

"AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL MAR DE GRAU"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creado por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA MINAS CIVIL AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - LIRCAY



TESIS

"ESTUDIO Y ANALISIS COMPARATIVO ENTRE MUROS DE
CONTENCIÓN CON CONTRAFUERTE Y MUROS DE CONCRETO
ARMADO EN HUANCABELICA"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
ESTRUCTURAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

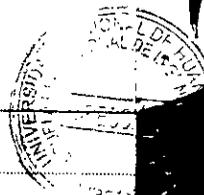
Bach. MATAMOROS HUAMAN, WALDIR GERRY

ASESOR:

ÑAHUI GASPAS, ANDRES ZOSIMO

LIRCAY - HUANCABELICA

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
FOLIO QUE LA PRESENTE ES 0001
LA ORIGINAL QUE TENGO A LA VISTA
HUANCAMELICA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Lejandra Rodrigo Quiroa Castro
SECRETARIO GENERAL

28 SEP 2016

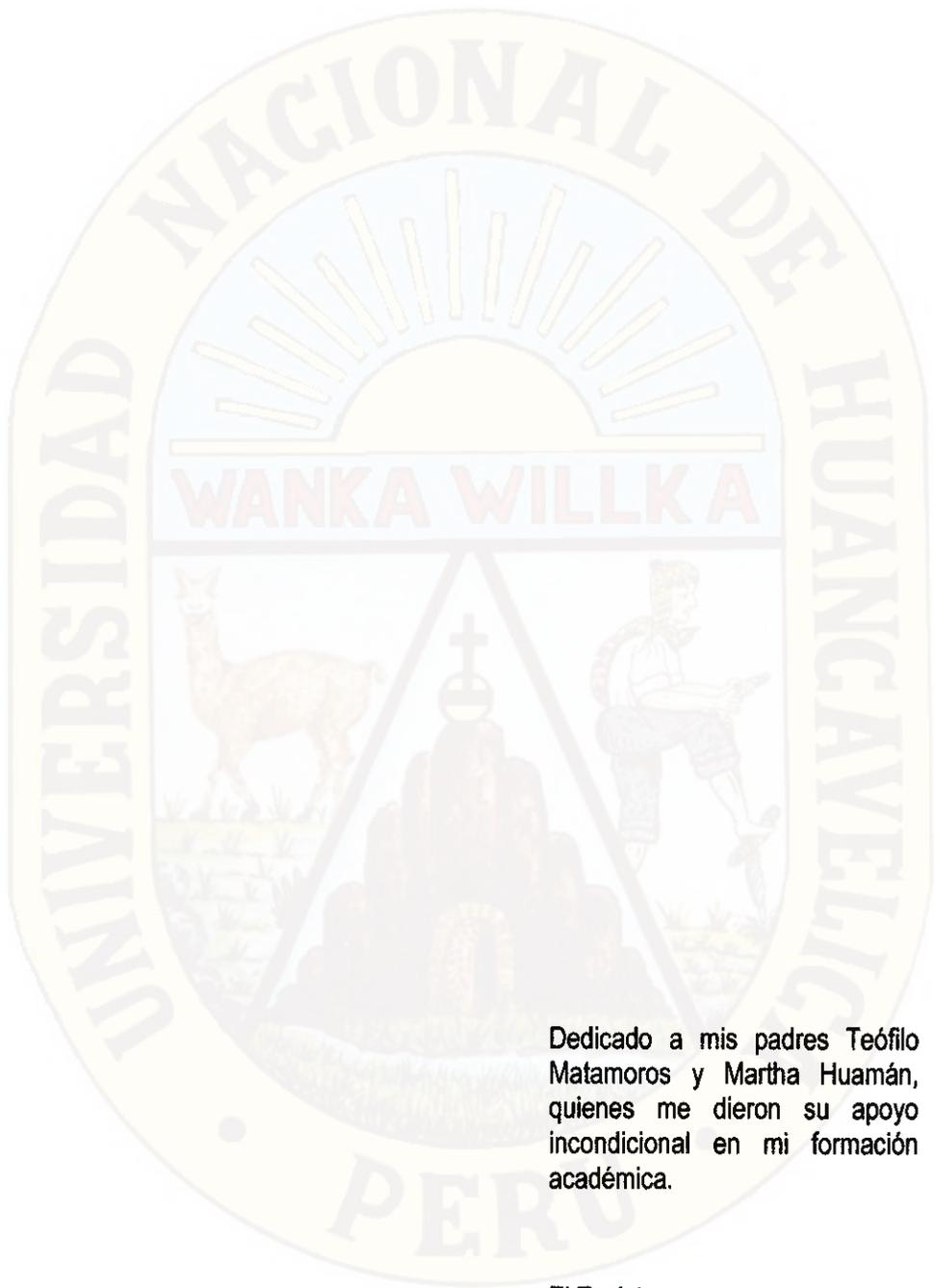
PARANINFORME DE LA FACULTAD DE INGENIERIA MINAS CIVIL AMBIENTAL, EN LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - LIRKAY A LOS VEINTITRES DIAS DEL MES DE JUNIO DEL 2016, SIENDO LAS 12:00 DE MEDIO DIA SE INSTALO LOS MIEMBROS DEL JURADO EN BASE A LA RESOLUCION DE CONCEPTO DE FACULTAD N° 212-2016-FIMCA-UNH DE FECHA 09 DE JUNIO DEL 2016 EN LA CUAL SE RESUELVE.

ARTICULO PRIMERO: APROBAR LA HORA Y FECHA PARA LA SUSTENTACION DE TESIS CUYO TITULO ES "ESTUDIO Y ANALISIS COMPARATIVO ENTRE MUROS DE CONCRECION CON CONTRAFUERTE Y MUROS DE CONCRETO ARMADO EN HUANCAMELICA", SIENDO EL RESPONSABLE DEL PROYECTO DE INVESTIGACION BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL, MATAMOROS HUAMAR, WALDIR GERRY SIENDO LOS MIEMBROS DEL JURADO: ING. ENRIQUE RIGOBERTO, CAMARCE OSEDA (PRESIDENTE), ING. URIEL NEIRA CALSIN (SECRETARIO), LIC. FRANKLIN SUNCHACQUI GUTIERREZ (VOCAL), CON LA FINALIDAD DE EVALUAR LA SUSTENTACION DE TESIS REFERIDO.

INMEDIATAMENTE DESPUES SE PROCEDEO CON LA INTERVENCION DEL PRESIDENTE DANDO LAS INSTRUCCIONES CORRESPONDIENTES PARA EL INICIO DE LA SUSTENTACION, SEGUROAMENTE TERMINADO LA SUSTENTACION DE LA TESIS SE PROCEDEO A LA FORMULACION DE PREGUNTAS POR LOS MIEMBROS DEL JURADO LAS CUALES FUERON ABSUELTAS POR EL TITULADO. LOS MIEMBROS DEL JURADO DESPUES DE UN INTENSO DEBATE SE RESUELVE: APROBAR LA SUSTENTACION DE TESIS POR UNANIMIDAD SIENDO LAS 2:45 PM DEL VEINTITRES DEL MES DE JUNIO DEL 2016, EN SEÑAL DE CONFORMIDAD FIRMAN AL DIA DEL PRESENTE.

ING. URIEL NEIRA CALSIN
(SECRETARIO)

Ing. Enrique Camarce Osada
PRESIDENTE



Dedicado a mis padres Teófilo Matamoros y Martha Huamán, quienes me dieron su apoyo incondicional en mi formación académica.

El Tesista.

AGRADECIMIENTOS

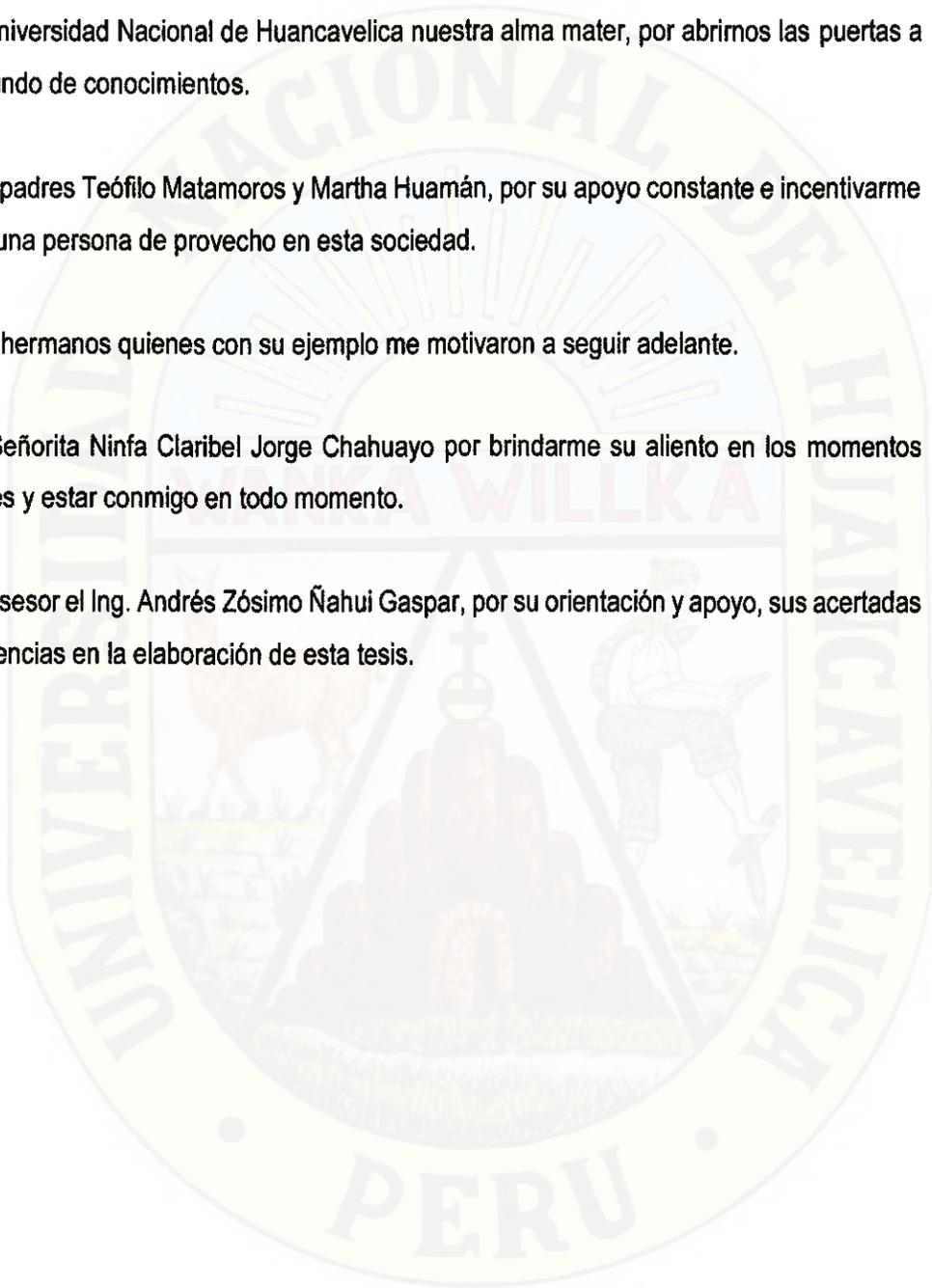
A la universidad Nacional de Huancavelica nuestra alma mater, por abrimos las puertas a un mundo de conocimientos.

A mis padres Teófilo Matamoros y Martha Huamán, por su apoyo constante e incentivar me a ser una persona de provecho en esta sociedad.

A mis hermanos quienes con su ejemplo me motivaron a seguir adelante.

A la Señorita Ninfa Claribel Jorge Chahuayo por brindarme su aliento en los momentos difíciles y estar conmigo en todo momento.

A mi asesor el Ing. Andrés Zósimo Ñahui Gaspar, por su orientación y apoyo, sus acertadas sugerencias en la elaboración de esta tesis.

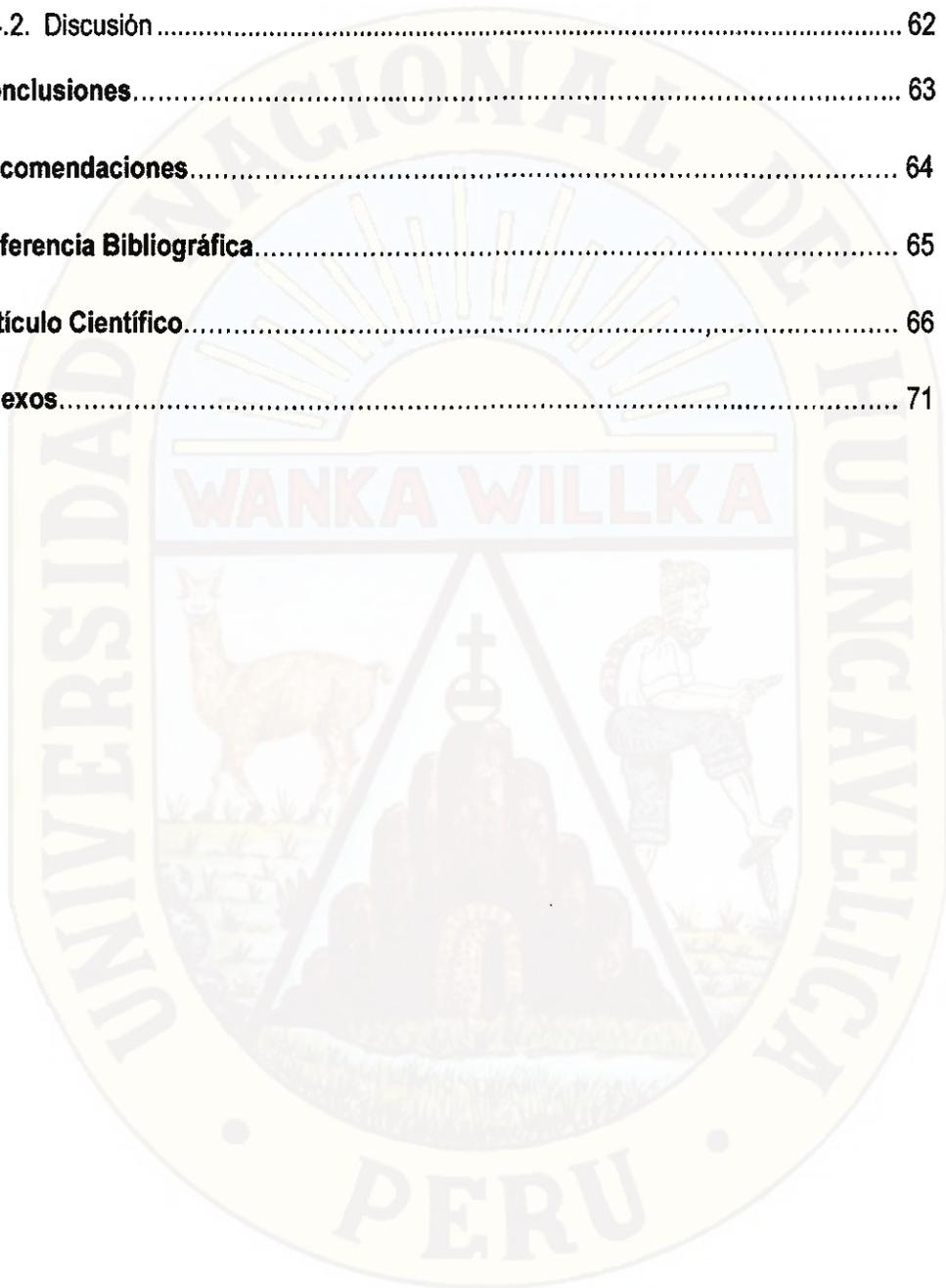


Índice

Capítulo I: Problema	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema	1
1.3. Objetivos: General y Específicos	2
1.4. Justificación	2
Capítulo II: Marco Teórico.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Bases Teóricas	6
2.2.1. Estudio Hidrológico.....	6
2.2.2. Estudio Hidráulico.....	6
2.2.3. Socavación En Ríos	7
2.2.4. Teoría de Muros De Contención.....	10
2.3. Hipótesis.....	19
2.4. Variables de Estudio.....	20
Capítulo III: Metodología de Investigación	21
3.1. Ámbito de Estudio.....	21
3.2. Tipo de Investigación.....	21
3.3. Nivel de Investigación.....	21
3.4. Método de Investigación.....	21
3.5. Diseño de Investigación.....	21
3.6. Población, Muestra, Muestreo	22
3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	22
3.8. Procedimiento de Recolección de Datos	22
3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	22

Capítulo IV: Resultados	23
4.1. Presentación De Resultados	23
4.1.1. Aspectos Generales	23
4.1.2. Información Hidrometeorológica y Cartográfica en el Estudio	23
4.1.3. Reconocimiento de Campo.....	24
4.1.4. Análisis de la Cuenca	24
4.1.5. Características topográficas de la Subcuenca.....	26
4.1.6. Curva Hipsométrica	26
4.1.7. Forma de la Cuenca	27
4.1.8. Sistema de Drenaje	28
4.1.9. Análisis Hidrológico	29
4.1.9.1 Tiempo de Concentración.....	30
4.1.10. Hietogramas, Curvas IDF, Ecuación IILA SENAMI.....	30
4.1.11. Periodo De Retorno	39
4.1.12. Características Previas de Diseño.....	39
4.1.12.1. Cálculo del Número de Curva.....	39
4.1.12.2. Cálculo de la Abstracción Inicial	40
4.1.12.3. Cálculo de la Pendiente del Cauce	41
4.1.13. Selección de la Metodología de Diseño.....	41
4.1.14. Esquema General Modelamiento HEC-HMS.....	42
4.1.14.1. Evaluación del Caudal de Diseño	42
4.1.15. Análisis Hidráulico	43
4.1.15.1. Simulación Hidráulica	43
4.1.16. Cálculo de Socavación	48
4.1.17. Calculo de la Estabilidad del Muro De Contención	53

4.1.18. Calculo de Esfuerzos en los Muros	58
4.2. Discusión	62
Conclusiones	63
Recomendaciones	64
Referencia Bibliográfica	65
Artículo Científico	66
Anexos	71



Lista de figuras

Figura N° 1: Sección vertical y horizontal de los muros de contención de la terraza del templo de Demeter en Pergamon.....	4
Figura N° 2: Sección Transversal en Cauce Principal Definido.....	8
Figura N° 3: Sección Transversal de Cauce Principal Indefinido	8
Figura N° 4: Cauce Principal del Rio	10
Figura N° 5: Detalle muro de contención concreto armado	11
Figura N° 6: Detalle muro de contención Con Contrafuertes.....	12
Figura N° 7: Tipos de Nodos de Un Elemento.....	14
Figura N° 8: Discretización del Dominio en elementos Bidimensionales.....	15
Figura N° 9: Transformación en dos Dimensiones De Algunos Elementos.....	16
Figura N° 10: Ensamblaje de la Matriz K.....	16
Figura N° 11: Cuadrángulo de la Sub cuenca del río Ichu.....	24
Figura N° 12: ArcGIS, Cuenca del río Ichu	25
Figura N° 13: ArcGIS, Resultados Cuenca del río Ichu	25
Figura N° 14: Reclasificación del DEM para la obtención de áreas en las diferentes alturas – ArcGis.....	26
Figura N° 15: Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes sub cuenca río Ichu	27
Figura N° 16: Orden de la red de drenaje	28
Figura N° 17: Precipitaciones ILLA SENAMHI-Huancavelica.....	32
Figura N° 18: Grafico de Hietograma para $T_r = 25$ años.	35
Figura N° 19: Grafico de Hietograma para $T_r = 50$ años.	35
Figura N° 20: Grafico de Hietograma para $T_r = 100$ años.	36
Figura N° 21: Grafico de Hietograma para $T_r = 200$ años.	36
Figura N° 22: Grafico de Hietograma para $T_r = 500$ años.	37
Figura N° 23: Grafico de Hietograma para $T_r = 1000$ años.	37
Figura N° 24: Modelamiento HEC-HMS cuenca río Ichu - Model Manager.....	42
Figura N° 25: Caudales máximos VS Tiempo de retorno	43
Figura N° 26: HEC-RAS - Planta General río Ichu	44
Figura N° 27: Coeficientes de Manning río Ichu – Malecón.....	44

Figura N° 28: Perfil Longitudinal para un periodo de retorno de 100 años – Malecón	45
Figura N° 29: Perfil de velocidades – Malecón.....	45
Figura N° 30: Dimensionamiento del Muro.....	53
Figura N° 31: Fuerzas Actuantes en el Muro.....	53
Figura N° 32: Muro De Contrafuertes.....	56
Figura N° 33: Sección Transversal Muro de Contrafuertes	56
Figura N° 34: Presión de Tierra elemento Shell	58
Figura N° 35: Presión de Agua elemento Shell	59
Figura N° 36: Esfuerzos Producidos En El Muro de Contención.....	59
Figura N° 37: Presión de Tierra elemento Shell	60
Figura N° 38: Presión de Agua elemento Shell	60
Figura N° 39: Esfuerzos Producidos En El Muro de Contención.....	61
Figura N° 40: Caudales Máximos, periodo de retorno $T_r=100$ años.....	68
Figura N° 41: Secciones Transversales Río Ichu Malecón Virgen de la Candelaria Y Del Carmen.....	68
Figura N° 42: Socavación y altura del muro de contención en voladizo y contrafuerte	69
Figura N° 43: Muro de Contención en Voladizo	69
Figura N° 44: Muro de Contención en Contrafuerte	69
Figura N° 45: Modelamiento HEC-HMS cuenca río Ichu - Model Manager.....	72
Figura N° 46: Modelamiento HEC-HMS cuenca río Ichu - Metereologic Models.....	73
Figura N° 47: Modelamiento HEC-HMS cuenca río Ichu – Malecón	73
Figura N° 48: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 25 años – Precipitación Efectiva	74
Figura N° 49: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 25 años – Caudal Máximo	74
Figura N° 50: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 25 años – Resumen	75
Figura N° 51: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 50 años – Precipitación Efectiva	75
Figura N° 52: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 50 años – Caudal Máximo.....	76

Figura N° 53: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 50 años – Resumen	76
Figura N° 54: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 100 años – Precipitación Efectiva	77
Figura N° 55: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 100 años – Caudal Máximo	77
Figura N° 56: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 100 años – Resumen	78
Figura N° 57: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 200 años – Precipitación Efectiva	78
Figura N° 58: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 200 años – Caudal Máximo	79
Figura N° 59: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 200 años – Resumen	79
Figura N° 60: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 500 años – Precipitación Efectiva	80
Figura N° 61: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 500 años – Caudal Máximo	80
Figura N° 62: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 500 años – Resumen	81
Figura N° 63: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 1000 años – Precipitación Efectiva	81
Figura N° 64: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 1000 años – Caudal Máximo	82
Figura N° 65: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 1000 años – Resumen	82
Figura N° 66: Sección Transversal Sección 0 Y 20	83
Figura N° 67: Sección Transversal Sección 40 y 60	83
Figura N° 68: Sección Transversal Sección 80 y 100	83
Figura N° 69: Sección Transversal Sección 120 y 140	84
Figura N° 70: Sección Transversal Sección 160 y 180	84

Figura N° 71: Sección Transversal Sección 200 y 220	84
Figura N° 72: Sección Transversal Sección 240 y 260	85
Figura N° 73: Sección Transversal Sección 280 y 300	85
Figura N° 74: Sección Transversal Sección 320 y 340	85
Figura N° 75: Sección Transversal Sección 360 y 380	86
Figura N° 76: Sección Transversal Sección 400 y 420	86
Figura N° 77: Sección Transversal Sección 440 y 460	86
Figura N° 78: Sección Transversal Sección 480 y 500	87
Figura N° 79: Sección Transversal Sección 520 y 540	87
Figura N° 80: Sección Transversal Sección 560 y 580	87
Figura N° 81: Sección Transversal Sección 500 y 520	88
Figura N° 82: Sección Transversal Sección 640 y 660	88
Figura N° 83: Sección Transversal Sección 680 y 700	88
Figura N° 84: Sección Transversal Sección 720 y 740	89
Figura N° 85: Sección Transversal Sección 760 y 780	89
Figura N° 86: Sección Transversal Sección 800 y 820	89
Figura N° 87: Sección Transversal Sección 840 y 860	90
Figura N° 88: Sección Transversal Sección 880 y 900	90
Figura N° 89: Sección Transversal Sección 920 y 940	90
Figura N° 90: Sección Transversal Sección 960 y 978.25.....	91
Figura N° 91: Simulación Hidráulica, Vista 3D - HEC-RAS	91

Índice de tablas

Tabla N° 1: Técnicas e Instrumentos De Recolección De Datos.....	22
Tabla N° 2: Características topográficas de la Sub cuenca del Río Ichu.....	26
Tabla N° 3: Resumen parámetros geomorfológicos.....	29
Tabla N° 4: Tiempo de Concentración	30
Tabla N° 5: Parámetros Regionales IILA SENAMHI	31
Tabla N° 6: Precipitaciones (mm) para distintos periodos de retorno.....	32
Tabla N° 7: Intensidades (mm/hr) para distintos periodos de retorno.	33
Tabla N° 8: Curvas IDF Huancavelica - Huancavelica para distintos periodos de retorno.	33
Tabla N° 9: Hietogramas - Precipitaciones.....	34
Tabla N° 10: Hietogramas - Intensidades.....	38
Tabla N° 11: Grupo de suelo hidrológico, para el cálculo del CN.....	39
Tabla N° 12: Cálculo de la Curva Número.	40
Tabla N° 13: Número de Curva para condiciones antecedentes de humedad promedio. .	40
Tabla N° 14: Abstracciones Iniciales	41
Tabla N° 15: Tiempo de retraso	41
Tabla N° 16: Resumen de Caudales de diseño en m ³ /s.....	42
Tabla N° 17: HECRAS, Características Hidráulicas de las Secciones	48
Tabla N° 18: Resultados de cálculo de socavación Secciones 978.25-400	49
Tabla N° 19: Resultados de cálculo de socavación Secciones 380-0	50
Tabla N° 20: Cálculo de Altura de Muro de defensa Ribereña – Malecón, Secciones 978.25-400	51
Tabla N° 21: Cálculo de Altura de Muro de defensa Ribereña – Malecón, Secciones 380-0	52
Tabla N° 22: Resultado Altura Del Muro	52
Tabla N° 23: Coeficiente Ka	54

Resumen

El proyecto de investigación se realiza con el objetivo de hacer una contribución a la ingeniería civil en las ramas de la hidráulica y estructuras. Ya que esta investigación está basada en analizar y comparar los esfuerzos en muros de contención, como no solamente se comportan como muros de contención sino que también se utilizaran como defensa ribereña a lo largo de la zona de estudio en este caso el malecón Virgen de la Candelaria y del Carmen ubicada en la ciudad de Huancavelica.

Por este motivo se procederá al dimensionamiento del muro, cuidando que el nivel máximo del río Ichu en avenidas máximas no sobrepase la altura de nuestro muro en estudio por ende con la ayuda de la hidráulica pluvial se procederá al cálculo de los diferentes caudales máximos para los diferentes periodos de retorno, para estos cálculos se utilizaran métodos que se presentan dentro del contenido de la investigación.

La investigación desarrollada en esta tesis, comprende el modelamiento numérico mediante la técnica de elementos finitos aplicado al cálculo de esfuerzos en muros de contención de concreto armado y muros en contrafuertes.

Introducción

Un muro de contención es toda estructura continua de forma pasiva que produce un efecto estabilizador sobre una masa de suelo, en unas ocasiones en un terreno natural y en otras en un relleno artificial. El cuerpo del muro trabaja esencialmente a flexión y la compresión vertical debida a su propio peso es un factor estabilizante. En algunas situaciones el muro desempeña una segunda misión que es la de transmitir cargas verticales a terreno, desempeñando una función de cimientado. Los muros de contención se comportan básicamente como voladizos empotrados en su base.

Actualmente existen programas de elementos finitos muy útiles en el modelamiento y diseño de estructuras, como es el caso del programa SAP 2000, que puede ser fácilmente utilizado en el estudio de muros de contención lateral y demás aplicaciones en ingeniería de fundaciones en las que los modelos se utilizan para analizar el fenómeno de esfuerzo-deformación del suelo de acuerdo al tipo de estructura que lo afecte. Los procedimientos de entrada gráfica permiten una rápida generación de complejos modelos de elementos finitos, y las facilidades de salida ofrecen una presentación detallada de los resultados computacionales. El cálculo es totalmente automatizado y basado en consistentes procedimientos numéricos. Los códigos de los programas y los modelos del suelo se han desarrollado con gran cuidado; sin embargo no es posible garantizar que los resultados obtenidos sean 100% libres de errores.

Por otra parte la simulación de problemas geotécnicos mediante el método de elementos finitos inevitablemente lleva implícito errores numéricos y de modelado, la precisión depende en gran forma de la experiencia del usuario con respecto a la modelización del problema, la comprensión del modelo de los suelos y sus limitaciones, la selección de parámetros del modelo y la capacidad para juzgar la fiabilidad de los resultados computacionales, por lo tanto un programa de elementos finitos arroja resultados más certeros cuando es utilizado por personas que tienen un buen conocimiento del material que se trabaja y de los principios del método de elementos finitos.

El método de elementos finitos es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería. Está desarrollado para ser usado en computadora y permite resolver ecuaciones diferenciales asociadas a un problema físico sobre geometrías complejas.

El aporte de esta investigación se fundamenta en crear un manual práctico diseñado para ayudar a los nuevos usuarios a familiarizarse con el programa SAP 2000 y su utilización como complemento en los estudios sobre la estructura de contención lateral.

Capítulo I: Problema

1.1. Planteamiento del Problema

La ciudad de Huancavelica presenta una topografía muy irregular con pendientes inclinadas con prominencias y depresiones, por lo que los muros de contención cumplen una función importante para la estabilidad del suelo, el cual nos permitirá la construcción de otras obras de ingeniería tales como viales, edificaciones, encausamiento, etc. Por tanto son componentes de un proyecto que demandan mucho costo.

A todo ello se suma las malas condiciones y el aspecto deteriorado de los muros de contención existentes actualmente, sin ningún tipo de diseño, tratamiento o acabado, para una zona urbana.

1.2. Formulación del Problema

Problema General:

- ¿Qué relación existe entre el muro de contención con contrafuertes y muro de contención de concreto armado, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015?

Problemas Específicos:

- ¿Qué relación existe entre el muro de contención con contrafuertes y sus esfuerzos en el muro de contención, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015?
- ¿Qué relación existe entre el muro de contención con contrafuertes y la estabilidad al deslizamiento en el muro de contención, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015?
- ¿Qué relación existe entre el muro de contención con contrafuertes y la estabilidad al volcamiento en el muro de contención, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015?

1.3. Objetivos: General y Específicos

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la relación que existe entre el muro de contención con contrafuertes y muro de contención de concreto armado, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la relación que existe entre el muro de contención con contrafuertes y sus esfuerzos en el muro de contención, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015.
- Determinar la relación que existe entre el muro de contención con contrafuertes y la estabilidad al deslizamiento en el muro de contención, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015.
- Determinar la relación que existe entre el muro de contención con contrafuertes y la estabilidad al volcamiento en el muro de contención, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015.

