.00	0.8283	0.8187	0.0096

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
83	187.10	0.8384	0.8258	0.0126
84	200.00	0.8485	0.8647	0.0162
85	202.00	0.8586	0.8700	0.0114
86	205.00	0.8687	0.8777	0.009
87	210.00	0.8788	0.8895	0.0108
88	216.00	0.8889	0.9025	0.0136
89	225.00	0.8990	0.9194	0.0204
90	250.00	0.9091	0.9535	0.0444
91	254.50	0.9192	0.9580	0.0388
92	261.00	0.9293	0.9638	0.0345
93	315.00	0.9394	0.9901	0.0507
94	315.80	0.9495	0.9903	0.0408
95	316.00	0.9596	0.9904	0.0308
96	320.00	0.9697	0.9913	0.0216
97	320.10	0.9798	0.9913	0.0115
98	325.00	0.9899	0.9923	0.0024
			Δ máx.	0.0987

Fuente: HidroEsta

Anexo 19: Resultados de distribución Gamma de 3 Parámetros

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
1	32.90	0.0101	0.0013	0.0088
2	39.80	0.0202	0.0057	0.0145
3	46.40	0.0303	0.0160	0.0143
4	58.10	0.0404	0.0551	0.0147
5	60.40	0.0505	0.0662	0.0157
6	65.50	0.0606	0.0946	0.0340
7	66.10	0.0707	0.0982	0.0275
8	67.00	0.0808	0.1038	0.0230
9	70.50	0.0909	0.1269	0.0359
10	72.20	0.1010	0.1387	0.0377
11	72.60	0.1111	0.1415	0.0304
12	76.10	0.1212	0.1673	0.0461
13	77.00	0.1313	0.1741	0.0428
14	77.40	0.1414	0.1772	0.0357
15	78.00	0.1515	0.1818	0.0303
16	78.60	0.1616	0.1864	0.0248
17	78.80	0.1717	0.1880	0.0163
18	79.10	0.1818	0.1904	0.0085
19	79.70	0.1919	0.1951	0.0032
20	81.40	0.2020	0.2086	0.0066
21	82.00	0.2121	0.2134	0.0013
22	83.00	0.2222	0.2215	0.0007
23	83.40	0.2323	0.2247	0.0076
24	84.10	0.2424	0.2304	0.0120
25	85.00	0.2525	0.2378	0.0147
26	90.50	0.2626	0.2835	0.0209
27	91.50	0.2727	0.2919	0.0192
28	92.20	0.2828	0.2978	0.0149
29	92.40	0.2929	0.2994	0.0065
30	94.50	0.3030	0.3170	0.0140
31	95.00	0.3131	0.3212	0.0081
32	97.00	0.3232	0.3380	0.0147
33	97.00	0.3333	0.3380	0.0046
34	97.60	0.3434	0.3430	0.0005
35	98.50	0.3535	0.3505	0.0031
36	99.00	0.3636	0.3546	0.0090
37	99.80	0.3737	0.3613	0.0125
38	100.00	0.3838	0.3629	0.0209
39	100.50	0.3939	0.3671	0.0269
40	100.60	0.4040	0.3679	0.0362

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
41	103.50	0.4141	0.3917	0.0225
42	104.60	0.4242	0.4006	0.0236
43	105.00	0.4343	0.4039	0.0305
44	108.00	0.4444	0.4279	0.0166
45	108.00	0.4545	0.4279	0.0267
46	108.00	0.4646	0.4279	0.0368
47	108.10	0.4747	0.4287	0.0461
48	108.70	0.4848	0.4334	0.0514
49	108.90	0.4949	0.4350	0.0600
50	114.50	0.5051	0.4782	0.0269
51	115.00	0.5152	0.4819	0.0332
52	116.00	0.5253	0.4894	0.0358
53	118.00	0.5354	0.5041	0.0312
54	118.90	0.5455	0.5107	0.0348
55	120.60	0.5556	0.5229	0.0327
56	121.10	0.5657	0.5264	0.0393
57	125.50	0.5758	0.5568	0.0190
58	126.50	0.5859	0.5634	0.0224
59	128.60	0.5960	0.5773	0.0187
60	130.00	0.6061	0.5863	0.0198
61	130.00	0.6162	0.5863	0.0299
62	130.00	0.6263	0.5863	0.0400
63	131.00	0.6364	0.5926	0.0438
64	134.00	0.6465	0.6112	0.0353
65	137.60	0.6566	0.6325	0.0241
66	139.00	0.6667	0.6405	0.0261
67	139.20	0.6768	0.6417	0.0351
68	139.80	0.6869	0.6450	0.0418
69	144.00	0.6970	0.6680	0.0290
70	144.00	0.7071	0.6680	0.0391
71	151.00	0.7172	0.7032	0.0139
72	155.00	0.7273	0.7218	0.0054
73	158.00	0.7374	0.7350	0.0023
74	162.00	0.7475	0.7517	0.0043
75	164.00	0.7576	0.7597	0.0021
76	164.20	0.7677	0.7605	0.0072
77	168.50	0.7778	0.7767	0.0010
78	175.00	0.7879	0.7993	0.0114
79	175.00	0.7980	0.7993	0.0013
80	175.00	0.8081	0.7993	0.0088
81	183.50	0.8182	0.8254	0.0072
82	185.00	0.8283	0.8296	0.0013

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
83	187.10	0.8384	0.8354	0.0030
84	200.00	0.8485	0.8666	0.0182
85	202.00	0.8586	0.8709	0.0123
86	205.00	0.8687	0.8771	0.0084
87	210.00	0.8788	0.8866	0.0078
88	216.00	0.8889	0.8971	0.0082
89	225.00	0.8990	0.9109	0.0120
90	250.00	0.9091	0.9400	0.0309
91	254.50	0.9192	0.9441	0.0249
92	261.00	0.9293	0.9494	0.0201
93	315.00	0.9394	0.9774	0.0380
94	315.80	0.9495	0.9777	0.0282
95	316.00	0.9596	0.9778	0.0182
96	320.00	0.9697	0.9790	0.0093
97	320.10	0.9798	0.9790	0.0008
98	325.00	0.9899	0.9804	0.0095
			Δ máx.	0.05995

Fuente: HidroEsta.

Anexo 20: Resultados de distribución Log Pearson Tipo III

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
1	32.9	0.0101	0.0013	0.0002
2	39.8	0.0202	0.0057	0.002
3	46.4	0.0303	0.016	0.0091
4	58.1	0.0404	0.0551	0.0456
5	60.4	0.0505	0.0662	0.057
6	65.5	0.0606	0.0946	0.087
7	66.1	0.0707	0.0982	0.0909
8	67	0.0808	0.1038	0.0969
9	70.5	0.0909	0.1269	0.1218
10	72.2	0.101	0.1387	0.1347
11	72.6	0.1111	0.1415	0.1378
12	76.1	0.1212	0.1673	0.1659
13	77	0.1313	0.1741	0.1734
14	77.4	0.1414	0.1772	0.1767
15	78	0.1515	0.1818	0.1817
16	78.6	0.1616	0.1864	0.1868
17	78.8	0.1717	0.188	0.1885
18	79.1	0.1818	0.1904	0.1911
19	79.7	0.1919	0.1951	0.1962
20	81.4	0.202	0.2086	0.2109
21	82	0.2121	0.2134	0.2161
22	83	0.2222	0.2215	0.2249
23	83.4	0.2323	0.2247	0.2284
24	84.1	0.2424	0.2304	0.2346
25	85	0.2525	0.2378	0.2426
26	90.5	0.2626	0.2835	0.2917
27	91.5	0.2727	0.2919	0.3006
28	92.2	0.2828	0.2978	0.3069
29	92.4	0.2929	0.2994	0.3087
30	94.5	0.303	0.317	0.3274
31	95	0.3131	0.3212	0.3318
32	97	0.3232	0.338	0.3494
33	97	0.3333	0.338	0.3494
34	97.6	0.3434	0.343	0.3547
35	98.5	0.3535	0.3505	0.3626
36	99	0.3636	0.3546	0.3669
37	99.8	0.3737	0.3613	0.3739
38	100	0.3838	0.3629	0.3756
39	100.5	0.3939	0.3671	0.3799
40	100.6	0.404	0.3679	0.3808

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta= P(X)-F(Z)
41	103.5	0.4141	0.3917	0.4055
42	104.6	0.4242	0.4006	0.4148
43	105	0.4343	0.4039	0.4181
44	108	0.4444	0.4279	0.4428
45	108	0.4545	0.4279	0.4428
46	108	0.4646	0.4279	0.4428
47	108.1	0.4747	0.4287	0.4436
48	108.7	0.4848	0.4334	0.4485
49	108.9	0.4949	0.435	0.4501
50	114.5	0.5051	0.4782	0.494
51	115	0.5152	0.4819	0.4978
52	116	0.5253	0.4894	0.5053
53	118	0.5354	0.5041	0.52
54	118.9	0.5455	0.5107	0.5266
55	120.6	0.5556	0.5229	0.5387
56	121.1	0.5657	0.5264	0.5422
57	125.5	0.5758	0.5568	0.5723
58	126.5	0.5859	0.5634	0.5789
59	128.6	0.596	0.5773	0.5924
60	130	0.6061	0.5863	0.6012
61	130	0.6162	0.5863	0.6012
62	130	0.6263	0.5863	0.6012
63	131	0.6364	0.5926	0.6074
64	134	0.6465	0.6112	0.6255
65	137.6	0.6566	0.6325	0.6461
66	139	0.6667	0.6405	0.6539
67	139.2	0.6768	0.6417	0.655
68	139.8	0.6869	0.645	0.6582
69	144	0.697	0.668	0.6802
70	144	0.7071	0.668	0.6802
71	151	0.7172	0.7032	0.7137
72	155	0.7273	0.7218	0.7313
73	158	0.7374	0.735	0.7438
74	162	0.7475	0.7517	0.7594
75	164	0.7576	0.7597	0.7669
76	164.2	0.7677	0.7605	0.7676
77	168.5	0.7778	0.7767	0.7828
78	175	0.7879	0.7993	0.8038
79	175	0.798	0.7993	0.8038
80	175	0.8081	0.7993	0.8038
81	183.5	0.8182	0.8254	0.8281
82	185	0.8283	0.8296	0.832

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
83	187.1	0.8384	0.8354	0.8374
84	200	0.8485	0.8666	0.8664
85	202	0.8586	0.8709	0.8704
86	205	0.8687	0.8771	0.8761
87	210	0.8788	0.8866	0.885
88	216	0.8889	0.8971	0.8948
89	225	0.899	0.9109	0.9077
90	250	0.9091	0.94	0.9353
91	254.5	0.9192	0.9441	0.9392
92	261	0.9293	0.9494	0.9444
93	315	0.9394	0.9774	0.9724
94	315.8	0.9495	0.9777	0.9727
95	316	0.9596	0.9778	0.9727
96	320	0.9697	0.979	0.974
97	320.1	0.9798	0.979	0.9741
98	325	0.9899	0.9804	0.9756
			Δ máx.	0.05995

Anexo 21: Resultados de distribución Gumbel

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
1	32.90	0.0101	0.0222	0.0121
2	39.80	0.0202	0.0356	0.0154
3	46.40	0.0303	0.0529	0.0226
4	58.10	0.0404	0.0953	0.0549
5	60.40	0.0505	0.1055	0.0550
6	65.50	0.0606	0.1300	0.0694
7	66.10	0.0707	0.1331	0.0624
8	67.00	0.0808	0.1378	0.0570
9	70.50	0.0909	0.1566	0.0657
10	72.20	0.1010	0.1662	0.0652
11	72.60	0.1111	0.1685	0.0574
12	76.10	0.1212	0.1891	0.0679
13	77.00	0.1313	0.1946	0.0633
14	77.40	0.1414	0.1970	0.0556
15	78.00	0.1515	0.2007	0.0492
16	78.60	0.1616	0.2044	0.0428
17	78.80	0.1717	0.2057	0.0339
18	79.10	0.1818	0.2075	0.0257
19	79.70	0.1919	0.2113	0.0194
20	81.40	0.2020	0.2221	0.0200
21	82.00	0.2121	0.2259	0.0138
22	83.00	0.2222	0.2324	0.0102
23	83.40	0.2323	0.2350	0.0027
24	84.10	0.2424	0.2395	0.0029
25	85.00	0.2525	0.2455	0.0071
26	90.50	0.2626	0.2824	0.0198
27	91.50	0.2727	0.2893	0.0166
28	92.20	0.2828	0.2941	0.0113
29	92.40	0.2929	0.2955	0.0026
30	94.50	0.3030	0.3100	0.0070
31	95.00	0.3131	0.3135	0.0004
32	97.00	0.3232	0.3275	0.0042
33	97.00	0.3333	0.3275	0.0059
34	97.60	0.3434	0.3317	0.0118
35	98.50	0.3535	0.3380	0.0156
36	99.00	0.3636	0.3415	0.0222
37	99.80	0.3737	0.3471	0.0266
38	100.00	0.3838	0.3485	0.0353
39	100.50	0.3939	0.3520	0.0419
40	100.60	0.4040	0.3527	0.0513

