

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Elaboración de mapas de riesgo del análisis conceptual de Dam Break
del depósito de relaves Alpamarca Santa Barbara de Carhuacayan-**

Junin

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor: Bach. Hector Lee NORIEGA TITO

Asesor: Mg. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE
DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES
ALPAMARCA SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN-JUNIN**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Julio, Alejandro MARCELO AMES

PRESIDENTE

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCIA

MIEMBRO

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA

MIEMBRO

DEDICATORIA

A Nuestro padre Celestial

Por permitirme llegar con salud

hasta aquí y por guiarme.

A mi familia

por su apoyo a mi hijo por ser la alegría y

motivación de mi vida.

A Mis Docentes

Por brindarnos los conocimientos

Teóricos prácticos y ser guías en

nuestra formación

AGRADECIMIENTO

Agradecer a nuestro padre celestial por haberme permitido llegar hasta aquí con salud hasta el día de hoy.

Agradecer a toda mi familia por darme su apoyo incondicional, aliento y sus buenos deseos.

Agradecer a todos mis docentes de ingeniería y de la escuela de ingeniería civil, por haber sido parte de la formación y compartir los conocimientos técnicos necesarios, a mi Asesor por la guiarme en la culminación de mi trabajo de investigación.

Agradecer de manera general a todos los que de alguna manera fueron partícipes, en mi formación y en la culminación de este trabajo.

A todos mil gracias.....

RESUMEN

El presente trabajo está basado en realizar mapas de riesgo por un análisis conceptual por consecuencia de rotura de presa de relaves, con el programa FLO 2D, El área de estudio ubicada en la Minera Volcan SAA- en la Unidad Alpamarca, que está en Santa Bárbara de Carhuacayán, distrito de la provincia de Yauli, Junín. La presa del depósito de relaves tiene las coordenadas UTM – WGS84 (Zona 18): 340566 Este y 8760222 Norte a una altitud de 4635 m.s.n.m.

En el presente trabajo, se presentarán aspectos teóricos y metodológicos que se emplean para construir un modelo conceptual del probable proceso de ruptura de la presa de tierra, así como la estimación del impacto de la onda desde el tramo aguas abajo de la presa hasta el pueblo de Santa Bárbara de Carhuacayán, generando mapas de riesgos identificado según la zona de impacto.

En la actualidad, se desarrollaron modelos matemáticos que sirven para predecir la ruptura de presas y el tránsito de la avenida resultante en el cauce natural de un río, pero estos modelos presentan aceptable confiabilidad en el proceso real de la ruptura de presa y sus mecanismos de colapso. Con una apropiada conceptualización del problema, el buen juicio y criterio práctico, se puede obtener soluciones razonables desde el punto de vista ingenieril.

Palabra Clave: Mapas de Riesgo, Dam Break.

ABSTRACT

The present work is based on making risk maps by a conceptual analysis due to the failure of the tailings dam, with the FLO 2D program, the study area located in the Minera Volcan SAA- in the Alpamarca Unit, which is in Santa Bárbara of Carhuacayán, district of the province of Yauli, Junín. The tailings deposit dam has the coordinates UTM – WGS84 (Zone 18): 340566 East and 8760222 North at an altitude of 4635 m.s.n.m.

In the present work, theoretical and methodological aspects that are used to build a conceptual model of the probable rupture process of the earthen dam will be presented, as well as the estimation of the impact of the wave from the downstream section of the dam to the town. of Santa Bárbara de Carhuacayán, generating risk maps identified according to the impact zone.

At present, mathematical models have been developed that serve to predict dam breakage and the resulting flood traffic in the natural course of a river, but these models present acceptable reliability in the real process of dam breakage and its mechanisms of action. collapse. With an appropriate conceptualization of the problem, good judgment and practical criteria, reasonable solutions can be obtained from an engineering point of view.

Key Word: Risk Maps, Dam Break.

INTRODUCCION

Desde tiempos pasados hay una serie de consecuencias ambientales, sociales, por falla o desbordamiento de presas de relave, por tal motivo el trabajo actual está basado en presentar modelos de mapas de riesgo de Dam Break del depósito de relaves Alpamarca Santa Barbara de Carhuacayan-Junin.

En el modelo se presentará diversos escenarios y definiendo un mapa de las zonas de riesgo, por los factores definidos en los problemas de la investigación presente, se definió a realizar un análisis de datos necesarios con el apoyo de fórmulas matemáticas, el programa FLO 2D.

En el trabajo actual se estarán presentando, aspectos teóricos y metodológicos que se emplean para construir un modelo conceptual del probable proceso de ruptura de la presa de tierra, así como la estimación del impacto de la onda desde el tramo aguas abajo de la dirección de la presa hasta el pueblo de Santa Bárbara de Carhuacayán, generando mapas de riesgos identificado siguiendo la trayectoria de flujo de relave definiendo las zonas de impacto.