1.4. Justificación

Al realizar la presente tesis basada en el estudio y análisis comparativo entre los muros de contención en estudio, se llegara a conocer cuál de los muros es el más óptimo respecto a los parámetros de esfuerzos soportados por los muros, su estabilidad al deslizamiento y volcamiento, entre muros de contención con contrafuertes y muros de concreto armado, en el Malecón Virgen de la Candelaria y del Carmen - Huancavelica.

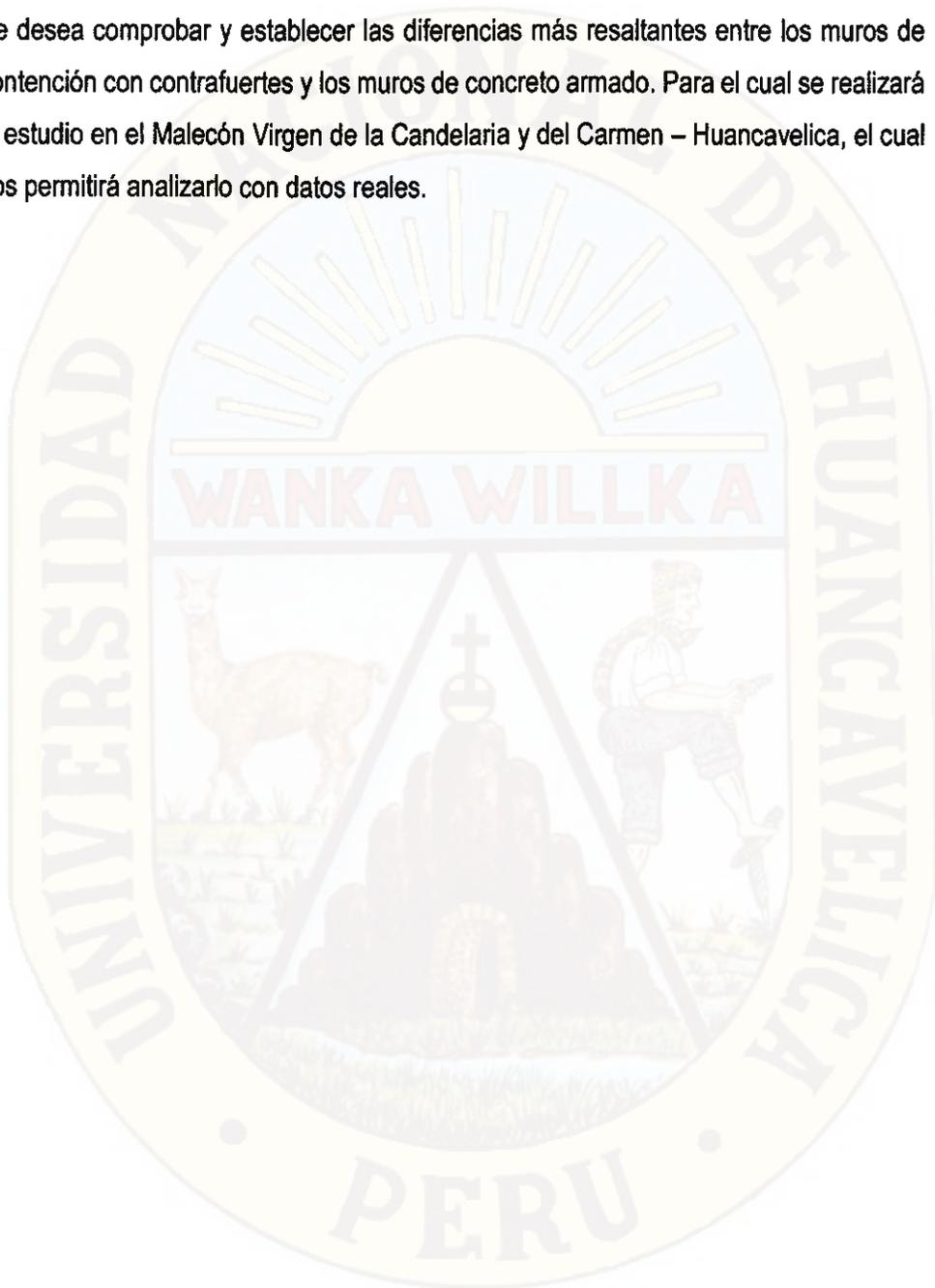
También se plantean los siguientes motivos para justificar dicho estudio:

Teórica:

Los muros de contención con contrafuertes, es una innovación tecnológica, con el cual realizaremos una evaluación comparativa con los muros de contención de concreto que comúnmente se realizan en nuestro ámbito.

Practica:

Se desea comprobar y establecer las diferencias más resaltantes entre los muros de contención con contrafuertes y los muros de concreto armado. Para el cual se realizará el estudio en el Malecón Virgen de la Candelaria y del Carmen – Huancavelica, el cual nos permitirá analizarlo con datos reales.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes

La idea de proporcionar un soporte lateral a masas de tierra mediante el empleo de estructuras de contención, es bastante antigua. Las primeras construcciones de las que se tiene conocimiento en la que se ha empleado este concepto, corresponden a los monumentos megalíticos, con estructuras que datan del año 4000 A.C. Estas construcciones, que son las primeras manifestaciones arquitectónicas de la historia, se emplearon principalmente en la costa atlántica de Europa y en el Mediterráneo Occidental.

En la época de los egipcios, destaca la construcción de muros como medio de contención de las terrazas que soportaban el templo de Demeter en Pergamon, hacia el segundo siglo A.C., considerada una de las mejores estructuras de contención del mundo antiguo. El muro tenía 14 m de altura y una longitud de 80 m, soportado por 15 contrafuertes externos que se encontraban separados a una distancia de 5 m cada uno.

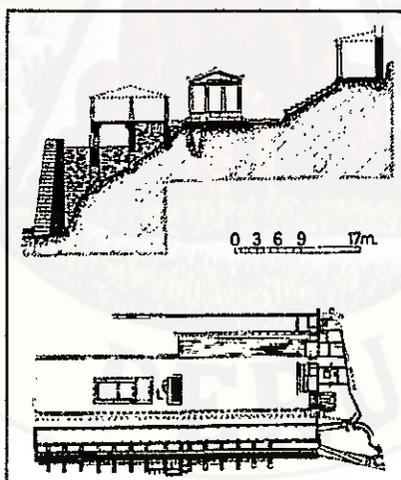


Figura N° 1: Sección vertical y horizontal de los muros de contención de la terraza del templo de Demeter en Pergamon.

Fuente: (Tomada de Kerisel, 1993. History of Retaining Wall Design)

El desarrollo de las civilizaciones trajo consigo el crecimiento de las ciudades, muchas de las cuales fueron fortificadas con muros de grandes alturas con propósitos de

defensa. Esto dio como resultado, la aparición de un tratado de fortificaciones de la Escuela de Alejandría y el primer libro importante de estructuras de contención, donde se ponía de manifiesto la necesidad de mayores espesores de los muros en proporción a sus mayores alturas. Es así como en la Edad Media y durante el Renacimiento, se desarrollaron muchos otros tratados para fortificaciones, las cuales eran construidas principalmente de mampostería. En uno de estos tratados, publicado por Marshal de Vauban en 1684, se señala que el espesor de la base de los muros debía ser función de su altura, recomendando para ello una base de espesor igual a $0,2 \cdot H + 1,48\text{m}$.

Durante muchos siglos no se produjo evolución alguna en cuanto a los materiales desarrollados para la construcción de estructuras de contención de tierras, que como puede verse, eran diseñadas principalmente de mampostería, tanto de piedra como de ladrillo, además del empleo ocasional del adobe. La aparición del concreto a inicios del siglo XIX y su empleo en estas estructuras a partir del siglo XX, ha permitido construir muros con mayores prestaciones estructurales y geométricas, como así también estéticas.

Tanto el concreto, que fue empleado inicialmente en masa, como los materiales tradicionales, han permitido diseñar estructuras que trabajan fundamentalmente por gravedad, en que el peso propio del material aporta la estabilidad a la estructura.

Actualmente, aún se emplean estos materiales para la construcción de este tipo de estructuras de contención, siendo su principal limitación la altura que pueden alcanzar.

Los problemas debidos a la limitación anteriormente señalada, fueron resueltos en parte con el desarrollo del concreto armado, con el cual se han alcanzado mayores alturas, con estructuras más esbeltas y que permiten absorber no solo esfuerzos de compresión, sino también de flexión.

A partir de la incorporación de este material, se ha generado un fuerte desarrollo tecnológico durante todo el siglo XX y, debido a ello, han aparecido nuevas alternativas de solución como complemento a las de uso más tradicional. El avance alcanzado en el desarrollo de estas estructuras ha pasado por la incorporación de nuevos materiales para su diseño, la definición de nuevos métodos constructivos y la creación de nuevos elementos estructurales, a partir de los materiales de uso tradicional.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Estudio Hidrológico

En los proyectos en las cuales se hace uso de los recursos hídricos, como análisis o simulación de cuencas, cálculo de avenidas máximas, para el diseño de obras hidráulicas como en este caso defensas ribereñas las cuales se tratarán en este proyecto de investigación, conllevan a sustentar un sistema hidrológico que comprende desde la entrada de datos tales como precipitaciones y/o caudales de registro en el punto de interés, que es el parámetro importante para los diseños de obras hidráulicas.

En hidrología superficial el objetivo central es la de obtener estos caudales de las corrientes superficiales, para este fin se emplea varios métodos garantizándonos y/o acercándonos lo más real posible.

Para realizar el estudio hidrológico para el presente proyecto de investigación se utilizarán softwares que analizarán el comportamiento de las precipitaciones y convertirlas en escorrentía y así obtener caudales máximos o máximas avenidas para diferentes periodos de retorno las cuales serán necesarias para el diseño el nivel máximo extraordinario del río y así poder realizar un correcto diseño de nuestro muro de contención ya sea con contrafuertes o muro de concreto armado en voladizo.

2.2.2. Estudio Hidráulico

Para determinar el comportamiento del flujo en cauces de ríos con secciones conocidas, es necesario contar con la teoría básica de la hidráulica y las leyes físicas que gobiernan su comportamiento. De las ecuaciones básicas y los principios físicos de movimiento de unidos, se aplican a la solución del flujo gradualmente variado, obteniendo como resultados los niveles o tirantes a lo largo del cauce. También es necesario contar con metodologías para calcular el área y el perímetro mojado en una sección transversal.

Para realizar la simulación Hidráulica del cauce del río Ichu, en la cual se definió como punto de interés el puente del ejército, cuyo fin es la obtención del dimensionamiento de las obras de protección en la margen izquierda del río, en el malecón virgen de la Candelaria y del Carmen. Se verifica el dimensionamiento para los distintos periodos

de retorno; obteniéndose de esta manera las características hidráulicas en cada una de las secciones transversales.

Para dicha simulación se emplea el programa HEC-RAS v4.1 que determina el nivel de superficie libre y las características hidráulicas en cada sección transversal, distinguiéndose éstos en el modelamiento espacial.

HEC-RAS: Simulación Hidráulica Unidimensional.

2.2.2.1. Teoría de Flujo Unidimensional

Se entiende por flujo unidimensional cuando se ignora las variaciones de los cambios en la velocidad y la presión en el sentido perpendicular a la dirección principal del flujo. Para su solución numérica se tiene como base fundamental los tres principios derivados de la física:

- Conservación de la Masa.
- Conservación de la Energía.
- Impulso-Cantidad de Movimiento: Conservación del Momentum.

2.2.3. Socavación En Ríos

La socavación consiste en la profundización del nivel del fondo del cauce de una corriente causada por el aumento del nivel de agua en las avenidas, modificaciones en la morfología del cauce o por la construcción de estructuras en el cauce como puentes, espigones, muros de defensa ribereña, etc.

La socavación comprende el levantamiento y transporte de los materiales del lecho del río en el momento de una avenida o creciente, o por la construcción de una obra dentro del cauce. Debe diferenciarse la socavación de la erosión no recuperable en el sentido de que después de que pase la avenida o se elimine la causa de la socavación en procesos posteriores, comúnmente se vuelven a depositar sedimentos en un proceso cíclico, y se puede recuperar el nivel del fondo del cauce. La socavación está controlada por las características hidráulicas del cauce, las propiedades de los sedimentos del fondo y la forma y localización de los elementos que la inducen.

2.2.3.1. Clasificación de Ríos

Se clasifica en cauce natural definido y cauce natural indefinido.

2.2.3.1.1. Cauce Principal Definido

Se trata de cauces con tres elementos bien definidos, canal principal (main channel), llanura de inundación izquierda (left floodplain), llanura de inundación derecha (right floodplain).

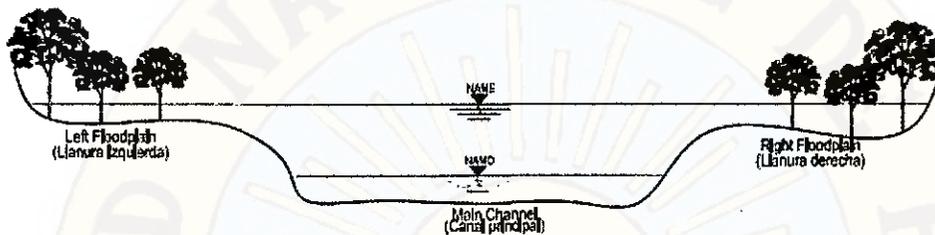


Figura N° 2: Sección Transversal en Cauce Principal Definido

2.2.3.1.2. Cauce Principal Indefinido

Este cauce es cuando existe una superficie casi plana donde el río escurre por varias partes al mismo tiempo.

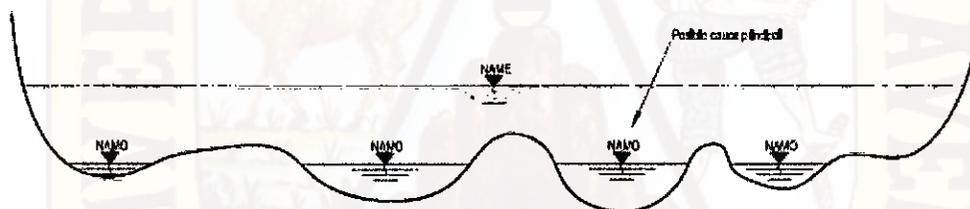


Figura N° 3: Sección Transversal de Cauce Principal Indefinido

2.2.3.2. Socavación Para Suelos Cohesivos

La magnitud de la erosión es de suelos limosos y arcillosos dependen principalmente del peso volumétrico del suelo seco. El valor de la velocidad media que se requiere para degradar el fondo está dada por la expresión.

$$v_e = 0.60\gamma_m^{1.18}\beta H_s^x \quad \text{Suelos Cohesivos}$$

Donde:

v_e = velocidad media suficiente para degradar el cauce en m/seg.

γ = peso volumétrico del material seco que se encuentra a una profundidad H_s , medida desde la superficie del agua (Ton/m³)

β = coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia.

x y z = son exponentes variables que están en función del peso volumétrico y diámetro del material seco

Hs = tirante considerado, a cuya profundidad se desea conocer qué valor de **Ve** se requiere para arrastrar y levantar al material (m)

2.2.3.3. Socavación para Suelos no Cohesivos

La magnitud de la erosión es de suelos de granos suelos, arenas, gravas, entre otros, manteniendo la misma fórmula para la velocidad real, lo que si cambia es la velocidad media que se requiere para degradar el fondo.

$$v_e = 0.68D_m^{0.28} \beta H_s^z \quad \text{Suelos no Cohesivos}$$

Donde:

Ve = velocidad media suficiente para degradar el cauce en m/seg.

γ = peso volumétrico del material seco que se encuentra a una profundidad Hs, medida desde la superficie del agua (Ton/m³)

β = coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia.

x y z = son exponentes variables que están en función del peso volumétrico y diámetro del material seco

Hs = tirante considerado, a cuya profundidad se desea conocer qué valor de **Ve** se requiere para arrastrar y levantar al material (m)

Dm= es el diámetro medio (en mm) de los granos del fondo obtenido según la expresión.

2.2.3.4. Profundidad de Socavación Para Suelos No Cohesivos:

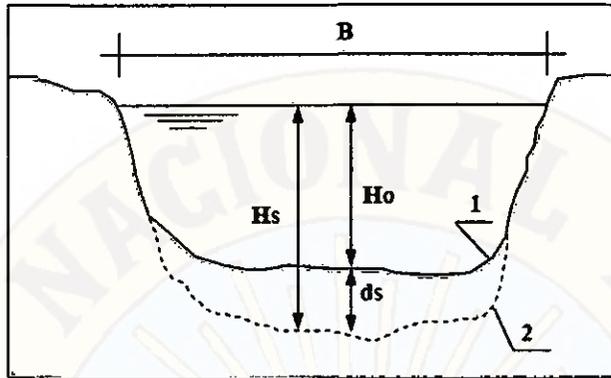


Figura N° 4: Cauce Principal del Río

$$H_s = \left(\frac{\alpha H_o^{5/3}}{0.68 \beta D_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

$$\alpha = \left(\frac{Q_d}{H_m^{5/3} B_e \mu} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

2.2.4. Teoría de Muros De Contención

Los muros de contención son estructuras que tienen como finalidad resistir las presiones laterales o empuje producido por el material retenido detrás de ellos, su estabilidad la deben fundamentalmente al peso propio y al peso del material que está sobre su fundación. Los muros de contención se comportan básicamente como voladizos empotrados en su base.

2.2.4.1. Muro de Contención de Concreto Armado (Muro en Voladizo)

Este tipo de muro resiste el empuje lateral de la presión del terreno, por medio del voladizo de un muro vertical y una base horizontal. El muro se proyecta para resistir los momentos de momentos de flexión y el cortante debidos al empuje del terreno. Primero se pre dimensiona el muro en su totalidad, luego se establece las características geométricas reales de la losa de base para satisfacer los requisitos de: "Resistencia a la volcadura, Deslizamiento y Asentamiento".

Por lo general, el muro se hace más grueso de lo requerido en la parte inferior con la finalidad que la sección adoptada, logre satisfacer el esfuerzo cortante y el diseño balanceado. El Talón y la punta de la base se proyectan como voladizos soportados

por el muro, el peso del suelo tiende a doblar el Talón hacia abajo en sentido contrario de una "resistencia pequeña" de la presión del suelo bajo la base, por contraste la presión ascendente del suelo tiende a doblar la punta hacia arriba, por ello para el Talón el acero principal se coloca cerca de la parte superior y para la punta, cerca de la parte inferior.

El muro se construye después de la base, por lo general se forma una cuña en la parte superior de la base para evitar que el muro se deslice, además se dejan espigas salientes en la base para amarrar el muro a ellas (a razón de una espiga por varilla del muro); las espigas pueden prolongarse para que sirvan también como refuerzo del muro.

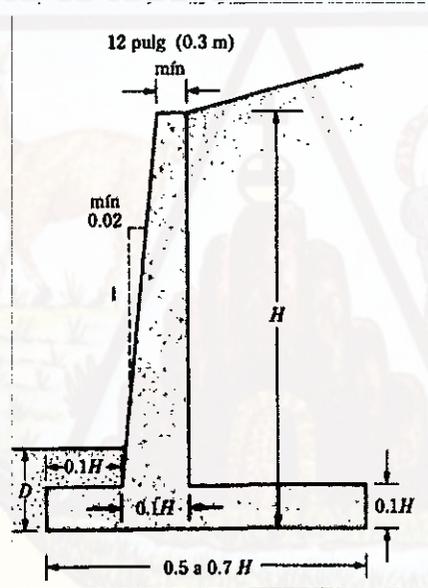


Figura N° 5: Detalle muro de contención concreto armado

Fuente: Libro Principio de Ingeniería De Cimentaciones Braja M. Das

2.2.4.2. Muro de Contención con Contrafuertes

Son similares a los muros en voladizo, pero a intervalos regulares tienen losas verticales delgadas de concreto conocidos como contrafuertes que une entre si el muro con la losa de la base. La finalidad de esos contrafuertes es reducir las fuerzas cortantes y los momentos flexionantes.

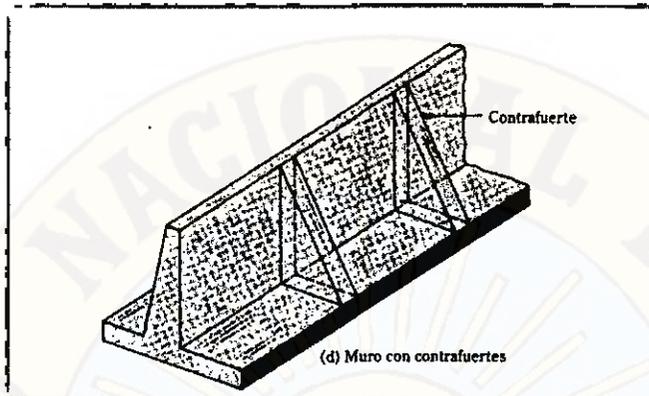


Figura N° 6: Detalle muro de contención Con Contrafuertes

Fuente: Libro Principio de Ingeniería De Cimentaciones Braja M. Das

2.2.4.3. Equilibrio Estructural

Las fuerzas de reacción desarrolladas en la cimentación y/o caras del muro y la respuesta del muro de contención a las cargas aplicadas deben de tener en cuenta para satisfacer las condiciones de equilibrio estático. La combinación de las cargas estáticas verticales y horizontales aplicadas es igual a una fuerza resultante inclinada R , la cual es balanceada por una fuerza resultante de reacción equivalente y opuesta R' , producto de las reacciones verticales y horizontales de la cimentación. Las condiciones esenciales de equilibrio estructural y a su estabilidad pueden resumirse como:

$$\sum H = \sum V = 0$$

Las ecuaciones representan la suma de todas las fuerzas horizontales y verticales activas y reactivas. Las cuales determinan que no hay movimiento de traslación posible.

$$\sum M = 0$$

Esta ecuación representa la suma de los momentos de dichas fuerzas con respecto a cualquier punto del plano. Esta igualdad restringe cualquier movimiento de rotación, como al vuelco. Al evaluar todas las condiciones de carga incluyendo la condición

cuando el cauce de río se encuentra en épocas de estiaje, el perfil debe de mostrar un margen de seguridad aceptable con respecto a:

- Rotación y vuelco.
- Traslación y deslizamiento.

2.2.4.3.1. Estabilidad del Muro Al Vuelco

El vuelco de un perfil de un muro de contención en contrafuertes y concreto armado en voladizo, es en sentido estricto, un modo de inestabilidad poco realista. Los momentos de vuelco como los de la carga del agua, etc., controlan los niveles de esfuerzos internos, resultando, por lo tanto, el modo de vuelco ligado muy de cerca a posibles sobre esfuerzos, es decir, a medida que se reduce el margen de seguridad nominal contra el vuelco, los esfuerzos de compresión generados en el pie aguas abajo aumentaran rápidamente y los esfuerzos de tensión en el talón aguas arriba iniciaran un agrietamiento local que puede propagarse, produciendo una reducción en la resistencia al deslizamiento.

$$FS_{Volteo} = \frac{\sum M_R}{M_O}$$

2.2.4.3.2. Estabilidad del Muro al Deslizamiento

La estabilidad al deslizamiento es una función del patrón de carga y de la resistencia al desplazamiento de traslación que pueda generarse en cualquier plano. En términos convencionales se expresa en función del factor de seguridad contra el deslizamiento, F_s .

$$FS_{deslizamiento} = \frac{(\sum V) \tan(k_1 \phi_2) + Bk_2 c_2 + P_p}{P_a \cos \alpha}$$

2.2.4.4. Método de Elementos Finitos Aplicado al Cálculo de Esfuerzos en muros de Contención

El método de los elementos Finitos (**MEF**) es un método de aproximación de problemas continuos de tal forma que:

- El continuo se divide en un número finito de partes "elemento", cuyo comportamiento se especifica mediante un número finito de parámetros asociados a ciertos puntos característicos denominados "nodos". Estos nodos son los puntos de unión de cada elemento con sus adyacentes.
- La solución del sistema completo sigue las reglas de los problemas discretos. El sistema completo se forma por ensamblaje de los elementos.
- Las incógnitas del problema dejan de ser funciones matemáticas y pasan a ser el valor de estas funciones en los nodos.
- El comportamiento en el interior de cada elemento queda definido a partir del comportamiento de los nodos mediante las adecuadas funciones de interpolación o funciones de forma.

El MEF, por tanto, se basa en transformar un cuerpo de naturaleza continua en un modelo discreto aproximado, esta transformación se denomina discretización del modelo. El conocimiento de lo que sucede en el interior de este modelo del cuerpo aproximado, se obtiene mediante la interpolación de los valores conocidos en los nodos. Es por tanto una aproximación de los valores de una función a partir del conocimiento de un determinado y finito de puntos.



Figura N° 7: Tipos de Nodos de Un Elemento

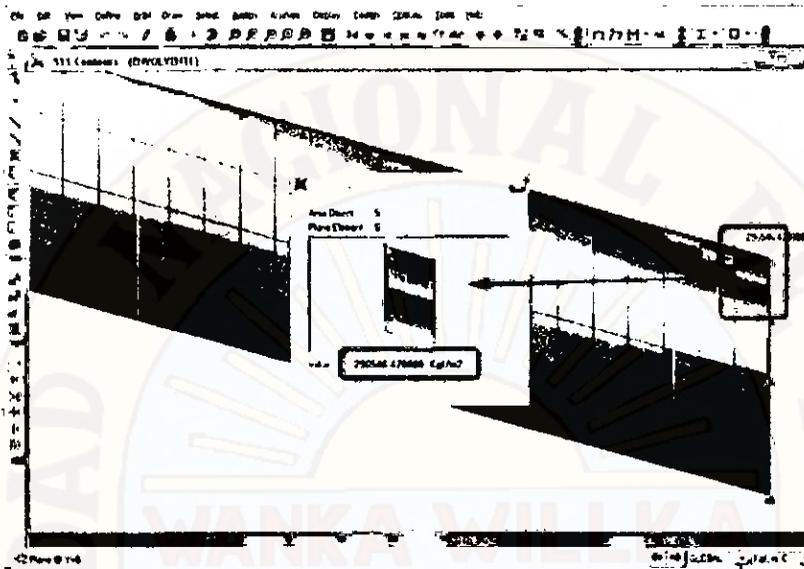


Figura N° 8: Discretización del Dominio en elementos Bidimensionales

2.2.4.4.1. Elementos Transformados

Con el fin de conseguir un mejor ajuste de los elementos a la geometría del cuerpo, existe también una interpolación de tipo geométrico. Esto permite obtener elementos de lados curvos a partir de un elemento de referencia (Fig. 9).

No solo pueden distorsionarse los elementos bidimensionales en otros también bidimensionales, sino que además pueden transformarse en otros de tres dimensiones. Este principio es aplicable con carácter general, con tal que pueda establecerse en otro de tres dimensiones. Este principio es aplicable con carácter general, con tal que pueda establecerse una correspondencia biunívoca entre las coordenadas cartesianas y curvilíneas.

2.2.4.4.2.1. Relación de Esfuerzo y Deformación

La deformación en el caso más general se describe mediante un tensor de deformaciones mientras que los esfuerzos internos en el material se representan por un tensor de tensiones. Estos dos tensores están relacionados por ecuaciones lineales conocidas por ecuaciones de Hooke generalizadas o ecuaciones de Lamé-Hooke, que son las ecuaciones constitutivas que caracterizan el comportamiento de un sólido elástico lineal.

Las ecuaciones constitutivas están dadas por.

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_z}{E}$$

$$\varepsilon_y = -\nu \frac{\sigma_x}{E} + \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_z}{E}$$

$$\varepsilon_z = \nu(\sigma_x + \sigma_y)$$

$$\gamma_{yz} = \gamma_{xz} = 0$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

Donde:

E: Modulo de Elasticidad

ν : Coeficiente de Poisson.

G: Modulo de corte o módulo de rigidez.

Si se despeja las ecuaciones los esfuerzos normales y cortantes en cada dirección se tiene una ecuación matricial de la forma.

$$\sigma = D\varepsilon$$

$$D = \frac{E}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)} \begin{bmatrix} 1 - \nu & \nu & 0 \\ \nu & 1 - \nu & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1 - \nu}{2} \end{bmatrix}$$

$$\varepsilon = Ba$$

$$B = SN$$

Donde:

N: Vector de funciones de Forma

S: Es un operador lineal.

a: Vector de desplazamientos nodales.

2.2.4.4.2.2. Energía Potencial Equilibrio

La energía potencial Π total de un cuerpo elástico se define como la suma de la energía de deformación unitaria total y el potencial de trabajo:

$$\Pi = \text{energía de deformación unitaria} + \text{potencial de trabajo}$$

El potencial total para el cuerpo elástico general es:

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_V \sigma^T \varepsilon dV - \int_V u^T f dV - \int_S u^T T dS - \sum_i u_i^T P_i$$

Donde:

f: Fuerza distribuida por unidad de volumen.

T: Tracción superficial.

P: Fuerzas puntuales actuando en un punto i.

2.2.4.4.2.3. Calculo de Esfuerzos

Los esfuerzos efectivos son los que ocasionan la deformación y colapso estructural. La relación entre la presión de poros y el esfuerzo efectivo se da por la ecuación.

$$\sigma' = \sigma + mp$$

Reemplazando σ en la ecuación de energía potencial y luego de derivar el funcional resulta:

$$\left[\int_{\Omega} B^T D B d\Omega \right] a - \left[\int_{\Omega} B^T m N_p d\Omega \right] \bar{p} + f = 0$$

$$p = N_p \bar{p}$$

De las ecuaciones anteriores se escribe en forma resumida:

$$K a + F = 0$$

Grados de libertad o desplazamientos nodales, para un elemento de 4 nodos:

$$a = [u_1 \ u_2 \ u_3 \ u_4 \ v_1 \ v_2 \ v_3 \ v_4]^T$$

$$\bar{p} = [p_{1x} \ p_{2x} \ p_{3x} \ p_{4x} \ p_{1y} \ p_{2y} \ p_{3y} \ p_{4y}]^T$$

2.3. Hipótesis

- Existe una relación directa y significativa entre el muro de contención con contrafuertes y muro de contención de concreto armado, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015.

Hipótesis Específicos:

- Existe una relación directa y significativa entre el muro de contención con contrafuertes y sus esfuerzos en el muro de contención, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015.
- Existe una relación directa y significativa el muro de contención con contrafuertes y la estabilidad al deslizamiento en el muro de contención, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015.
- Existe una relación directa y significativa entre el muro de contención con contrafuertes y la estabilidad al volcamiento en el muro de contención, de los Muros Virgen de la Candelaria y del Carmen en los Malecones de Huancavelica - en el año 2015.