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
41	103.50	0.4141	0.3731	0.0410
42	104.60	0.4242	0.3809	0.0434
43	105.00	0.4343	0.3837	0.0507
44	108.00	0.4444	0.4047	0.0397
45	108.00	0.4545	0.4047	0.0498
46	108.00	0.4646	0.4047	0.0599
47	108.10	0.4747	0.4054	0.0693
48	108.70	0.4848	0.4096	0.0752
49	108.90	0.4949	0.4110	0.0839
50	114.50	0.5051	0.4499	0.0551
51	115.00	0.5152	0.4533	0.0618
52	116.00	0.5253	0.4602	0.0651
53	118.00	0.5354	0.4738	0.0616
54	118.90	0.5455	0.4799	0.0656
55	120.60	0.5556	0.4913	0.0643
56	121.10	0.5657	0.4946	0.0710
57	125.50	0.5758	0.5236	0.0522
58	126.50	0.5859	0.5300	0.0558
59	128.60	0.5960	0.5434	0.0525
60	130.00	0.6061	0.5523	0.0538
61	130.00	0.6162	0.5523	0.0639
62	130.00	0.6263	0.5523	0.0740
63	131.00	0.6364	0.5585	0.0778
64	134.00	0.6465	0.5770	0.0695
65	137.60	0.6566	0.5985	0.0581
66	139.00	0.6667	0.6067	0.0600
67	139.20	0.6768	0.6078	0.0689
68	139.80	0.6869	0.6113	0.0756
69	144.00	0.6970	0.6350	0.0620
70	144.00	0.7071	0.6350	0.0721
71	151.00	0.7172	0.6722	0.0450
72	155.00	0.7273	0.6921	0.0351
73	158.00	0.7374	0.7065	0.0309
74	162.00	0.7475	0.7248	0.0227
75	164.00	0.7576	0.7336	0.0239
76	164.20	0.7677	0.7345	0.0332
77	168.50	0.7778	0.7526	0.0252
78	175.00	0.7879	0.7781	0.0098
79	175.00	0.7980	0.7781	0.0199
80	175.00	0.8081	0.7781	0.0300
81	183.50	0.8182	0.8079	0.0103
82	185.00	0.8283	0.8128	0.0155

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
83	187.10	0.8384	0.8195	0.0189
84	200.00	0.8485	0.8560	0.0075
85	202.00	0.8586	0.8610	0.0024
86	205.00	0.8687	0.8682	0.0005
87	210.00	0.8788	0.8795	0.0007
88	216.00	0.8889	0.8918	0.0029
89	225.00	0.8990	0.9081	0.0091
90	250.00	0.9091	0.9420	0.0329
91	254.50	0.9192	0.9467	0.0275
92	261.00	0.9293	0.9527	0.0235
93	315.00	0.9394	0.9829	0.0435
94	315.80	0.9495	0.9832	0.0337
95	316.00	0.9596	0.9832	0.0236
96	320.00	0.9697	0.9845	0.0148
97	320.10	0.9798	0.9845	0.0047
98	325.00	0.9899	0.9859	0.0040
			Δ máx.	0.0839

Fuente: HidroEsta.

Anexo 22: Procedimiento manual para caudal de diseño

N°	Año	Orden	Q	log(Q)	N°	Año	Orden	Q	log(Q)
1	1921	68	95.00	1.9777	50	1970	26	158.00	2.1987
2	1922	63	99.00	1.9956	51	1971	33	139.00	2.1430
3	1923	66	97.00	1.9868	52	1972	12	210.00	2.3222
4	1924	73	90.50	1.9566	53	1973	48	115.00	2.0607
5	1925	84	78.00	1.8921	54	1974	81	79.10	1.8982
6	1926	16	187.09	2.2721	55	1975	29	144.00	2.1584
7	1927	34	137.60	2.1386	56	1976	47	116.00	2.0645
8	1928	18	183.49	2.2636	57	1977	25	162.00	2.2095
9	1929	31	139.80	2.1455	58	1978	28	151.00	2.1790
10	1930	2	320.10	2.5053	59	1979	30	144.00	2.1584
11	1931	65	97.63	1.9896	60	1980	72	91.50	1.9614
12	1932	6	315.00	2.4983	61	1981	11	216.00	2.3345
13	1933	10	225.00	2.3522	62	1982	89	72.20	1.8585
14	1934	15	200.00	2.3010	63	1983	55	108.00	2.0334
15	1935	9	250.00	2.3979	64	1984	58	103.50	2.0149
16	1936	93	65.50	1.8162	65	1985	46	118.00	2.0719
17	1937	56	105.00	2.0212	66	1986	23	164.18	2.2153
18	1938	19	175.00	2.2430	67	1987	22	168.50	2.2266
19	1939	13	205.00	2.3118	68	1988	77	83.00	1.9191
20	1940	8	254.50	2.4057	69	1989	95	58.14	1.7645
21	1941	1	325.00	2.5119	70	1990	97	39.84	1.6003
22	1942	5	315.80	2.4994	71	1991	91	66.98	1.8259
23	1943	7	261.00	2.4166	72	1992	98	32.88	1.5169
24	1944	37	130.00	2.1139	73	1993	49	114.49	2.0588
25	1945	69	94.50	1.9754	74	1994	35	133.96	2.1270
26	1946	17	185.00	2.2672	75	1995	94	60.35	1.7807
27	1947	38	130.00	2.1139	76	1996	50	108.93	2.0371
28	1948	39	130.00	2.1139	77	1997	86	77.37	1.8886
29	1949	54	108.00	2.0334	78	1998	44	120.61	2.0814
30	1950	64	98.50	1.9934	79	1999	42	125.49	2.0986

N°	Año	Orden	Q	log(Q)	N°	Año	Orden	Q	log(Q)
31	1951	4	316.00	2.4997	80	2000	52	108.58	2.0357
32	1952	24	164.00	2.2148	81	2001	51	108.65	2.0360
33	1953	20	175.00	2.2430	82	2002	87	76.08	1.8813
34	1954	14	202.00	2.3054	83	2003	40	128.61	2.1093
35	1955	3	320.00	2.5051	84	2004	78	82.00	1.9138
36	1956	27	155.00	2.1903	85	2005	88	72.57	1.8608
37	1957	61	100.00	2.0000	86	2006	45	118.89	2.0751
38	1958	62	99.80	1.9991	87	2007	43	121.14	2.0833
39	1959	21	175.00	2.2430	88	2008	83	78.64	1.8956
40	1960	85	77.40	1.8887	89	2009	32	139.17	2.1435
41	1961	90	70.50	1.8482	90	2010	74	84.96	1.9292
42	1962	75	84.10	1.9248	91	2011	76	83.40	1.9212
43	1963	71	92.20	1.9647	92	2012	57	104.61	2.0196
44	1964	82	78.80	1.8965	93	2013	36	131.02	2.1173
45	1965	53	108.10	2.0338	94	2014	67	96.99	1.9867
46	1966	59	100.60	2.0026	95	2015	70	92.39	1.9656
47	1967	60	100.50	2.0022	96	2016	80	79.70	1.9015
48	1968	96	46.40	1.6665	97	2017	41	126.50	2.1021
49	1969	79	81.40	1.9106	98	2018	92	66.10	1.8202

Fuente: Elaboración propia.

Parámetros estadísticos

	X	Log (X)
Numero de datos n	98	98
Suma Σ	13026.8	203.4552
Máximo	325.0	2.5119
Mínimo	32.9	1.5169
Promedio \bar{x}	132.9	2.0761
Desviación estándar s	67.0176	0.2015
Coficiente asimetría Cs	1.3911	0.1856
Cs/6 k	0.2318	0.0309

Anexo 23 : Para cálculo de dsitribuciones

ESTACIÓN CHOSICA														
N	T	P(X≤xT)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			Q	log(Q)	K _T	ESPERADO								
1	99.00	1.01%	325.0	2.5119	2.3226	288.6	3.1288	342.6	2.3226	350.1	3.2684	352.0	2.4579	372.7
2	49.50	2.02%	320.1	2.5053	2.0496	270.3	2.5844	306.1	2.0496	308.4	2.6919	313.3	2.1473	322.7
3	33.00	3.03%	320.0	2.5051	1.8764	258.7	2.2642	284.7	1.8764	284.6	2.3517	290.5	1.9528	294.9
4	24.75	4.04%	316.0	2.4997	1.7460	249.9	2.0358	269.4	1.7460	267.9	2.1084	274.2	1.8077	275.7
5	19.80	5.05%	315.8	2.4994	1.6400	242.8	1.8578	257.4	1.6400	255.0	1.9183	261.5	1.6905	261.1
6	16.50	6.06%	315.0	2.4983	1.5497	236.8	1.7115	247.6	1.5497	244.6	1.7620	251.0	1.5912	249.3
7	14.14	7.07%	261.0	2.4166	1.4705	231.5	1.5871	239.3	1.4705	235.7	1.6289	242.1	1.5047	239.5
8	12.38	8.08%	254.5	2.4057	1.3997	226.7	1.4788	232.0	1.3997	228.1	1.5130	234.3	1.4275	231.1
9	11.00	9.09%	250.0	2.3979	1.3352	222.4	1.3827	225.6	1.3352	221.4	1.4101	227.4	1.3576	223.7
10	9.90	10.10%	225.0	2.3522	1.2758	218.4	1.2963	219.8	1.2758	215.4	1.3175	221.2	1.2934	217.1
11	9.00	11.11%	216.0	2.3345	1.2206	214.7	1.2177	214.5	1.2206	209.9	1.2332	215.6	1.2340	211.2
12	8.25	12.12%	210.0	2.3222	1.1689	211.3	1.1455	209.7	1.1689	204.9	1.1559	210.4	1.1785	205.9
13	7.62	13.13%	205.0	2.3118	1.1202	208.0	1.0786	205.2	1.1202	200.4	1.0843	205.6	1.1264	200.9
14	7.07	14.14%	202.0	2.3054	1.0740	204.9	1.0164	201.0	1.0740	196.1	1.0177	201.1	1.0771	196.4
15	6.60	15.15%	200.0	2.3010	1.0300	202.0	0.9581	197.1	1.0300	192.1	0.9553	197.0	1.0302	192.2
16	6.19	16.16%	187.1	2.2721	0.9878	199.1	0.9033	193.5	0.9878	188.4	0.8967	193.0	0.9855	188.2
17	5.82	17.17%	185.0	2.2672	0.9474	196.4	0.8514	190.0	0.9474	184.9	0.8413	189.3	0.9427	184.5
18	5.50	18.18%	183.5	2.2636	0.9085	193.8	0.8022	186.7	0.9085	181.6	0.7887	185.8	0.9016	181.0
19	5.21	19.19%	175.0	2.2430	0.8708	191.3	0.7554	183.6	0.8708	178.5	0.7388	182.4	0.8619	177.7
20	4.95	20.20%	175.0	2.2430	0.8344	188.8	0.7107	180.6	0.8344	175.5	0.6911	179.2	0.8236	174.6
21	4.71	21.21%	175.0	2.2430	0.7991	186.5	0.6679	177.7	0.7991	172.6	0.6456	176.2	0.7865	171.6
22	4.50	22.22%	168.5	2.2266	0.7647	184.2	0.6268	174.9	0.7647	169.9	0.6019	173.3	0.7506	168.8

N	T	P(X≤xT)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			Q	log(Q)	K _T	ESPERADO								
23	4.30	23.23%	164.2	2.2153	0.7312	181.9	0.5872	172.3	0.7312	167.3	0.5599	170.4	0.7156	166.1
24	4.13	24.24%	164.0	2.2148	0.6985	179.7	0.5491	169.7	0.6985	164.8	0.5194	167.7	0.6815	163.5
25	3.96	25.25%	162.0	2.2095	0.6666	177.6	0.5123	167.3	0.6666	162.3	0.4805	165.1	0.6482	161.0
26	3.81	26.26%	158.0	2.1987	0.6353	175.5	0.4767	164.9	0.6353	160.0	0.4428	162.6	0.6157	158.5
27	3.67	27.27%	155.0	2.1903	0.6046	173.4	0.4421	162.6	0.6046	157.7	0.4063	160.2	0.5839	156.2
28	3.54	28.28%	151.0	2.1790	0.5745	171.4	0.4086	160.3	0.5745	155.5	0.3710	157.8	0.5527	154.0
29	3.41	29.29%	144.0	2.1584	0.5448	169.4	0.3761	158.1	0.5448	153.4	0.3367	155.5	0.5221	151.8
30	3.30	30.30%	144.0	2.1584	0.5157	167.5	0.3443	156.0	0.5157	151.4	0.3034	153.3	0.4921	149.7
31	3.19	31.31%	139.8	2.1455	0.4870	165.6	0.3134	153.9	0.4870	149.4	0.2710	151.1	0.4625	147.7
32	3.09	32.32%	139.2	2.1435	0.4587	163.7	0.2833	151.9	0.4587	147.4	0.2394	149.0	0.4334	145.7
33	3.00	33.33%	139.0	2.1430	0.4307	161.8	0.2538	149.9	0.4307	145.5	0.2086	146.9	0.4048	143.8
34	2.91	34.34%	137.6	2.1386	0.4031	159.9	0.2250	148.0	0.4031	143.7	0.1786	144.9	0.3765	141.9
35	2.83	35.35%	134.0	2.1270	0.3758	158.1	0.1968	146.1	0.3758	141.8	0.1493	142.9	0.3486	140.1
36	2.75	36.36%	131.0	2.1173	0.3488	156.3	0.1691	144.3	0.3488	140.1	0.1206	141.0	0.3210	138.3
37	2.68	37.37%	130.0	2.1139	0.3220	154.5	0.1420	142.4	0.3220	138.3	0.0925	139.1	0.2937	136.5
38	2.61	38.38%	130.0	2.1139	0.2954	152.7	0.1154	140.7	0.2954	136.6	0.0650	137.3	0.2667	134.8
39	2.54	39.39%	130.0	2.1139	0.2691	151.0	0.0892	138.9	0.2691	135.0	0.0380	135.5	0.2399	133.2
40	2.48	40.40%	128.6	2.1093	0.2429	149.2	0.0635	137.2	0.2429	133.4	0.0115	133.7	0.2134	131.5
41	2.41	41.41%	126.5	2.1021	0.2169	147.5	0.0381	135.5	0.2169	131.8	-0.0144	132.0	0.1870	129.9
42	2.36	42.42%	125.5	2.0986	0.1911	145.7	0.0132	133.8	0.1911	130.2	-0.0400	130.2	0.1609	128.4
43	2.30	43.43%	121.1	2.0833	0.1653	144.0	-0.0114	132.2	0.1653	128.6	-0.0651	128.6	0.1350	126.8
44	2.25	44.44%	120.6	2.0814	0.1397	142.3	-0.0357	130.5	0.1397	127.1	-0.0897	126.9	0.1091	125.3
45	2.20	45.45%	118.9	2.0751	0.1142	140.6	-0.0597	128.9	0.1142	125.6	-0.1140	125.3	0.0835	123.8
46	2.15	46.46%	118.0	2.0719	0.0887	138.9	-0.0834	127.3	0.0887	124.2	-0.1380	123.7	0.0579	122.4
47	2.11	47.47%	116.0	2.0645	0.0633	137.2	-0.1068	125.8	0.0633	122.7	-0.1616	122.1	0.0324	121.0