Finalmente podemos que los resultados obtenidos del modelo conceptual de la rotura de presas se obtendrá mapas de riesgos, definiendo zonas de impacto, obteniéndose los tirantes, velocidades, tiempos de tránsito del flujo de relave del depósito de residuos mineros Alpamarca.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS	6
2.2. BASES TEÓRICO - CIENTÍFICOS	8
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	90

2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	91
2.4.1. Hipótesis General	91
2.4.2. Hipótesis Específica	92
2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	92
2.5.1. Variable independiente.....	92
2.5.2. Variable dependiente.....	92
2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES	92

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	93
3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	93
3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	94
3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	94
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	95
3.5.1. Población.....	95
3.5.2. Muestra.....	95
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	95
3.6.1. Técnicas.....	95
3.6.2. Instrumentos.....	95
3.7. SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	95
3.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	95
3.9. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	97
3.10. ORIENTACIÓN ÉTICA FILOSÓFICA Y EPISTÉMICA	97

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO.....	98
4.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	98

4.2.1. Resultados de las Distribuciones.....	100
4.2.2. Esquema Topológico de la Cuenca.....	104
4.2.3. Láminas de Precipitación.....	105
4.2.4. Modelo de Control.....	106
4.2.5. Coeficiente de Rugosidad Determinado.....	111
4.2.6. Análisis de Vulnerabilidad.....	114
4.2.7. Vulnerabilidad por Fragilidad.....	116
4.2.8. Vulnerabilidad por Resiliencia.....	118
4.2.9. Análisis del Riesgo del Proyecto.....	119
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	121
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	163

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

Índice de Cuadros

Cuadro N° 1. Fórmulas empíricas para aproximar o estimar los tiempos de falla (horas)	12
Cuadro N° 2. Fórmulas empíricas para el cálculo del caudal máximo o pico.....	13
Cuadro N° 3. Esfuerzo de cedencia y la viscosidad en función de Cv.....	19
Cuadro N° 4. Área en la Microcuenca de Interés.....	25
Cuadro N° 5. Perímetro de las Microcuenca de Interés	26
Cuadro N° 6. Índice de compacidad.....	27
Cuadro N° 7. Factor de Forma	28
Cuadro N° 8. Longitud del cauce principal	28
Cuadro N° 9. Pendiente media del cauce	29
Cuadro N° 10. Orden de las corrientes	29
Cuadro N° 11. Densidad de drenaje	30
Cuadro N° 12. Extensión media de escurrimiento	30
Cuadro N° 13. Densidad de drenaje	30
Cuadro N° 14. Altitud media de la cuenca	31
Cuadro N° 15. Parámetros geomorfologicos.....	32
Cuadro N° 16. Parámetros Morfometricos de Cuencas del Perú	33
Cuadro N° 17. Ubicación Geográfica de Estaciones.....	35
Cuadro N° 18. Datos de precipitación Máximas 24Hrs (mm) estación Yantac.....	37
Cuadro N° 19. Número de Curva CN - (SCS, de los EEUU, 1964)	50
Cuadro N° 20. Condición Hidrológica	52
Cuadro N° 21. Condición de Humedad Antecedente Propuesto por SCS	53
Cuadro N° 22. Valores para considerar el cálculo del coeficiente de rugosidad	60

Cuadro N° 23. Datos de Aceleración Horizontal Máxima en relación al MCE hallados por métodos determinísticos.....	63
Cuadro N° 24. Posibles combinaciones de función de peligro	67
Cuadro N° 25. Formato para determinar aspectos de manera general sobre la ocurrencia de los peligros.....	67
Cuadro N° 26. Formato para la determinación de características específicas del peligro	68
Cuadro N° 27. Grados de Vulnerabilidad	70
Cuadro N° 28 Verificación sobre la generación de vulnerabilidad por exposición, fragilidad o resiliencia	70
Cuadro N° 29. 29Identificación de Vulnerabilidad por factores de exposición, fragilidad y Resiliencia	71
Cuadro N° 30. Formato para la identificación de criterios para definir el grado de	74
Cuadro N° 31. Escala de nivel de riesgo, considerando nivel de peligro y vulnerabilidad	79
Cuadro N° 32. Posibles combinaciones de Riesgo.....	79
Cuadro N° 33. Relaciones para Determinar el Nivel de Riesgo.....	79
Cuadro N° 34. Precipitación Máxima en 24 Horas	81
Cuadro N° 35. Aceleraciones de Diseño	84
Cuadro N° 36. Clasificación de Peligros.....	85
Cuadro N° 37. Características Específicas de Peligros en el Proyecto	87
Cuadro N° 38. Características Específicas de Peligros Cuantitativo en el Proyecto	89
Cuadro N° 39. Posibilidad de ocurrencia de peligros	90
Cuadro N° 40. Prueba de Kolmogorov-Smirnov	98
Cuadro N° 41. Prueba de Chi-Cuadrado	100