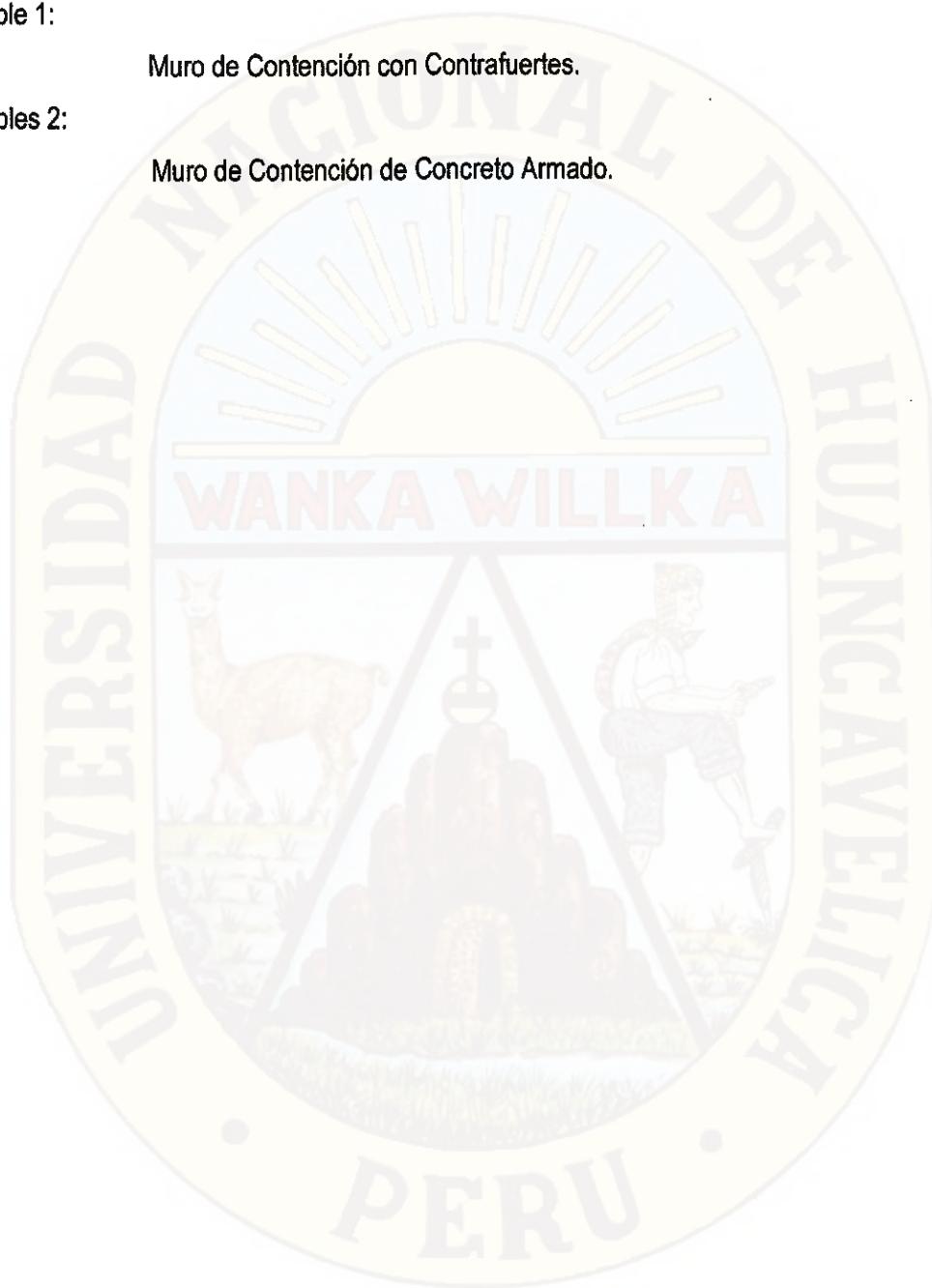
2.4. Variables de Estudio

Variable 1:

Muro de Contención con Contrafuertes.

Variabes 2:

Muro de Contención de Concreto Armado.



Capítulo III: Metodología de Investigación

3.1. Ámbito de Estudio

El estudio de la Investigación a realizar se llevara a cabo en una zona denominada malecón virgen de la candelaria del barrio de San Cristóbal de la Ciudad de Huancavelica.

3.2. Tipo de Investigación

La investigación es de **TIPO APLICADA** que permite comprender la descripción, registro, análisis e interpretación de los datos obtenidos, y su relación con los objetivos de la investigación.

3.3. Nivel de Investigación

Nivel de Investigación es **Correlacional**.

3.4. Método de Investigación

Los métodos que se usaran en la realización del proyecto de tesis son las siguientes:

3.4.1 Método Deductivo

Este método nos permite llegar a las aplicaciones, comprobaciones o consecuencias particulares de un principio, por ello se pretende llevar a la aplicación de un caso específico, estudios previamente establecidos.

3.4.2 Método Descriptivo

En este método se describen todas las actividades y procedimientos secuenciales en el desarrollo del proyecto de tesis, especificando cada una de las actividades, los recursos requeridos y avance progresivo al realizar el estudio de tesis.

3.5. Diseño de Investigación

Descriptivo Correlacional

3.6. Población, Muestra, Muestreo

Población:

Malecones de Huancavelica.

Muestra:

Sector Malecón Virgen de la Candelaria y el Carmen– Barrio San Cristóbal – Huancavelica.

Muestreo:

Es de tipo **CRITERIAL**, porque la determinación del muro de contención donde se realizará el estudio ha sido escogida por el tesista en función a las facilidades encontradas, como financiamiento, aceptación de los vecinos, etc.

3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

TECNICAS	INSTRUMENTOS
Análisis y recopilación documental	<ul style="list-style-type: none">• Guías, libros, fichas, revistas y artículos científicos
Observación	<ul style="list-style-type: none">• Ficha de Observación• Juicio de expertos

Tabla N° 1: Técnicas e Instrumentos De Recolección De Datos

3.8. Procedimiento de Recolección de Datos

3.8.1. Revisión De Documentos

Se obtendrá realizar una selección para la revisión de información existente y de libros que involucren temas relacionados con la investigación con el fin de obtener datos confiables y absolutamente necesarios.

3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Al realizar los estudios y cálculos se obtendrá datos cuantificables, con los cuales se realizará el estudio.

Para ello utilizaremos software tales como Excel 2013, Sap2000 v17.1, ArcGIS 10.1, Hec Ras 4.0 Hec Hms 3.1.

Capítulo IV: Resultados

4.1. Presentación De Resultados

4.1.1. Aspectos Generales

El proyecto de tesis estudio y análisis comparativo entre muros de contención con contrafuertes y muros de concreto armado en Huancavelica, hace referencia también al cálculo de una defensa ribereña en el río Ichu en el estudio Hidrológico e Hidráulico con el objetivo de determinar las máximas avenidas en este caso los caudales máximos para realizar los dimensionamientos adecuados y óptimos de la defensa ribereña en el malecón virgen de la candelaria y del Carmen en el margen izquierdo del río Ichu en la ciudad de Huancavelica.

El Estudio Hidrológico comprende el análisis de la cuenca del río Ichu, orientándose a determinar el caudal en régimen natural de la máxima crecida extraordinaria (NAME) para diferentes periodos de retorno (25, 50, 100, 200 y 1000 años) a partir de un modelo hidrológico determinístico HEC-1 en su transformación precipitación escorrentía, que en función a sus características morfológicas, usos de suelo y otros factores, permite obtener los caudales de dichas avenidas optando por emplear el programa de cómputo HEC-HMS . El punto de aforo se ubica a la altura del puente del ejército, para determinar el tránsito Hidráulico y la determinación final de las características hidráulicas y su correspondiente Dimensionamiento óptimo de los muros de protección que se instalarán en la margen izquierda del río Ichu en una longitud aproximada de 300 m.

Para efectos máximos (caudales máximos), se consideró la ecuación IILA SENAMHI UNI-83, por lo tanto el estudio hidrológico concluye obteniendo los caudales de máximas avenidas para los diferentes periodos de retorno mencionados en el punto de aforo.

4.1.2. Información Hidrometeorológica y Cartográfica en el Estudio

- Cartografía:

Para efectos de identificación del área de estudio fue necesario utilizar las cartas nacionales digitales a escala 1:100 000, 1:25 000, así mismo vistas satelitales y

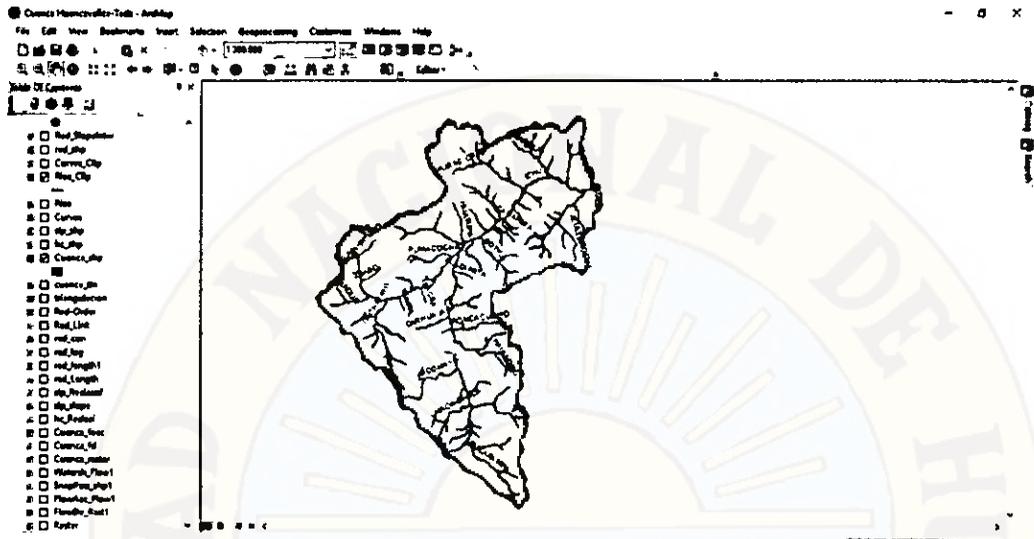


Figura N° 12: ArcGIS, Cuenca del rio Ichu

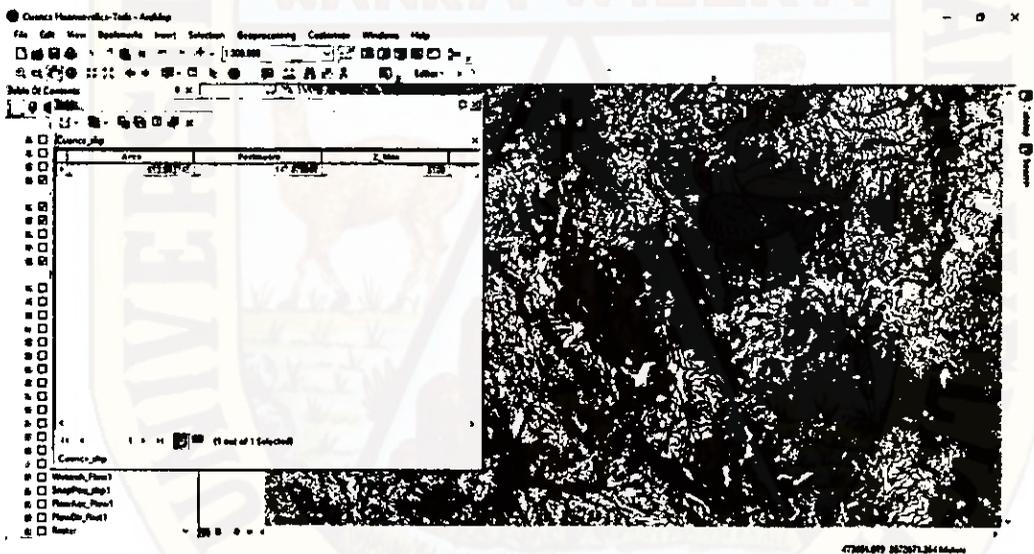


Figura N° 13: ArcGIS, Resultados Cuenca del rio Ichu

4.1.5. Características topográficas de la Subcuenca

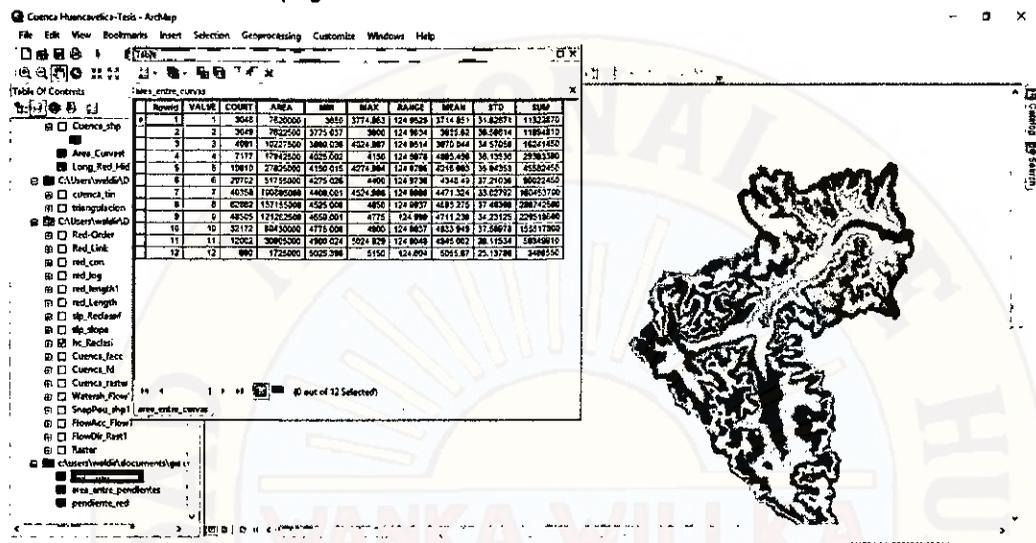


Figura N° 14: Reclasificación del DEM para la obtención de áreas en las diferentes alturas – ArcGis

Nro	Cota(msnm)			Area (km2)			
	Mínimo	Máximo	Prom	Intervalo	Acumulado	% Acum	% Inter
1	3650.00	3774.95	3712.48	7.61	613.56	100.00	1.24
2	3775.04	3900.00	3837.52	7.65	605.95	98.76	1.25
3	3900.04	4024.99	3962.51	10.22	598.29	97.51	1.67
4	4025.00	4150.00	4087.50	17.93	588.07	95.85	2.92
5	4150.02	4274.99	4212.50	27.02	570.14	92.92	4.40
6	4275.03	4400.00	4337.51	51.78	543.11	88.52	8.44
7	4400.00	4525.00	4462.50	101.00	491.33	80.08	16.46
8	4525.01	4650.00	4587.50	157.06	390.33	63.62	25.60
9	4650.00	4775.00	4712.50	121.23	233.27	38.02	19.76
10	4775.01	4900.00	4837.50	80.41	112.04	18.26	13.11
11	4900.02	5024.93	4962.48	29.94	31.63	5.15	4.88
12	5025.40	5150.00	5087.70	1.69	1.69	0.27	0.27

Tabla N° 2: Características topográficas de la Sub cuenca del Rio Ichu

4.1.6. Curva Hipsométrica

Las curvas hipsométricas, expresan la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud.

Para su construcción se tuvo en cuenta: los intervalos altitudinales y sus respectivas áreas siguiendo las curvas de nivel, determinación del área acumulada que queda sobre cada altitud del contorno, y finalmente el ploteo de las altitudes versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre esas altitudes.

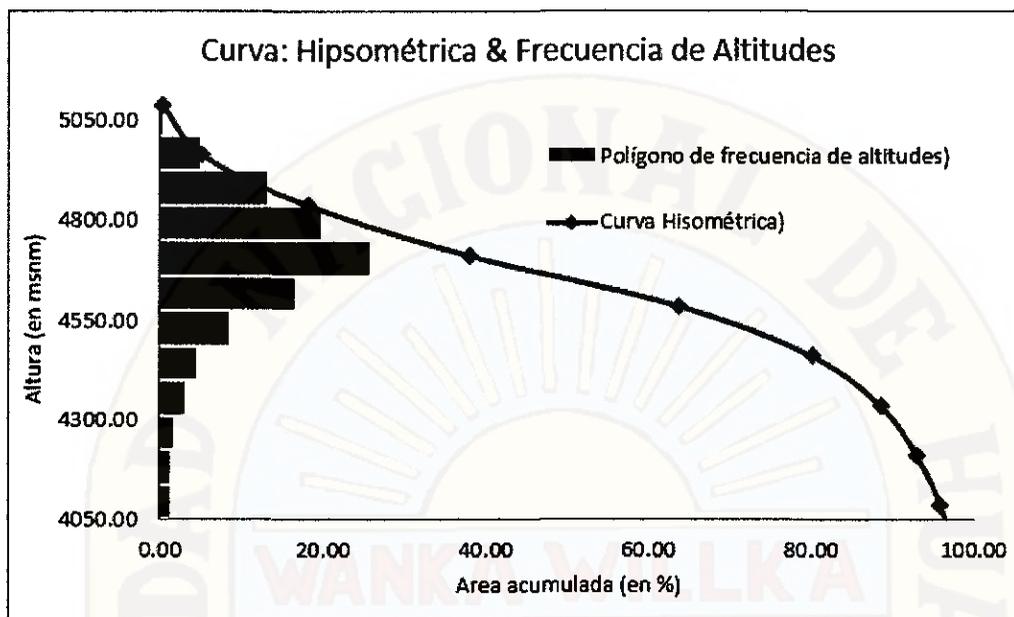


Figura N° 15: Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes sub cuenca rio Ichu

4.1.7. Forma de la Cuenca

Es la que determina la distribución de las descargas de agua a lo largo del curso principal o cursos principales y es en gran parte responsable de las características de las crecientes que se presentan en la micro cuenca.

Es expresada en parámetros tales como el ancho promedio, coeficiente de compacidad y el factor de forma.

➤ **Ancho Promedio:** Es la relación entre las áreas de la cuenca y la longitud mayor del curso del río, la expresión es la siguiente:

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

Donde:

Ap=Ancho promedio

A= Área de la Cuenca

L= Longitud Mayor del Río

Ancho Promedio de la sub cuenca del río Ichu = 11.87 km

- **Índice de Compacidad o Índice de Gravelius:** El índice de compacidad, definida por Gravelius, el cual expresa la relación entre el perímetro de la cuenca y perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca, es decir:

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

K=1.67 la cuenca es de forma ovalada

- **Factor de Forma:** El índice de forma, expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud.

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Ff=0.23 La cuenca es de forma alargada

4.1.8. Sistema de Drenaje

El esqueleto hidrogeomorfológico determinante de una cuenca vertiente lo constituye la configuración que en ella presenta el sistema de cauces, en todos sus niveles (quebradas, arroyos, ríos), los que en su conjunto se le denomina sistema de drenaje de la cuenca, cuyo análisis adquiere especial relevancia cuando se plantean relaciones de semejanza entre cuencas. El orden de la red de drenaje de la cuenca del río Ichu es 6.

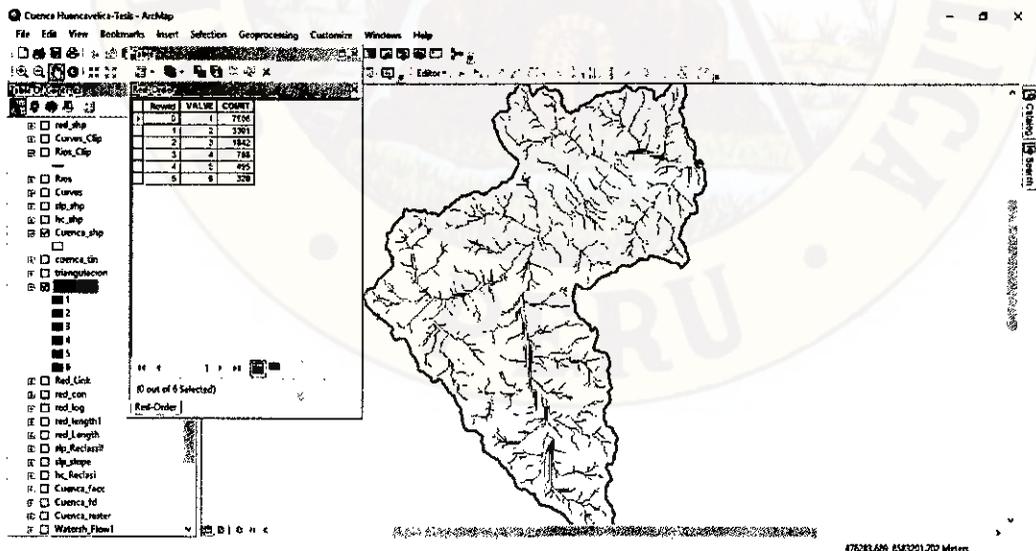


Figura N° 16: Orden de la red de drenaje

PARAMETROS MORFOMETRICOS CUENCA REGULADORA		
DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
De la superficie		
Area	km ²	613.59
Perímetro de la cuenca	km	147.88
Cotas		
Cota máxima	msnm	5150
Cota mínima	msnm	3650
Centroide (PSC:wgs 1984 UTM Zone 18S)		
X centroide	m	489685.24
Y centroide	m	8575040.04
Z centroide	msnm	4589.57
Altitud		
Altitud media	msnm	4589.57
Altitud más frecuente	msnm	4587.50
Altitud de frecuencia media (1/2)	msnm	4561.55
Pendiente		
pendiente promedio de la cuenca	%	15.87458141
De la Red Hídrica		
Longitud del curso principal	km	51.69
Orden de la Red Hídrica	UND	6
Longitud de la red hídrica	km	829.29
Pendiente Promedio de la Red Hídrica	%	1.44
Parámetros Generados		
Tiempo de concentración	horas	5.41
pendiente del cauce principal	m/km	29.01915264

Tabla N° 3: Resumen parámetros geomorfológicos

4.1.9. Análisis Hidrológico

De la clasificación de cuencas, éstas pertenecen a cuencas o quebradas medianas (10 km² < Área < 10,000 km²), por lo tanto, se emplea metodologías avanzadas en la transformación precipitación escorrentía.

Para la transformación precipitación – escorrentía se procede la metodología HEC-1, siendo éste, determinístico en su totalidad. Con el apoyo del programa HEC HMS, se analiza para los distintos periodos de retorno 50, 100, 200 y 500 años.

Las precipitaciones máximas son calculadas mediante la ecuación regional IILA SENAMHI UNI para ser transformado en bloques alternos.

Cabe mencionar que en la cuenca del río Ichu existe una estación Pluviométrica ubicada en la coordenadas Latitud: 75° 0' 44.00" y Longitud 12° 46' 50.03", cuyos datos no se están considerando ya que existe mucha incertidumbre con los datos existentes.

4.1.9.1 Tiempo de Concentración

Para el cálculo del tiempo de concentración de las cuencas, definido como el tiempo que una gota de agua, caída en el punto más lejano, emplea para llegar a la sección de salida de la cuenca, existen diversas fórmulas, como las de Carter, Eagleson, Espey Winslow, federal Aviation Agency, Kinematic Wave, Kerby-Hathaway, Kirpich, SCS, Temes, Barnsby Williams, entre otros.

Para calcular el tiempo de concentración en la presente tesis utilizaremos la fórmula de Kirpich.

$$T_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración en horas

L= Longitud del curso principal en metros

S= Pendiente a lo largo del Cauce

Quebrada	Longitud	Desnivel	Tc (min)	Tc (Horas)
Río Ichu	51690	1500	324.51	5.41

Tabla N° 4: Tiempo de Concentración

4.1.10. Hietogramas, Curvas IDF, Ecuación IILA SENAMI

Las precipitaciones máximas e intensidades máximas de tormentas, han sido comparadas regionalmente por el "Estudio de la Hidrología del Perú" hecho por el IILA-SENAMHI-UNI, 1983, cuyas fórmulas que tienen la siguiente forma:

$$P_{t,T} = a(1 + k \log T)t^n$$

$$i_{t,T} = a(1 + k \log T)t^{n-1} \quad \text{para } 3 \leq t \leq 24 \text{ horas}$$

Donde $P_{t,T}$, $i_{t,T}$ son la precipitación y la intensidad de tormenta para una duración "t" (en horas) y de período de retorno "T" (en años) dados; a, K y n son constantes regionales. Según la metodología empleada por el IILA las fórmulas son válidas para $3 \leq t \leq 24$ horas.

$$i_{t,T} = a(1 + k \log T)(t + b)^{n-1} \quad \text{para } t \leq 3 \text{ horas}$$

Se considera una relación creciente de la precipitación con la altitud. Es por esta razón que se ha zonificado el área de influencia, tomándose los parámetros correspondientes según las características regionales de las Cuencas.

Parámetros Regionales	
Constante "a"	18.00
Constante "b"	0.4
Constante "k"	0.533
Constante "n"	0.254

Tabla N° 5: Parámetros Regionales IILA SENAMHI

Donde las Constantes representan:

b: parámetro en horas

a: parámetro de la intensidad de la lluvia en mm

k: parámetro adimensional de frecuencia

n: parámetro adimensional de duración de la lluvia

Duración	Precipitaciones mm					
	Tr= 25 Años	Tr= 50 Años	Tr= 100 Años	Tr= 200 Años	Tr= 500 Años	Tr= 1000 Años
10	8.00	8.73	9.47	10.20	11.18	11.91
20	13.20	14.41	15.62	16.84	18.44	19.65
30	16.99	18.55	20.11	21.68	23.74	25.30
40	19.96	21.79	23.63	25.46	27.89	29.72
50	22.39	24.44	26.50	28.56	31.28	33.34
60	24.44	26.69	28.93	31.18	34.15	36.40
70	26.22	28.63	31.04	33.45	36.64	39.05
80	27.79	30.34	32.90	35.45	38.83	41.38
90	29.19	31.87	34.56	37.24	40.79	43.47
100	30.46	33.26	36.06	38.86	42.57	45.37
110	31.62	34.53	37.44	40.35	44.19	47.10
120	32.70	35.70	38.71	41.71	45.69	48.69
130	33.69	36.79	39.88	42.98	47.08	50.17
140	34.62	37.80	40.98	44.17	48.37	51.56

150	35.49	38.75	42.01	45.28	49.59	52.85
160	36.31	39.65	42.99	46.32	50.74	54.07
170	37.08	40.49	43.90	47.31	51.82	55.23
180	37.82	41.30	44.78	48.25	52.85	56.33

Tabla N° 6: Precipitaciones (mm) para distintos periodos de retorno.

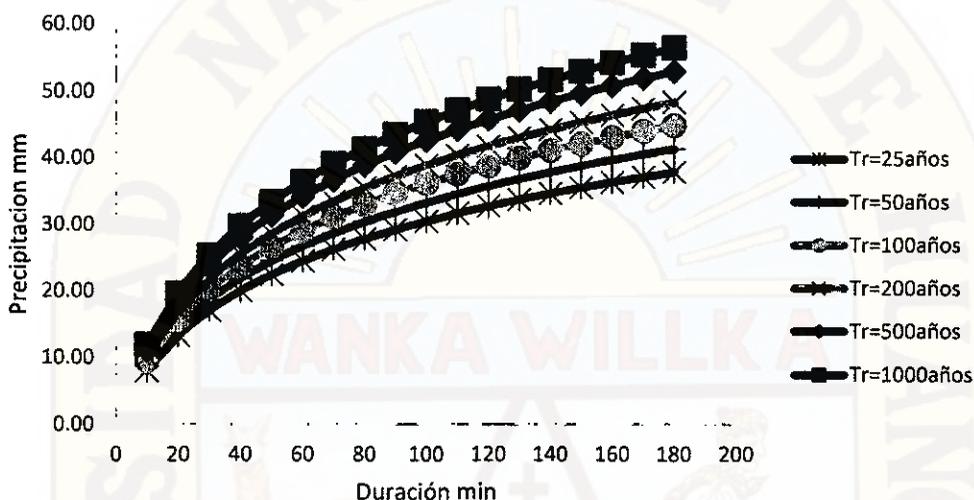


Figura N° 17: Precipitaciones IILA SENAMHI-Huancavelica

Duración min	Intensidades mm/hr					
	Tr= 25 Años	Tr= 50 Años	Tr= 100 Años	Tr= 200 Años	Tr= 500 Años	Tr= 1000 Años
10	47.99	52.40	56.81	61.22	67.05	71.47
20	39.59	43.23	46.87	50.51	55.32	58.96
30	33.98	37.10	40.23	43.35	47.48	50.61
40	29.94	32.69	35.44	38.19	41.83	44.58
50	26.86	29.33	31.80	34.27	37.54	40.01
60	24.44	26.69	28.93	31.18	34.15	36.40
70	22.47	24.54	26.60	28.67	31.40	33.47
80	20.84	22.76	24.67	26.59	29.12	31.04
90	19.46	21.25	23.04	24.83	27.19	28.98
100	18.28	19.96	21.64	23.32	25.54	27.22
110	17.25	18.84	20.42	22.01	24.10	25.69
120	16.35	17.85	19.35	20.86	22.84	24.35
130	15.55	16.98	18.41	19.84	21.73	23.16
140	14.84	16.20	17.56	18.93	20.73	22.10
150	14.20	15.50	16.81	18.11	19.84	21.14
160	13.62	14.87	16.12	17.37	19.03	20.28

170	13.09	14.29	15.50	16.70	18.29	19.49
180	12.61	13.77	14.93	16.08	17.62	18.78

Tabla N° 7: Intensidades (mm/hr) para distintos periodos de retorno.

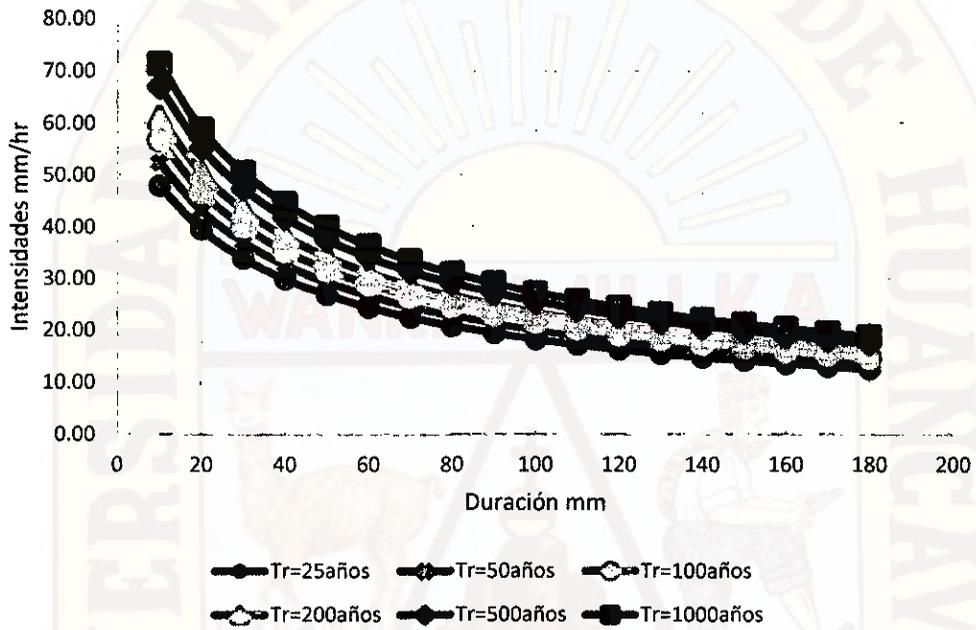


Tabla N° 8: Curvas IDF Huancavelica - Huancavelica para distintos periodos de retorno.