48	2.06	48.48%	115.0	2.0607	0.0380	135.5	-0.1299	124.2	0.0380	121.3	-0.1848	120.5	0.0071	119.5
49	2.02	49.49%	114.5	2.0588	0.0127	133.8	-0.1529	122.7	0.0127	119.8	-0.2078	119.0	-0.0183	118.1
50	1.98	50.51%	108.9	2.0371	-0.0127	132.1	-0.1756	121.2	-0.0127	118.4	-0.2305	117.5	-0.0435	116.8
51	1.94	51.52%	108.7	2.0360	-0.0380	130.4	-0.1981	119.6	-0.0380	117.1	-0.2529	116.0	-0.0688	115.4
52	1.90	52.53%	108.6	2.0357	-0.0633	128.7	-0.2205	118.2	-0.0633	115.7	-0.2750	114.5	-0.0940	114.1
53	1.87	53.54%	108.1	2.0338	-0.0887	127.0	-0.2427	116.7	-0.0887	114.3	-0.2969	113.0	-0.1192	112.7
54	1.83	54.55%	108.0	2.0334	-0.1142	125.3	-0.2647	115.2	-0.1142	113.0	-0.3186	111.6	-0.1445	111.4
55	1.80	55.56%	108.0	2.0334	-0.1397	123.6	-0.2866	113.7	-0.1397	111.7	-0.3400	110.1	-0.1697	110.1
56	1.77	56.57%	105.0	2.0212	-0.1653	121.8	-0.3084	112.3	-0.1653	110.3	-0.3613	108.7	-0.1951	108.8
57	1.74	57.58%	104.6	2.0196	-0.1911	120.1	-0.3301	110.8	-0.1911	109.0	-0.3823	107.3	-0.2205	107.6
58	1.71	58.59%	103.5	2.0149	-0.2169	118.4	-0.3517	109.4	-0.2169	107.7	-0.4032	105.9	-0.2459	106.3
59	1.68	59.60%	100.6	2.0026	-0.2429	116.6	-0.3733	107.9	-0.2429	106.4	-0.4240	104.5	-0.2715	105.0
60	1.65	60.61%	100.5	2.0022	-0.2691	114.9	-0.3948	106.5	-0.2691	105.2	-0.4445	103.1	-0.2972	103.8
61	1.62	61.62%	100.0	2.0000	-0.2954	113.1	-0.4162	105.0	-0.2954	103.9	-0.4650	101.8	-0.3231	102.6
62	1.60	62.63%	99.8	1.9991	-0.3220	111.3	-0.4376	103.6	-0.3220	102.6	-0.4853	100.4	-0.3491	101.3
63	1.57	63.64%	99.0	1.9956	-0.3488	109.6	-0.4590	102.2	-0.3488	101.3	-0.5055	99.0	-0.3752	100.1
64	1.55	64.65%	98.5	1.9934	-0.3758	107.7	-0.4805	100.7	-0.3758	100.1	-0.5256	97.7	-0.4016	98.9
65	1.52	65.66%	97.6	1.9896	-0.4031	105.9	-0.5019	99.3	-0.4031	98.8	-0.5456	96.4	-0.4282	97.7
66	1.50	66.67%	97.0	1.9868	-0.4307	104.1	-0.5234	97.9	-0.4307	97.6	-0.5656	95.0	-0.4551	96.5
67	1.48	67.68%	97.0	1.9867	-0.4587	102.2	-0.5449	96.4	-0.4587	96.3	-0.5854	93.7	-0.4822	95.3
68	1.46	68.69%	95.0	1.9777	-0.4870	100.3	-0.5665	95.0	-0.4870	95.0	-0.6052	92.4	-0.5097	94.1
69	1.43	69.70%	94.5	1.9754	-0.5157	98.4	-0.5882	93.5	-0.5157	93.8	-0.6250	91.0	-0.5374	92.8
70	1.41	70.71%	92.4	1.9656	-0.5448	96.4	-0.6101	92.0	-0.5448	92.5	-0.6448	89.7	-0.5656	91.6
71	1.39	71.72%	92.2	1.9647	-0.5745	94.4	-0.6320	90.6	-0.5745	91.3	-0.6645	88.4	-0.5941	90.4
72	1.38	72.73%	91.5	1.9614	-0.6046	92.4	-0.6542	89.1	-0.6046	90.0	-0.6843	87.1	-0.6231	89.2
73	1.36	73.74%	90.5	1.9566	-0.6353	90.4	-0.6765	87.6	-0.6353	88.7	-0.7040	85.7	-0.6526	88.0
74	1.34	74.75%	85.0	1.9292	-0.6666	88.3	-0.6990	86.1	-0.6666	87.4	-0.7238	84.4	-0.6826	86.8

75	1.32	75.76%	84.1	1.9248	-0.6985	86.1	-0.7218	84.6	-0.6985	86.2	-0.7437	83.1	-0.7131	85.6
76	1.30	76.77%	83.4	1.9212	-0.7312	83.9	-0.7449	83.0	-0.7312	84.9	-0.7636	81.8	-0.7443	84.3
77	1.29	77.78%	83.0	1.9191	-0.7647	81.7	-0.7683	81.4	-0.7647	83.6	-0.7836	80.4	-0.7762	83.1
78	1.27	78.79%	82.0	1.9138	-0.7991	79.4	-0.7920	79.8	-0.7991	82.2	-0.8037	79.1	-0.8089	81.9
79	1.25	79.80%	81.4	1.9106	-0.8344	77.0	-0.8162	78.2	-0.8344	80.9	-0.8240	77.7	-0.8424	80.6
80	1.24	80.81%	79.7	1.9015	-0.8708	74.6	-0.8408	76.6	-0.8708	79.5	-0.8444	76.3	-0.8769	79.3
81	1.22	81.82%	79.1	1.8982	-0.9085	72.0	-0.8659	74.9	-0.9085	78.2	-0.8650	75.0	-0.9124	78.0
82	1.21	82.83%	78.8	1.8965	-0.9474	69.4	-0.8917	73.2	-0.9474	76.8	-0.8858	73.6	-0.9490	76.7
83	1.19	83.84%	78.6	1.8956	-0.9878	66.7	-0.9180	71.4	-0.9878	75.3	-0.9068	72.2	-0.9870	75.4
84	1.18	84.85%	78.0	1.8921	-1.0300	63.9	-0.9452	69.6	-1.0300	73.9	-0.9282	70.7	-1.0265	74.0
85	1.16	85.86%	77.4	1.8887	-1.0740	61.0	-0.9732	67.7	-1.0740	72.4	-0.9499	69.3	-1.0676	72.6
86	1.15	86.87%	77.4	1.8886	-1.1202	57.9	-1.0022	65.8	-1.1202	70.8	-0.9721	67.8	-1.1106	71.2
87	1.14	87.88%	76.1	1.8813	-1.1689	54.6	-1.0323	63.7	-1.1689	69.3	-0.9947	66.3	-1.1559	69.7
88	1.13	88.89%	72.6	1.8608	-1.2206	51.1	-1.0638	61.6	-1.2206	67.6	-1.0178	64.7	-1.2037	68.2
89	1.11	89.90%	72.2	1.8585	-1.2758	47.4	-1.0969	59.4	-1.2758	65.9	-1.0416	63.1	-1.2546	66.6
90	1.10	90.91%	70.5	1.8482	-1.3352	43.4	-1.1320	57.1	-1.3352	64.1	-1.0662	61.5	-1.3092	64.9
91	1.09	91.92%	67.0	1.8259	-1.3997	39.1	-1.1693	54.6	-1.3997	62.2	-1.0917	59.8	-1.3682	63.1
92	1.08	92.93%	66.1	1.8202	-1.4705	34.4	-1.2097	51.9	-1.4705	60.2	-1.1184	58.0	-1.4328	61.3
93	1.06	93.94%	65.5	1.8162	-1.5497	29.1	-1.2538	48.9	-1.5497	58.0	-1.1466	56.1	-1.5046	59.3
94	1.05	94.95%	60.4	1.7807	-1.6400	23.0	-1.3029	45.6	-1.6400	55.7	-1.1766	54.1	-1.5860	57.1
95	1.04	95.96%	58.1	1.7645	-1.7460	15.9	-1.3591	41.8	-1.7460	53.0	-1.2091	51.9	-1.6811	54.6
96	1.03	96.97%	46.4	1.6665	-1.8764	7.2	-1.4260	37.4	-1.8764	49.9	-1.2452	49.5	-1.7970	51.8
97	1.02	97.98%	39.8	1.6003	-2.0496	-4.4	-1.5116	31.6	-2.0496	46.0	-1.2870	46.7	-1.9495	48.2
98	1.01	98.99%	32.9	1.5169	-2.3226	-22.7	-1.6391	23.1	-2.3226	40.6	-1.3398	43.1	-2.1863	43.2

Anexo 24: Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov

m	x_m	$F_o(x_m)$	$F(x_m)$ Normal	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ Normal	$F(y_m)$ Log - Normal	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log - Normal	$F(y_m)$ Pearson III	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Pearson III	$F(y_m)$ Log Pearson III	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log Pearson III	$F(x_m)$ Gumbel	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ Gumbel
1	325.0	0.989899	0.99792161	0.00802	0.984712	0.00519	0.983599	0.00630	0.980400	0.00950	0.9859	0.00402
2	320.1	0.979798	0.99738809	0.01759	0.983406	0.00361	0.982080	0.00228	0.979000	0.00080	0.9845	0.00470
3	320.0	0.969697	0.99737601	0.02768	0.983378	0.01368	0.982041	0.01234	0.979000	0.00930	0.9845	0.01478
4	316.0	0.959596	0.99684976	0.03725	0.982225	0.02263	0.980713	0.02112	0.977800	0.01820	0.9832	0.02365
5	315.8	0.949495	0.99682111	0.04733	0.982165	0.03267	0.980642	0.03115	0.977700	0.02821	0.9832	0.03369
6	315.0	0.939394	0.99670416	0.05731	0.981923	0.04253	0.980360	0.04097	0.977400	0.03801	0.9829	0.04353
7	261.0	0.929293	0.97200021	0.04271	0.954480	0.02519	0.948912	0.01962	0.949400	0.02011	0.9528	0.02346
8	254.5	0.919192	0.96516494	0.04597	0.949037	0.02985	0.942856	0.02366	0.944100	0.02491	0.9467	0.02747
9	250.0	0.909091	0.95967291	0.05058	0.944883	0.03579	0.938214	0.02912	0.940000	0.03091	0.9420	0.03291
10	225.0	0.898990	0.9152584	0.01627	0.914670	0.01568	0.905219	0.00623	0.910900	0.01191	0.9081	0.00911
11	216.0	0.888889	0.89243334	0.00354	0.900099	0.01121	0.889647	0.00076	0.897100	0.00821	0.8918	0.00291
12	210.0	0.878788	0.8749372	0.00385	0.889034	0.01025	0.877955	0.00083	0.886600	0.00781	0.8795	0.00067
13	205.0	0.868687	0.85891045	0.00978	0.878894	0.01021	0.867222	0.00146	0.877100	0.00841	0.8682	0.00050
14	202.0	0.858586	0.84865282	0.00993	0.872378	0.01379	0.860589	0.00200	0.870900	0.01231	0.8610	0.00238
15	200.0	0.848485	0.84154543	0.00694	0.867845	0.01936	0.855792	0.00731	0.866600	0.01812	0.8559	0.00746
16	187.1	0.838384	0.79051044	0.04787	0.834590	0.00379	0.821962	0.01642	0.835400	0.00298	0.8194	0.01895
17	185.0	0.828283	0.78142291	0.04686	0.828500	0.00022	0.815838	0.01244	0.829600	0.00132	0.8128	0.01548
18	183.5	0.818182	0.77471838	0.04346	0.823968	0.00579	0.811437	0.00674	0.825400	0.00722	0.8079	0.01030
19	175.0	0.808081	0.73493027	0.07315	0.796306	0.01177	0.783731	0.02435	0.799300	0.00878	0.7780	0.03004
20	175.0	0.797980	0.73493027	0.06305	0.796306	0.00167	0.783712	0.01427	0.799300	0.00132	0.7780	0.01994
21	175.0	0.787879	0.73493027	0.05295	0.796306	0.00843	0.783699	0.00418	0.799300	0.01142	0.7780	0.00984
22	168.5	0.777778	0.70222257	0.07556	0.772447	0.00533	0.760388	0.01739	0.776700	0.00108	0.7526	0.02518
23	164.2	0.767677	0.67951497	0.08816	0.755205	0.01247	0.640312	0.12736	0.760500	0.00718	0.7344	0.03329
24	164.0	0.757576	0.67855327	0.07902	0.754461	0.00311	0.640628	0.11695	0.759700	0.00212	0.7336	0.02397
25	162.0	0.747475	0.66778829	0.07969	0.746064	0.00141	0.643249	0.10423	0.751700	0.00423	0.7248	0.02269