Cuadro N° 42. Ajuste a una distribución de probabilidad.....	101
Cuadro N° 43. Distribución de Ajuste distribución Gamma-Zona del Proyecto	102
Cuadro N° 44. Tiempo de Concentración de la cuenca	103
Cuadro N° 45. Curva Número y Abstracción Inicial	101
Cuadro N° 46. Lamina de Precipitación en el área de interés	101
Cuadro N° 47. Caudales Máximos (m ³ /s) - Presa Alpamarca	106
Cuadro N° 48. Caudal de Diseño	111
Cuadro N° 49. Coeficiente de rugosidad	112
Cuadro N° 50. Valoración del Hidrograma de tipo Triangular	112
Cuadro N° 51. Caudales máximo para diferentes Tr.....	113
Cuadro N° 52. Grados de Vulnerabilidad	114
Cuadro N° 53. Vulnerabilidad por Exposición de la Presa Alpamarca.....	115
Cuadro N° 54. Verificación de vulnerabilidad por exposición, fragilidad o será por la resiliencia del Proyecto.....	118
Cuadro N° 55. Vulnerabilidad por factores de exposición, fragilidad y resiliencia en el Proyecto.....	118
Cuadro N° 56. Análisis de Riesgo	119
Cuadro N° 57. escenarios críticos	163
Cuadro N° 58. Resumen de resultados (Escenario Y1B).....	164
Cuadro N° 59. Resumen de resultados (Escenario Y2B).....	165
Cuadro N° 60. Resumen de resultados (Escenario Y3C).....	166
Cuadro N° 61. Resumen de resultados (Escenario Y4C).....	168
Cuadro N° 62. Resumen de resultados (Escenario Y5A).....	169
Cuadro N° 63. Resumen de resultados (Escenario Y6A).....	170
Cuadro N° 64. Resumen de resultados (Escenario Y7C).....	171

Cuadro N° 65. Resumen de resultados (Escenario Y8C).....	173
--	-----

Índice de Figuras

Figura N° 1. Volumen liberado de relaves por M. Rico et al. (2007)	15
Figura N° 2. Volumen liberado de relaves por ICOLD (2001).....	15
Figura N° 3. Viscosidad dinámica Vs la concentración de los sedimentos	20
Figura N° 4. Esfuerzo de cedencia vs concentración de sedimentos	20
Figura N° 5. Curva Hipsométrica de la Presa Alpamarca	31
Figura N° 6. Histograma de Precipitaciones	36
Figura N° 7. Hidrograma Triangular - Soil Conservation Service.....	45
Figura N° 8. Elección del método de tránsito.....	55
Figura N° 9. Vista de planta relavera	64
Figura N° 10. Relavera Alpamarca	65
Figura N° 11. Distribución de Ajuste Normal L-Moments.....	102
Figura N° 12. Distribución de Ajuste Normal L-Moments- Fuente: Elaboración propia	103
Figura N° 13. Esquema Topológico de la subcuenca.....	100
Figura N° 14. Perfil de tormenta del SCS tipo I.....	106
Figura N° 15. Hidrograma de caudales máximos -TR 1000años.....	107
Figura N° 16. Volumen Acumulado (MMC) -TR 1000años	108
Figura N° 17. Hidrograma de Caudales Máximos -TR 5000años.....	108
Figura N° 18. Volumen Acumulado (MMC) -TR 5000años	109

Figura N° 19. Hidrograma de Caudales Máximos -TR 5000años.....	110
Figura N° 20. Volumen Acumulado (MMC) -TR 5000años	110
Figura N° 21. Histograma Unitario	113
Figura N° 22, Relavera Alpamarca	115
Figura N° 23. Hidrograma líquido + Cv (Etapa III).....	122
Figura N° 24. Hidrograma resultante (Etapa III).....	123
Figura N° 25. Hidrograma líquido + Cv (Etapa III con avenida y VLR=40%).....	124
Figura N° 26. Hidrograma resultante (Etapa III con avenida y VLR=40%).....	125
Figura N° 27. Hidrograma líquido + Cv (Etapa III con avenida y VLR=60%).....	127
Figura N° 28. Hidrograma resultante (Etapa III con avenida y VLR=60%).....	127
Figura N° 29. Hidrograma líquido + Cv (Etapa X y VLR=40%)	129
Figura N° 30. Hidrograma resultante (Etapa X y VLR=40%).....	130
Figura N° 31. Hidrograma líquido + Cv (Etapa X y VLR=60%)	131
Figura N° 32. Hidrograma resultante (Etapa X y VLR=60%).....	132
Figura N° 33. Hidrograma líquido + Cv (Laguna Aguascocha)	133
Figura N° 34. Topografía y dominio computacional	138
Figura N° 35. Tirantes máximos (Escenario Y1B)	140
Figura N° 36. Velocidades máximas (Escenario Y1B).....	140
Figura N° 37. Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y1B).....	141
Figura N° 38, Tirantes máximos (Escenario Y2B)	142
Figura N° 39. Velocidades máximas (Escenario Y2B).....	143
Figura N° 40. Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y2B).....	144
Figura N° 41. Tirantes máximos (Escenario Y3C)	145
Figura N° 42. Velocidades máximas (Escenario Y3C).....	146
Figura N° 43. Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y3C).....	147