Precipitaciones Hietograma: Método Bloque Alterno mm												
Intervalo	Tr= 25 Años		Tr= 50 Años		Tr= 100 Años		Tr= 200 Años		Tr= 500 Años		Tr= 1000 Años	
	min	P increm.	P mm	P increm.	P mm	P increm.	P mm	P increm.	P mm	P increm.	P mm	P increm.
0-10	8.00	0.78	8.73	0.85	9.47	0.92	10.20	0.99	11.18	1.08	11.91	1.16
10-20	5.20	0.87	5.68	0.95	6.15	1.03	6.63	1.11	7.26	1.22	7.74	1.30
20-30	3.79	0.99	4.14	1.09	4.49	1.18	4.84	1.27	5.30	1.39	5.65	1.48
30-40	2.97	1.16	3.24	1.27	3.51	1.38	3.78	1.48	4.15	1.62	4.42	1.73
40-50	2.43	1.40	2.65	1.53	2.88	1.66	3.10	1.79	3.39	1.96	3.62	2.09
50-60	2.05	1.78	2.24	1.94	2.43	2.11	2.62	2.27	2.87	2.49	3.06	2.65
60-70	1.78	2.43	1.94	2.65	2.11	2.88	2.27	3.10	2.49	3.39	2.65	3.62
70-80	1.57	3.79	1.71	4.14	1.86	4.49	2.00	4.84	2.19	5.30	2.34	5.65
80-90	1.40	8.00	1.53	8.73	1.66	9.47	1.79	10.20	1.96	11.18	2.09	11.91
90-100	1.27	5.20	1.39	5.68	1.51	6.15	1.62	6.63	1.78	7.26	1.89	7.74
100-110	1.16	2.97	1.27	3.24	1.38	3.51	1.48	3.78	1.62	4.15	1.73	4.42
110-120	1.07	2.05	1.17	2.24	1.27	2.43	1.37	2.62	1.50	2.87	1.60	3.06
120-130	0.99	1.57	1.09	1.71	1.18	1.86	1.27	2.00	1.39	2.19	1.48	2.34
130-140	0.93	1.27	1.01	1.39	1.10	1.51	1.18	1.62	1.30	1.78	1.38	1.89
140-150	0.87	1.07	0.95	1.17	1.03	1.27	1.11	1.37	1.22	1.50	1.30	1.60
150-160	0.82	0.93	0.90	1.01	0.97	1.10	1.05	1.18	1.15	1.30	1.22	1.38
160-170	0.78	0.82	0.85	0.90	0.92	0.97	0.99	1.05	1.08	1.15	1.16	1.22
170-180	0.74	0.74	0.80	0.80	0.87	0.87	0.94	0.94	1.03	1.03	1.10	1.10

Tabla N° 9: Hietogramas - Precipitaciones

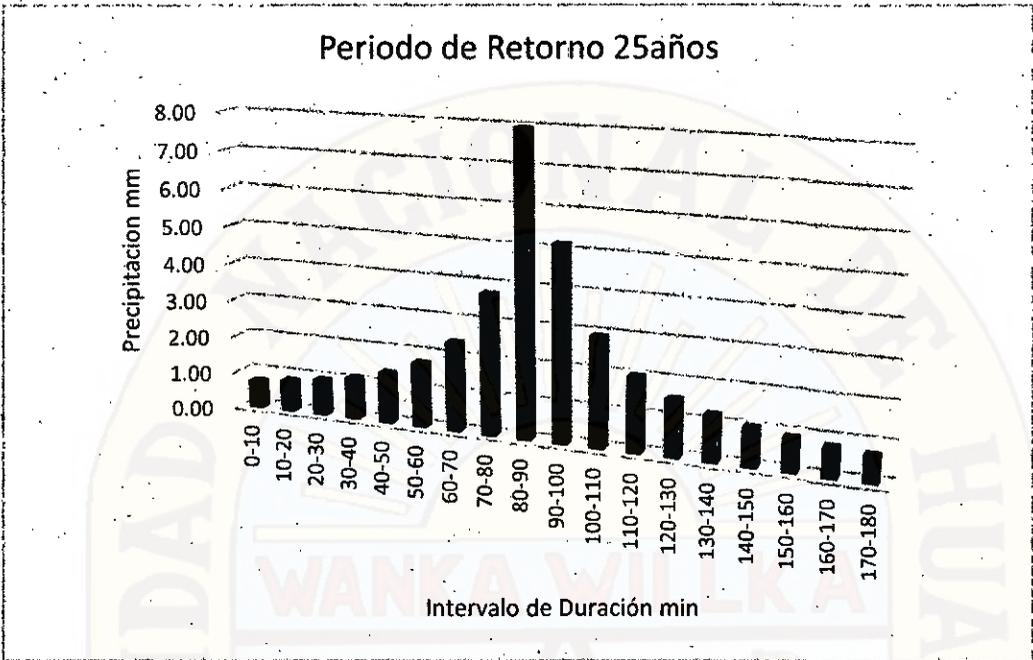


Figura N° 18: Grafico de Hietograma para $T_r = 25$ años.

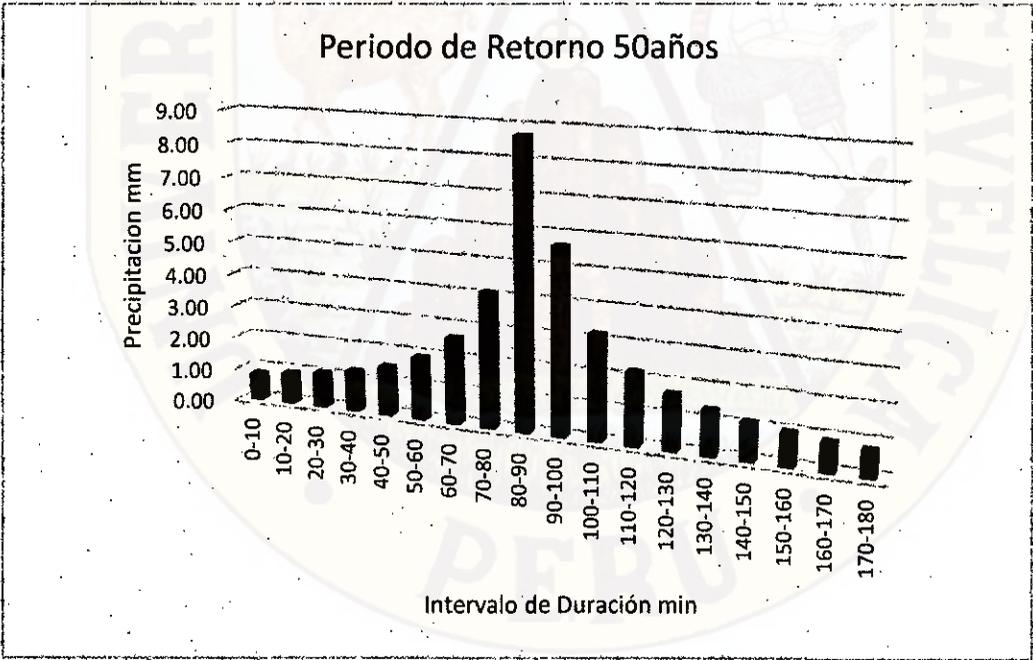


Figura N° 19: Grafico de Hietograma para $T_r = 50$ años.

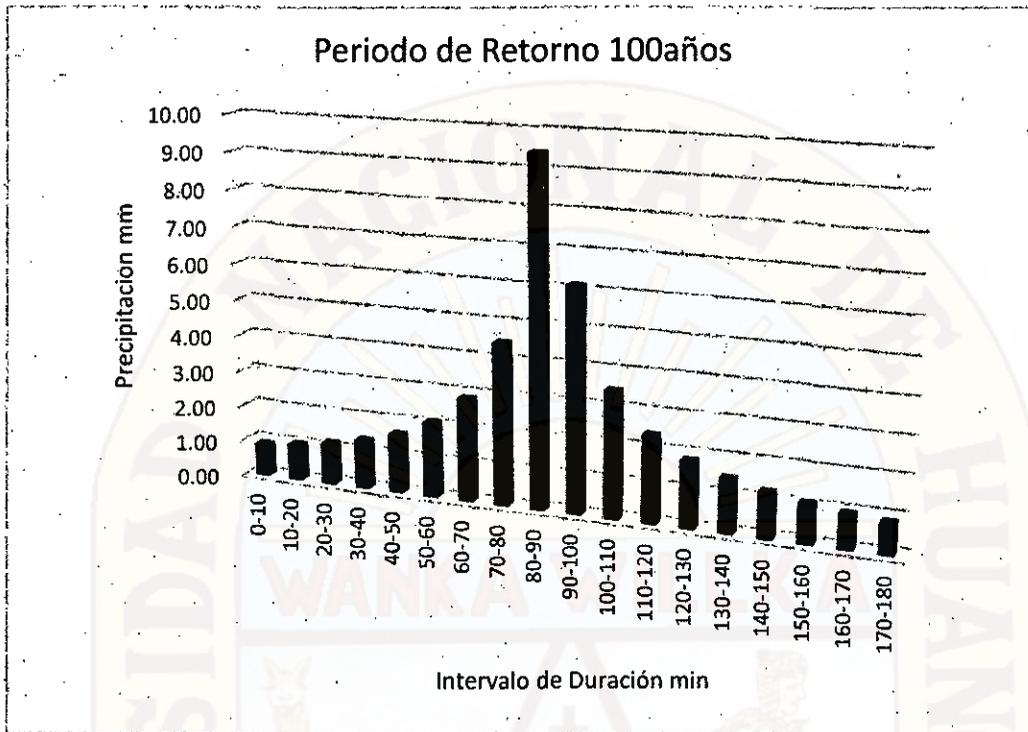


Figura N° 20: Grafico de Hietograma para $Tr = 100$ años.

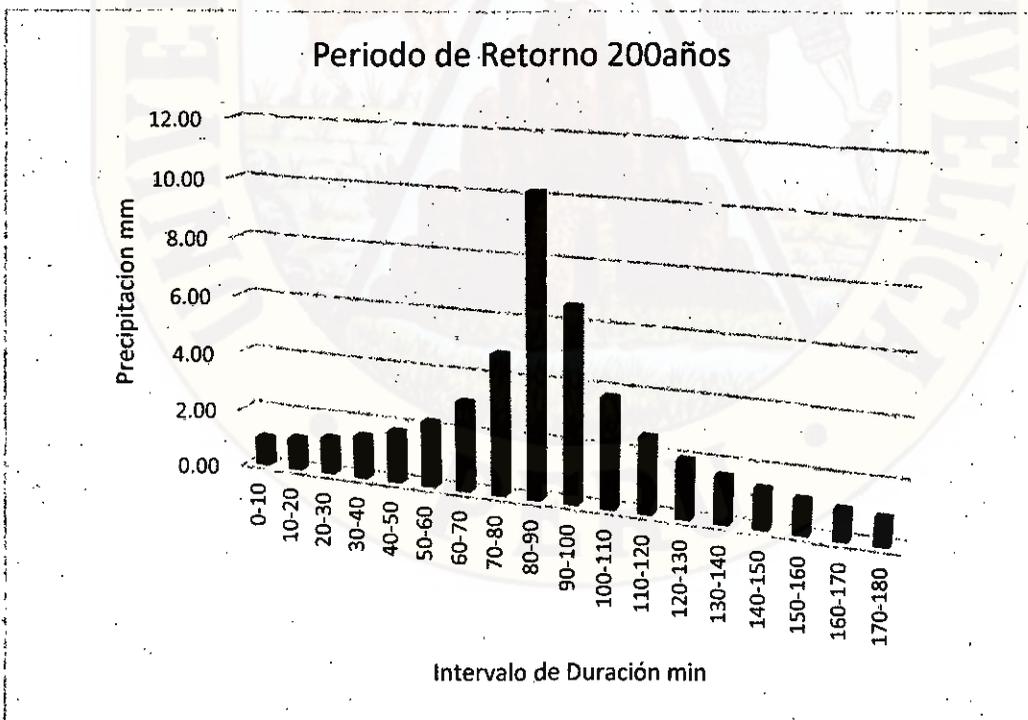


Figura N° 21: Grafico de Hietograma para $Tr = 200$ años.

Periodo de Retorno 500años

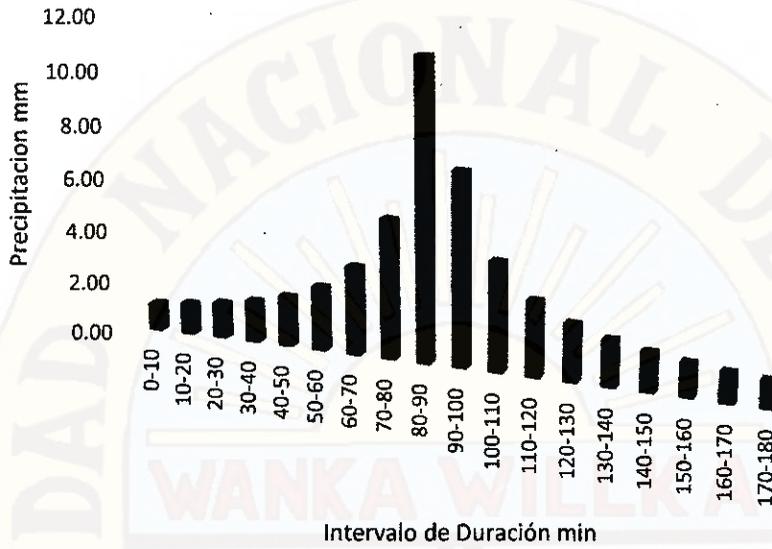


Figura N° 22: Grafico de Hietograma para $Tr = 500$ años.

Periodo de Retorno 1000años

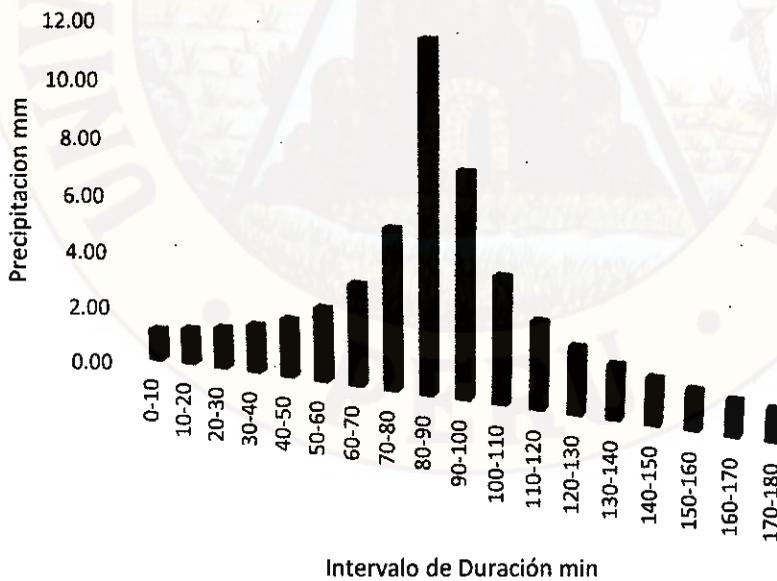


Figura N° 23: Grafico de Hietograma para $Tr = 1000$ años.

Intensidades Hietograma: Método Bloque Alterno mm/hr												
Intervalo	Tr= 25 Años		Tr= 5 Años		Tr= 10 Años		Tr= 25 Años		Tr= 50 Años		Tr= 100 Años	
	min	I increm.	I mm/hr	I increm.	I mm/hr	I increm.	I mm/hr	I increm.	I mm/hr	I increm.	I mm/hr	I increm.
0-10	47.99	13.09	52.40	14.29	56.81	15.50	61.22	16.70	67.05	18.29	71.47	19.49
10-20	39.59	14.20	43.23	15.50	46.87	16.81	50.51	18.11	55.32	19.84	58.96	21.14
20-30	33.98	15.55	37.10	16.98	40.23	18.41	43.35	19.84	47.48	21.73	50.61	23.16
30-40	29.94	17.25	32.69	18.84	35.44	20.42	38.19	22.01	41.83	24.10	44.58	25.69
40-50	26.86	19.46	29.33	21.25	31.80	23.04	34.27	24.83	37.54	27.19	40.01	28.98
50-60	24.44	22.47	26.69	24.54	28.93	26.60	31.18	28.67	34.15	31.40	36.40	33.47
60-70	22.47	26.86	24.54	29.33	26.60	31.80	28.67	34.27	31.40	37.54	33.47	40.01
70-80	20.84	33.98	22.76	37.10	24.67	40.23	26.59	43.35	29.12	47.48	31.04	50.61
80-90	19.46	47.99	21.25	52.40	23.04	56.81	24.83	61.22	27.19	67.05	28.98	71.47
90-100	18.28	39.59	19.96	43.23	21.64	46.87	23.32	50.51	25.54	55.32	27.22	58.96
100-110	17.25	29.94	18.84	32.69	20.42	35.44	22.01	38.19	24.10	41.83	25.69	44.58
110-120	16.35	24.44	17.85	26.69	19.35	28.93	20.86	31.18	22.84	34.15	24.35	36.40
120-130	15.55	20.84	16.98	22.76	18.41	24.67	19.84	26.59	21.73	29.12	23.16	31.04
130-140	14.84	18.28	16.20	19.96	17.56	21.64	18.93	23.32	20.73	25.54	22.10	27.22
140-150	14.20	16.35	15.50	17.85	16.81	19.35	18.11	20.86	19.84	22.84	21.14	24.35
150-160	13.62	14.84	14.87	16.20	16.12	17.56	17.37	18.93	19.03	20.73	20.28	22.10
160-170	13.09	13.62	14.29	14.87	15.50	16.12	16.70	17.37	18.29	19.03	19.49	20.28
170-180	12.61	12.61	13.77	13.77	14.93	14.93	16.08	16.08	17.62	17.62	18.78	18.78

Tabla N° 10: Hietogramas - Intensidades

4.1.11. Periodo De Retorno

El periodo de retorno está relacionado con la probabilidad o riesgo que el caudal sea excedido durante el periodo para el cual se diseña la obra de protección. En general, se acepta riesgos más altos cuando los daños probables que se produzcan, en caso de que discorra una caudal mayor al de diseño, sean menores y los riesgos aceptables deberán ser pequeños cuando los daños probables sean menores.

En función de la importancia del proyecto y del efecto de los daños que se producirán de fallar la estructura, se estableció un periodo de recurrencia de 100 años para el diseño obras de defensa Ribereña en el margen izquierdo del río Ichu, en el malecón Virgen de la Candelaria y del Carmen en la ciudad de Huancavelica.

4.1.12. Características Previas de Diseño

Para la determinación de descargas máximas en la Sub cuenca, donde aparecen efectos de difusión, que atenúan el caudal pico, se aplicó el método de Hidrograma Unitario, bajo las siguientes características:

4.1.12.1. Cálculo del Número de Curva

La curva número (CN), es un parámetro que influye en la escorrentía de la cuenca y depende del tipo hidrológico del suelo, del uso y manejo del terreno. Para su elección se toma en cuenta la tabla siguiente:

GRUPO	DESCRIPCION
Grupo A	Bajo potencial de escurrimiento. Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arena y gravas profundas, con bueno a exceso drenaje. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión del agua.
Grupo B	Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesas, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos arenosos.
Grupo C	Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua. Son suelos con texturas finas (margas arcillosas, margas arenosas poco profundas). Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.
Grupo D	(Alto potencial de escurrimiento. Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático y permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de sus superficie, o bien, suelos someros sobre horizontes impermeables.

Tabla N° 11: Grupo de suelo hidrológico, para el cálculo del CN.

Descripción	Cobertura	Grupo De Suelo	CN	% Impermeable
Cuenca Río Ichu	Matorrales, bofedales, tierras	B	74	0

Tabla N° 12: Cálculo de la Curva Número.

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: Condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre sin hierbas	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques en condiciones óptimas, cubiertas > 75%		39	61	74	80
Áreas abiertas, césped, parques en condiciones aceptables entre el 50% y 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales (85% impermeable)		69	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeable)		81	88	91	93
Residencial		Grupo hidrológico del suelo			
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable	A	B	C	D
505.8 m ²	65%	77	85	90	92
1011.6 m ²	38%	61	75	83	87
1348.9 m ²	30%	57	72	81	86
2023.5 m ²	25%	54	70	80	85
4046.9 m ²	20%	51	68	79	84
Pavimentos, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
Calles y carreteras	Pavimento con cunetas y alcantarillado	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Tabla N° 13: Número de Curva para condiciones antecedentes de humedad promedio.

4.1.12.2. Cálculo de la Abstracción Inicial

Para aplicar el modelo SCS o número de curva, se necesita conocer el tipo de uso actual de la tierra, la cobertura vegetal que tiene la cuenca y el tipo de suelo relacionado al grado de infiltración que posee (calculado a partir de los datos anteriores y según la tabla que se adjunta).

$$S = \frac{25400 - 254 \times CN}{CN}$$

$$I_a = 0.2 \times S$$

Descripción	Área (Km2)	CN	S	Ia
Cuenca del Río Ichu	613.59	74	89.24	17.85

Tabla N° 14: Abstracciones Iniciales

Quebrada	Tc (min)	Tlag (min)	Δt (min) asum	Tp (min)
Río Ichu	324.51	194.70	36.03	212.72

Tabla N° 15: Tiempo de retraso

4.1.12.3. Cálculo de la Pendiente del Cauce

El conocimiento de la pendiente del cauce principal de la cuenca es un parámetro importante en el estudio del comportamiento del recurso hídrico. En la sección anexos se muestra el plano altitudinal de la cuenca principal, del cual se resumen las cotas y los desniveles de cada sub cuenca con sus respectivas longitudes y pendientes:

4.1.13. Selección de la Metodología de Diseño

Para la selección de la metodología mencionada, existen diversos criterios entre modelamientos matemáticos, para este caso se verifica los rastros existentes de avenidas máximas, para el cual se emplea el modelamiento hidráulico según la batimetría realizada y se ajusta el parámetro hidrológico CN, sin perder la característica principal de tipo de suelo.

Se realiza distintas Simulaciones Hidrológicas, mediante los hietogramas de la Ecuación Regional y la distribución de Tormenta Tipo II (SCS) de la Estación Ubicada en huancavelica y se concluye que los resultados corresponden con un mejor ajuste para un periodo de retorno de 100 años a la Ecuación Regional IILA SENAMHI, según los parámetros considerados para el departamento de Huancavelica. Por lo tanto, los caudales de máxima avenida para el Río Ichu, se estiman mediante la Ecuación Regional mencionada.

4.1.14. Esquema General Modelamiento HEC-HMS

De los datos obtenidos anteriormente se procede a la simulación hidrológica mediante el programa HECHMS.

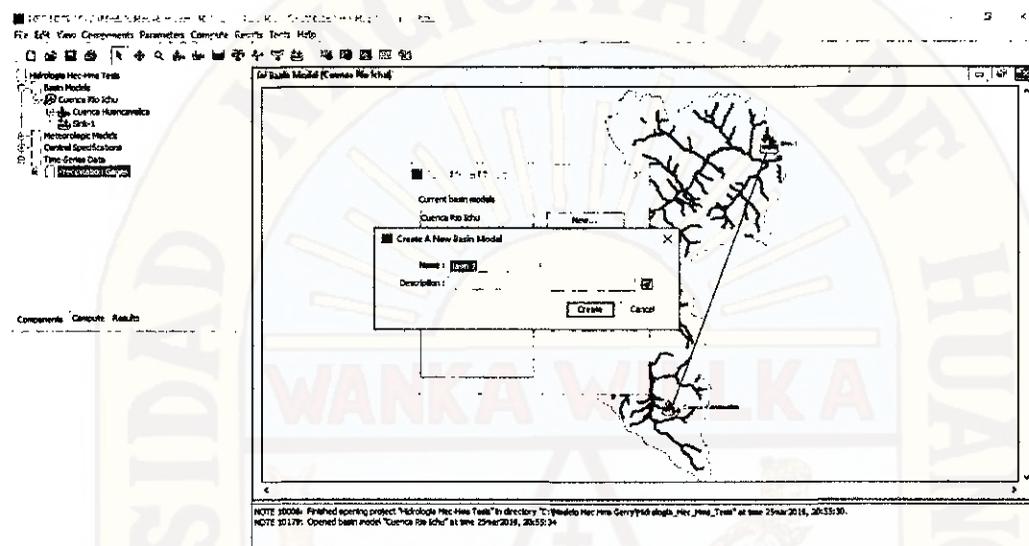


Figura N° 24: Modelamiento HEC-HMS cuenca río Ichu - Model Manager

4.1.14.1. Evaluación del Caudal de Diseño

Finalmente los caudales de diseño para los distintos periodos de retorno se resumen en el cuadro siguiente.

Descripción	Tr=25 años	Tr=50 años	Tr=100 años	Tr=200 años	Tr=500 años	Tr=1000 años
Río Ichu	135.9 m3/s	181.2 m3/s	231.9 m3/s	286.3 m3/s	365.8 m3/s	430.2 m3/s

Tabla N° 16: Resumen de Caudales de diseño en m3/s.

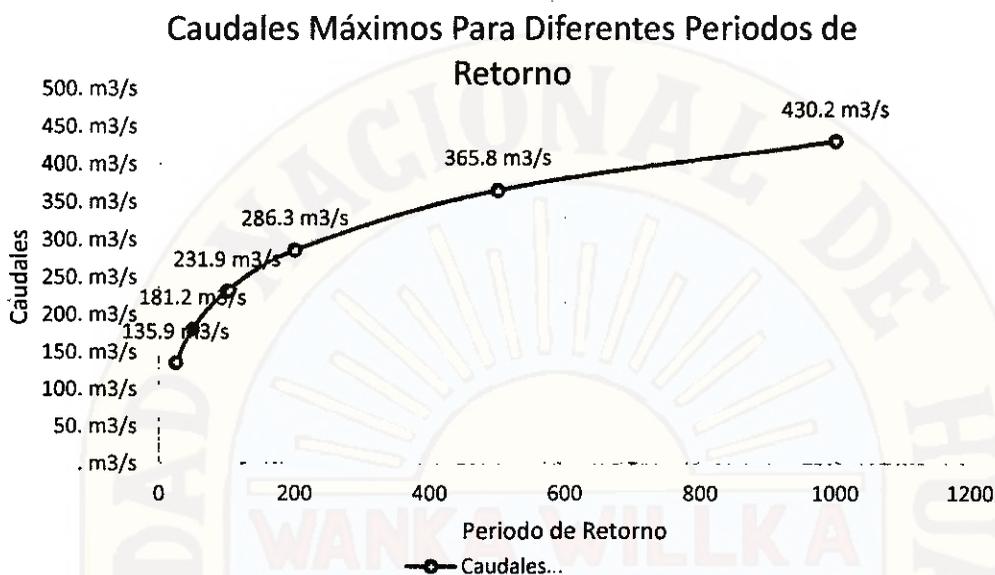


Figura N° 25: Caudales máximos VS Tiempo de retorno

Para el Modelamiento Hidráulico de la defensa ribereña se considera un periodo de retorno de 100 años cuyo resultado es 231.90 m³/s, y para el cálculo de socavación también se considerará el caudal para un periodo de retorno de 100.

4.1.15. Análisis Hidráulico

4.1.15.1. Simulación Hidráulica

La simulación se lleva a cabo mediante el programa HECRAS V4.1, analizando en espacio unidimensional mediante el método del paso estándar en cada uno de las secciones transversales propuestos. El análisis se realiza para un flujo Supercrítico, con condiciones de borde aguas arriba y aguas abajo, con pendientes de 2.90%.

Se realizó el modelamiento hidráulico para un periodo de retorno de 100 años en situación actual y se puede observar que hay inundación en ambas márgenes del río. Las secciones y resultados se presentan en los anexos.