m	xm	Fo(xm)	F(xm) Normal	Fo(xm)- F(xm) Normal	F(y) Log - Normal	Fo(y)- F(y) Log - Normal	F(y) Pearson III	Fo(y)- F(y) Pearson III	F(y) Log Pearson III	Fo(y)- F(y) Log Pearson III	F(xm) Gumbel	Fo(xm)- F(xm) Gumbel
27	155.0	0.727273	0.62905967	0.09821	0.714630	0.01264	0.652678	0.07459	0.721800	0.00547	0.6921	0.03517
28	151.0	0.717172	0.60629602	0.11088	0.695191	0.02198	0.658410	0.05876	0.703200	0.01397	0.6721	0.04504
29	144.0	0.707071	0.56561766	0.14145	0.658483	0.04859	0.668947	0.03812	0.668000	0.03907	0.6349	0.07215
30	144.0	0.696970	0.56561766	0.13135	0.658483	0.03849	0.668915	0.02805	0.668000	0.02897	0.6349	0.06204
31	139.8	0.686869	0.54084297	0.14603	0.634779	0.05209	0.675528	0.01134	0.645000	0.04187	0.6112	0.07563
32	139.2	0.676768	0.53711063	0.13966	0.631114	0.04565	0.676592	0.00018	0.641700	0.03507	0.6076	0.06917
33	139.0	0.666667	0.53610292	0.13056	0.630120	0.03655	0.676888	0.01022	0.640500	0.02617	0.6066	0.06005
34	137.6	0.656566	0.52779589	0.12877	0.621854	0.03471	0.679232	0.02267	0.632500	0.02407	0.5984	0.05813
35	134.0	0.646465	0.50614997	0.14031	0.599703	0.04676	0.685411	0.03895	0.611200	0.03526	0.5767	0.06979
36	131.0	0.636364	0.48865051	0.14771	0.581119	0.05524	0.690530	0.05417	0.592600	0.04376	0.5586	0.07777
37	130.0	0.626263	0.48258266	0.14368	0.574528	0.05173	0.692427	0.06616	0.586300	0.03996	0.5522	0.07405
38	130.0	0.616162	0.48258266	0.13358	0.574528	0.04163	0.692468	0.07631	0.586300	0.02986	0.5522	0.06395
39	130.0	0.606061	0.48258266	0.12348	0.574528	0.03153	0.692420	0.08636	0.586300	0.01976	0.5522	0.05384
40	128.6	0.595960	0.47432048	0.12164	0.565429	0.03053	0.694975	0.09902	0.577300	0.01866	0.5434	0.05251
41	126.5	0.585859	0.46180087	0.12406	0.551360	0.03450	0.698972	0.11311	0.563400	0.02246	0.5300	0.05590
42	125.5	0.575758	0.45582067	0.11994	0.544518	0.03124	0.700789	0.12503	0.556800	0.01896	0.5234	0.05232
43	121.1	0.565657	0.43019535	0.13546	0.514277	0.05138	0.709291	0.14363	0.526400	0.03926	0.4948	0.07083
44	120.6	0.555556	0.42709097	0.12846	0.510510	0.04505	0.710355	0.15480	0.522900	0.03266	0.4913	0.06426
45	118.9	0.545455	0.41704843	0.12841	0.498162	0.04729	0.713950	0.16850	0.510700	0.03475	0.4797	0.06571
46	118.0	0.535354	0.41187273	0.12348	0.491703	0.04365	0.715731	0.18038	0.504100	0.03125	0.4737	0.06162
47	116.0	0.525253	0.40029903	0.12495	0.477018	0.04823	0.719909	0.19466	0.489400	0.03585	0.4601	0.06513
48	115.0	0.515152	0.39454417	0.12061	0.469591	0.04556	0.722034	0.20688	0.481900	0.03325	0.4533	0.06188
49	114.5	0.505051	0.39161795	0.11343	0.465783	0.03927	0.723123	0.21807	0.478200	0.02685	0.4498	0.05528
50	108.9	0.494949	0.36014625	0.13480	0.423418	0.07153	0.735662	0.24071	0.435000	0.05995	0.4112	0.08377
51	108.7	0.484848	0.35858413	0.12626	0.421247	0.06360	0.736254	0.25141	0.433400	0.05145	0.4092	0.07563
52	108.6	0.474747	0.35819397	0.11655	0.420704	0.05404	0.736386	0.26164	0.428700	0.04605	0.4087	0.06602
53	108.1	0.464646	0.3555226	0.10912	0.416974	0.04767	0.737361	0.27271	0.427900	0.03675	0.4054	0.05928

m	xm	Fo(xm)	F(xm) Normal	Fo(xm)- F(xm) Normal	F(y) Log - Normal	Fo(y)- F(y) Log - Normal	F(y) Pearson III	Fo(y)- F(y) Pearson III	F(y) Log Pearson III	Fo(y)- F(y) Log Pearson III	F(xm) Gumbel	Fo(xm)- F(xm) Gumbel
55	108.0	0.444444	0.35496695	0.08948	0.416196	0.02825	0.737700	0.29326	0.427900	0.01654	0.4047	0.03978
56	105.0	0.434343	0.33844554	0.09590	0.392679	0.04166	0.744849	0.31051	0.403900	0.03044	0.3836	0.05074
57	104.6	0.424242	0.3363196	0.08792	0.389599	0.03464	0.745862	0.32162	0.400600	0.02364	0.3809	0.04338
58	103.5	0.414141	0.33029764	0.08384	0.380811	0.03333	0.748628	0.33449	0.391700	0.02244	0.3730	0.04110
59	100.6	0.404040	0.3147738	0.08927	0.357706	0.04633	0.755787	0.35175	0.367900	0.03614	0.3526	0.05141
60	100.5	0.393939	0.31424409	0.07970	0.356906	0.03703	0.756190	0.36225	0.367100	0.02684	0.3519	0.04201
61	100.0	0.383838	0.31160128	0.07224	0.352905	0.03093	0.757420	0.37358	0.362900	0.02094	0.3484	0.03542
62	99.8	0.373737	0.31054686	0.06319	0.351304	0.02243	0.758043	0.38431	0.361300	0.01244	0.3470	0.02673
63	99.0	0.363636	0.30634478	0.05729	0.344892	0.01874	0.760083	0.39645	0.354600	0.00904	0.3414	0.02225
64	98.5	0.353535	0.30373131	0.04980	0.340881	0.01265	0.358639	0.00510	0.350500	0.00304	0.3379	0.01566
65	97.6	0.343434	0.29920776	0.04423	0.333897	0.00954	1.000000	0.65657	0.343000	0.00043	0.3318	0.01166
66	97.0	0.333333	0.2959513	0.03738	0.328836	0.00450	1.000000	0.66667	0.338000	0.00467	0.3274	0.00597
67	97.0	0.323232	0.29589974	0.02733	0.328756	0.00552	1.000000	0.67677	0.338000	0.01477	0.3273	0.00407
68	95.0	0.313131	0.28572276	0.02741	0.312765	0.00037	1.000000	0.68687	0.321200	0.00807	0.3134	0.00028
69	94.5	0.303030	0.28319215	0.01984	0.308749	0.00572	1.000000	0.69697	0.317000	0.01397	0.3099	0.00690
70	92.4	0.292929	0.27263305	0.02030	0.291825	0.00110	1.000000	0.70707	0.299400	0.00647	0.2953	0.00240
71	92.2	0.282828	0.27169191	0.01114	0.290303	0.00748	1.000000	0.71717	0.297800	0.01497	0.2940	0.01119
72	91.5	0.272727	0.26823856	0.00449	0.284704	0.01198	1.000000	0.72727	0.291900	0.01917	0.2892	0.01648
73	90.5	0.262626	0.26334381	0.00072	0.276723	0.01410	1.000000	0.73737	0.283500	0.02087	0.2824	0.01973
74	85.0	0.252525	0.23707738	0.01545	0.233082	0.01944	1.000000	0.74747	0.237800	0.01473	0.2451	0.00741
75	84.1	0.242424	0.23313303	0.00929	0.226428	0.01600	1.000000	0.75758	0.230400	0.01202	0.2395	0.00296
76	83.4	0.232323	0.22994959	0.00237	0.221044	0.01128	1.000000	0.76768	0.224700	0.00762	0.2349	0.00257
77	83.0	0.222222	0.22814147	0.00592	0.217980	0.00424	1.000000	0.77778	0.221500	0.00072	0.2323	0.01007
78	82.0	0.212121	0.22365631	0.01154	0.210365	0.00176	1.000000	0.78788	0.213400	0.00128	0.2258	0.01371
79	81.4	0.202020	0.22098946	0.01897	0.205828	0.00381	1.000000	0.79798	0.208600	0.00658	0.2220	0.01996
80	79.7	0.191919	0.21353302	0.02161	0.193117	0.00120	1.000000	0.80808	0.195100	0.00318	0.2112	0.01929
81	79.1	0.181818	0.21093675	0.02912	0.188686	0.00687	1.000000	0.81818	0.190400	0.00858	0.2074	0.02563

82	78.8	0.171717	0.20964559	0.03793	0.186481	0.01476	1.000000	0.82828	0.188000	0.01628	0.2056	0.03386
83	78.6	0.161616	0.20895887	0.04734	0.185308	0.02369	1.000000	0.83838	0.186400	0.02478	0.2046	0.04296
84	78.0	0.151515	0.20622529	0.05471	0.180640	0.02912	1.000000	0.84848	0.181800	0.03028	0.2006	0.04910
85	77.4	0.141414	0.20368191	0.06227	0.176297	0.03488	1.000000	0.85859	0.177200	0.03579	0.1969	0.05552
86	77.4	0.131313	0.20355524	0.07224	0.176080	0.04477	1.000000	0.86869	0.174100	0.04279	0.1967	0.06543
87	76.1	0.121212	0.19815273	0.07694	0.166862	0.04565	1.000000	0.87879	0.167300	0.04609	0.1889	0.06770
88	72.6	0.111111	0.18389725	0.07279	0.142663	0.03155	1.000000	0.88889	0.141500	0.03039	0.1683	0.05715
89	72.2	0.101010	0.18243267	0.08142	0.140194	0.03918	1.000000	0.89899	0.138700	0.03769	0.1661	0.06513
90	70.5	0.090909	0.17579756	0.08489	0.129071	0.03816	1.000000	0.90909	0.126900	0.03599	0.1566	0.06566
91	67.0	0.080808	0.16255203	0.08174	0.107271	0.02646	1.000000	0.91919	0.103800	0.02299	0.1376	0.05678
92	66.1	0.070707	0.15934484	0.08864	0.102101	0.03139	1.000000	0.92929	0.098200	0.02749	0.1330	0.06232
93	65.5	0.060606	0.15718204	0.09658	0.098643	0.03804	1.000000	0.93939	0.094600	0.03399	0.1300	0.06936
94	60.4	0.050505	0.13941474	0.08891	0.071352	0.02085	1.000000	0.94949	0.066200	0.01569	0.1052	0.05470
95	58.1	0.040404	0.13222626	0.09182	0.061029	0.02062	1.000000	0.95960	0.055100	0.01470	0.0955	0.05505
96	46.4	0.030303	0.09833329	0.06803	0.021063	0.00924	1.000000	0.96970	0.016000	0.01430	0.0528	0.02252
97	39.8	0.020202	0.08241762	0.06222	0.009119	0.01108	1.000000	0.97980	0.005700	0.01450	0.0356	0.01544
98	32.9	0.010101	0.06773886	0.05764	0.002764	0.00734	1.000000	0.98990	0.001300	0.00880	0.0222	0.01206
X	132.93											
S	67.02											
CS	1.391											
n	98		$\Delta_{\text{máx}}$	0.14771		0.07153		0.98990		0.05995		0.08377
α	0.05		$\Delta_{\text{crítico}} > \Delta_{\text{max}}$	No se ajusta		Si se ajusta		No se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta
$\Delta_{\text{crítico}}$	0.1374		Mejor Ajuste	4		2		5		1		3

Se reconoce que la distribución Log Pearson Tipo III se ajusta mejor a la serie de datos de los caudales registrados por la estación hidrométrica Chosica entre los años 1921 y 2018.