Figura N° 44. Tirantes máximos (Escenario Y4C)	149
Figura N° 45. Velocidades máximas (Escenario Y4C)	149
Figura N° 46. Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y4C).....	150
Figura N° 47. Tirantes máximos (Escenario Y5A)	151
Figura N° 48. Velocidades máximas (Escenario Y5A).....	152
Figura N° 49. Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y5A)	153
Figura N° 50. Tirantes máximos (Escenario Y6A)	154
Figura N° 51. Velocidades máximas (Escenario Y6A).....	155
Figura N° 52. Zona poblado de Santa Bárbara de Carhuacayan (Escenario Y6A).....	156
Figura N° 53. Tirantes máximos (Escenario Y7C)	157
Figura N° 54. Velocidades máximas (Escenario Y7C).....	158
Figura N° 55. Zona poblado de Santa Bárbara de Carhuacayan (Escenario Y7C)	159
Figura N° 56. Tirantes máximos (Escenario Y8C)	160
Figura N° 57. Velocidades máximas (Escenario Y8C).....	161
Figura N° 58. Zona poblado de Santa Bárbara de Carhuacayan (Escenario Y8C).....	162

CAPITULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Las presas de residuos mineros son considerados las estructuras con materiales diversos mas grandes, que para desarrollar la ingeniería necesita el apoyo de varias ramas de la ingeniería como la geotecnia, hidrología, hidrogeología, ambiental, estructural y otros campos, estas estructuras muy frecuentemente se construyen con masas de suelos manejando taludes variados en base a las propiedades mecánicas del material, también se construyen con los mismos desechos mineros relave, o desmonte de mina.

En el inventario mundial de los depósitos de residuos mineros, hay un total de 18,401 en operaciones mineras, el porcentaje de fallas en este último siglo se estima en aproximadamente al valor de 1.2% de este total. Esto es un valor muchísimo más alto que el de presas de agua, considerando que este último es de 0.01% (ICOLD, 2001).

Los depósitos de residuos mineros representa un gran riesgo para el medio ambiente, la flora fauna silvestre, estructuras, carreteras, aguas, y vida humana de los poblados cercanos a los depósitos o minas o que se encuentre en menor cota en cauce de quebrada y sean afectados por una posible falla y rotura de presa liberando los residuos mineros, el riesgo es latente, por tal motivo se debe de tener las áreas que podrían ser afectados de cuenca en los escenarios posibles de falla, a pesar que la normativa es exigente también depende mucho en mantenimiento y el monitoreo en operación y cierre de este tipo de estructuras.

1.2. Delimitación de la investigación

En la actualidad, se realizaron el desarrollado de modelos matemáticos que sirven para predecir la ruptura de presas y el tránsito de la avenida resultante en el cauce natural de un río, pero estos modelos presentan aún limitaciones para predecir con aceptable confiabilidad el proceso real de la ruptura de presa y sus mecanismos de colapso. Sin embargo, con una apropiada conceptualización del problema, el buen juicio y criterio práctico, se puede contrarrestar en parte las indicadas limitaciones y obtener soluciones razonables ingenieriles:

- Alcance: el alcance del presente proyecto de investigación está delimitado en estudios fundamentados con normas internacionales.
- Espacio: en el proyecto de investigación, el espacio estará delimitado solo para la zona y el escenario de estudio mina Alpamarca, en Santa Bárbara de Carhuacayán, distrito de la provincia de Yauli, región Junín.
- Tiempo: en el proyecto de investigación, el tiempo estará delimitado entre Setiembre del 2021 y febrero del 2022

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles son las zonas de riesgo, producto del análisis conceptual de Dam Break mediante la elaboración de mapas de amenaza por inundación de la onda de ruptura del depósito de relaves Alpamarca Santa Bárbara de Carhuacayan - Junín?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuáles serían los posibles escenarios de ruptura de la presa y tránsito del flujo de relave aguas debajo del depósito de relaves Alpamarca?

¿Cuál sería el modelo matemático bidimensional FLO-2D para la obtención de tirantes, velocidades, tiempos de tránsito del flujo de relave del depósito de relaves Alpamarca?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

Definir las zonas de riesgo, producto del análisis conceptual de Dam Break mediante la elaboración de mapas de amenaza por inundación de la onda de ruptura del depósito de relaves Alpamarca Santa Bárbara de Carhuacayan - Junín.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los posibles escenarios de ruptura de la presa y tránsito de flujo de relave aguas debajo del depósito de relaves Alpamarca.
- Determinar el modelo matemático bidimensional FLO-2D para la obtención de tirantes, velocidades, tiempos de tránsito del flujo de relave del depósito de relaves Alpamarca.