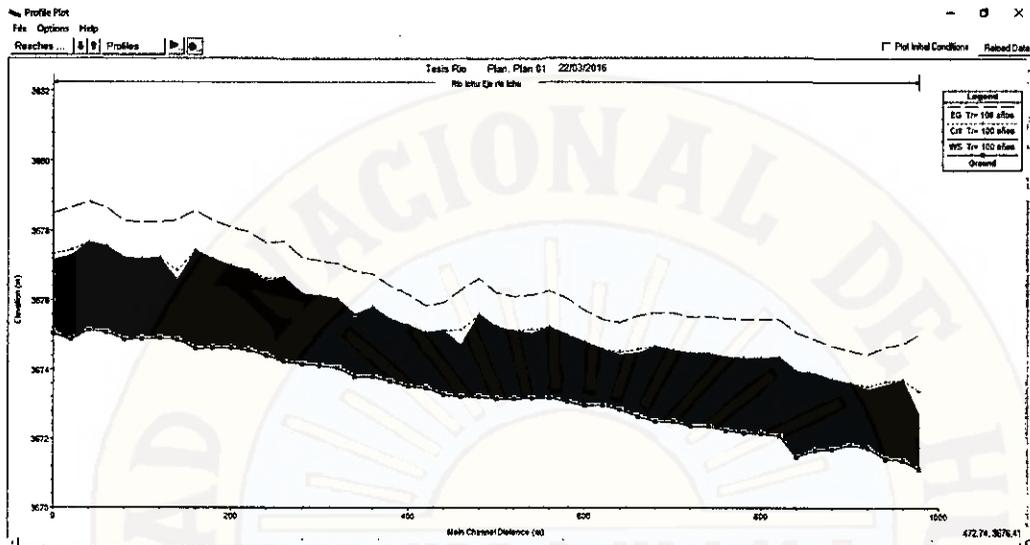


Figura N° 28: Perfil Longitudinal para un periodo de retorno de 100 años – Malecón

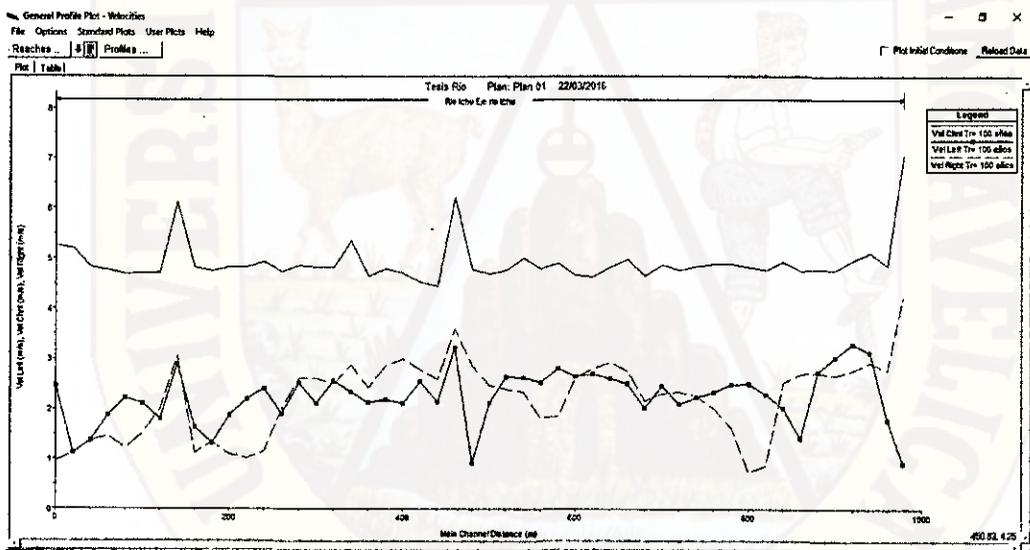


Figura N° 29: Perfil de velocidades – Malecón

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje rio Ichu	978.25	Tr= 100 años	231.9	3671.11	3672.73	3673.4	3675.03	0.029016	7.07	36.61	25.75	1.91
Eje rio Ichu	960	Tr= 100 años	231.9	3671.37	3673.73	3673.73	3674.76	0.008965	4.86	56.5	28.98	1.12
Eje rio Ichu	940	Tr= 100 años	231.9	3671.43	3673.56	3673.67	3674.66	0.011865	5.11	53.76	31.09	1.26
Eje rio Ichu	920	Tr= 100 años	231.9	3671.74	3673.43	3673.52	3674.44	0.012336	4.97	55.77	34.21	1.27
Eje rio Ichu	900	Tr= 100 años	231.9	3671.83	3673.63	3673.63	3674.56	0.010261	4.76	58.56	33.62	1.17
Eje rio Ichu	880	Tr= 100 años	231.9	3671.7	3673.74	3673.74	3674.69	0.009488	4.78	58.24	32.4	1.14
Eje rio Ichu	860	Tr= 100 años	231.9	3671.67	3673.91	3673.91	3674.88	0.008542	4.75	59.08	31.27	1.1
Eje rio Ichu	840	Tr= 100 años	231.9	3671.47	3673.96	3673.96	3675.04	0.008823	4.93	55.6	27.96	1.12
Eje rio Ichu	820	Tr= 100 años	231.9	3672.08	3674.36	3674.36	3675.44	0.007148	4.77	54.03	26.45	1.03
Eje rio Ichu	800	Tr= 100 años	231.9	3672.16	3674.34	3674.34	3675.43	0.00757	4.83	53.2	25.49	1.05
Eje rio Ichu	780	Tr= 100 años	231.9	3672.17	3674.33	3674.33	3675.44	0.008003	4.89	53.52	25.69	1.08
Eje rio Ichu	760	Tr= 100 años	231.9	3672.24	3674.37	3674.37	3675.47	0.007994	4.88	54.31	26.53	1.08
Eje rio Ichu	740	Tr= 100 años	231.9	3672.36	3674.47	3674.47	3675.53	0.007915	4.84	55.35	27.4	1.07
Eje rio Ichu	720	Tr= 100 años	231.9	3672.37	3674.48	3674.48	3675.51	0.007666	4.77	56.56	28.32	1.05
Eje rio Ichu	700	Tr= 100 años	231.9	3672.5	3674.55	3674.55	3675.63	0.008242	4.87	54.72	27.74	1.09
Eje rio Ichu	680	Tr= 100 años	231.9	3672.49	3674.66	3674.66	3675.64	0.007099	4.65	58.64	30.86	1.02
Eje rio Ichu	660	Tr= 100 años	231.9	3672.64	3674.48	3674.58	3675.54	0.009989	4.97	55.63	32.59	1.18
Eje rio Ichu	640	Tr= 100 años	231.9	3672.84	3674.43	3674.52	3675.35	0.011281	4.82	59.86	39.89	1.22
Eje rio Ichu	620	Tr= 100 años	231.9	3672.96	3674.59	3674.59	3675.44	0.010036	4.62	62.01	38.46	1.16
Eje rio Ichu	600	Tr= 100 años	231.9	3672.96	3674.8	3674.8	3675.71	0.008727	4.66	59.85	32.9	1.1
Eje rio Ichu	580	Tr= 100 años	231.9	3673.07	3674.99	3674.99	3676.05	0.009158	4.9	55.91	31.36	1.13
Eje rio Ichu	560	Tr= 100 años	231.9	3673.19	3675.24	3675.24	3676.25	0.008256	4.79	57.05	30.44	1.08

Eje rio lchu	540	Tr= 100 años	231.9	3673.18	3675.06	3675.15	3676.16	0.009765	5	54.98	30.68	1.17
Eje rio lchu	520	Tr= 100 años	231.9	3673.17	3675.13	3675.13	3676.11	0.008534	4.77	57.46	30.47	1.1
Eje rio lchu	500	Tr= 100 años	231.9	3673.16	3675.26	3675.26	3676.23	0.007745	4.69	58.63	31.78	1.05
Eje rio lchu	480	Tr= 100 años	231.9	3673.23	3675.6	3675.6	3676.62	0.008357	4.78	55.81	30.24	1.08
Eje rio lchu	460	Tr= 100 años	231.9	3673.22	3674.71	3675.16	3676.31	0.023272	6.22	45.68	36.91	1.71
Eje rio lchu	440	Tr= 100 años	231.9	3673.29	3675.14	3675.14	3675.93	0.008288	4.45	65.67	41.84	1.07
Eje rio lchu	420	Tr= 100 años	231.9	3673.48	3675.07	3675.07	3675.85	0.010069	4.52	64.83	42.77	1.15
Eje rio lchu	400	Tr= 100 años	231.9	3673.52	3675.28	3675.28	3676.17	0.010198	4.71	60.52	37.51	1.17
Eje rio lchu	380	Tr= 100 años	231.9	3673.68	3675.46	3675.46	3676.41	0.009676	4.79	59.24	35.13	1.15
Eje rio lchu	360	Tr= 100 años	231.9	3673.8	3675.81	3675.81	3676.75	0.00778	4.65	59.89	33.11	1.05
Eje rio lchu	340	Tr= 100 años	231.9	3673.81	3675.59	3675.59	3676.84	0.012224	5.35	52.05	30.33	1.29
Eje rio lchu	320	Tr= 100 años	231.9	3674.07	3676.03	3676.03	3677.05	0.008664	4.82	56.53	29.53	1.11
Eje rio lchu	300	Tr= 100 años	231.9	3674.12	3676.12	3676.12	3677.13	0.008644	4.83	57.77	29.72	1.11
Eje rio lchu	280	Tr= 100 años	231.9	3674.18	3676.19	3676.19	3677.22	0.008713	4.85	55.75	29.09	1.11
Eje rio lchu	260	Tr= 100 años	231.9	3674.24	3676.68	3676.68	3677.7	0.007389	4.74	58.06	29.69	1.04
Eje rio lchu	240	Tr= 100 años	231.9	3674.4	3676.53	3676.62	3677.64	0.008346	4.92	54.89	30.66	1.1
Eje rio lchu	220	Tr= 100 años	231.9	3674.55	3676.87	3676.87	3677.97	0.008125	4.82	53.76	26.3	1.04
Eje rio lchu	200	Tr= 100 años	231.9	3674.63	3676.98	3676.98	3678.08	0.007956	4.82	54.65	26.65	1.03
Eje rio lchu	180	Tr= 100 años	231.9	3674.63	3677.19	3677.19	3678.27	0.006725	4.75	56.77	27.9	1
Eje rio lchu	160	Tr= 100 años	231.9	3674.6	3677.43	3677.43	3678.56	0.006808	4.8	53.01	25	1.01
Eje rio lchu	140	Tr= 100 años	231.9	3674.86	3676.55	3676.85	3678.29	0.016755	6.11	42.4	25.68	1.5
Eje rio lchu	120	Tr= 100 años	231.9	3674.9	3677.21	3677.21	3678.25	0.006861	4.7	56.18	28.04	1
Eje rio lchu	100	Tr= 100 años	231.9	3674.89	3677.19	3677.19	3678.23	0.00672	4.7	56.09	28.19	1
Eje rio lchu	80	Tr= 100 años	231.9	3674.86	3677.2	3677.2	3678.26	0.007206	4.69	54.5	27.85	0.99

Eje rio Ichu	60	Tr= 100 años	231.9	3675.08	3677.54	3677.54	3678.66	0.007367	4.77	52.64	24.82	1
Eje rio Ichu	40	Tr= 100 años	231.9	3675.15	3677.66	3677.66	3678.82	0.007397	4.82	50.65	22.87	1
Eje rio Ichu	20	Tr= 100 años	231.9	3674.86	3677.27	3677.44	3678.64	0.009465	5.2	46.08	22.53	1.12
Eje rio Ichu	0	Tr= 100 años	231.9	3675.04	3677.16	3677.33	3678.5	0.010402	5.25	47.08	23.45	1.16

Tabla N° 17: HECRAS, Características Hidráulicas de las Secciones

4.1.16. Cálculo de Socavación

CALCULO DE SOCAVACION GENERALIZADA

METODO DE LISCHTVAN LEVEDIEV

Suelos no cohesivos: d_m (mm) =65

Rio	Est. Rio	Tr	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Tirante (Hm)	Tirante (Yo)	α	β	Hs	Socavación
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	(m)	(m)			(m)	
Eje rio Ichu	978.25	Tr= 100 años	231.90	3671.11	3672.73	7.07	36.61	25.75	1.42	1.62	5.27	1.00	3.51	1.89
Eje rio Ichu	960	Tr= 100 años	231.90	3671.37	3673.73	4.86	56.50	28.98	1.95	2.36	2.77	1.00	3.47	1.11
Eje rio Ichu	940	Tr= 100 años	231.90	3671.43	3673.56	5.11	53.76	31.09	1.73	2.13	3.15	1.00	3.36	1.23
Eje rio Ichu	920	Tr= 100 años	231.90	3671.74	3673.43	4.97	55.77	34.21	1.63	1.69	3.16	1.00	2.53	0.84
Eje rio Ichu	900	Tr= 100 años	231.90	3671.83	3673.63	4.76	58.56	33.62	1.74	1.80	2.88	1.00	2.55	0.75
Eje rio Ichu	880	Tr= 100 años	231.90	3671.70	3673.74	4.78	58.24	32.40	1.80	2.04	2.84	1.00	2.94	0.90
Eje rio Ichu	860	Tr= 100 años	231.90	3671.67	3673.91	4.75	59.08	31.27	1.89	2.24	2.70	1.00	3.19	0.95
Eje rio Ichu	840	Tr= 100 años	231.90	3671.47	3673.96	4.93	55.60	27.96	1.99	2.49	2.78	1.00	3.71	1.22
Eje rio Ichu	820	Tr= 100 años	231.90	3672.08	3674.36	4.77	54.03	26.45	2.04	2.28	2.81	1.00	3.36	1.08
Eje rio Ichu	800	Tr= 100 años	231.90	3672.16	3674.34	4.83	53.20	25.49	2.09	2.18	2.81	1.00	3.18	1.00
Eje rio Ichu	780	Tr= 100 años	231.90	3672.17	3674.33	4.89	53.52	25.69	2.08	2.16	2.80	1.00	3.13	0.97

Eje rio Ichu	760	Tr= 100 años	231.90	3672.24	3674.37	4.88	54.31	26.53	2.05	2.13	2.79	1.00	3.07	0.94
Eje rio Ichu	740	Tr= 100 años	231.90	3672.36	3674.47	4.84	55.35	27.40	2.02	2.11	2.76	1.00	3.01	0.90
Eje rio Ichu	720	Tr= 100 años	231.90	3672.37	3674.48	4.77	56.56	28.32	2.00	2.11	2.72	1.00	2.98	0.87
Eje rio Ichu	700	Tr= 100 años	231.90	3672.50	3674.55	4.87	54.72	27.74	1.97	2.05	2.84	1.00	2.96	0.91
Eje rio Ichu	680	Tr= 100 años	231.90	3672.49	3674.66	4.65	58.64	30.86	1.90	2.17	2.71	1.00	3.08	0.91
Eje rio Ichu	660	Tr= 100 años	231.90	3672.64	3674.48	4.97	55.63	32.59	1.71	1.84	3.07	1.00	2.75	0.91
Eje rio Ichu	640	Tr= 100 años	231.90	3672.84	3674.43	4.82	59.86	39.89	1.50	1.59	3.11	1.00	2.31	0.72
Eje rio Ichu	620	Tr= 100 años	231.90	3672.96	3674.59	4.62	62.01	38.46	1.61	1.63	2.86	1.00	2.24	0.61
Eje rio Ichu	600	Tr= 100 años	231.90	3672.96	3674.80	4.66	59.85	32.90	1.82	1.84	2.74	1.00	2.52	0.68
Eje rio Ichu	580	Tr= 100 años	231.90	3673.07	3674.99	4.90	55.91	31.36	1.78	1.92	2.97	1.00	2.83	0.91
Eje rio Ichu	560	Tr= 100 años	231.90	3673.19	3675.24	4.79	57.05	30.44	1.87	2.05	2.81	1.00	2.95	0.90
Eje rio Ichu	540	Tr= 100 años	231.90	3673.18	3675.06	5.00	54.98	30.68	1.79	1.88	3.01	1.00	2.78	0.90
Eje rio Ichu	520	Tr= 100 años	231.90	3673.17	3675.13	4.77	57.46	30.47	1.89	1.96	2.78	1.00	2.76	0.80
Eje rio Ichu	500	Tr= 100 años	231.90	3673.16	3675.26	4.69	58.63	31.78	1.84	2.10	2.77	1.00	3.00	0.90
Eje rio Ichu	480	Tr= 100 años	231.90	3673.23	3675.60	4.78	55.81	30.24	1.85	2.37	2.91	1.00	3.62	1.25
Eje rio Ichu	460	Tr= 100 años	231.90	3673.22	3674.71	6.22	45.68	36.91	1.24	1.49	4.64	1.00	2.88	1.39
Eje rio Ichu	440	Tr= 100 años	231.90	3673.29	3675.14	4.45	65.67	41.84	1.57	1.85	2.75	1.00	2.55	0.70
Eje rio Ichu	420	Tr= 100 años	231.90	3673.48	3675.07	4.52	64.83	42.77	1.52	1.59	2.85	1.00	2.17	0.58
Eje rio Ichu	400	Tr= 100 años	231.90	3673.52	3675.28	4.71	60.52	37.51	1.61	1.76	2.93	1.00	2.51	0.75

Tabla N° 18: Resultados de cálculo de socavación Secciones 978.25-400

Eje rio Ichu	380	Tr= 100 años	231.90	3673.68	3675.46	4.79	59.24	35.13	1.69	1.78	2.91	1.00	2.53	0.75
Eje rio Ichu	360	Tr= 100 años	231.90	3673.80	3675.81	4.65	59.89	33.11	1.81	2.01	2.75	1.00	2.82	0.81
Eje rio Ichu	340	Tr= 100 años	231.90	3673.81	3675.59	5.35	52.05	30.33	1.72	1.78	3.27	1.00	2.77	0.99
Eje rio Ichu	320	Tr= 100 años	231.90	3674.07	3676.03	4.82	56.53	29.53	1.91	1.96	2.80	1.00	2.78	0.82

Eje rio Ichu	300	Tr= 100 años	231.90	3674.12	3676.12	4.83	57.77	29.72	1.94	2.00	2.71	1.00	2.78	0.78
Eje rio Ichu	280	Tr= 100 años	231.90	3674.18	3676.19	4.85	55.75	29.09	1.92	2.01	2.84	1.00	2.89	0.88
Eje rio Ichu	260	Tr= 100 años	231.90	3674.24	3676.68	4.74	58.06	29.69	1.96	2.44	2.69	1.00	3.54	1.10
Eje rio Ichu	240	Tr= 100 años	231.90	3674.40	3676.53	4.92	54.89	30.66	1.79	2.13	3.02	1.00	3.25	1.12
Eje rio Ichu	220	Tr= 100 años	231.90	3674.55	3676.87	4.82	53.76	26.30	2.04	2.32	2.82	1.00	3.44	1.12
Eje rio Ichu	200	Tr= 100 años	231.90	3674.63	3676.98	4.82	54.65	26.65	2.05	2.35	2.77	1.00	3.45	1.10
Eje rio Ichu	180	Tr= 100 años	231.90	3674.63	3677.19	4.75	56.77	27.90	2.03	2.56	2.68	1.00	3.74	1.18
Eje rio Ichu	160	Tr= 100 años	231.90	3674.60	3677.43	4.80	53.01	25.00	2.12	2.83	2.79	1.00	4.37	1.54
Eje rio Ichu	140	Tr= 100 años	231.90	3674.86	3676.55	6.11	42.40	25.68	1.65	1.69	4.12	1.00	3.08	1.39
Eje rio Ichu	120	Tr= 100 años	231.90	3674.90	3677.21	4.70	56.18	28.04	2.00	2.31	2.73	1.00	3.34	1.03
Eje rio Ichu	100	Tr= 100 años	231.90	3674.89	3677.19	4.70	56.09	28.19	1.99	2.30	2.75	1.00	3.34	1.04
Eje rio Ichu	80	Tr= 100 años	231.90	3674.86	3677.20	4.69	54.50	27.85	1.96	2.34	2.86	1.00	3.52	1.18
Eje rio Ichu	60	Tr= 100 años	231.90	3675.08	3677.54	4.77	52.64	24.82	2.12	2.46	2.81	1.00	3.69	1.23
Eje rio Ichu	40	Tr= 100 años	231.90	3675.15	3677.66	4.82	50.65	22.87	2.21	2.51	2.84	1.00	3.81	1.30
Eje rio Ichu	20	Tr= 100 años	231.90	3674.86	3677.27	5.20	46.08	22.53	2.05	2.41	3.29	1.00	4.05	1.64
Eje rio Ichu	0	Tr= 100 años	231.90	3675.04	3677.16	5.25	47.08	23.45	2.01	2.12	3.26	1.00	3.43	1.31
MINIMO										1.49			0.58	
MAXIMO										2.83			1.89	
PROMEDIO										2.07			1.02	

Tabla N° 19: Resultados de cálculo de socavación Secciones 380-0

DETERMINACION DE LA ALTURA DE MURO

Rio	Est. Rio	Tr	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Tirante
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)
Eje rio lchu	978.25	Tr= 100 años	231.90	3671.11	3672.73	7.07	1.62
Eje rio lchu	960	Tr= 100 años	231.90	3671.37	3673.73	4.86	2.36
Eje rio lchu	940	Tr= 100 años	231.90	3671.43	3673.56	5.11	2.13
Eje rio lchu	920	Tr= 100 años	231.90	3671.74	3673.43	4.97	1.69
Eje rio lchu	900	Tr= 100 años	231.90	3671.83	3673.63	4.76	1.80
Eje rio lchu	880	Tr= 100 años	231.90	3671.70	3673.74	4.78	2.04
Eje rio lchu	860	Tr= 100 años	231.90	3671.67	3673.91	4.75	2.24
Eje rio lchu	840	Tr= 100 años	231.90	3671.47	3673.96	4.93	2.49
Eje rio lchu	820	Tr= 100 años	231.90	3672.08	3674.36	4.77	2.28
Eje rio lchu	800	Tr= 100 años	231.90	3672.16	3674.34	4.83	2.18
Eje rio lchu	780	Tr= 100 años	231.90	3672.17	3674.33	4.89	2.16
Eje rio lchu	760	Tr= 100 años	231.90	3672.24	3674.37	4.88	2.13
Eje rio lchu	740	Tr= 100 años	231.90	3672.36	3674.47	4.84	2.11
Eje rio lchu	720	Tr= 100 años	231.90	3672.37	3674.48	4.77	2.11
Eje rio lchu	700	Tr= 100 años	231.90	3672.50	3674.55	4.87	2.05
Eje rio lchu	680	Tr= 100 años	231.90	3672.49	3674.66	4.65	2.17
Eje rio lchu	660	Tr= 100 años	231.90	3672.64	3674.48	4.97	1.84
Eje rio lchu	640	Tr= 100 años	231.90	3672.84	3674.43	4.82	1.59
Eje rio lchu	620	Tr= 100 años	231.90	3672.96	3674.59	4.62	1.63
Eje rio lchu	600	Tr= 100 años	231.90	3672.96	3674.80	4.66	1.84
Eje rio lchu	580	Tr= 100 años	231.90	3673.07	3674.99	4.90	1.92
Eje rio lchu	560	Tr= 100 años	231.90	3673.19	3675.24	4.79	2.05
Eje rio lchu	540	Tr= 100 años	231.90	3673.18	3675.06	5.00	1.88
Eje rio lchu	520	Tr= 100 años	231.90	3673.17	3675.13	4.77	1.96
Eje rio lchu	500	Tr= 100 años	231.90	3673.16	3675.26	4.69	2.10
Eje rio lchu	480	Tr= 100 años	231.90	3673.23	3675.60	4.78	2.37
Eje rio lchu	460	Tr= 100 años	231.90	3673.22	3674.71	6.22	1.49
Eje rio lchu	440	Tr= 100 años	231.90	3673.29	3675.14	4.45	1.85
Eje rio lchu	420	Tr= 100 años	231.90	3673.48	3675.07	4.52	1.59
Eje rio lchu	400	Tr= 100 años	231.90	3673.52	3675.28	4.71	1.76

Tabla N° 20: Cálculo de Altura de Muro de defensa Ribereña – Malecón, Secciones 978.25-400

Eje rio Ichu	380	Tr= 100 años	231.90	3673.68	3675.46	4.79	1.78
Eje rio Ichu	360	Tr= 100 años	231.90	3673.80	3675.81	4.65	2.01
Eje rio Ichu	340	Tr= 100 años	231.90	3673.81	3675.59	5.35	1.78
Eje rio Ichu	320	Tr= 100 años	231.90	3674.07	3676.03	4.82	1.96
Eje rio Ichu	300	Tr= 100 años	231.90	3674.12	3676.12	4.83	2.00
Eje rio Ichu	280	Tr= 100 años	231.90	3674.18	3676.19	4.85	2.01
Eje rio Ichu	260	Tr= 100 años	231.90	3674.24	3676.68	4.74	2.44
Eje rio Ichu	240	Tr= 100 años	231.90	3674.40	3676.53	4.92	2.13
Eje rio Ichu	220	Tr= 100 años	231.90	3674.55	3676.87	4.82	2.32
Eje rio Ichu	200	Tr= 100 años	231.90	3674.63	3676.98	4.82	2.35
Eje rio Ichu	180	Tr= 100 años	231.90	3674.63	3677.19	4.75	2.56
Eje rio Ichu	160	Tr= 100 años	231.90	3674.60	3677.43	4.80	2.83
Eje rio Ichu	140	Tr= 100 años	231.90	3674.86	3676.55	6.11	1.69
Eje rio Ichu	120	Tr= 100 años	231.90	3674.90	3677.21	4.70	2.31
Eje rio Ichu	100	Tr= 100 años	231.90	3674.89	3677.19	4.70	2.30
Eje rio Ichu	80	Tr= 100 años	231.90	3674.86	3677.20	4.69	2.34
Eje rio Ichu	60	Tr= 100 años	231.90	3675.08	3677.54	4.77	2.46
Eje rio Ichu	40	Tr= 100 años	231.90	3675.15	3677.66	4.82	2.51
Eje rio Ichu	20	Tr= 100 años	231.90	3674.86	3677.27	5.20	2.41
Eje rio Ichu	0	Tr= 100 años	231.90	3675.04	3677.16	5.25	2.12
MINIMO							1.49
MAXIMO							2.83
PROMEDIO							2.07
DESVIACION							0.30

Tabla N° 21: Cálculo de Altura de Muro de defensa Ribereña – Malecón, Secciones 380-0

Rio	Socavación Tr = 100 años	Tirante	BL	Altura Muro
	(m)	(m)	(m)	(m)
Rio Ichu	1.00	2.10	0.50	3.60

Tabla N° 22: Resultado Altura Del Muro

4.1.17. Calculo de la Estabilidad del Muro De Contención

4.1.17.1. Muro de Concreto Armado (muro en voladizo)

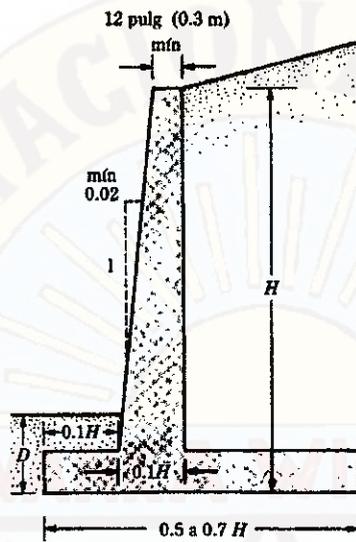


Figura N° 30: Dimensionamiento del Muro

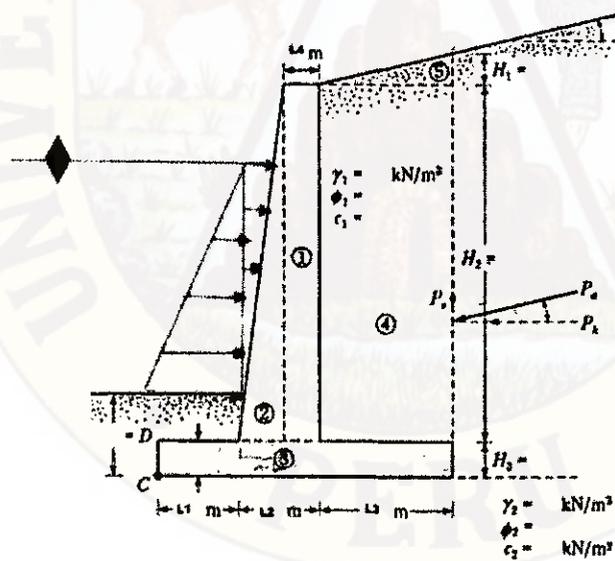


Figura N° 31: Fuerzas Actuantes en el Muro

Datos:

Yconcreto	23.58	KN/m3
Yagua	9.81	KN/m3
γ1	18	KN/m3
Ø1	30	
C1	0	KN/m2
γ2	19	KN/m3
Ø2	20	
C2	1	KN/m2
Angulo del Talud		0
H altura total Muro		3.6m
D=		1m
		Usar
h1=	0	0m
h2=	3.2	3.2m
h3=	0.36	0.4m
L=	2.16	2.2m
L1=	0.36	0.4m
L2=	0.36	0.4m
L3=	1.4	1.4m
L4=	min 0.3	0.3m
H'=		3.6m

La fuerza activa de Rankine por unidad de longitud de muro

$$P_P = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

▼ TABLA 6.2 Coeficiente K_a [ec. (6.19)] de presión activa de la tierra

α (grados)	ϕ (grados)						
	28	30	32	34	36	38	40
0	0.361	0.333	0.307	0.283	0.260	0.238	0.217
5	0.366	0.337	0.311	0.286	0.262	0.240	0.219
10	0.380	0.350	0.321	0.294	0.270	0.246	0.225
15	0.409	0.373	0.341	0.311	0.283	0.258	0.235
20	0.461	0.414	0.374	0.338	0.306	0.277	0.250
25	0.573	0.494	0.434	0.385	0.343	0.307	0.275

Tabla N° 23: Coeficiente K_a

Ka = Tabla 6.2; Braja M. Das

0.333

Calculo de la Presión activa				
Pa=	38.84	KN/m		
Ph=	38.84	KN/m		
Pv=	0.00	KN/m		
Pagua1	21.63	KN/m		
Pagua2	21.63	KN/m		
Calculo del factor de seguridad CONTRA EL VOLTEO				
SECCCIÓN	Area	PESO	BRAZO	MOMENTO
Muro	m2	KN/M	metros	t-m
W1	0.96	22.64	0.65	14.71
W2	0.16	3.77	0.47	1.76
W3	0.88	20.75	1.10	22.83
W4	4.48	80.64	1.50	120.96
W5	0.00	0.00	1.73	0.00
Pv		0.00	2.20	0.00
Peso Agua 1	0.11	1.03	0.43	0.45
Peso Agua 1	0.84	8.24	0.20	1.65
Pagua1		21.63	0.27	5.77
Pagua2		21.63	0.53	11.54
W =		180.33	Mr =	179.66
Momento De Volteo, Mo				
Mo=	46.61	KN-m		

$$FS_{VOLTEO} = \frac{\sum M_R}{M_O} = 3.85$$

Calculo del factor de seguridad Contra El Deslizamiento:

$$FS_{DESLIZAMIENTO} = \frac{(\sum V)\tan(k_1\phi_2) + Bk_2c_2 + P_p}{P_a \cos\alpha}$$

la mayoría de los casos, k_1 y k_2 están en el rango de $\frac{1}{2}$ a $\frac{2}{3}$. Entonces

k1=k2=	0.67
$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi_2}{2}\right)$	
Kp=	2.04

$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma_2 D^2 + 2C_2 \sqrt{K_p} D$	
$P_p =$	65.49
$FS =$	2.87

4.1.17.1. Muro de Contrafuerte

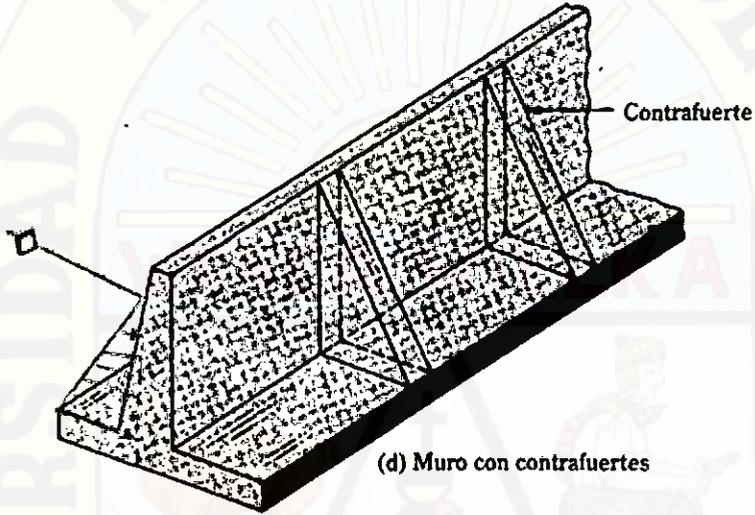


Figura N° 32: Muro De Contrafuertes

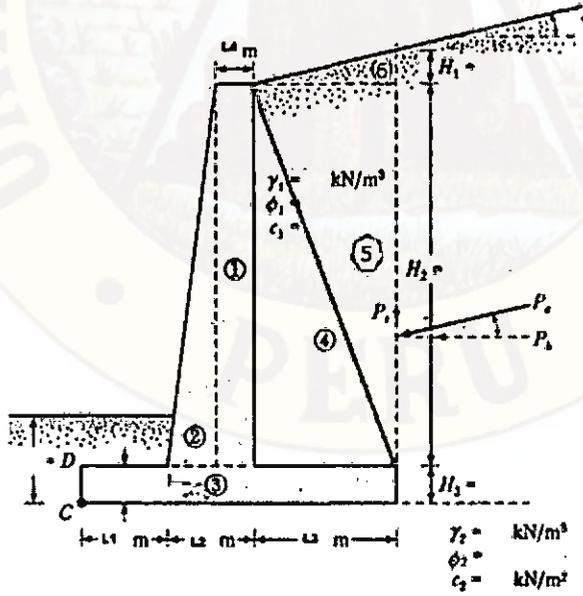


Figura N° 33: Sección Transversal Muro de Contrafuertes

Yconcreto	23.58	KN/m3	
Yagua	9.81	KN/m3	
Y1	18	KN/m3	
Ø1	30		
C1	0	KN/m2	
Y2	19	KN/m3	
Ø2	20		
C2	1	KN/m2	
Angulo del Talud		0	
H altura total Muro		3.6	m
D=		1	m
		Usar	
h1=	0	0	m
h2=	3.2	3.2	m
h3=	0.36	0.4	m
L=	2.16	2.2	m
L1=	0.36	0.4	m
L2=	0.36	0.3	m
L3=	1.5	1.5	m
L4=	min 0.3	0.3	m
H'=		3.6	m
Ka=	Tabla 6.2; Braja M. Das		0.333