Anexo 25: Cálculo de coeficiente de rugosidad

CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD DEL CAUCE DEL RIO RÍMAC			
La siguiente tabla nos muestra los distintos valores de "n" que se adoptarán:			
		VALOR DE n	
		COWAN=	0.040
SEGUN COWAN:			
Cowan desarrolló un procedimiento para estimar el valor de n, mediante este procedimiento, el valor de n puede calcularse por:			
	$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) n_5$		
donde n ₀ es un valor básico de n para el canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados, n ₁ es un valor que debe agregarse al n ₀ para corregir el efecto de las rugosidades superficiales, n ₂ es un valor para considerar las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal, n ₃ es un valor para considerar las obstrucciones, n ₄ es un valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo, y n ₅ es un factor de corrección de los efectos por meandros en el canal. De n ₀ a n ₄ y n ₅ pueden seleccionarse en la siguiente tabla:			
material del cauce:	A	terroso	
	B	rocoso	
	C	gravoso fino	
	D	gravoso grueso	
	material del cauce adoptado:		B = 0.025
Factor de Irregularidad del Contorno: (n₁) Refleja la rugosidad actual del tramo, en comparación con la superficie lisa del valor básico			
	A	Despreciable	
	B	Escasa	
	C	Moderada	
	D	Severa	
	Grado de irregularidad adoptado:		A = 0.000
Factor de Forma del Cauce: (n₂) Engloba los cambios de la forma de la sección y los de la superficie mojada útil, con relación a unos valores promedios del tramo			
	A	Gradualmente alternante	
	B	Ocasionalmente alternante	
	C	Frecuentemente alternante	
	variación de la sección adoptada:		A = 0.000
Factor de Grado de Obstrucción: (n₃) Se estima considerando la reducción de la sección útil, la forma de las obstrucciones y su disposición longitudinal y transversal			
	A	Despreciables	
	B	Escasa	
	C	Apreciable	
	D	Severa	
	Efecto relativo de las obstrucciones adoptado:		B = 0.010
Factor de Vegetación: (n₄) Se estima considerando la reducción de la sección útil, la forma de las obstrucciones			
vegetación:	A	Bajo	
	B	Medio	
	C	Alto	
	D	Muy Alto	
	vegetación adoptada:		A = 0.005

Grado de Sinuosidad: (n5) Se deduce a partir del valor del cociente entre la longitud del tramo siguiendo el trazado (Lm) y su longitud en línea recta (L)			
	grado de sinuosidad:	A	Menor
		B	Apreciable
		C	Severo
grado de sinuosidad adoptado:			A = 1.000
valor de " n " adoptado según COWAM			n = 0.040

Adicionalmente se comparó las imágenes del libro de HCanales del Ing. Máximo Villón para de alguna forma verificar el coeficiente de rugosidad estimado.

Fotografía Río Rímac	Fotografía n según Máximo Villón Fuente: H-CANALES
	

Anexo 26: Resultados de HEC-RAS

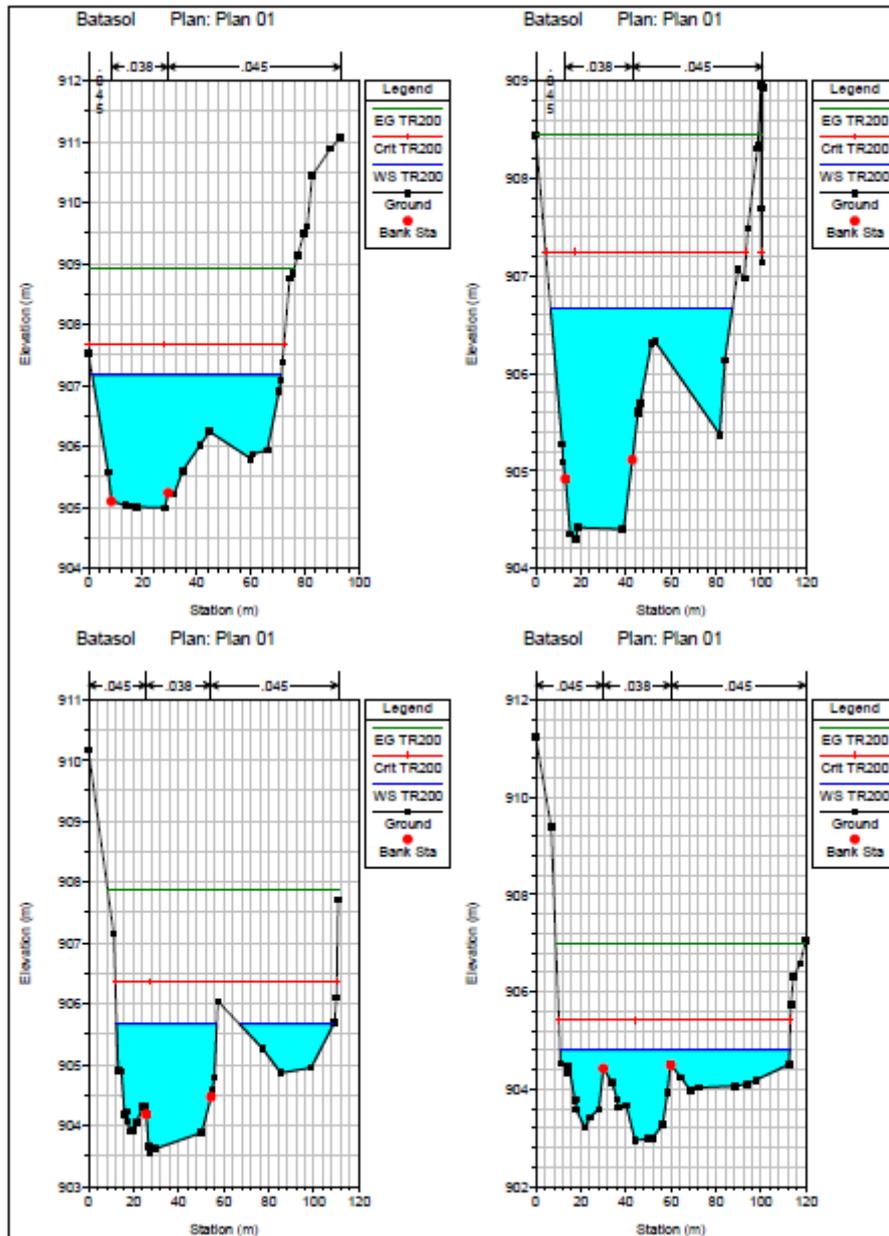
Para T=200 años

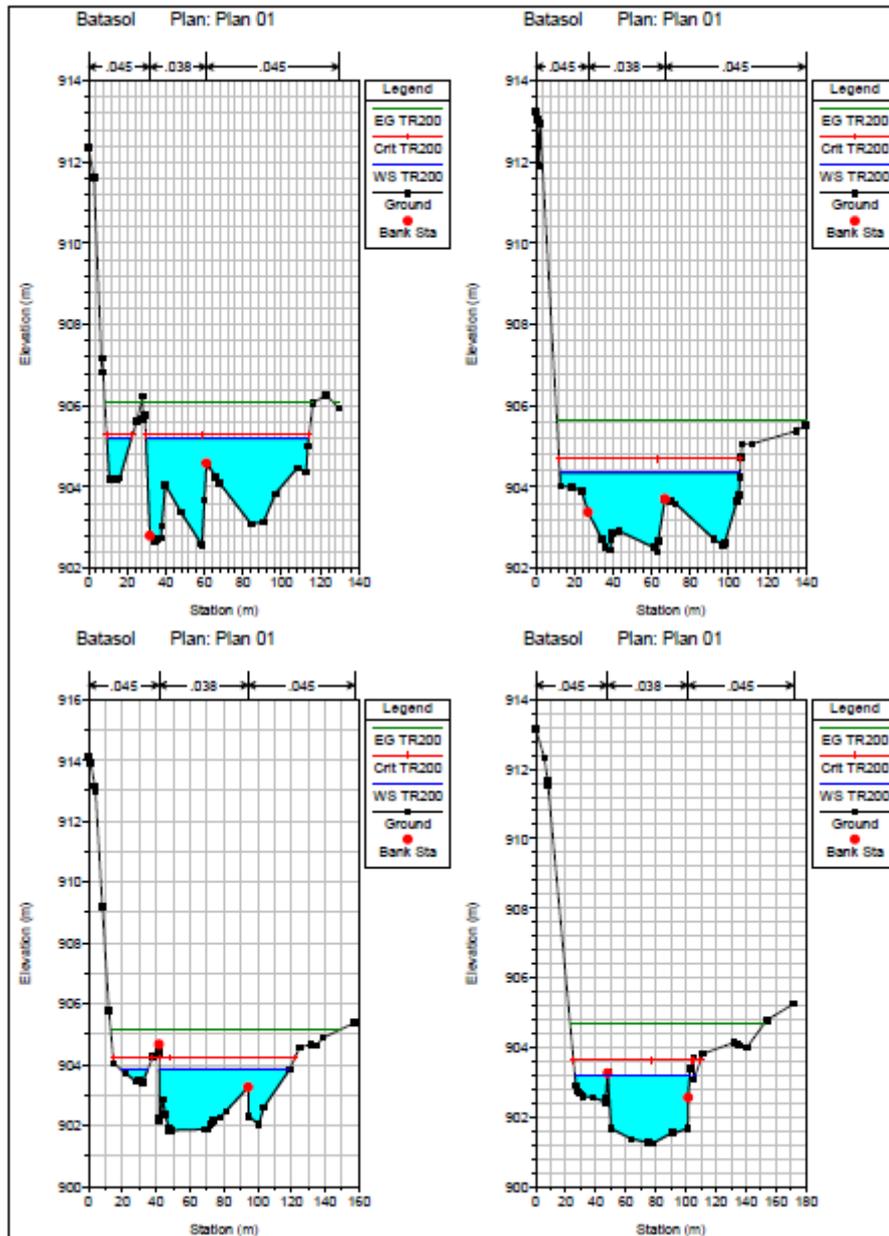
		HECRAS Plan: Plan 01 River: RIMAC Reach: eje Profile T											
PROGRESIVA	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl	Vel Total (m/s)	Hyd Depth (m)
300	TR200	538.21	904.99	907.17	907.68	908.92	0.025112	6.93	102.75	69.51	1.51	5.24	1.47
280	TR200	538.21	904.30	906.67	907.25	908.45	0.021393	6.50	106.03	80.65	1.40	5.08	1.31
260	TR200	538.21	903.57	905.67	906.36	907.88	0.033908	7.30	94.19	86.16	1.71	5.71	1.09
240	TR200	538.21	902.94	904.80	905.41	906.98	0.060227	7.70	91.73	101.81	2.14	5.87	0.90
220	TR200	538.21	902.58	905.19	905.29	906.07	0.014598	4.88	140.37	96.80	1.11	3.83	1.45
200	TR200	538.21	902.39	904.34	904.70	905.64	0.025780	5.62	113.48	93.25	1.44	4.74	1.22
180	TR200	538.21	901.84	903.86	904.23	905.16	0.022843	5.33	113.45	93.39	1.34	4.74	1.21
160	TR200	538.21	901.24	903.20	903.62	904.69	0.022241	5.54	105.03	77.05	1.35	5.12	1.36
140	TR200	538.21	900.56	902.84	903.21	904.31	0.016441	5.44	104.65	66.32	1.21	5.14	1.58
120	TR200	538.21	900.09	902.14	902.60	903.88	0.023925	5.90	94.32	59.96	1.42	5.71	1.57
100	TR200	538.21	899.84	902.61	902.40	903.52	0.007467	4.32	136.58	75.69	0.85	3.94	1.80
80	TR200	538.21	899.15	902.19	902.19	903.32	0.010287	4.73	115.20	59.53	0.97	4.67	1.94
60	TR200	538.21	898.85	901.26	901.64	903.00	0.017954	5.90	94.09	46.03	1.28	5.72	2.04
40	TR200	538.21	898.33	902.04	900.92	902.52	0.002860	3.12	190.66	91.23	0.54	2.82	2.09
20	TR200	538.21	898.16	901.38	901.38	902.37	0.008500	4.51	132.31	77.41	0.89	4.07	1.71
0	TR200	538.21	897.51	901.40	900.44	901.89	0.002986	3.17	186.31	78.88	0.55	2.89	2.36