1.5. Justificación de la investigación

En el Perú y el mundo la minería es gran parte el motor de la economía, y al separar el mineral se produce residuos mineros los cuales son almacenados en presas de tierra u otro tipos material, generalmente alguna de estas estructuras se encuentran alejado de ciudades para disminuir el riesgo de contaminación, pero hay cosas en el que se encuentran en el cauce hay caseríos, lagos, flora y fauna silvestre que se encuentra en un riesgo si ocurriera una falla de la presa por cualquier índole se por mala operación o por condiciones naturales o fenómenos naturales.

Razón por la cual se es necesario tener un mapa de riesgo de los posibles escenarios de falla o rotura de presa de relaves para eliminar o minimizar los efectos que podría causar dicho evento con un plan de emergencia tener la logística para responder a tal evento o crear un sistema de alertas y tener comunicado al personal y pobladores cercanos establecer un plan de respuesta a emergencia frente a dicho evento.

1.6. Alcances de la Investigación

El presente trabajo de investigación tiene como alcance:

- Relavera Alpamarca.
- Para futuras investigaciones como dato bibliográfico
- Para definir los escenarios de mapa de riesgo

1.7. Limitaciones de la investigación

Esta investigación tiene las siguientes limitaciones:

El proyecto de investigación presenta la siguiente limitación:

- El proyecto de investigación solo se presentarán los aspectos de formas teóricas, metodológicas que se emplean para construir un modelo conceptual del probable escenario de ruptura, así como las estimaciones del impacto de onda desde el tramo aguas debajo de la presa.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios

2.1.2. Nacionales

- Oyola F. y Víctor D. (2016) "Propuesta que presento la modelación numérica de rotura de una presa de tierra de contención de relaves convencionales" El presente trabajo está tratando sobre el modelamiento numérico sobre una rotura de presa de relaves convencionales. En los problemas identificados, menciona que la mayor parte de los modelos numéricos sobre rotura de las relaveras, que están basados en las simulaciones de rotura de represas de aguas, en la actualidad aun genera incertidumbre de resultados a simulares de rotura de presa de relaves. En relación a información bibliográfica utilizada, se conoció estadísticas fundamentadas en eventos de roturas de represas de aguas, así como en los eventos de rotura de presas de las relaveras. Asimismo, se

lograron identificar algunos casos históricos de roturas de presas acontecidos en el Perú.

- Guarniz C. (2018) "Comparación de los modelos hidráulicos unidimensional (HEC-RAS) y bidimensional (IBER) en el análisis de rotura en presas de materiales sueltos; y aplicación a la presa Palo Redondo"

En el presente proyecto de investigación se describe como primero la, normativa existente en el mundo, y su actual influenciamiento en el Perú, se realiza una descripción de conceptos de modos de fallamiento y brecha de rotura en la que se desarrollará durante una rotura de presa construidos por materiales sueltos, y se sugerirá un repaso de todos los métodos en la actualidad que existen para el modelamiento numérico de los flujos laminares. Por lo tanto, el estudio realizado se enfoca en la rotura de represas de tierra se enfocó en el modelamiento del régimen que varía, en una y dos dimensiones, y considerando las ecuaciones que se describieron en dicho fenómeno. El tesista utilizo los modelos que generan el programa HEC-RAS (Unidimensional) y también Iber (Bidimensional), haciendo una simulación en el proceso que produce la rotura y desbordamiento de una represa que fue de materiales sueltos producido por la falla de esta. Para esta comparación de estos modelos realizo el modelamiento de varias pruebas antes de llevarlo a la de un caso real ejemplo a la Presa Palo Redondo, se correlacionaron resultados de ambos modelos. Llego a la siguiente conclusión que en el flujo durante el acontecimiento de rotura de una presa está muy distante de realizarse de forma unidimensional, por lo tanto, los resultados de Iber son más fiables y efectivos por ser bidimensionales.

- Castillo L. y Castillo I. (2021) "Generación de mapas de peligro producido por la simulación del vertido de relaves de la rotura de la presa N° 4 en el distrito de Carmen de Atrato en el departamento de Chocó – Colombia"

En la investigación realizada se enfoca en generar en mapas de peligro por la que realizo simulación del vertimiento de relaves por la rotura de una presa del depósito de residuos mineros en un estado de pulpa ubicada en el distrito de Chocó, en el país Colombia por medio de un modelamiento hidrológico – hidráulico, y posteriormente la clasificación mediante planos de inundación también de velocidad en niveles de riesgo producido mediante el modelo.