Calculo de la Presión activa

Pa=	38.84	KN/m
Ph=	38.84	KN/m
Pv=	0.00	KN/m
Pagua	21.63	KN/m

Calculo del factor de seguridad CONTRA EL VOLTEO

SECCCIÓN	Área	PESO	BRAZO	MOMENTO
Muro	m2	KN/M	metros	t-m
W1	0.96	22.64	0.55	12.45
W2	0.00	0.00	0.40	0.00
W3	0.88	20.75	1.10	22.83
W4	2.40	56.59	1.20	67.91
W5	2.40	43.20	2.80	120.96
W6	0.00	0.00	1.70	0.00
Pv		0.00	2.20	0.00
Peso Agua	0.84	8.24	0.20	1.65
Pagua		21.63	0.27	5.77

W =		143.18	Mr =	231.56
Momento De Volteo, Mo				
Mo=	46.61	KN-m		
FSdeslizamiento	4.96			

Calculo del factor de seguridad Contra El Deslizamiento

la mayoría de los casos, k_1 y k_2 están en el rango de $\frac{1}{2}$ a $\frac{2}{3}$. Entonces

k1=k2=	0.67
Kp=	2.04
Pp=	43.86
FS=	2.07

4.1.18. Calculo de Esfuerzos en los Muros

4.1.18.1. Esfuerzos en muro de Concreto armado (En Voladizo)

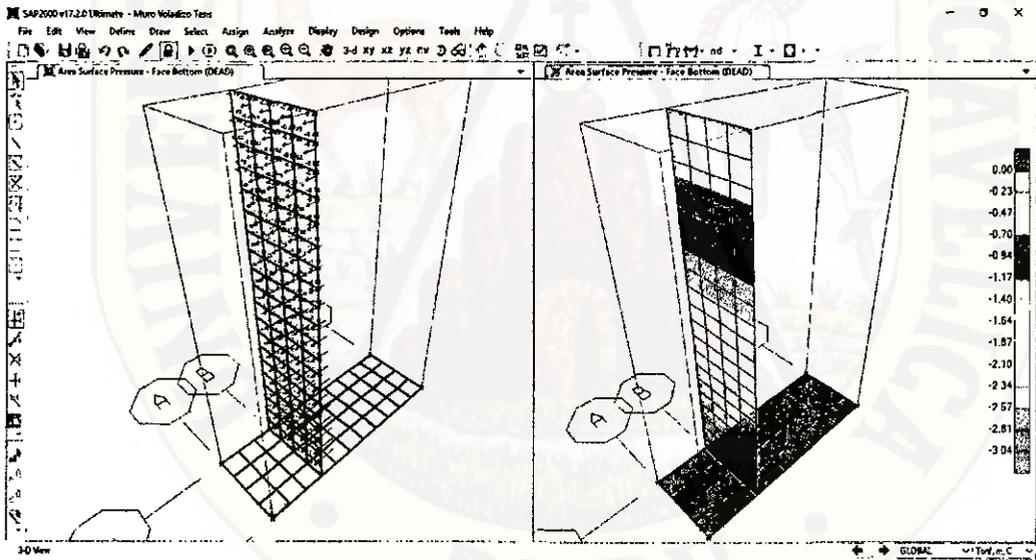


Figura N° 34: Presión de Tierra elemento Shell

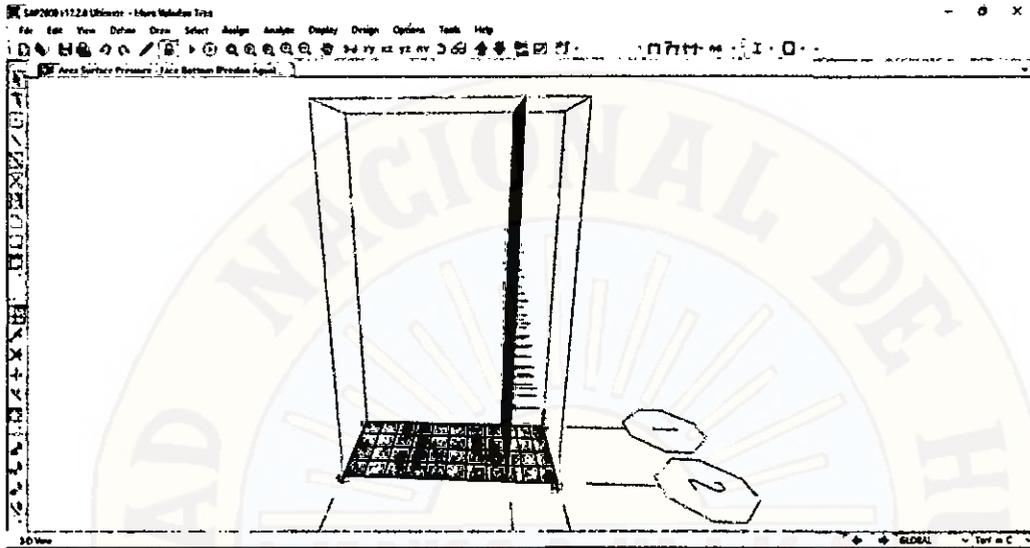


Figura N° 35: Presión de Agua elemento Shell

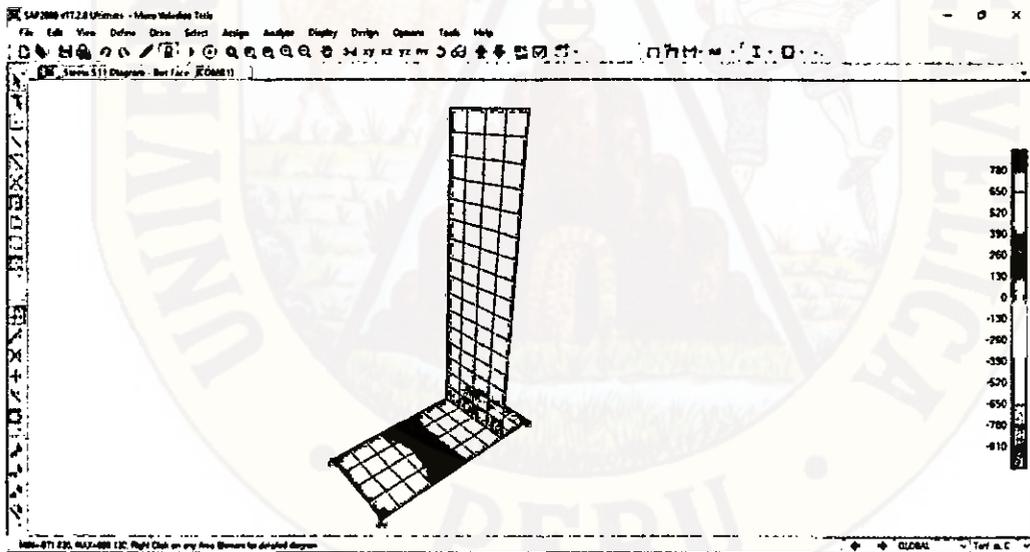


Figura N° 36: Esfuerzos Producidos En El Muro de Contención

4.1.18.1. Esfuerzos en Muro con Contrafuerte

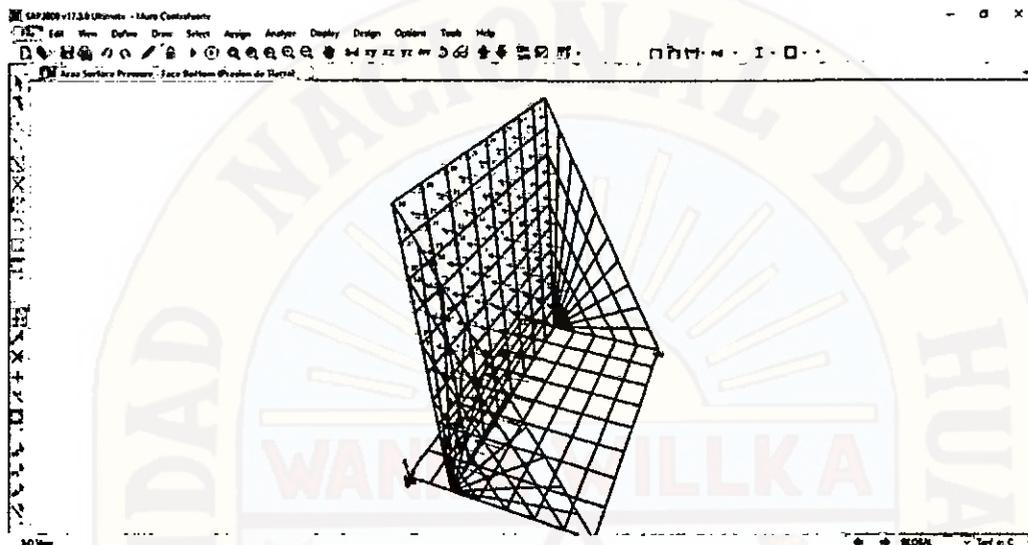


Figura N° 37: Presión de Tierra elemento Shell

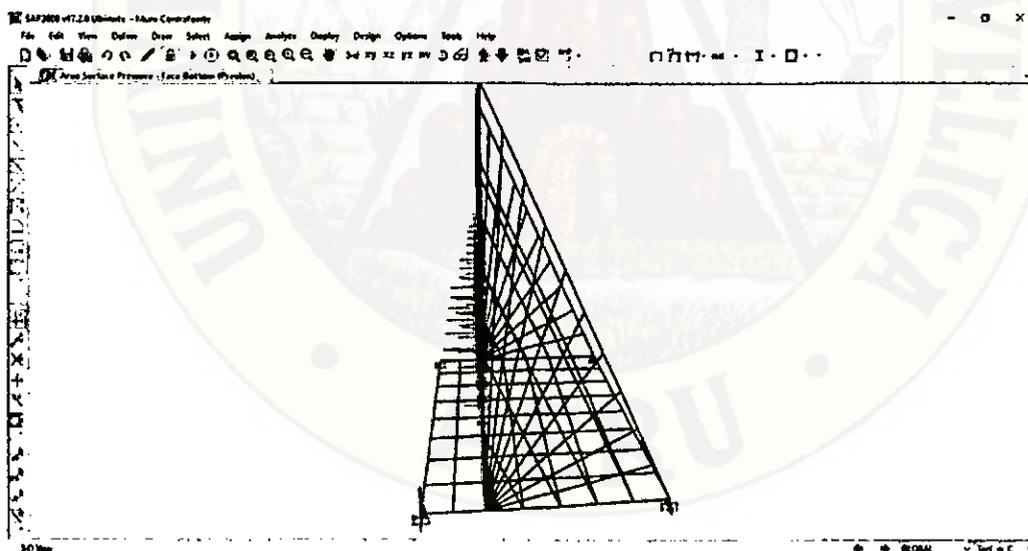


Figura N° 38: Presión de Agua elemento Shell

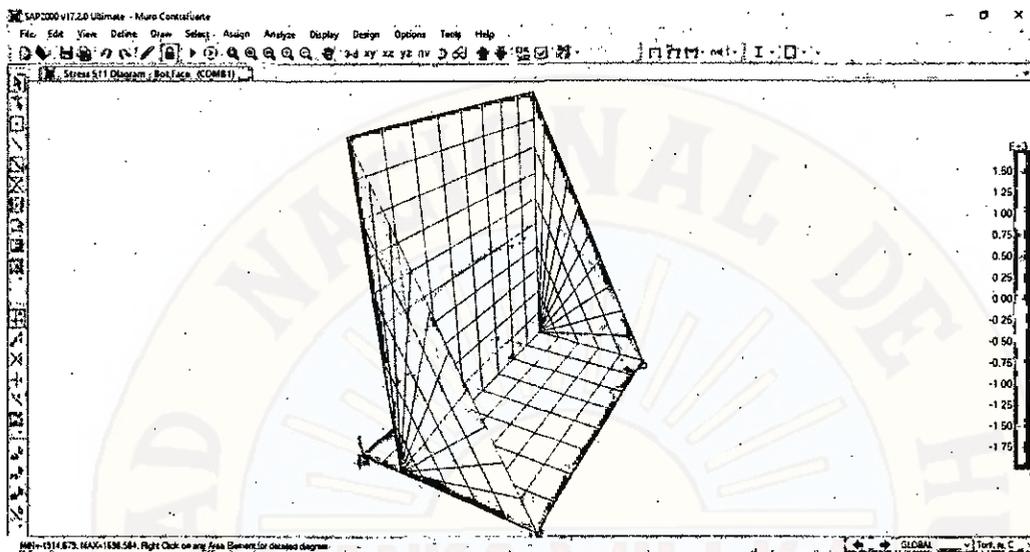


Figura N° 39: Esfuerzos Producidos En El Muro de Contención

4.2. Discusión

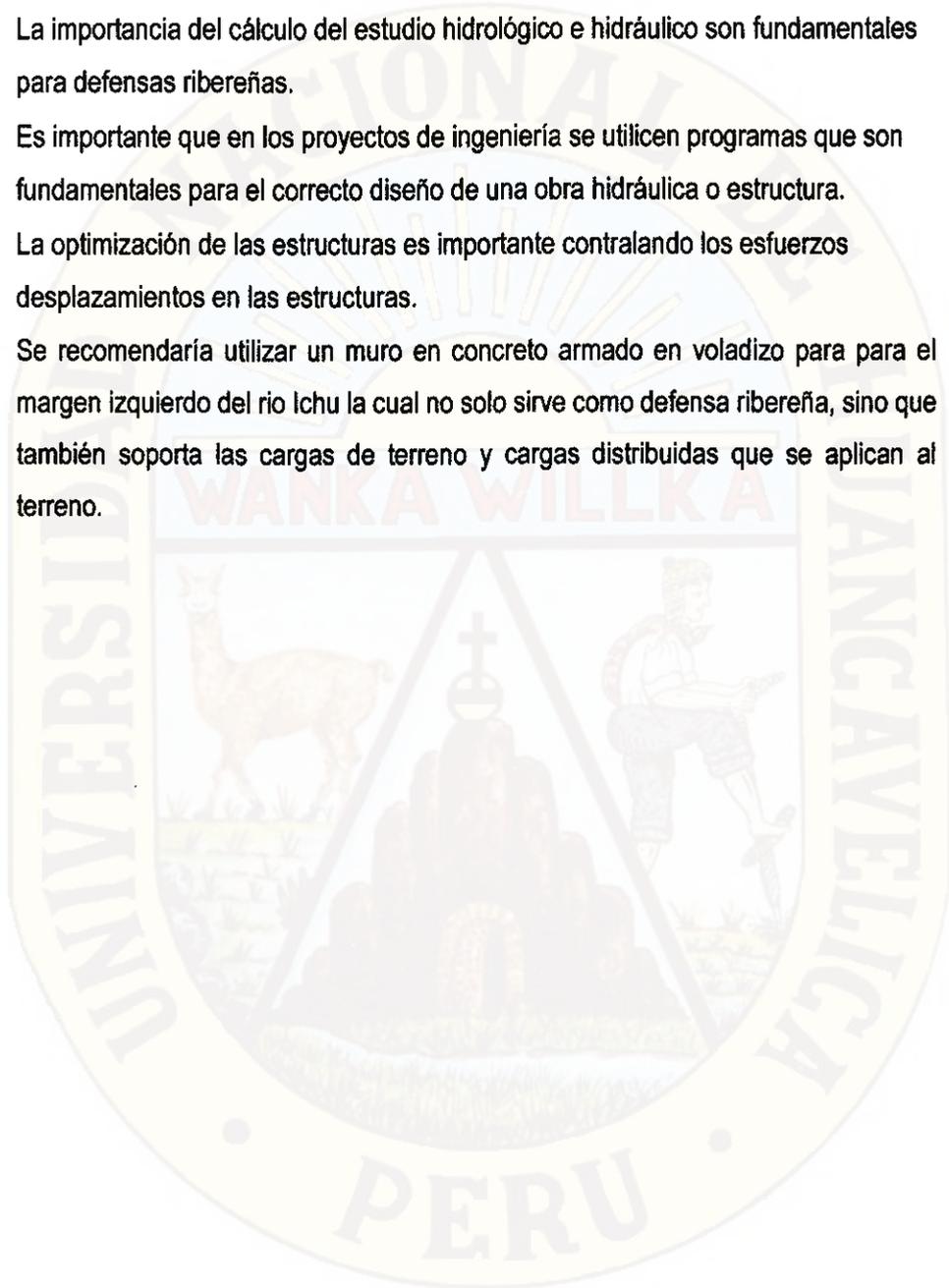
- Las metodologías utilizadas para el cálculo de máximas avenidas son metodologías desarrolladas con la intención de poder generar resultados que se aproximen a la realidad.
- Para determinar la socavación a la que se someterá el río en la cuenca de estudio se utilizaron las condiciones de contorno aguas arriba y agua abajo referente a la pendiente que ejerce el río.
- El desarrollo de la investigación nos ayuda a saber cuándo se producirán caudales máximos en el río para así poder definir una buena estructura de retención de agua o defensa ribereña que en este caso se plantea un muro de contención en voladizo y contrafuerte para definir el más óptimo.
- Los proyectos que se realicen se tienen que formular con el debido análisis en las diferentes ramas de ingeniería utilizando el software que nos ayudan a calcular la parte de hidrología y estructuras a mayor detalle y llegar a entender con claridad lo que se viene desarrollando.

CONCLUSIONES

- Las precipitaciones acumuladas según las ecuaciones regionales IILA SENAMHI muestra un incremento tipo exponencial, que facilita el procedimiento del bloque alterno propuesto por Ven Te Chow.
- El cálculo socavación que genera en el lecho del río se realizó para diferentes periodos de retorno para garantizar el buen desempeño de la estructura.
- Para el cálculo del altura del muro de contención se calcularon los caudales máximos para la avenidas máximas que se presentan para para los diferentes periodos de retorno a la cual se someterá la estructura.
- La falla tanto por volcamiento y deslizamiento del muro de contención por acción de la Presión activa del terreno como también la del líquido (agua) son cargas que tenderán a desestabilizar el muro de contención. El muro de contención con contrafuertes será más estable que el muro de contención en voladizo.
- Los esfuerzos producidos en el muro en contrafuertes son menores a los esfuerzos producidos en el muro de contención en voladizo, ya que el muro de contrafuertes es más estable y soporta mejor las cargas laterales tanto producidas por el agua y por la acción del suelo. Por lo cual para este proyecto no sería necesario utilizar un muro con contrafuertes ya que solo requerimos un muro de altura pequeña siendo esta $h=3.6\text{m}$ por ende utilizar un muro en contrafuertes no sería lo ideal ya que esta estructura se utiliza para soportar grandes alturas y así darle una mejor estabilidad al terreno.

RECOMENDACIONES

- La importancia del cálculo del estudio hidrológico e hidráulico son fundamentales para defensas ribereñas.
- Es importante que en los proyectos de ingeniería se utilicen programas que son fundamentales para el correcto diseño de una obra hidráulica o estructura.
- La optimización de las estructuras es importante contralando los esfuerzos desplazamientos en las estructuras.
- Se recomendaría utilizar un muro en concreto armado en voladizo para para el margen izquierdo del rio Ichu la cual no solo sirve como defensa ribereña, sino que también soporta las cargas de terreno y cargas distribuidas que se aplican al terreno.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Chow Vent T. Maidment, DR.** Hidrología aplicada. Mac Graw Hill Interamericana S.A. Santafé De Bogota, 1994
- **ANIL W. Date .** Introduccion computacional Fluid Dynamics. Cambridge University Press, 2005. John Wiley and Sons Ltd, 2007.
- **Charles Hirsch.** Numerical Computation of Internal and External Flows. J
- Gonzalo Andrés Jara Mori. **Estudio de la Aplicabilidad de Materiales Compuestos al Diseño de Estructuras de Contención de Tierras y su Interacción con el Terreno, para su empleo en Obras de Infraestructura Viaria** [Tesis Doctoral]. Madrid: Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno, 2008.
- FORTE (Proveedor de soluciones para contención de tierras con hormigón prefabricado), **Muros de Contención.** Alicante – España: Cat. gen. muros, 2009.
- Rafael Ángel Torres Belandria, **Análisis y Diseño de Muros de Contención de Concreto Armado.** Mérida – Venezuela: Segunda Impresión adaptada a la Norma Venezolana 1753 – 2006, 2008.
- Susana Rojas Martínez, **Diseños de Muros de Contención Sector la Aguada Comuna de Corral** [Tesis]. Valdivia- Chile: Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles. 2009.
- María Graciela Fratelli, **Suelos Fundaciones y Muros.** Caracas - Venezuela: Edición para todo el mundo, 1996.

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TÍTULO:

"ESTUDIO Y ANALISIS COMPARATIVO ENTRE MUROS DE CONTENCIÓN CON CONTRAFUERTE Y MUROS DE CONCRETO ARMADO EN HUANCVELICA"

AUTOR:

MATAMOROS HUAMAN, WALDIR GERRY

INSTITUCION:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA, FACULTAD DE INGENIERÍA MINAS CIVIL AMBIENTAL, ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.

RESUMEN:

El proyecto de investigación se realiza con el objetivo de hacer una contribución a la ingeniería civil en las ramas de la hidráulica y estructuras. Ya que esta investigación está basada en analizar y comparar los esfuerzos en muros de contención, como no solamente se comportan como muros de contención sino que también se utilizaran como defensa ribereña a lo largo de la zona de estudio en este caso el malecón Virgen de la Candelaria y del Carmen ubicada en la ciudad de Huancavelica.

Por este motivo se procederá al dimensionamiento del muro, cuidando que el nivel máximo del río Ichu en avenidas máximas no sobrepase la altura de nuestro muro en estudio por ende con la ayuda de la hidráulica pluvial se procederá al cálculo de los diferentes caudales máximos para los diferentes periodos de retorno, para estos cálculos se utilizaran métodos que se presentan dentro del contenido de la investigación.

INTRODUCCIÓN:

Un muro de contención es toda estructura continua de forma pasiva produce un efecto estabilizador sobre una masa de suelo, en unas ocasiones en un terreno natural y en otras en un relleno artificial. El cuerpo del muro trabaja esencialmente a flexión y la compresión

vertical debida a su propio peso es un factor estabilizante. En algunas situaciones el muro desempeña una segunda misión que es la de transmitir cargas verticales a terreno, desempeñando una función de cimiento. Los muros de contención se comportan básicamente como voladizos empotrados en su base.

Actualmente existen programas de elementos finitos muy útiles en el modelamiento y diseño de estructuras, como es el caso del programa SAP 2000, que puede ser fácilmente utilizado en el estudio de muros de contención lateral y demás aplicaciones en ingeniería de fundaciones en las que los modelos se utilizan para analizar el fenómeno de esfuerzo-deformación del suelo de acuerdo al tipo de estructura que lo afecte. Los procedimientos de entrada grafica permiten una rápida generación de complejos modelos de elementos finitos, y las facilidades de salida ofrecen una presentación detallada de los resultados computacionales. El cálculo es totalmente automatizado y basado en consistentes procedimientos numéricos. Los códigos de los programas y los modelos del suelo se han desarrollado con gran cuidado; sin embargo no es posible garantizar que los resultados obtenidos sean 100% libres de errores.

MÉTODO:

La investigación es de método descriptivo y deductivo.

RESULTADOS:

- Caudales e máximas avenidas para diferentes periodos de retorno del rio Ichu área de estudio malecón Virgen de la Candelaria y del Carmen. Programa HEC HMS 3.5
Tr=100 años

- Cálculo de la socavación y la altura del muro.

Rio	Socavación Tr = 100 años	Tirante	BL	Altura Muro
	(m)	(m)	(m)	(m)
Rio Ichu	1.00	2.10	0.50	3.60

Figura N° 42: Socavación y altura del muro de contención en voladizo y contrafuerte

- Cálculo estructural de las estructuras en SAP 2000. Muro en voladizo y contrafuerte

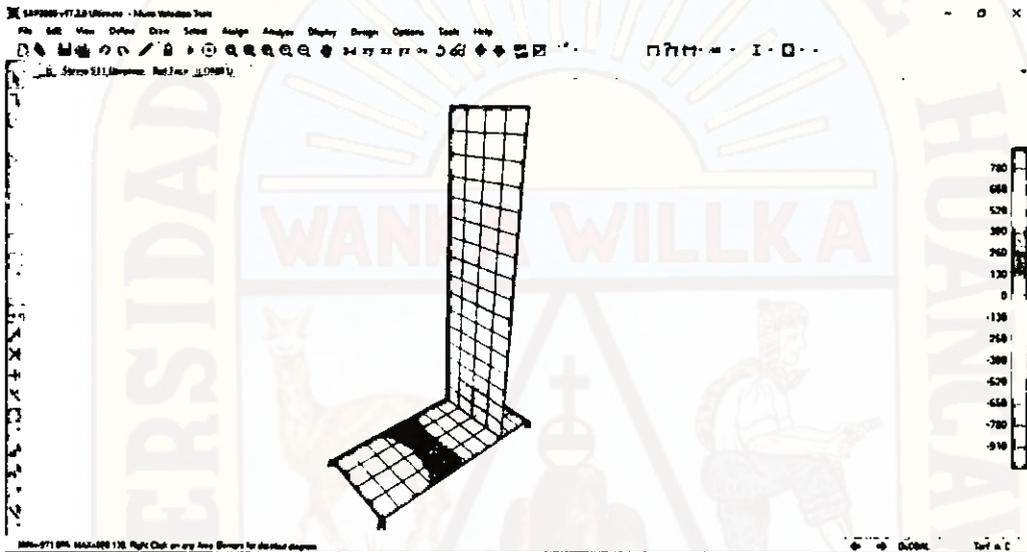


Figura N° 43: Muro de Contención en Voladizo

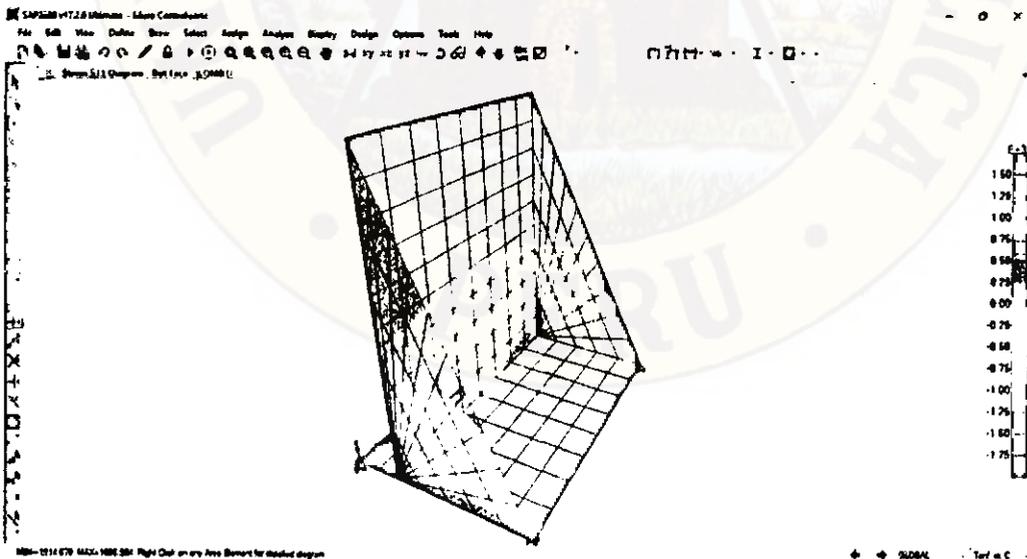
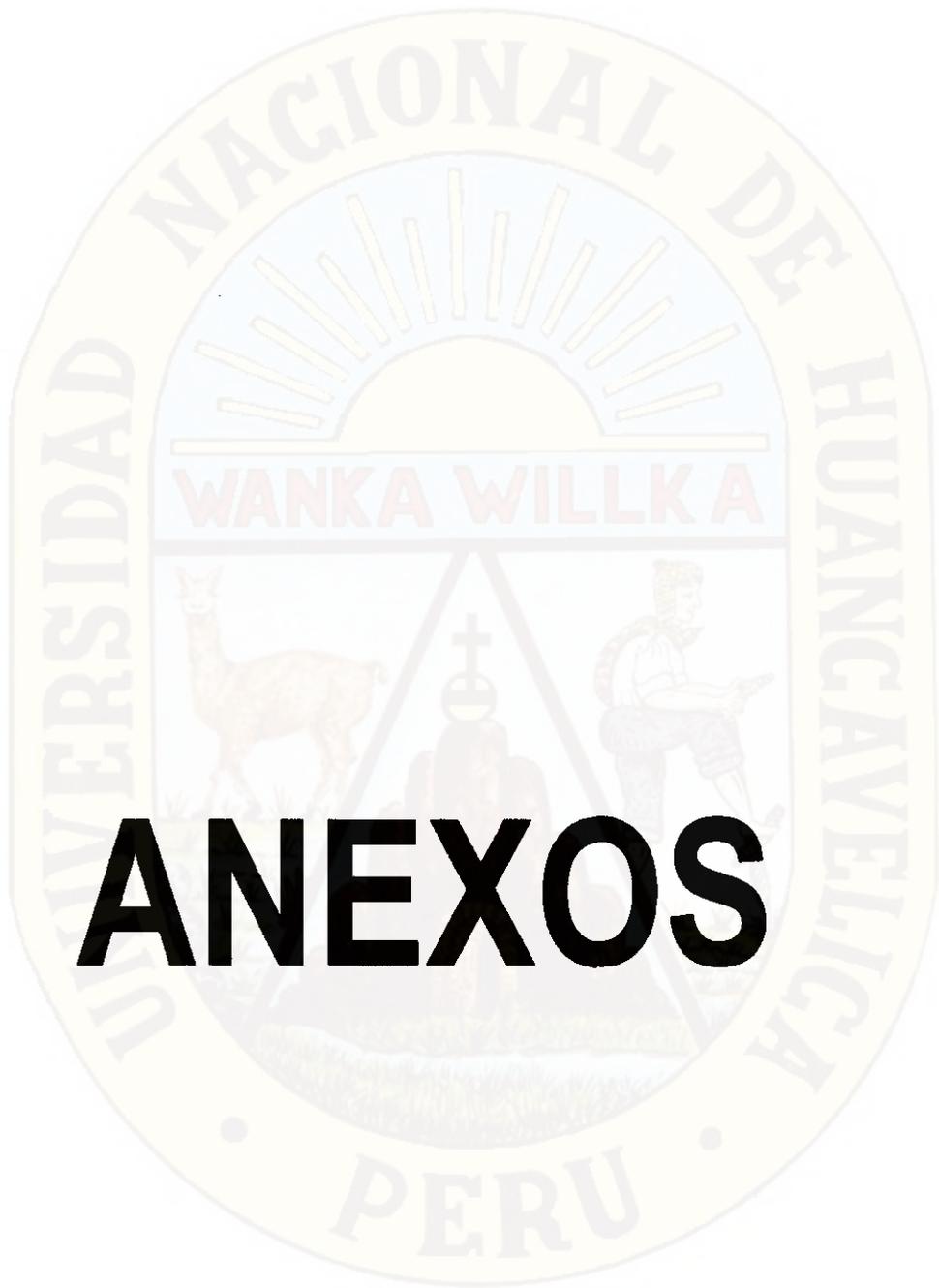


Figura N° 44: Muro de Contención en Contrafuerte

DISCUSIÓN:

- Las metodologías utilizadas para el cálculo de máximas avenidas son metodologías desarrolladas con la intención de poder generar resultados que se aproximen a la realidad.
- Para determinar la socavación a la que se someterá el río en la cuenca de estudio se utilizaron las condiciones de contorno aguas arriba y agua abajo referente a la pendiente que ejerce el río.
- El desarrollo de la investigación nos ayuda a saber cuándo se producirán caudales máximos en el río para así poder definir una buena estructura de retención de agua o defensa ribereña que en este caso se plantea un muro de contención en voladizo y contrafuerte para definir el más óptimo.
- Los proyectos que se realicen se tienen que formular con el debido análisis en las diferentes ramas de ingeniería utilizando el software que nos ayudan a calcular la parte de hidrología y estructuras a mayor detalle y llegar a entender con claridad lo que se viene desarrollando.