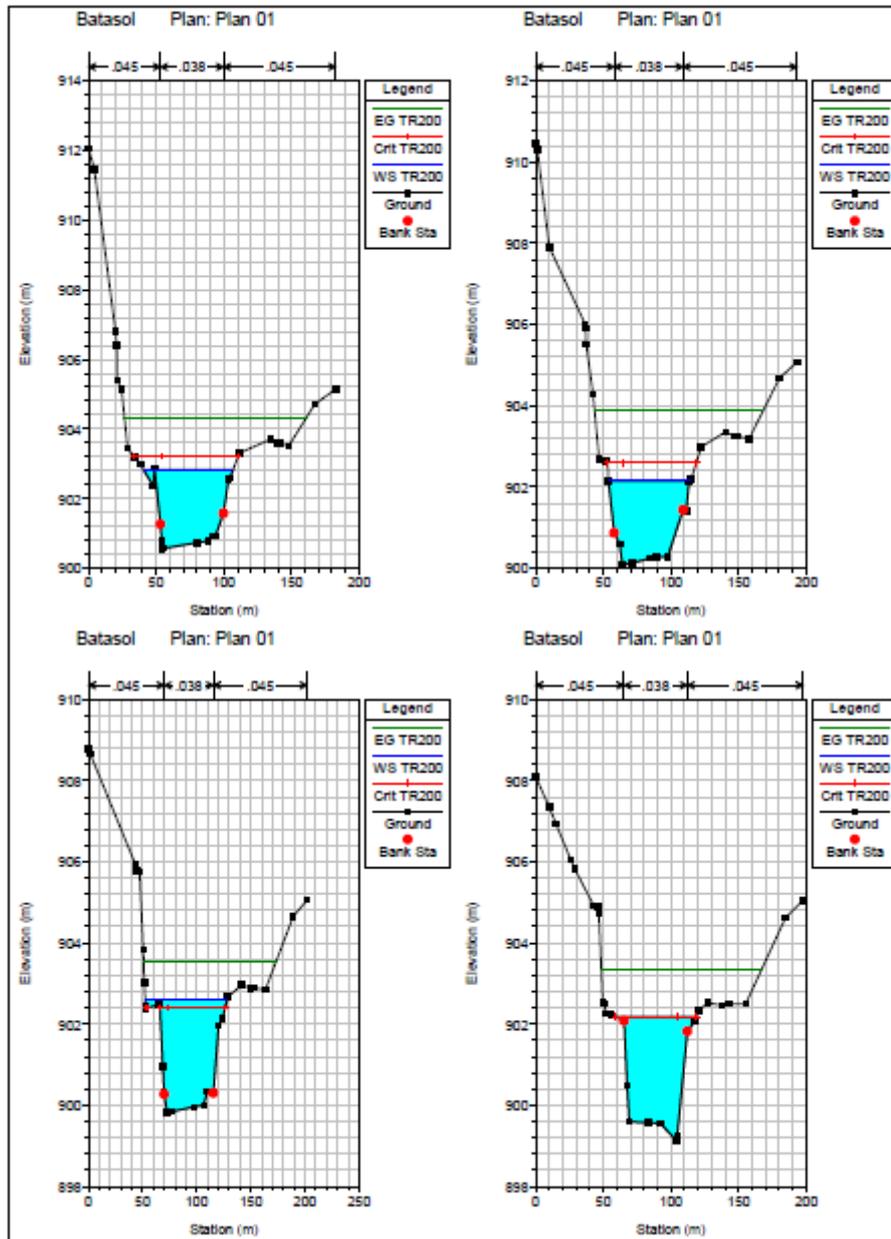
Para T=500 años

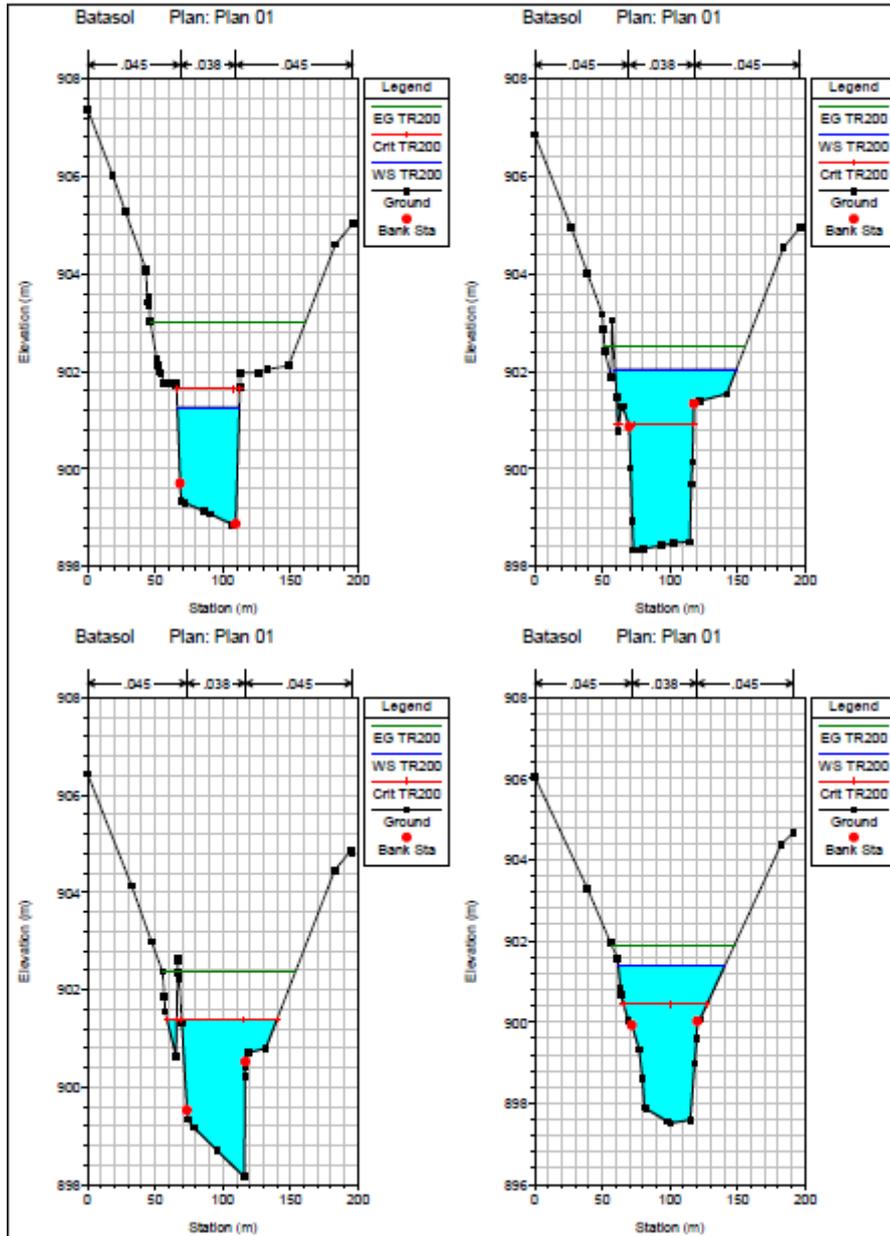
		HECRAS Plan: Plan 01 River: RIMAC Reach:											
PROGRESIVA	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl	Vel Total (m/s)	Hyd Depth (m)
300	TR500	634.55	904.99	907.34	907.89	909.26	0.025108	7.29	114.71	70.84	1.53	5.53	1.62
280	TR500	634.55	904.30	906.82	907.44	908.78	0.021892	6.89	118.89	82.21	1.43	5.34	1.45
260	TR500	634.55	903.57	905.82	906.54	908.20	0.033743	7.68	107.62	91.05	1.73	5.90	1.18
240	TR500	634.55	902.94	904.90	905.57	907.31	0.063950	8.13	101.85	101.95	2.18	6.23	1.00
220	TR500	634.55	902.58	905.31	905.48	906.34	0.015745	5.28	152.69	98.16	1.16	4.16	1.56
200	TR500	634.55	902.39	904.50	904.89	905.91	0.024787	5.87	127.98	93.50	1.43	4.96	1.37
180	TR500	634.55	901.84	904.02	904.43	905.44	0.022294	5.61	129.15	99.37	1.34	4.91	1.30
160	TR500	634.55	901.24	903.39	903.81	904.99	0.021093	5.78	119.84	79.75	1.34	5.29	1.50
140	TR500	634.55	900.56	903.16	903.56	904.61	0.013614	5.46	127.33	74.97	1.13	4.98	1.70
120	TR500	634.55	900.09	902.37	902.93	904.23	0.021811	6.11	108.42	63.19	1.39	5.85	1.72
100	TR500	634.55	899.84	902.81	902.76	903.87	0.007982	4.68	152.00	82.66	0.89	4.17	1.84
80	TR500	634.55	899.15	902.73	902.73	903.69	0.008837	4.41	161.42	109.05	0.82	3.93	1.48
60	TR500	634.55	898.85	901.56	901.83	903.40	0.018031	6.08	108.12	46.81	1.23	5.87	2.31
40	TR500	634.55	898.33	902.31	901.22	902.85	0.002941	3.33	216.65	98.22	0.55	2.93	2.21
20	TR500	634.55	898.16	901.67	901.67	902.71	0.007917	4.66	155.60	83.90	0.87	4.08	1.85
0	TR500	634.55	897.51	901.70	900.76	902.25	0.002998	3.37	211.31	85.38	0.56	3.00	2.48

Anexo 27: Secciones transversales (T=200 años). HEC-RAS.









Anexo 28: Cálculo de socavación

Análisis de socavación del río en su estado natural - Lecho no cohesivo														
U=	0.98	Dm=	14 <th>mm</th> <td></td> <th>ψ =</th> <td>1.34</td> <th colspan="7"></th>	mm		ψ =	1.34							
b=	1.05 <th>Z=</th> <td>0.33</td> <th colspan="11"></th>	Z=	0.33											
Estación	Q max (m3/s)	C.Fondo (m)	Elev Agua (m)	do (m)	V (m/s)	So	Area (m2)	Be (m)	dm (m)	Alfa	ds (m)	S=ds-do (m)	Cota Socavado	
1	300.00	634.55	904.99	907.34	2.35	7.29	0.02511	114.71	70.84	1.62	4.09	4.99	2.64	902.35
2	280.00	634.55	904.30	906.82	2.52	6.89	0.02189	118.89	82.21	1.45	4.26	5.62	3.10	901.20
3	260.00	634.55	903.57	905.82	2.25	7.68	0.03374	107.62	91.05	1.18	5.38	5.81	3.56	900.01
4	240.00	634.55	902.94	904.90	1.96	8.13	0.06095	101.85	101.95	1.00	6.36	5.54	3.58	899.36
5	220.00	634.55	902.58	905.31	2.73	5.28	0.01575	152.69	98.16	1.56	3.16	4.96	2.23	900.35
6	200.00	634.55	902.39	904.50	2.11	5.87	0.02479	127.98	93.50	1.37	4.10	4.37	2.26	900.13
7	180.00	634.55	901.84	904.02	2.18	5.61	0.02229	129.15	99.37	1.30	4.21	4.64	2.46	899.38
8	160.00	634.55	901.24	903.39	2.15	5.78	0.02109	119.84	79.75	1.50	4.12	4.49	2.34	898.90
9	140.00	634.55	900.56	903.16	2.60	5.46	0.01361	127.33	74.97	1.70	3.57	5.11	2.51	898.05
10	120.00	634.55	900.09	902.37	2.28	6.11	0.02181	108.42	63.19	1.72	4.17	4.87	2.59	897.50
11	100.00	634.55	899.84	902.81	2.97	4.68	0.00798	152.00	82.66	1.84	2.84	5.09	2.12	897.72
12	80.00	634.55	899.15	902.73	3.58	4.41	0.00684	161.42	109.05	1.48	3.09	6.85	3.27	895.88
13	60.00	634.55	898.85	901.56	2.71	6.08	0.01603	108.12	48.81	2.31	3.43	5.23	2.52	896.33
14	40.00	634.55	898.33	902.31	3.98	3.33	0.00294	216.65	98.22	2.21	1.76	5.12	1.14	897.19
15	20.00	634.55	898.16	901.67	3.51	4.66	0.00792	155.60	83.90	1.85	2.76	6.14	2.63	895.53

Anexo 29: Diseño sísmico de muro de contención

DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN					
TERRENO DE APOYO			CONCRETO		
Qadm=	2.5	kg/cm ²	$\gamma_c =$	2400	kg/m ³
$\gamma =$	1800	kg/m ³	$f'c =$	280	kg/cm ²
$\phi =$	33	°	ACERO		
C=	0	kg/cm ²	$f_y =$	4200	kg/cm ²
RELLENO			ALTURA	H (m)=	7.5
$\gamma =$	1800	kg/m ³	S/C=	0.100	T/m ²
$\phi =$	33.00	°	$\beta =$	0	°
C=	0	kg/cm ²	Df=	2.5	m

PREDIMENSIONAMIENTO					
Nomenclatura de diseño muro de contención					
Base	B=	4.50	m		
Corona	Bo=	0.35	m		
Puntera	P=	1.05	m		
Talón	T=	2.70	m		
Altura de zapata	H _z =	0.75	m		
Altura de pantalla	F=	0.75	m		
	H _p =	6.75	m		

CASO 1
EMPUJE DE TIERRA + SOBRECARGA VEHICULAR

PESO Y MOMENTOS ESTABILIZANTES POR 1m DE LONGITUD DE MURO					
FIGURA	BRAZO X [1]	BRAZO Y [2]	PESO [3]	PESO*BRAZO X [4]	PESO*BRAZO Y [5]
				[4]=[3]x[1]	[5]=[3]x[2]
	m	m	kg/m	kg-m/m	kg-m/m
1-zapata	2.250	0.3750	8100	18225.00	3037.50
2-pantalla-triang.	1.317	3.0000	3240	4266.00	9720.00
3-pantalla-rect.	1.625	4.1250	5670	9213.75	23388.75
			17010	31704.75	36146.25

Peso propio del muro de contención					
Wpropio=	17010	kg/m			
Centro de gravedad					
Xcg=	1.86	m			
Ycg=	2.13	m			
			$X_{CG} = \frac{\sum \text{Pesoxbrazo X}}{\text{Peso}}$	$Y_{CG} = \frac{\sum \text{Pesoxbrazo Y}}{\text{Peso}}$	