- Salazar S. (2018) "Estabilidad Física de la Presa de Relaves para el Nivel de Crecimiento Hasta la Cota 4,320 M.S.N.M. Utilizando Relave Cycloneado"

La investigación realizada por el autor responde al problema ¿en qué forma influirá en la construcción de presas con relave cycloneado para la estabilidad estática y pseudoestática en la presa de relaves desde en nivel 4,316 m.s.n.m. - 4,320 m.s.n.m.?, y su objetivo es definir como influiría en la construcción de la presa con relave cycloneado mediante la estabilidad física de la presa de relaves del nivel 4,316 m.s.n.m.

2.2. Bases teórico - científicos

2.2.1. Tipos de falla

La operación de un depósito de relaves siempre tiene un potencial riesgo. Además del daño físico o mortal causado a las personas, una eventual rotura de una presa generaría una inundación la cual afectaría centros poblados, áreas agrícolas, campamentos, puentes e infraestructura localizada en el curso del relave liberado. Asimismo, el relave liberado como el resultado de la rotura de una presa de relaves tiene un impacto significativo al medio ambiente, el cual se

reflejaría en la contaminación de los suelos de cultivo, daño a la flora, fauna silvestre y contaminación de los recursos naturales de agua fresca. Cabe mencionar que, dentro del análisis de una presa de relaves, es importante evaluar el tipo de falla que ocurrirá en la presa para estimar el orden de magnitud del hidrograma del relave liberado. Los factores que desencadenan la falla de la presa de relaves, entre otros, son los siguientes

- Falla por sismo.
- Falla por tubificación.
- Falla por desbordamiento.
- Manejo inapropiado de la presa.
- Pobre calidad de construcción y/o materiales empleados en la construcción.
- Asentamientos diferenciales de la presa o cimentación.
- Borde libre inapropiado.
- Mala disposición del relave.
- Pobre o inadecuada manejo del agua.
- Actos de vandalismo y/o

De acuerdo a los estándares nacionales, toda presa de depósitos de relaves debe soportar eventos naturales (sismos, avenidas, etc.) de cierta magnitud; y a nivel hidrológico, las estructuras podrían fallar o también colapsar ante este tipo de eventos desde la superación de los periodos de retorno de diseño. Además, en la actualidad, existen estándares internacionales como la Canadian Dam Association (CDA) y la Mining Association of Canada (MAC) donde se presentan guías y manuales técnicos para la evaluación y diseño de presas de relaves.

Por lo tanto, las fallas más comunes de ruptura de presa de relaves reportado por ICOLD (2001, Boletín N°121) son:

- Falla por desbordamiento (evento extremo hidrológico)
- Falla por erosión/tubificación.

La falla hidrológica (desbordamiento) está asociado a una tormenta de período de retorno mayor a 10000 años, y características-capacidad del aliviadero de demasías para la formación de la brecha por el rebose de las aguas. El presente escenario se enmarca dentro de un evento extraordinario.

El modo de falla por tubificación considera el nivel del relave, la presión de poros del dique, y características de la cimentación y falla de talud para la formación de la brecha, y que considerando las características geométricas y constructivas de la presa, la probabilidad de ocurrencia de falla por este modo puede ser originado por un evento sísmico extremo.

2.2.2. Estimación de Tiempo de Falla para el Hidrograma de Salida:

En presas construidas en materiales sueltos son más común de presas. Por ejemplo, el de United States Committe on Large Dams (USCOLD) que se estima el 79% de estas grandes presas que están en operación en los EEUU son de este tipo (USCOLD-ASCE, 1975). En las presas construidas con material suelto generalmente son construidos con materiales naturales o materiales de préstamo o explotados de canteras, o de desmonte de mina obtenidos de las operaciones en minería. En presas de materiales que están sueltos construidos con arena o roca son normalmente más comunes y se ordenan en base a su composición de los materiales de mayor cantidad. En presas de masas de suelos están conformadas esencialmente por el material fino granular consolidado y las presas de roca, por los materiales pre consolidado o de roca partidas diminutamente. Una de las

características de las presas construidas con materiales sueltos que podría afectar la tasa de formación de la brecha y por ende el caudal más alto o pico, es el ancho promedio de la presa desde el hondo de la brecha final hasta la corona de la presa.

2.2.3. Desarrollo de la Brecha y Caudal Pico

Mediante las fórmulas empíricas que tenemos para valorar los desarrollos de brecha y el caudal máximo o pico originado por falla progresiva de la presa que fueron presentados por varios investigadores con relación al tema. La insuficiencia de información ha llevado a utilizar valoraciones aproximadas de caudales máximos o pico que salen a través de la brecha. Algunos de estos caudales máximos o pico de salida usados para desarrollar este tipo de ecuaciones empíricas han sido valorados en una distancia importante aguas abajo de la presa que sería fallada, consiguiendo ser significativamente menores que en el caudal máximo o pico a la salida del embalse, prácticamente todas las relaciones propuestas se fundamentaron en cantidad de datos de unas 20 a 50 presas.