ANEXOS

DESARROLLO DEL PROYECTO CON HECHMS

De los datos obtenidos anteriormente se procede a la simulación hidrológica mediante el programa HECHMS.

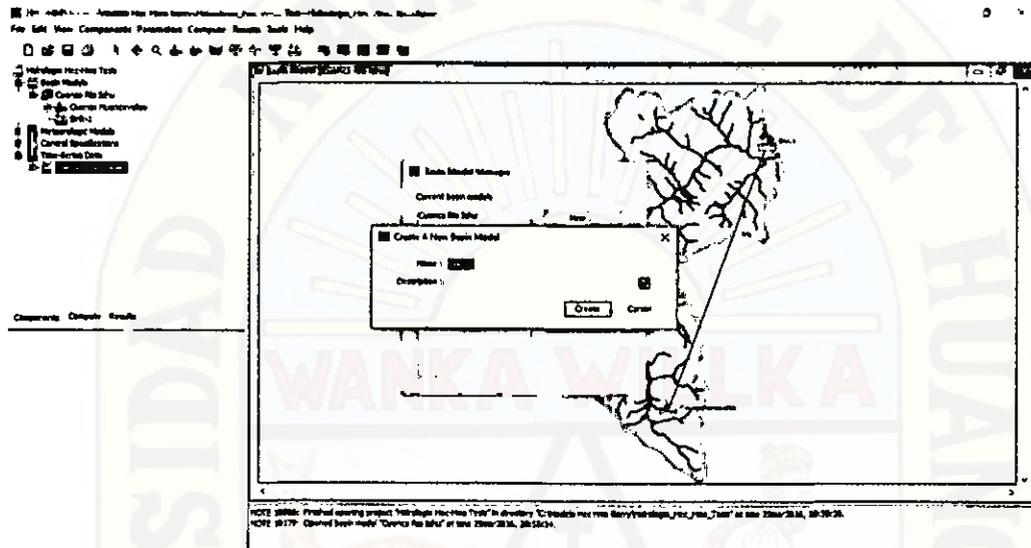


Figura N° 45: Modelamiento HEC-HMS cuenca río Ichu - Model Manager

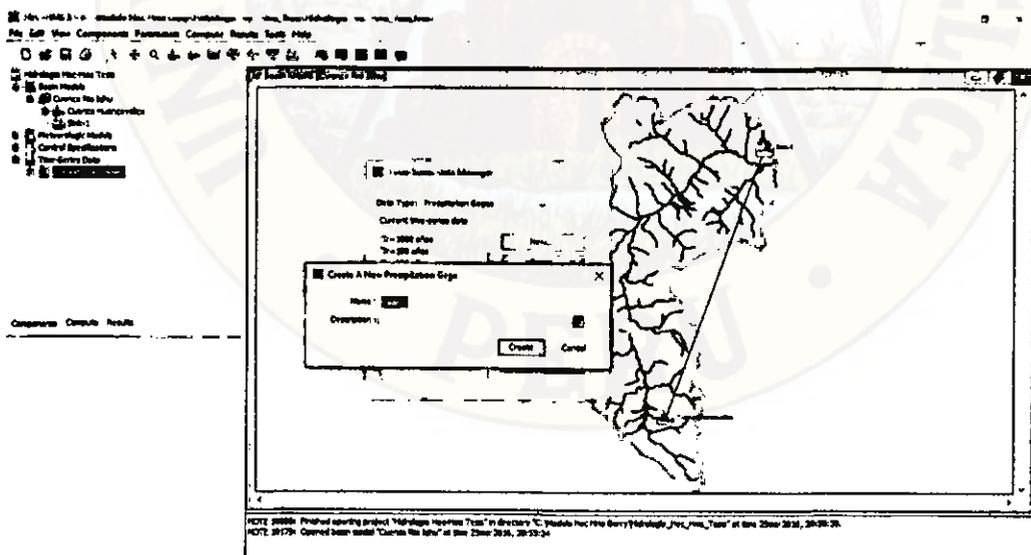


Figura N° 57: Modelamiento HEC-HMS cuenca río Ichu - Time Series Data

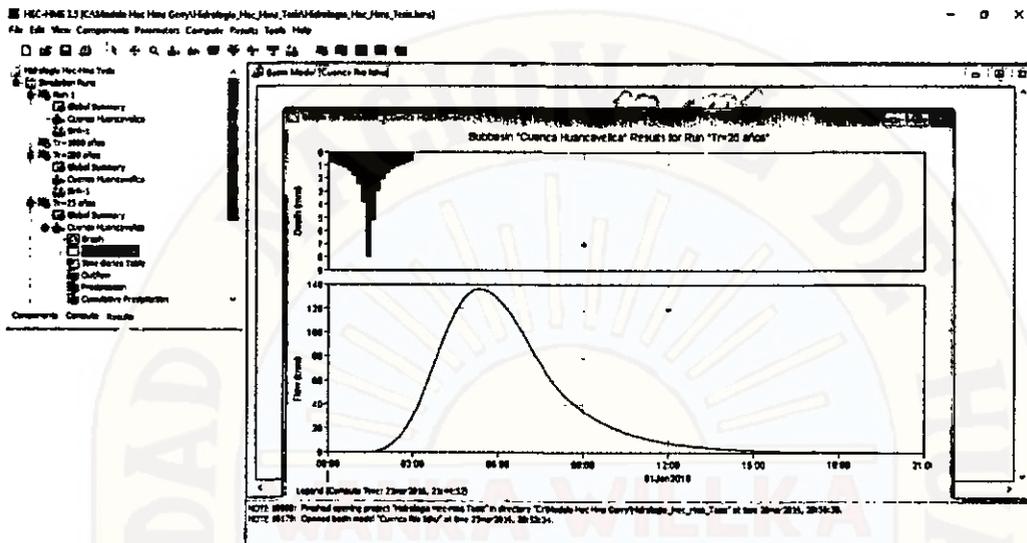


Figura N° 48: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 25 años – Precipitación Efectiva

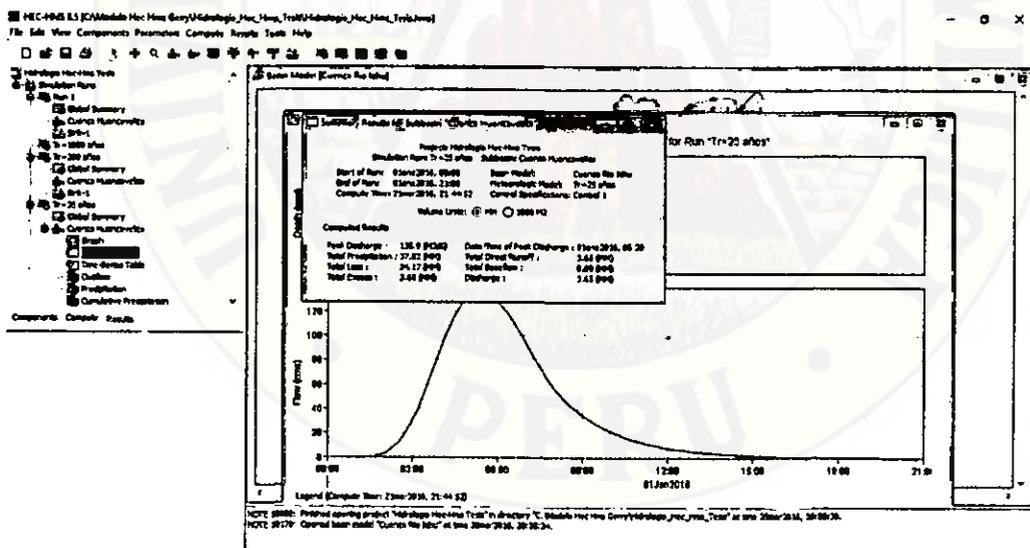


Figura N° 49: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 25 años – Caudal Máximo

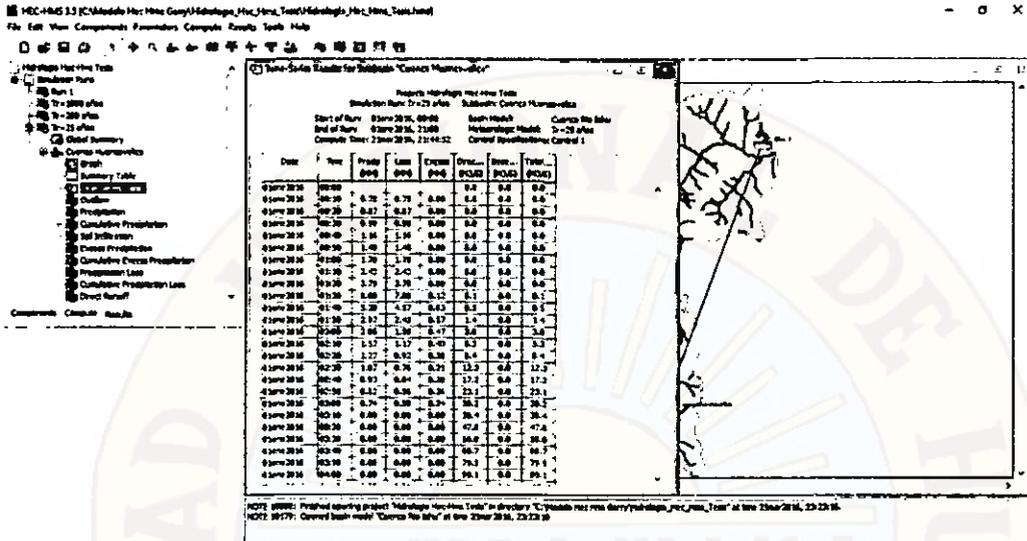


Figura N° 50: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 25 años – Resumen

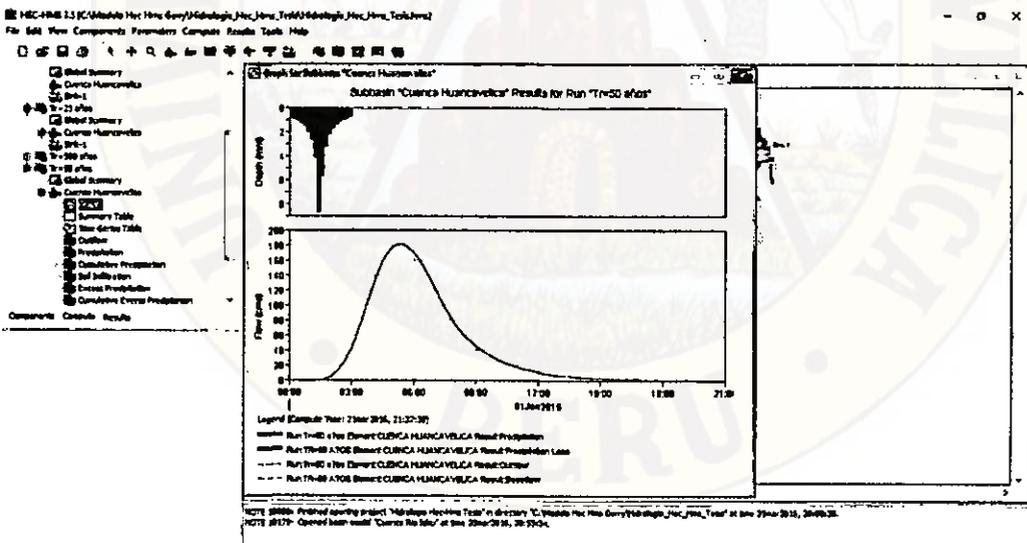


Figura N° 51: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 50 años – Precipitación Efectiva

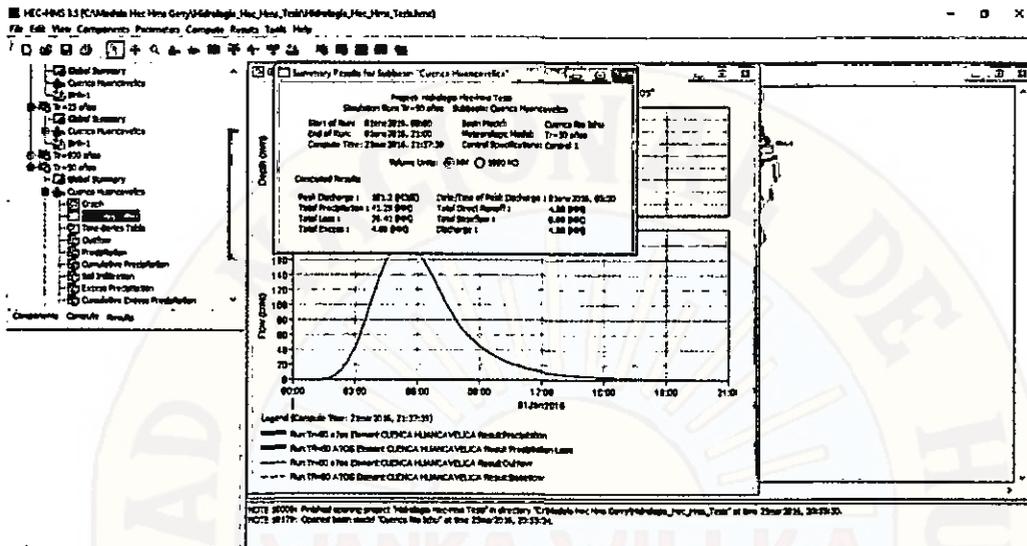


Figura N° 52: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 50 años – Caudal Máximo

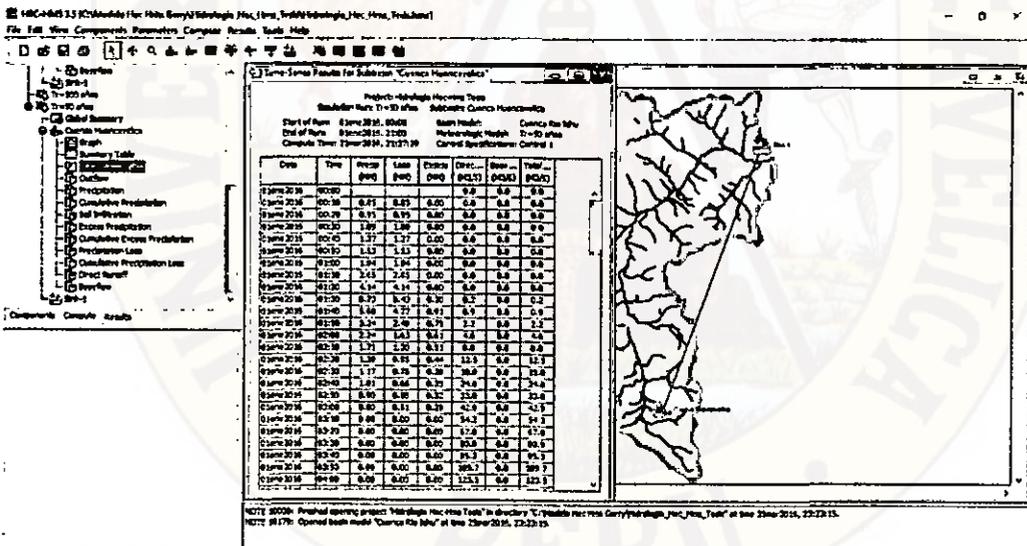


Figura N° 53: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 50 años – Resumen

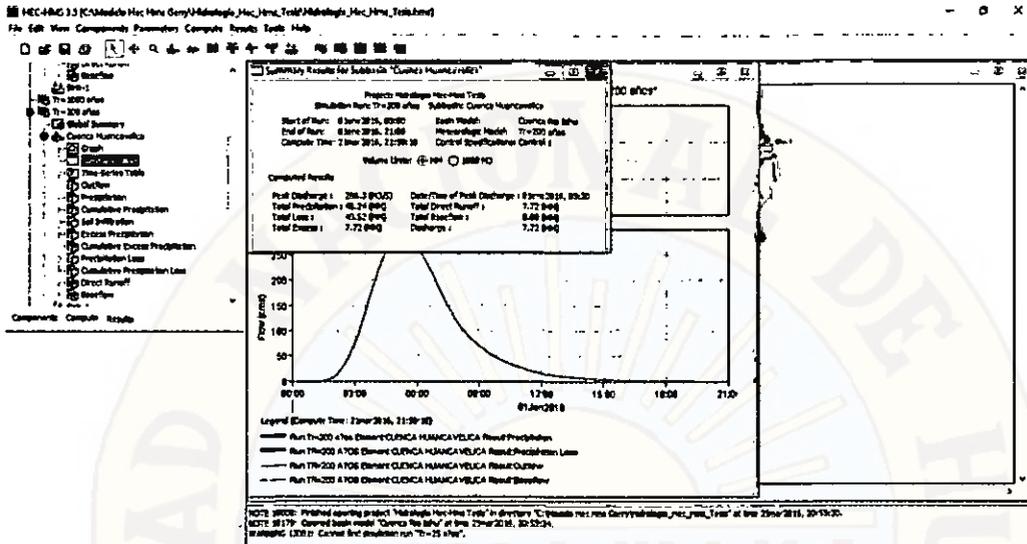


Figura N° 58: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 200 años – Caudal Máximo

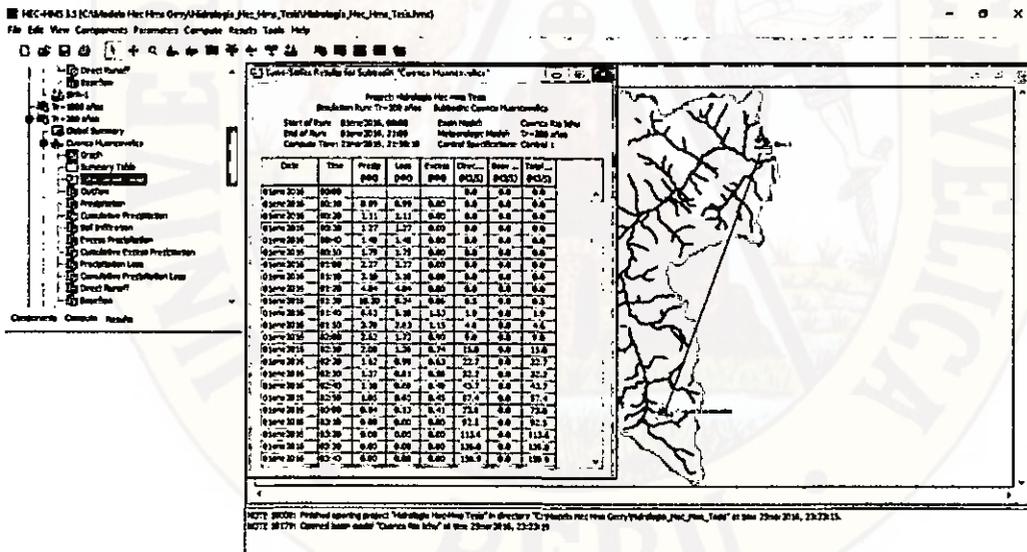


Figura N° 59: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 200 años – Resumen

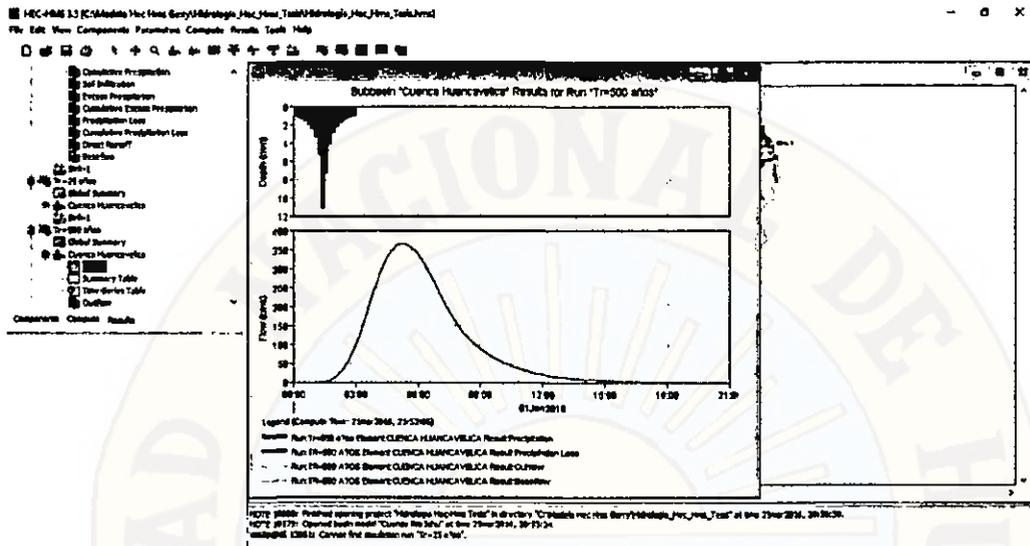


Figura N° 60: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 500 años – Precipitación Efectiva

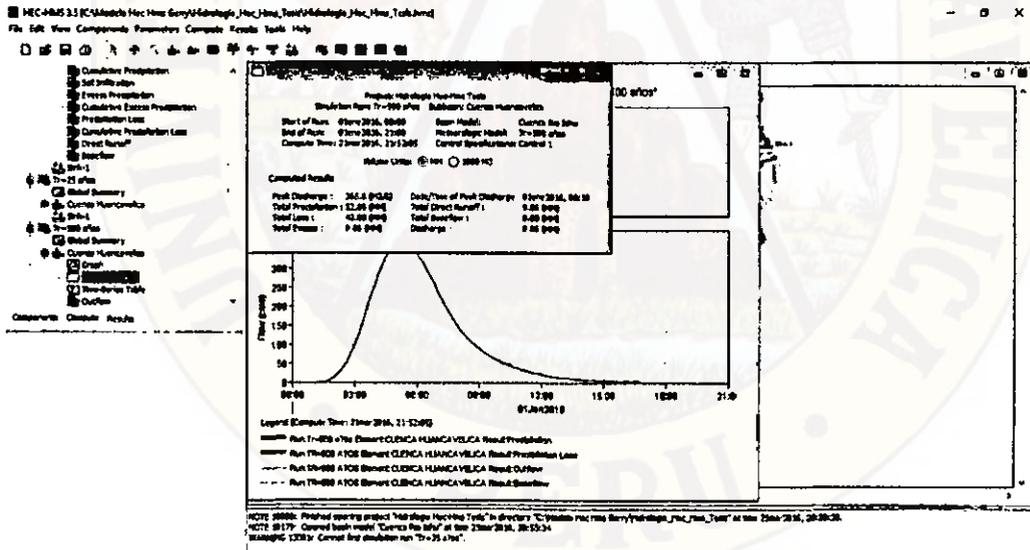


Figura N° 61: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 500 años – Caudal Máximo

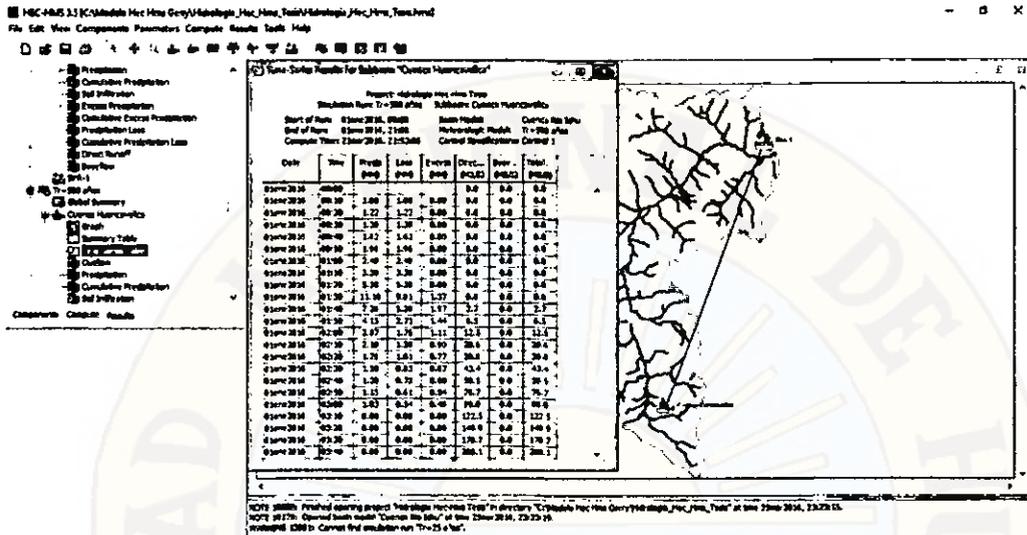


Figura N° 62: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 500 años – Resumen

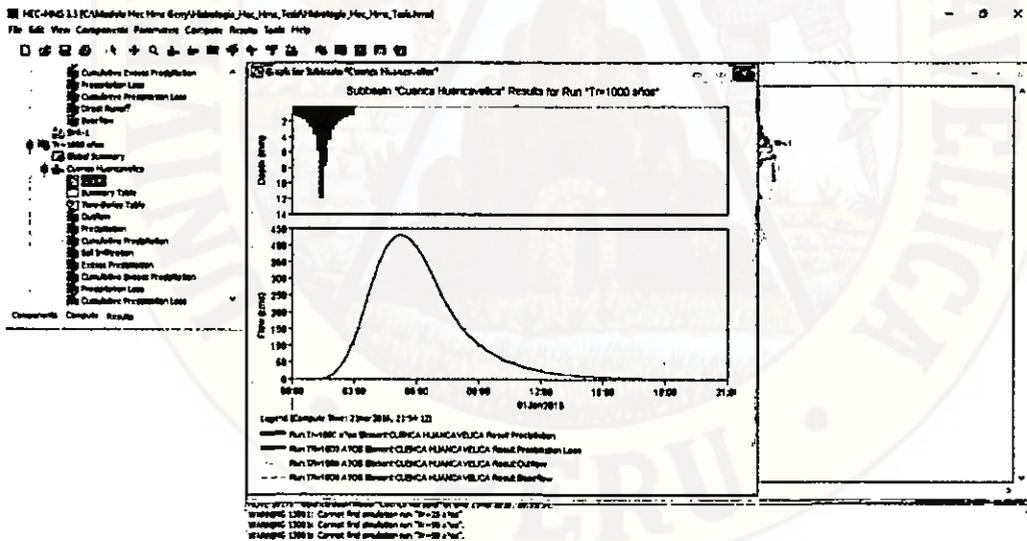


Figura N° 63: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 1000 años – Precipitación Efectiva

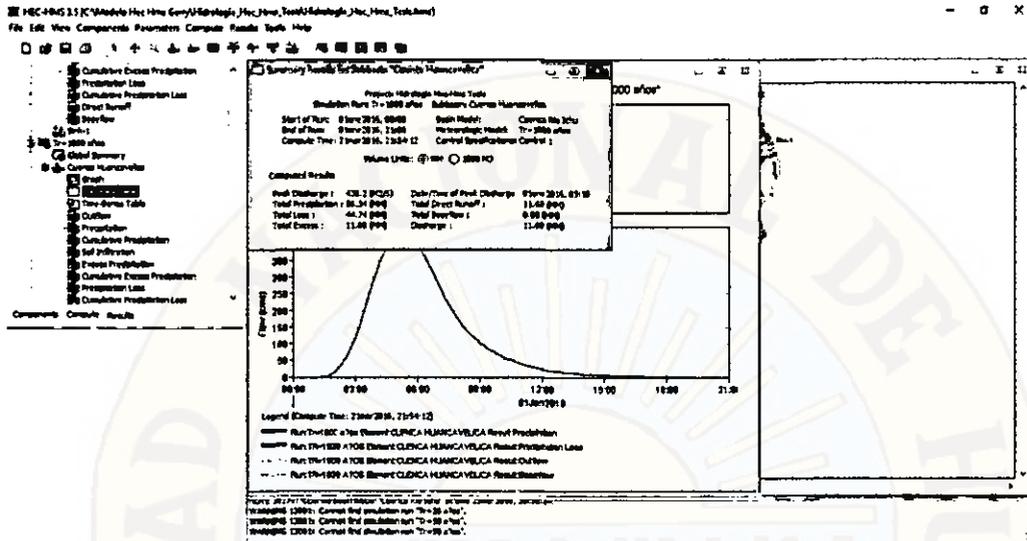


Figura N° 64: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 1000 años – Caudal Máximo

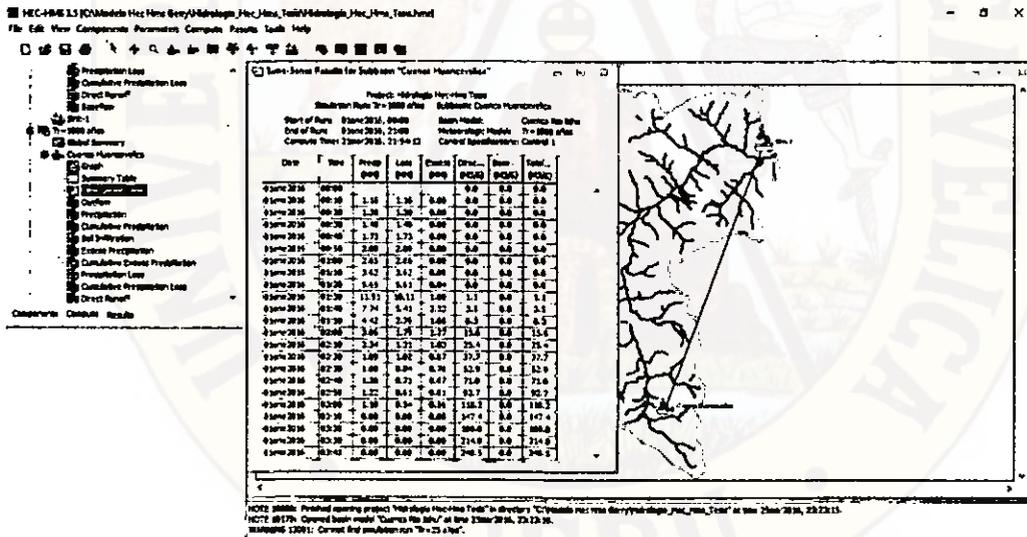


Figura N° 65: HEC-HMS, Resultados para un periodo de retorno de 1000 años – Resumen