Sobrecarga q - de altura de s/c de 60 cm

q= 100 kg/m²

PESO TOTAL DE SOBRECARGA

W=qxL

W= 305 kg/m
x= 2.975 m

PESO DEL RELLENO

Vr= 18.225 m³/m
Wr= 32805 kg/m
x= 3.15 m

COEFICIENTE DE EMPUJE ACTIVO Ka

Ka= 0.295

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

EMPUJE ACTIVO DE LA TIERRA Ea

Ea= 14934.375 Kg/m
y= 2.5 m

$$E_a = \left(\frac{1}{2} \gamma H^2 \right) K_a$$

EMPUJE DE LA SOBRECARGA Es

Es= 221.25 Kg/m
x= 3.75 m

$$E_s = q \cdot H \cdot K_a$$

EMPUJE TOTAL Ea+s

Ea+s= 15155.625 Kg/m

FUERZA DE ROCE

ANGULO DE FRICCION SUELO-MURO= 22 ° $\delta = \frac{2}{3} \phi$

c'= 0 kg/m²
u= 0.4
Rv= 50120.00 kg/m
Fr= 20048 kg/m

FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA EL DESLIZAMIENTO

FSD= 1.32 NO CUMPLE! $FS_d = \frac{F_r}{E_a}$

1 Incrementar dimensión de la base

2 Colocar dentellón de pie Con dentellón FSD=1.89 **CUMPLE**

MOMENTO DE VOLCAMIENTO Mv

Mv= 38165.63 kg-m/m

MOMENTO ESTABILIZANTE Me

Me= 135881.73 kg-m/m

FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA EL VOLCAMIENTO

FSv= 3.56 **CUMPLE** $FS_v = \frac{M_e}{M_v}$

ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO DE FUNDACIÓN

$\sigma_{admissible} = 2.5$ kg/cm²

Punto de aplicación de la fuerza resultante Xr

Xr= 1.95 m

Excentricidad de la fuerza resultante ex

ex= 0.3 m **CUMPLE**
B/6= 0.75 m

Presión de contacto muro-suelo de fundación Qmáx; mín

Qmáx= 15592.89 kg/m²
Qmáx= 1.56 kg/cm² **CUMPLE**

Qmín= 6682.67 kg/m²
Qmín= 0.67 kg/cm² **CUMPLE**

CASO 2

EMPUJE DE TIERRA + SISMO

ZONA 4 Ao= 0.45 g

Coefficiente sísmico horizontal Csh	Csh=	0.225	g	$C_{dh} = 0,50 A_0$
Coefficiente sísmico vertical Csh	Csv=	0.113	g	$C_{sv} = 0,70 C_{dh}$
	$\theta =$	14.23	°	$\theta = \arctan\left(\frac{C_{dv}}{1 - C_{dv}}\right)$
Fuerza sísmica del peso propio F_{spp}	F _{spp} =	3827.25	kg/m	
Coefficiente de presión dinámica activa K_a	Ecuación de Mononobe-Okabe			
	$\varphi =$	33.00	°	$K_a = \frac{\text{Sen}^2(\varphi + \beta - \theta)}{\text{Cos} \theta \cdot \text{Sen}^2 \varphi \cdot \text{Sen}(\varphi - \delta - \theta) \left[1 + \frac{\text{Sen}(\delta + \beta) \cdot \text{Sen}(\delta - \beta - \theta)}{\text{Sen}(\varphi - \delta - \theta) \cdot \text{Sen}(\varphi + \beta)} \right]}$
	$\psi =$	90	°	
	$\beta =$	0	°	
	$\theta =$	14.23	°	
	$\delta =$	22.00	°	
	K_a=	0.464		
Incremento dinámico del empuje activo de la tierra ΔDE_a	$\Delta DE_a =$	7588.84	kg/m	$\Delta DE_a = \left(\frac{1}{2} \gamma H^2\right) (K_a - K_p - C_u - C_w)$
Aplicado a		5	m	(γ)

El incremento representa el 50% del empuje activo.

Empuje total E_a+delta	E _a +delta=	26350.465	kg/m	
Resultante de las fuerzas verticales R_v	R _v =	50120	kg/m	
Fuerza de roce F_r	c'=	0	kg/m ²	$F_r = \mu (R_v + E_{a,v}) + c' \cdot B$
	u=	0.4		
	R _v =	50120.00	kg/m	
	F _r =	20048	kg/m	
Factor de seguridad contra el deslizamiento FS_d	FS _d =	0.76		NO CUMPLE!
1	Incrementar dimensión de la base			
2	Colocar dentellón de pie			
Predimensionamiento de dentellón	H _d =	0.75	m	
	B _d =	0.75	m	
Coefficiente de empuje pasivo	K _p =	3.39		$K_p = \frac{1 + \text{Sen} \phi}{1 - \text{Sen} \phi}$
Presión pasiva superior en dentellón O_{ps}	O _{ps} =	15255.00	kg/m ²	
Presión pasiva inferior en dentellón O_{pi}	O _{pi} =	19831.50	kg/m ²	
Empuje pasivo actuando sobre el dentellón E_p	E _p =	13157.44	kg/m	
Fuerza de roce F_r	F _r =	33205.44	kg/m	
Factor de seguridad contra el deslizamiento FS_d con dentellón de pie	FS _d =	1.26		CUMPLE considerando 1.4 1.25
Momento de volcamiento M_v	M _v =	83432.18	kg-m/m	
Momento estabilizante M_e	M _e =	134974.35		

Factor de seguridad contra el volcamiento			
F _{Sv} =	1.62		CUMPLE considerando 1.4 1.25
Esfuerzo admisible del suelo de fundación O_{adm}			
O _{adm} =	3.75	kg/cm ²	
Punto de aplicación de la fuerza resultante X_r			
X _r =	1.03	m	
Excentricidad de la fuerza resultante e_x			
e _x =	1.22		
B/6=	0.750		
B/3=	1.500		
Presión de contacto muro-suelo de fundación O_{máx, mín}			
o _{máx} =	3.22	kg/cm ²	CUMPLE
b=	3.09	m	
o _{mín} =	0.000	kg/m ²	CUMPLE

DISEÑO DE LA BASE

Caso 1

O _{máx} =	1.56	kg/cm ²
O _{mín} =	0.67	kg/cm ²
O ₁ =	1.35	kg/cm ²
O ₂ =	1.204	kg/cm ²

Caso 1 Puntera *(Fuerzas y brazos respecto a la sección crítica 1-1)*

W _{pp1} =	1890.00	kg
x _{pp1} =	0.525	m
R ₁ =	15277.50	kg

Fuerza cortante resultante en el talón V1-1		
V1-1=	13387.50	kg
		Hacia arriba

Del diagrama de presión trapezoidal		
R _{triángulo} =	1102.50	kg
x _{triángulo} =	0.700	m
R _{rectángulo} =	14175.00	kg
x _{rectángulo} =	0.525	m

Momento en la sección 1-1		
M1-1=	7221.38	kg-m

Caso 1 Talón *(Fuerzas y brazos respecto a la sección crítica 2-2)*

W _{pp2} =	4860.00	kg
x _{pp2} =	1.350	m
R ₂ =	25299.00	kg
W _r =	32805.00	kg
x _r =	1.350	m

Peso de la sobrecarga		
W _s =	305.00	kg
x _s =	1.35	m

Fuerza cortante resultante en el talón V2-2		
V2-2=	-12671.00	kg
		Hacia abajo

Del diagrama de presión trapezoidal		
R _{triángulo} =	7209	kg
x _{triángulo} =	0.9	m

Rectángulo= 14418 kg
 xrectángulo= 1.35 m
Momento en la sección 2-2
 M2-2= 25307.10 kg-m

Caso 2
 σ máx= 3.22 kg/cm²
 σ mín= 0.00 kg/cm²

σ 1= 2.13 kg/cm²
 σ 2= 1.34 kg/cm²

Lx= 1.625 m

Caso 2 Puntera (Fuerzas y brazos respecto a la sección crítica 1-1)

Wpp1= 1890.00 kg
 xpp1= 0.525 m
 R1= 28087.5 kg
 V1-1= 26197.50 kg

Hacia arriba

Del diagrama de presión trapezoidal
 Rtriángulo= 5722.5 kg
 xtriángulo= 0.7 m
 Rectángulo= 22365 kg
 xrectángulo= 0.525 m

Momento en la sección 1-1
 M1-1= 14755.13 kg-m

Caso 2 Talón (Fuerzas y brazos respecto a la sección crítica 2-2)

WPP2= 4860.00 kg
 xpp2= 1.350 m
 R2= 7202.5 kg
 Wt= 32805.00 kg
 xt= 1.350 m

Fuerza cortante resultante en el talón V2-2
 V2-2= -30462.50 kg

Hacia abajo

Del diagrama de presión triangular
 Rtriángulo= 7202.5 kg
 xtriángulo= 0.358333333 m

Momento en la sección 2-2
 M2-2= 48266.85 kg-m

CUADRO DE RESUMEN:

V1-1=	26197.50	kg
V2-2=	30462.5	kg
M1-1=	14755.13	kg-m
M2-2=	48266.85	kg-m



FACTORES DE MAYORACIÓN DE CARGAS

Empuje estática activo
 Ea= 14934.38 kg/m
 $\Delta DE_{\text{act}}=$ 7588.84 kg/m
 Fsp= 3827.25 kg/m
 Es+delta= 26350.47 kg/m

Factor de mayoración de carga ponderado para el caso sísmico
 Fcu= 1.40

DISEÑO DE LA ZAPATA POR CORTE

Cortante máximo
 Vmax= 30462.50 kg

Corte Último Máximo

Vu= 42647.5 kg
 recubrimiento= 7.5 cm
 d= 67.5 cm

Corte máximo resistente del concreto

Vc= 59863.02 kg CUMPLE
 phi= 0.75
 Vn/phi= 56863.33 kg

El espesor correcto para soportar la fuerza cortante resultante es de

hz= 0.75 m

DISEÑO POR FLEXIÓN ZAPATA

Asmín= 0.0018bt
 Asmín= 13.5 cm²

Datos para calcular el acero de refuerzo en la zapata

f'c= 280 kg/cm²
 fy= 4200 kg/cm²
 b= 100 cm
 e= 75.00 cm

Inferior:

recubrimiento= 7.5 cm
 di= 67.50 cm

Superior:

recubrimiento= 7.5 cm
 ds= 67.50 cm

Momento último en puntera

Mu= 20657.175 kg-m

Momento último en talón

Mu= 67573.59 kg-m

Factor de minoración por flexión

phi= 0.90
 d= 37.67 cm

Espesor requerido por flexión (tracción fibra superior)

e= 42.67 cm

Por lo tanto el espesor de la zapata: 75.00 cm CUMPLE

Acero mínimo

Asmín= 0.0018bt
 Asmín= 13.50 cm²/m

Acero en puntera

d= 67.50 cm
 ñ= 5.67
 Asp= 8.18 cm²/m

NO SE USARÁ EL VALOR CALCULADO SI NO LA CANTIDAD DE ACERO MÍNIMO

As= 13.5 cm²/m

Ø3/4	@	20.00	cm
------	---	-------	----

Acero en talón

d= 67.50 cm
 ñ= 5.666666667
 Ast= 27.47 cm²/m

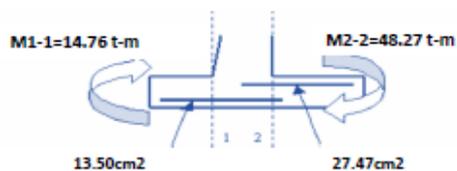
SE USARÁ LA CANTIDAD DE ACERO CALCULADO

As= 27.47 cm²/m

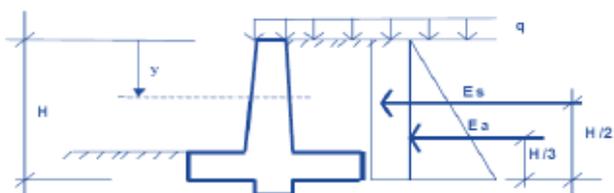
Ø1"	@	20.00	cm
-----	---	-------	----

Momentos flectores máximos y acero de refuerzo en secciones críticas

1 2



DISEÑO DE LA PANTALLA
CASO 1: EMPUJE DE TIERRA + SOBRECARGA VEHICULAR



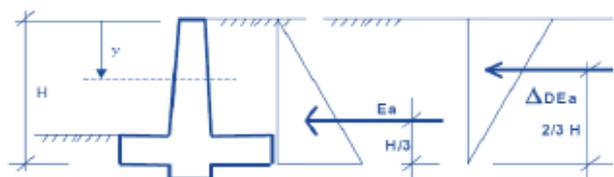
Empuje activo de la tierra
 $E_a = 265.50y^2$ (kg/m)
 Aplicado a: $y/3$

Empuje de la sobrecarga
 $E_s = 29.50y$ (kg/m)
 Aplicado a: $y/2$

Empuje total:
 $E_{a+s} = 265.50y^2 + 29.50y$ (kg/m)

Momento total M_{a+s}
 $M_{a+s} = 88.50y^3 + 14.750y^2$ (kg-m)

CASO 2: EMPUJE DE TIERRA + SISMO



Empuje activo de la tierra
 $E_a = 265.50y^2$ (kg/m)
 Aplicado a: $y/3$

Incremento dinámico del empuje activo de la tierra
 $\Delta DE_a = 134.913y^2$
 Aplicado a: $2y/3$

Fuerza sísmica del peso propio

Triángulo

$F_{spp} = 16.0y^2$ kg
 Aplicado a : $y/3$

Rectángulo

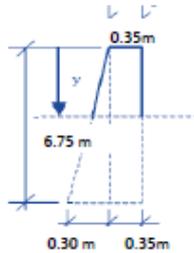
$F_{spp} = 189.0y$ kg
 Aplicado a : $y/2$

Empuje total

$E_{a+\Delta} = 400.413y^2 + 205.0y$

Momento total

$M_{a+\Delta} = 88.50y^3 \quad 89.942y^3$
 $5.330y^2 \quad 94.50y^2$
 $M_{a+\Delta} = 178.442y^3 \quad 99.830y^2$



CASO 1: EMPUJE DE TIERRA + SOBRECARGA VEHICULAR

Corte último V_u

$V_u = 451.350y^2 + 50.150y$ kg/m

Momento último M_u

$M_u = 150.450y^3 \quad 25.075y^2$ kg-m

CASO 2: EMPUJE DE TIERRA + SISMO

Corte último V_u

$V_u = 560.580y^2 + 287.0y$ kg/m

Momento último M_u

$M_u = 249.820y^3 \quad 139.760y^2$ kg-m

SOLICITACIONES ÚLTIMAS DE CORTE Y MOMENTO

y (m)	CASO 1		CASO 2		SOLICITACIONES MÁX.	
	V_u (kg)	M_u (kg-m)	V_u (kg)	M_u (kg-m)	V_u (kg)	M_u (kg-m)
1	501.5	175.525	847.58	389.58	847.58	389.58
2	1905.7	1303.9	2816.32	2557.6	2816.32	2557.6
3	4212.6	4287.825	5906.22	8002.98	5906.22	8002.98
4	7422.2	10030	10117.28	18224.64	10117.28	18224.64
5	11534.5	19433.125	15449.5	34721.5	15449.5	34721.5
6	16549.5	33399.9	21902.88	58992.48	21902.88	58992.48
6.75	20903.14688	47412.90703	27478.67625	83199.17531	27478.6763	83199.1753

El espesor de la pantalla es variable en función de la altura del muro, se rige por $F(y)$

$$F(y) = 0.0593y + 35.$$

La altura útil es variable $d(y)$, se considera el recubrimiento

$$r_e = 7.50 \text{ cm}$$

El corte máximo también es variable:

$$\Phi V_c = 665.14d(y)$$

El acero de refuerzo mínimo es variable:

$$A_{s\text{mín}} = 0.0018bf(y)$$

$$A_{s\text{mín}} = 0.18F(y)$$

SOLICITACIONES ÚLTIMAS DE CORTE Y MOMENTO

y (m)	V_u (kg)	M_u (kg-m)	$F(y)$ (cm)	$d(y)$ (cm)	ΦV_c (kg)	$A_{s\text{mín}}$ (cm ² /m)	$A_{s\text{requerido}}$ (cm ² /m)
1	847.58	389.58	40.9	33.4	22215.676	7.36	0.31
2	2816.32	2557.6	46.9	39.4	26206.516	8.44	1.72
3	5906.22	8002.98	52.8	45.3	30130.842	9.5	4.72
4	10117.28	18224.64	58.7	51.2	34055.168	10.57	9.57
5	15449.5	34721.5	64.7	57.2	38046.008	11.65	16.48

6	21902.88	58992.48	70.6	63.1	41970.334	12.71	25.65
6.75	27478.67625	83199.17531	75.0	67.5	44696.95	13.5	34.13

Verificación del espesor de pantalla por flexión:

d=	41.8	cm	
F=d+re			
F=	49.30	cm	CUMPLE

ACERO EN LA PANTALLA

Se observa continuidad en valor superior de acero mínimo entre 1m y 4m.