En las particularidades del embalse que se alcanzan a valorar fácilmente y que tienen influencia directa caudal máximo o pico de una presa fallada están en relación al volumen y la altura del agua en el almacenada al inicio de la formación de la brecha, ambas cantidades valoradas desde la cota de fondo de la brecha final.

En las fallas en presas construidas de materiales sueltos los indicadores pueden ser estimado por diferentes procedimientos, algunos se mencionan en los cuadros continuados (Ver Cuadro N°1 y 2):

2.2.3.1. Funcionamiento

Está enfocado en la operación y también mantenimiento de la presa de relaves en la simulación del modelamiento se podría considerar como la

posibilidad de ser objeto de valoración ex post para tener lecciones que se han aprendido y nos permitan mejoras las evaluaciones futuras.

Cuadro N° 1. Fórmulas empíricas para aproximar o estimar los tiempos de falla (horas)

Nombre (fecha)	Ecuación
McDonald & Landridge-Monopolis (1984)	$t_f = 0.0179V_{er}^{0.364}$ $V_{er} = 0.0261(V_w h_w)^{0.769} \text{ (earth dams)}$
FERC (1987)	0.1 < t_f < 1 hr (engineered, compacted earth dam) 0.1 < t_f < 0.5 hr (non-engineered, poorly compacted)
Reclamation (1988)	$t_f = 0.033h_w$
Von Thun & Gillette (1990)	$t_f = 0.020h_w + 0.25 \text{ (erosion resistant)}$
Fread & Harbaugh (1973)	$t_f = 0.59(V_w^{0.47})(h_w^{-0.9})$ Donde: Vw en acre-ft hw en ft

Fuente: Referencias ICOLD

Cuadro N° 2. Fórmulas empíricas para el cálculo del caudal máximo o pico

Nombre (fecha), variables	Ecuación
McDonald & Landridge-Monopolis (1984), f(V _w ,h _w)	$Q_p = 1.175(V_w h_w)^{0.41}$
Costa (1985), f(V _w ,h _w)	$Q_p = 325(V_w h_w / 10^6)^{0.42}$
Evans (1995), f(V _w)	$Q_p = 0.72V_w^{0.53}$
Singh & Snorrason (1984), f(V _w)	$Q_p = 1.776(V_w)^{0.47}$
Singh (1996)	$Q_p = 0.0125 \left(\frac{h_s}{h_d} \right) (g B^2 h_d^3)^{0.50}$ <p>Donde: $h_s = V_w^{1/3}$ $B = 9.5k(V_w h_w)^{0.25}$, k=0.7 piping y k=1,0 overtopping V_w en acre-ft h_w en ft</p>

Fuente: Referencias ICOLD

Donde:

Q_p: descarga pico por la brecha calculada (m³/s).

V_w: es el volumen del embalse en el momento de la falla (m³)

h_w: altura del relave en el embalse al momento de la rotura medida desde el nivel del fondo de la brecha final (m).

h_d: altura de presa (m).

2.2.4. Estimación del Volumen Liberado de relaves (VLR)

El volumen de agua liberado debido a la falla de una presa de embalse está establecido por el plano horizontal del nivel más bajo de la brecha; por otro lado, en el caso de las presas de relave, el nivel más bajo de la brecha forma un

plano inclinado de estabilidad del relave depositado; además la gradiente del plano variara acorde a la consolidación y el grado de concentración del relave. De acuerdo a los análisis estadísticos, diversos autores, concluyen que, en promedio, el volumen liberado es el 40% del volumen almacenado. Por ejemplo, M. Rico et al. (2007) indican que el volumen promedio liberado de relave es aproximadamente el 35% del total del depósito de relave, como se muestra en la Figura N°2. Por otro lado, ICOLD (2001) en su boletín 121 presenta un registro colectado de fallas de presas de relave. Como resultado de un análisis estadístico a esta muestra, se realizó el análisis de regresión con mayor número de eventos de falla para determinar el volumen liberado (V_l) y el volumen almacenado (V_a), donde se determinó la siguiente ecuación:

$$V_l = 0,3086 \times (V_a)^{1,0276} \quad (1)$$

La ecuación [1] se ajusta con una correlación de 0,8873. La Figura N°3 muestra la correlación entre estos volúmenes, de acuerdo a este análisis estadístico, se considera que el primer análisis de rotura de presa de relave puede considerar un volumen de relave liberado de 40%.