SECCIONES DEL RIO ICHU MODELO HEC RAS PARA EL CALCULO DE LA ALTURA DEL MURO DE CONTENCIÓN

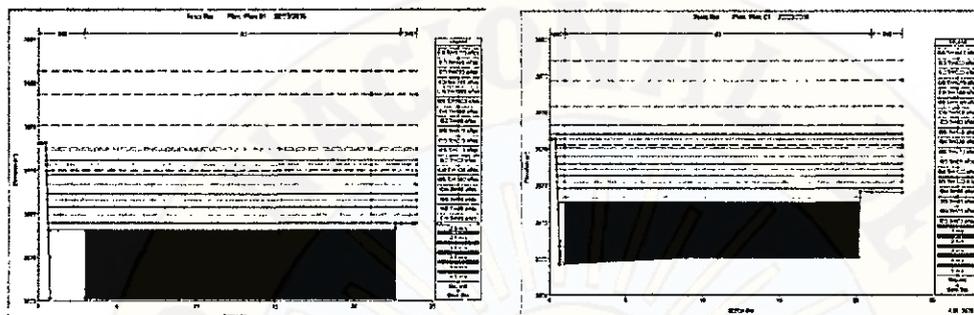


Figura N° 66: Sección Transversal Sección 0 Y 20

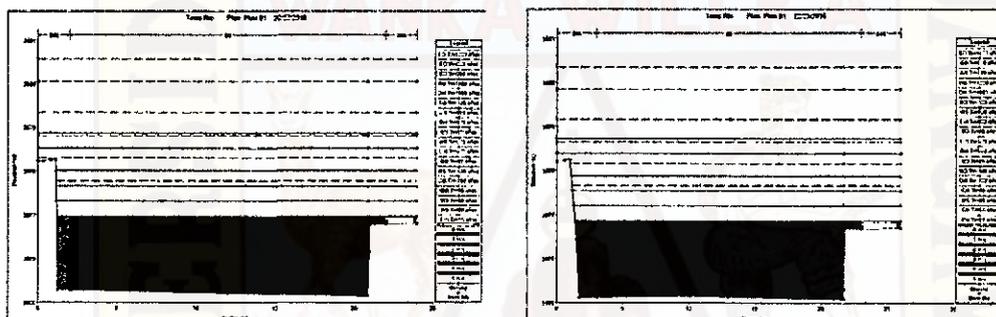


Figura N° 67: Sección Transversal Sección 40 y 60

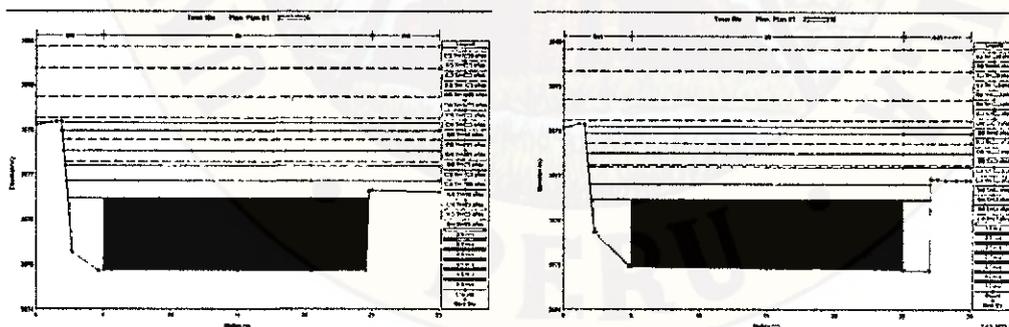


Figura N° 68: Sección Transversal Sección 80 y 100

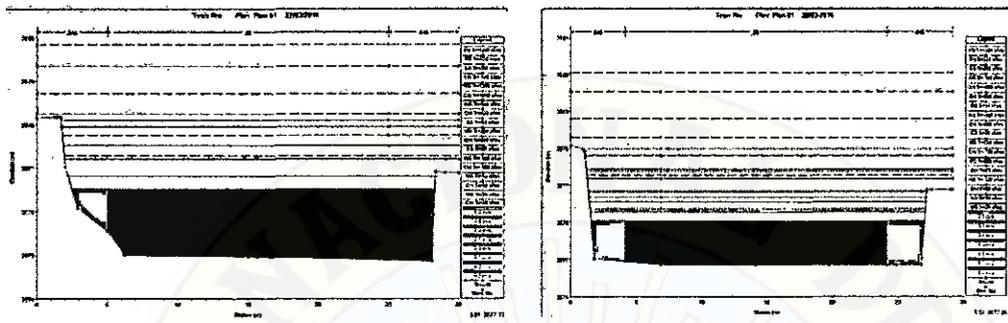


Figura N° 69: Sección Transversal Sección 120 y 140

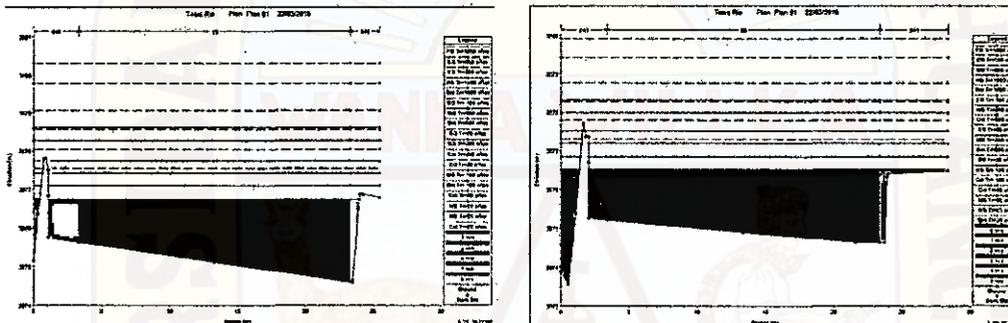


Figura N° 70: Sección Transversal Sección 160 y 180

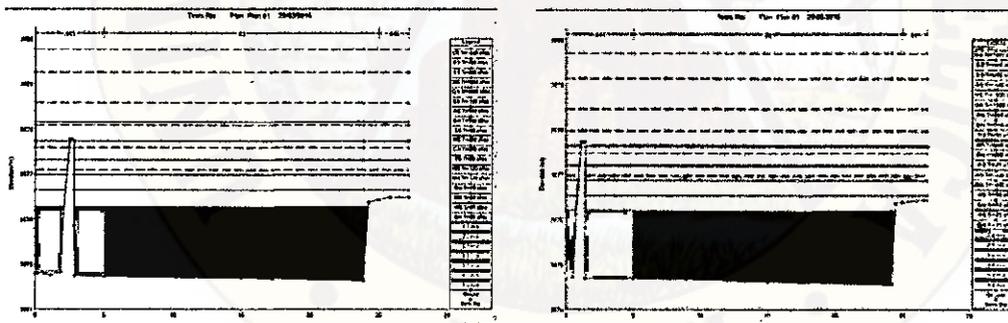


Figura N° 71: Sección Transversal Sección 200 y 220

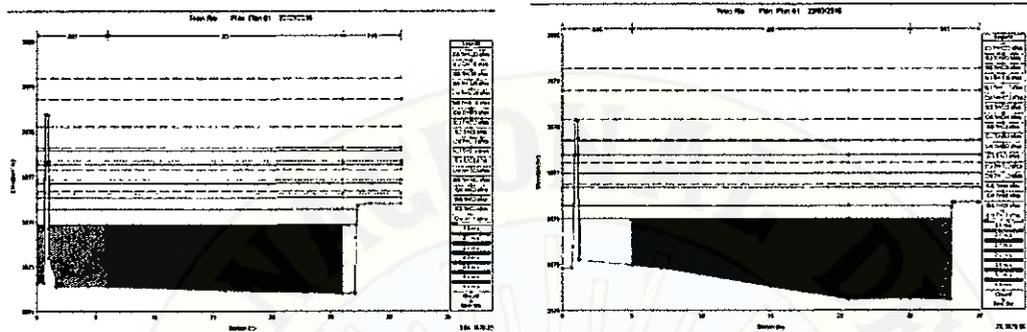


Figura N° 72: Sección Transversal Sección 240 y 260

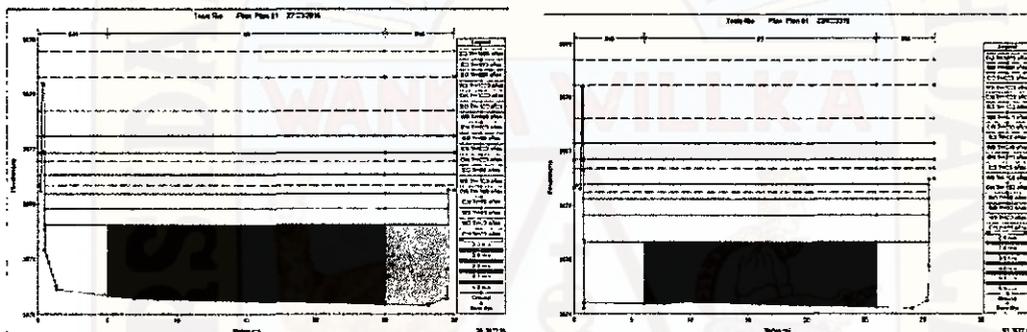


Figura N° 73: Sección Transversal Sección 280 y 300

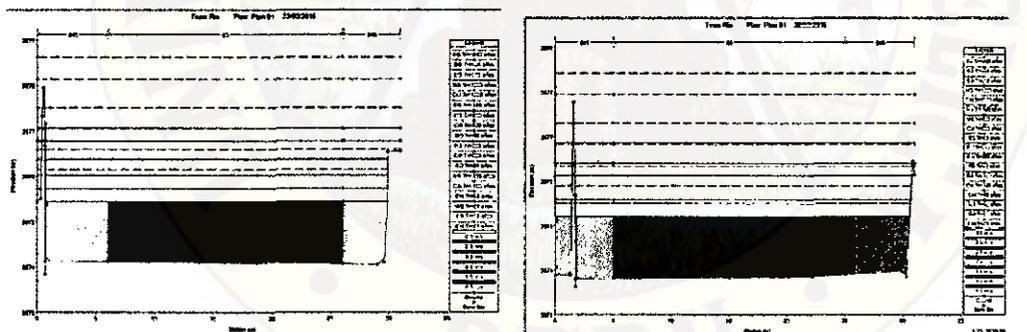


Figura N° 74: Sección Transversal Sección 320 y 340

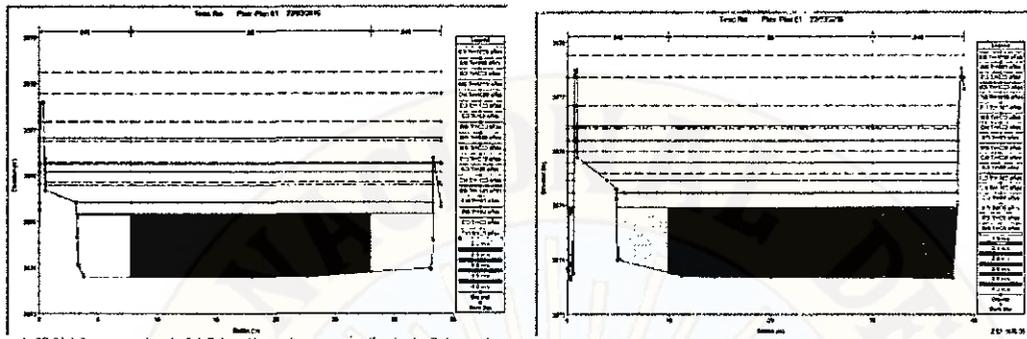


Figura N° 75: Sección Transversal Sección 360 y 380

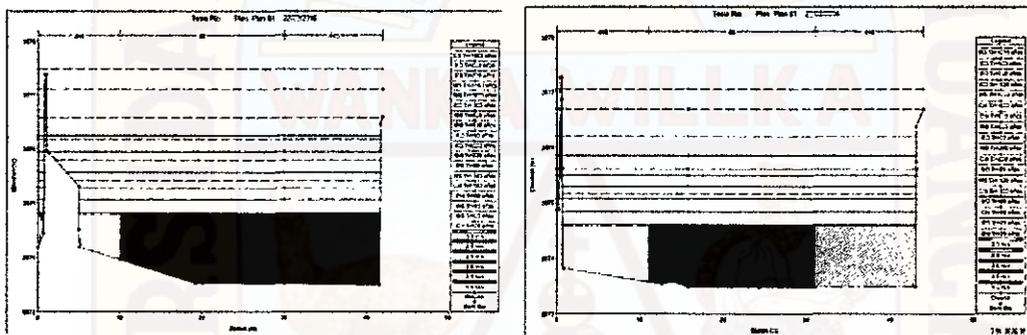


Figura N° 76: Sección Transversal Sección 400 y 420

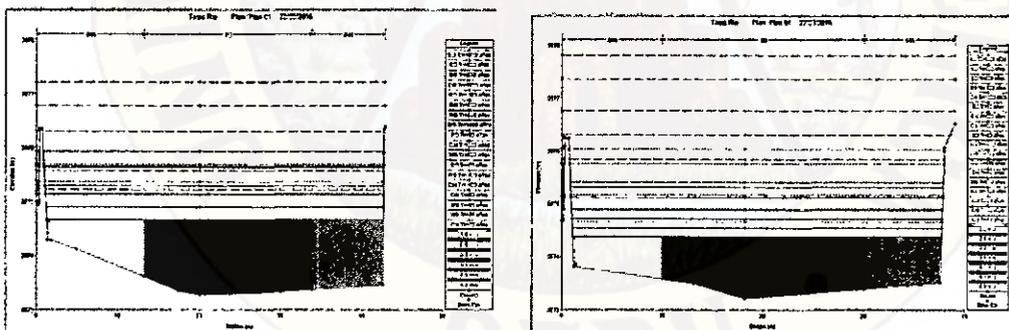


Figura N° 77: Sección Transversal Sección 440 y 460

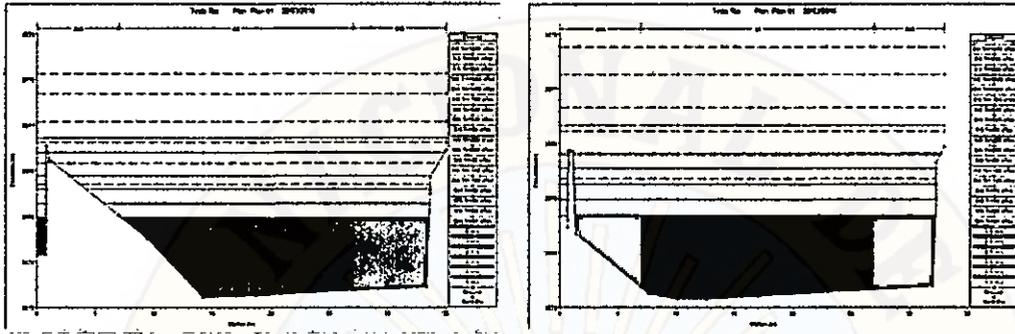


Figura N° 78: Sección Transversal Sección 480 y 500

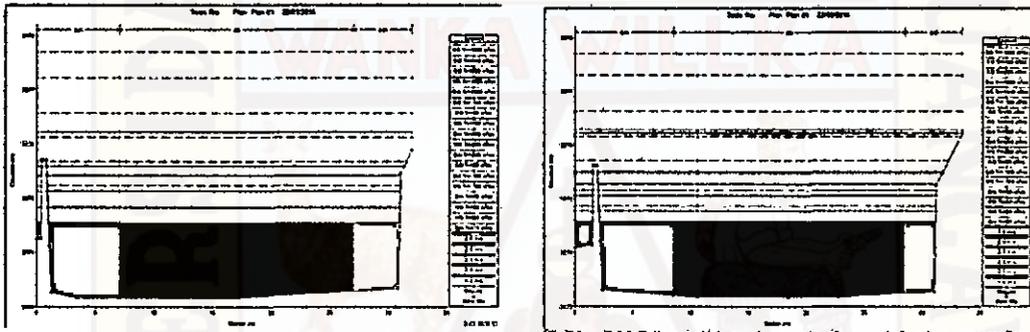


Figura N° 79: Sección Transversal Sección 520 y 540

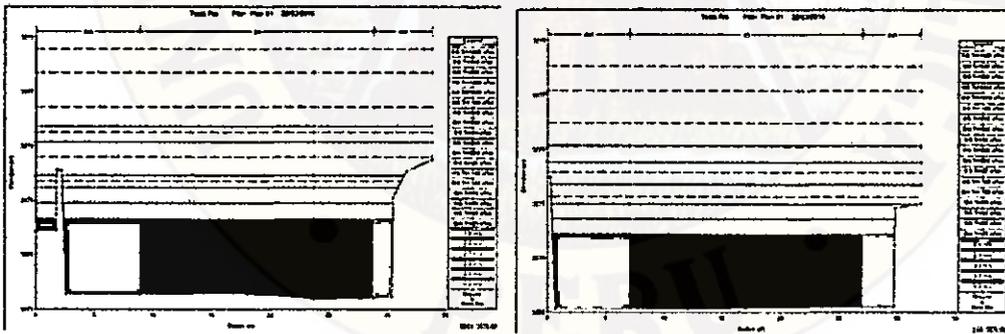


Figura N° 80: Sección Transversal Sección 560 y 580

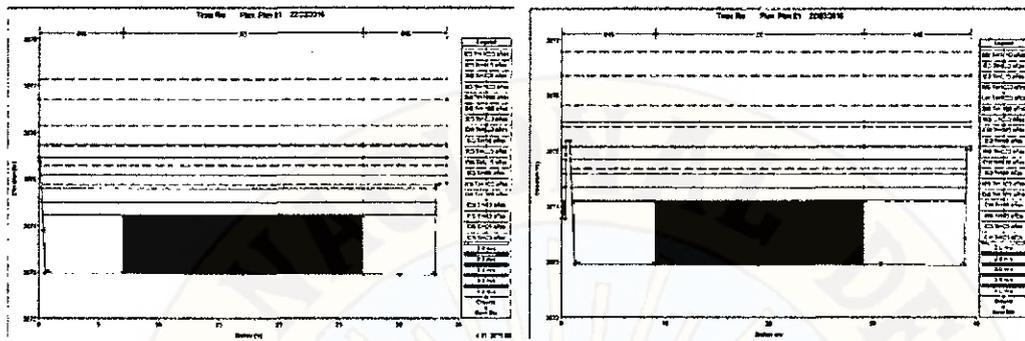


Figura N° 81: Sección Transversal Sección 500 y 520

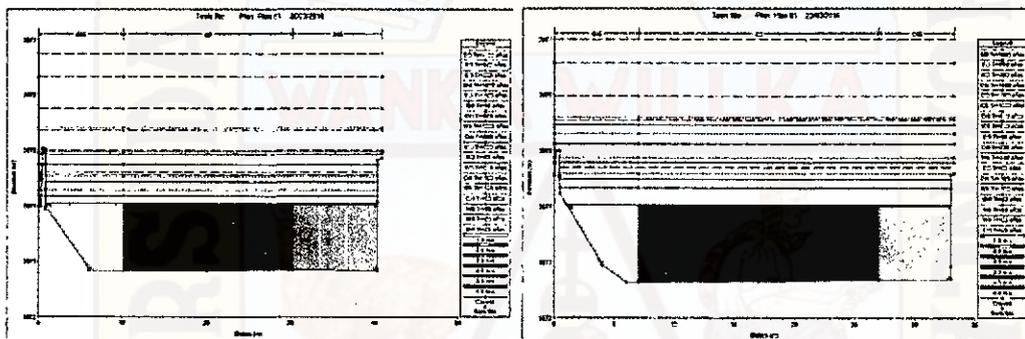


Figura N° 82: Sección Transversal Sección 640 y 660

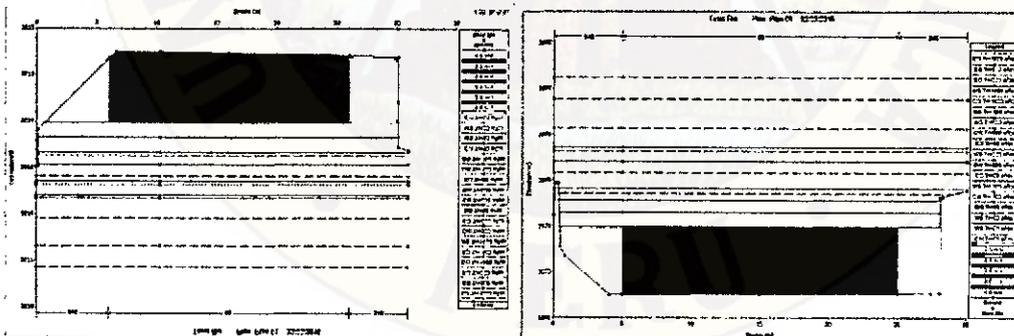


Figura N° 83: Sección Transversal Sección 680 y 700

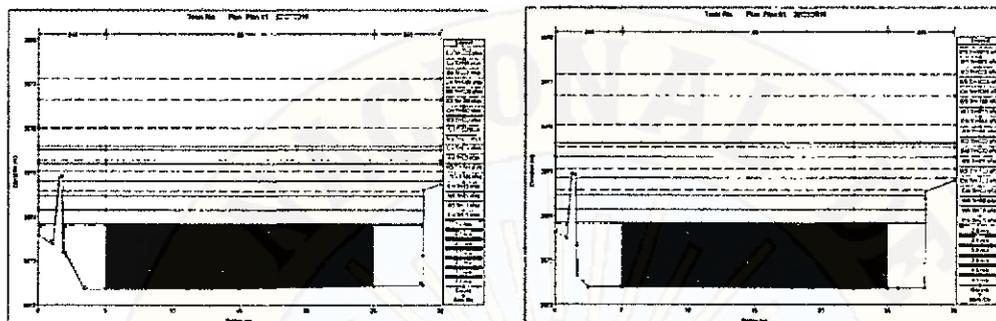


Figura N° 84: Sección Transversal Sección 720 y 740

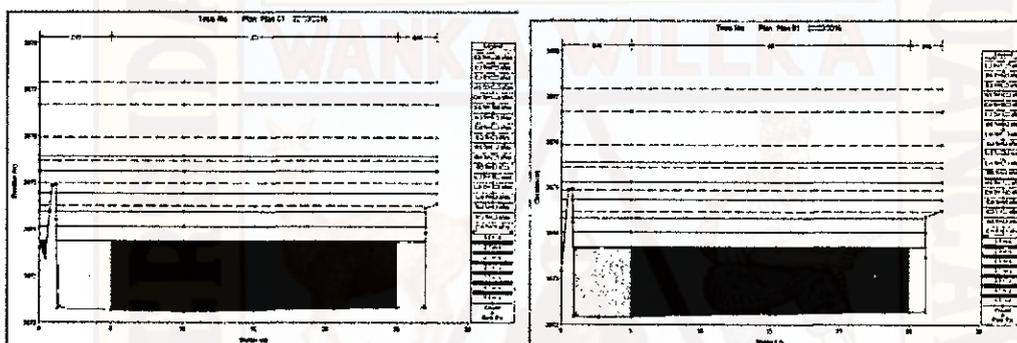


Figura N° 85: Sección Transversal Sección 760 y 780

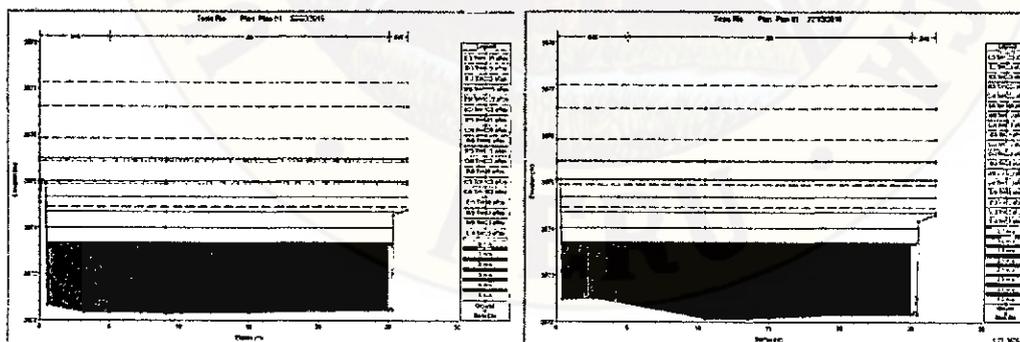


Figura N° 86: Sección Transversal Sección 800 y 820

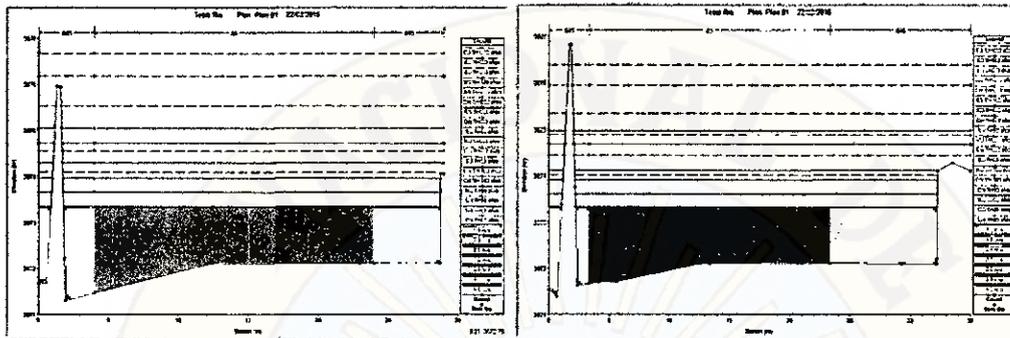


Figura N° 87: Sección Transversal Sección 840 y 860

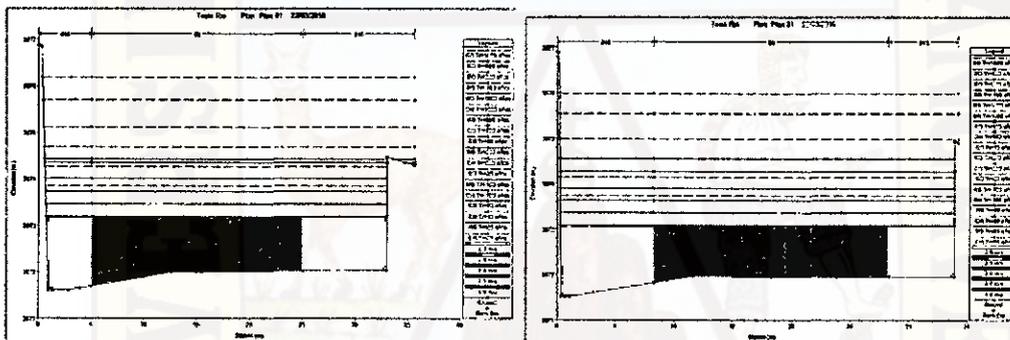


Figura N° 88: Sección Transversal Sección 880 y 900

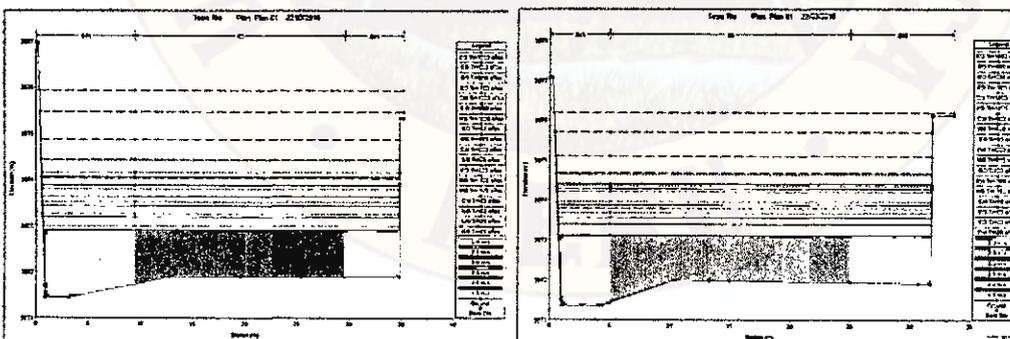


Figura N° 89: Sección Transversal Sección 920 y 940

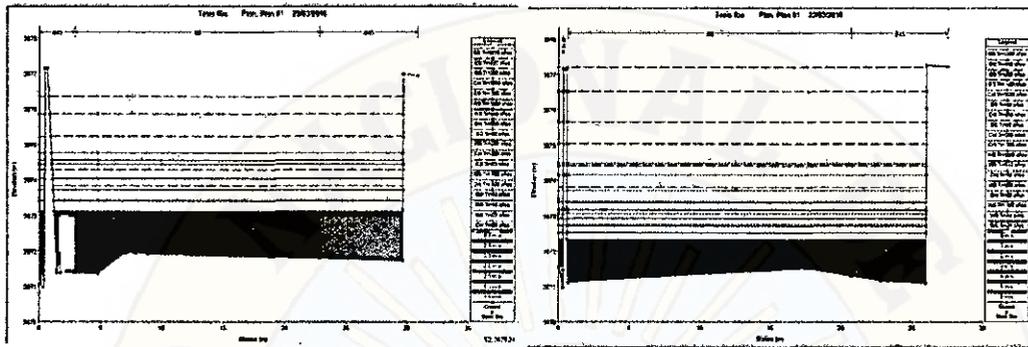


Figura N° 90: Sección Transversal Sección 960 y 978.25

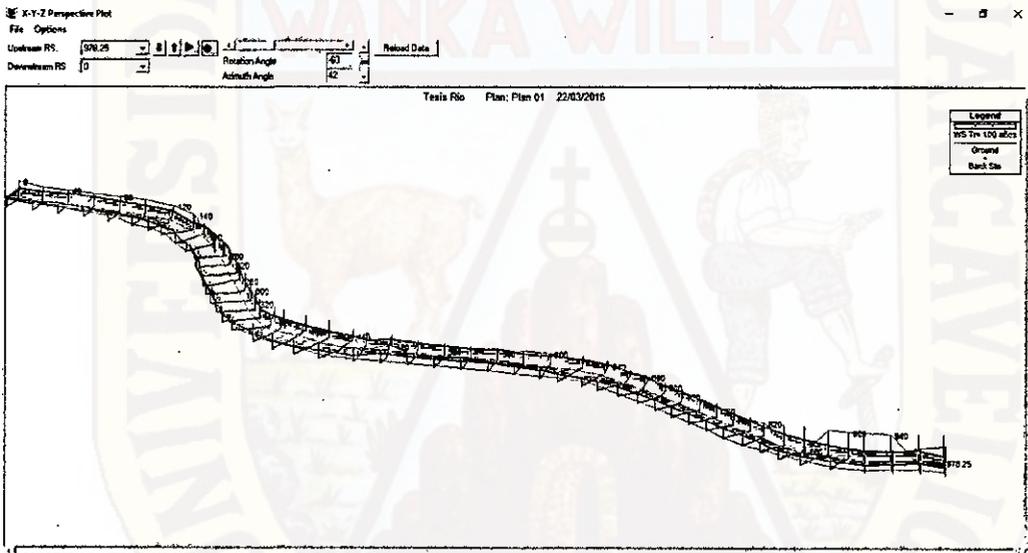


Figura N° 91: Simulación Hidráulica, Vista 3D - HEC-RAS