As= 10.57cm²/ml

Φ3/4"	@	30	cm
		0.25	0.268684957

En la base de la pantalla el requerimiento de acero es mayor.

As= 34.13cm²/ml

Φ1"	@	15	cm
-----	---	----	----

ACERO DE REFUERZO DEFINITIVO

PANTALLA CARA INTERIOR

Pantalla Hasta y=3m

Φ3/4"	@	30	cm
-------	---	----	----

Pantalla De y= 4m a y=5m

Φ1"	@	15	cm
-----	---	----	----

PANTALLA CARA EXTERIOR

Asret/temp= 2.64cm²/ml

Φ3/8"	@	30	cm
-------	---	----	----

Φ1/2"	@	30	cm
-------	---	----	----

ZAPATA

Cara inferior

Φ3/4"	@	20.00	cm
-------	---	-------	----

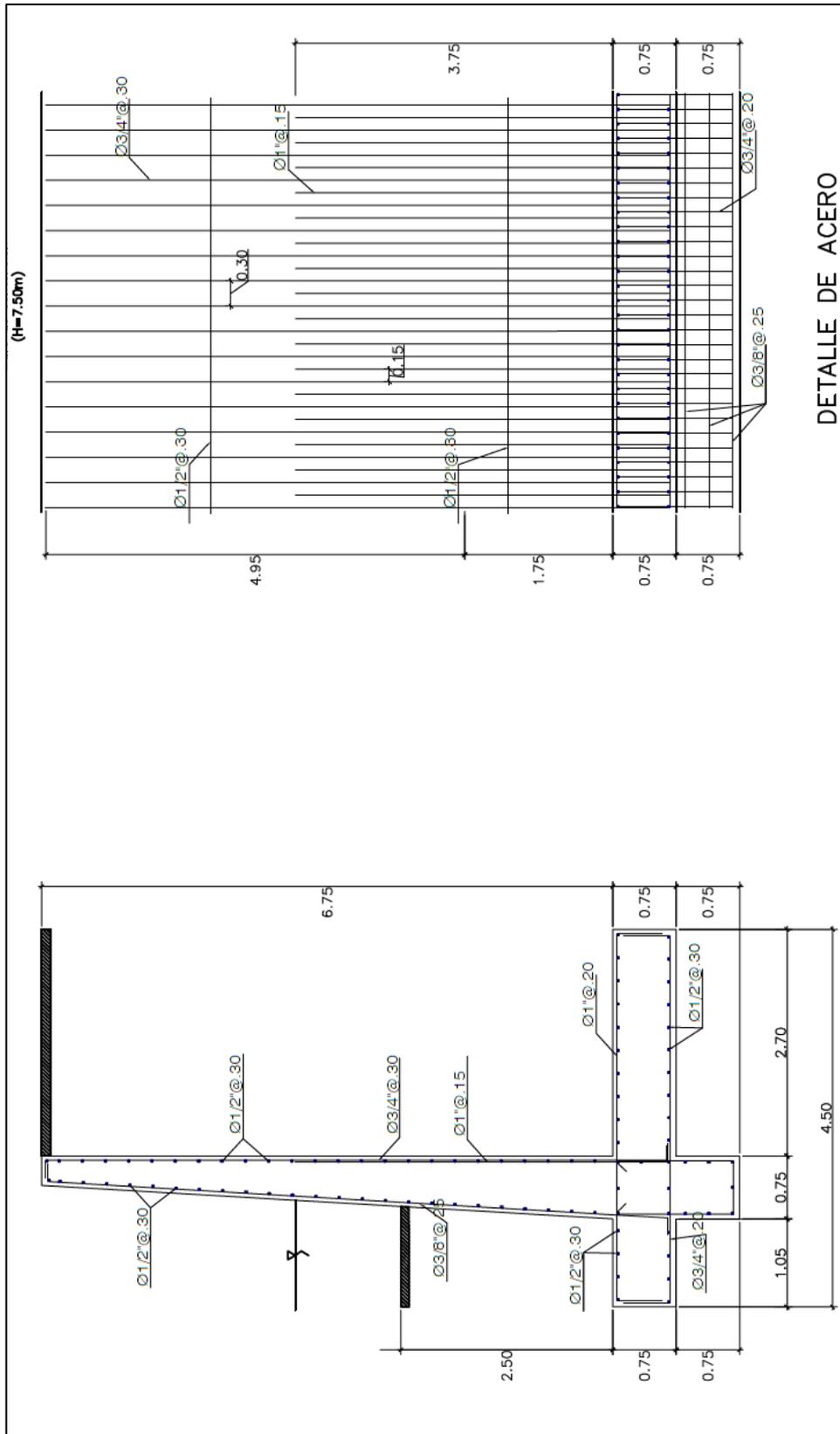
Cara superior

Φ1"	@	20.00	cm
-----	---	-------	----

Asret/temp= 2.64cm²/ml

Φ1/2"	@	30	cm
-------	---	----	----

Anexo 30: Detalles de muro de contención



Anexo 31 Cálculo de diámetro medio- Método de Maynard

ENROCADO (Diámetro medio- Método de Maynard)

Fórmula de Maynard

$$d_{50} = C_1 * F^3 * y$$

datos a ingresar

calculados

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

VALORES DE C₁

TALUD	C ₁
PLANO	0.28
1V : 3H	0.28
1V : 2H	0.32

VALORES DE C₂

UBICACIÓN	C ₂
Tramo en curva	1.50
Tramo recto	1.25
Extremo de espigones	2.00

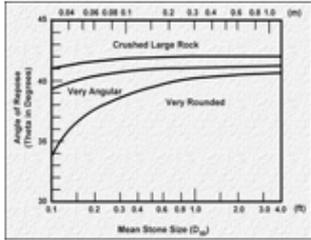
DATOS

C₁	0.32
C₂	1.40
V	4.71
y	3.89

Encontramos el número de Froude

F	1.07
d₅₀	1.52

Anexo 32: Cálculo de diámetro medio- Método de Maynard

DISEÑO DE DEFENSAS ROCA ACOMODADA - BATASOL CHOSICA CÁLCULO DE DIÁMETRO DE LA ROCA		Proyecto: Modelamiento hidráulico para diseño de defensa ribereña en el sector Batasol - Chosica, 2019.
		Hecho por : jchtineo Fecha : Mayo 2019
De acuerdo al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje para carreteras del MTC (RD-20-2011-MTC-14); ítem 4.1.1.5.5 OBRAS DE PROTECCIÓN, se determina el tamaño de la piedra de protección mediante los métodos de la U.S Department of Transportation		
Determinación De Tamaño del Material D_{50}	$D_{50} = \frac{0.001V_a^3}{d_{avg}^{0.5} K_1^{1.5}}$	
	$K_1 = \left[1 - \frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi} \right]^{0.30}$	
		
	Angulo: 02:01	
Theta: 25.00	Angulo del enrocado con la horizontal	
Fi: 40.00	Angulo de estabilidad del material	de nomograma
K1: 0.75		
V_a : 4.71	m/s, Velocidad media	15.434 pies/s
d_{av} : 3.89	m, tirante medio	8.286 pies
D_{50} : 0.48	m, diámetro medio	1.953 pies
Factor de corrección por gravedad específica:		
	Donde: S_g	Gravedad específica del enrocado
	S_g	2.65
$C_{FS} = \left(\frac{SF}{1.2} \right)^{1.5}$		
C_{FS}		1.00

Factor de corrección por estabilidad:

Donde: SF Factor de estabilidad aplicado

SF 1.60

C_{Fs} 1.54

C 1.54

D_{60} 0.74

Redondeando:

D_{50} 0.80 m, diámetro medio de diseño

Limites de gradación del Enrocado.

Rango de Tamaño de Particula (m)			% que pasa
1.20	a	1.36	100
0.96	a	1.12	85
0.80	a	0.92	50
0.32	a	0.48	15

2 Espesor mínimo del Enrocado T

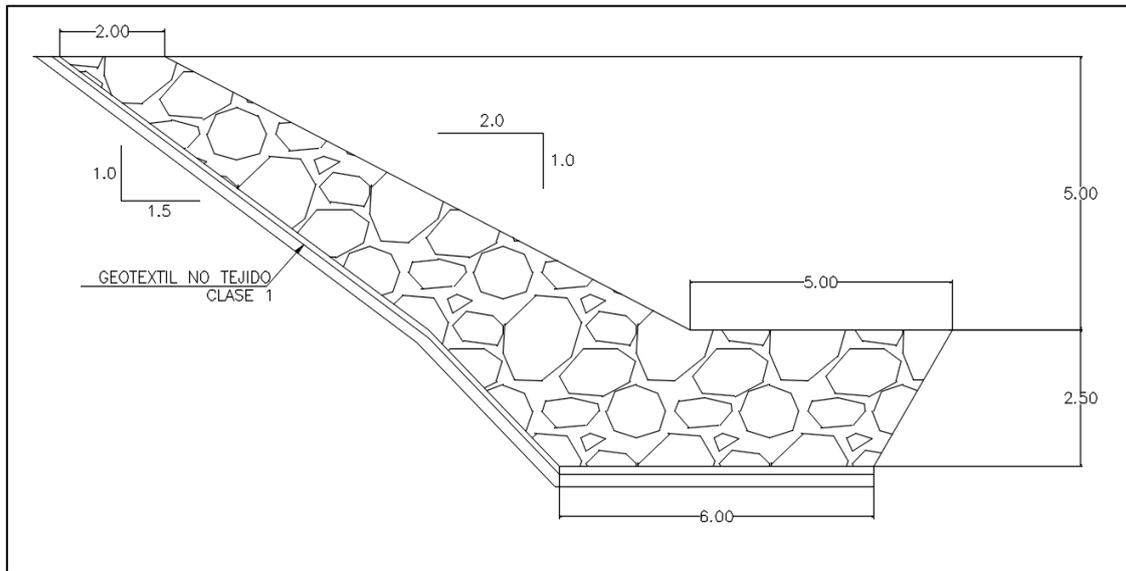
T mínimo 0.30 m, Valor mínimo requerido para maniobrabilidad.

$T=D_{100}$ 1.36 m, Valor Calculado

$T=1.5D_{50}$ 1.20 m, Valor Calculado

T diseño 1.36 Sugerido, pudiendo ser mayor => T diseño 1.50 m

Anexo 33: Diseño de enrocado



Dimensionado de enrocado propuesto para el sector Batasol en Chosica.

Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, **Mg. Leopoldo Choque Flores**, docente de la Facultad de **Ingeniería** y Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Universidad César Vallejo Filial Ate (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada "**MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL RÍO RÍMAC, SECTOR BATASOL, DISTRITO DE LURIGANCHO – CHOSICA, LIMA, 2019**", del (de la) estudiante **Jefrey Jared Chapañan Tineo**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **21%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 05 de julio de 2019



Firma

Mg. Leopoldo Choque Flores

DNI: 42289035

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Pantallazo del Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome
ev:turnitin.com/app/carta/es?student_user=180=114840933986&lang=es&u=1068077849

feedback studio Jeffrey Jared Chapoñan Tineo | Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el río Rimac, sector Batasol, Distrito de Lurigancho-...

Resumen de coincidencias

21 %

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	6 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
4	www.scribd.com Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.unival.edu... Fuente de Internet	1 %
6	edoc.site Fuente de Internet	1 %
7	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el río Rimac, sector Batasol, Distrito de Lurigancho-Chosica, Lima, 2019.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ATE

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR
Jeffrey Jared Chapoñan Tineo (0000-0002-7747-8737)

Página: 1 de 192 | Número de palabras: 32967

Autorización de la Versión Final del Trabajo de Investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE:

Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Jefrey Jared Chapoñan Tineo

TÍTULO DE LA TESIS:

MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA EN EL RÍO RÍMAC, SECTOR BATASOL, DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA, LIMA, 2019

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA: 05 de julio de 2019

NOTA O MENCIÓN: 14



LEOPOLDO CHOQUE FLORES

NOMBRE Y FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN (SELLO DE LA ESCUELA)