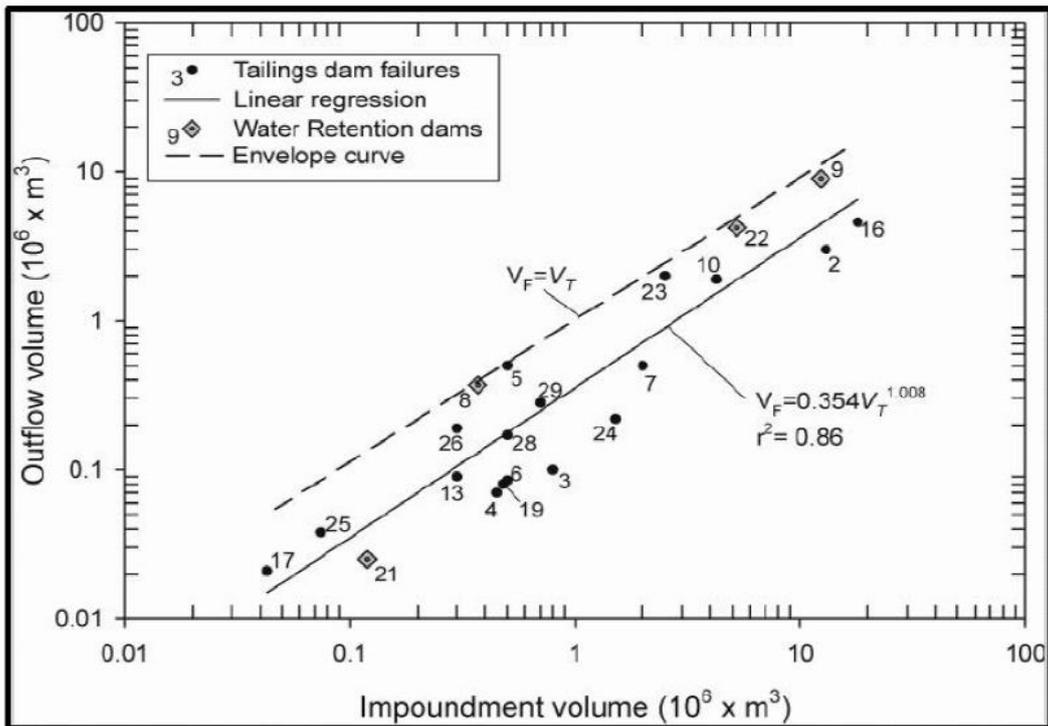


Figura N° 1. Volumen liberado de relaves por M. Rico et al. (2007)

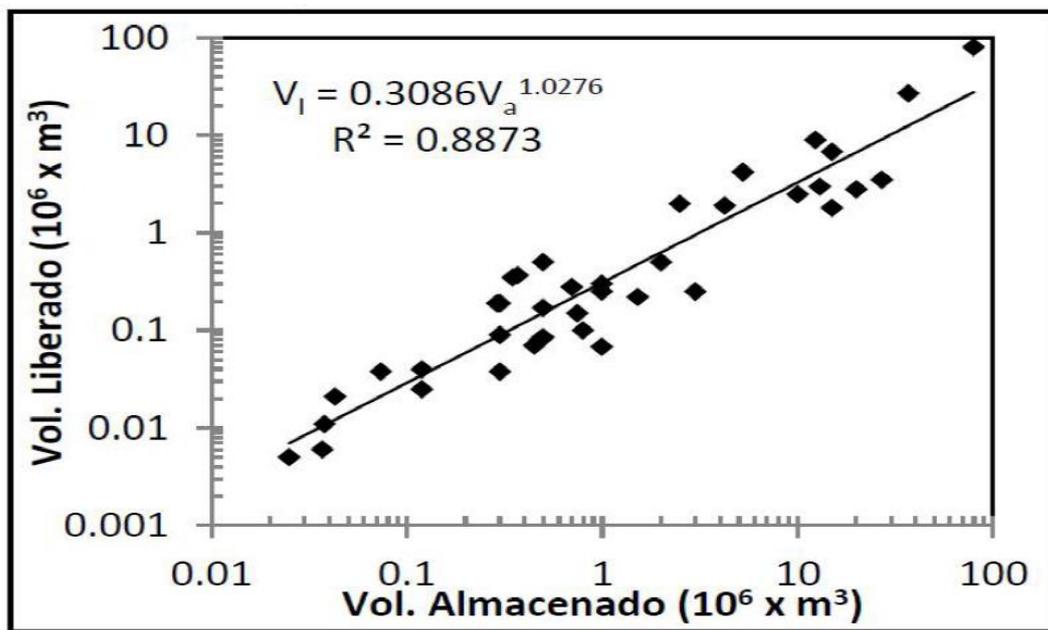


Figura N° 2. Volumen liberado de relaves por ICOLD (2001)

2.2.5. Estimación de los Parámetros Reológicos del Fluido

Para nuestro caso, el fluido a analizar corresponde al “relave” situado dentro del depósito de relaves, cuyas características se relacionan a un fluido “no Newtoniano” con una concentración en volumen de sedimentos alrededor del 40% y cuyos mecanismos se definirán mediante parámetros reológicos por ejemplo como con el esfuerzo de cedencia y de la viscosidad. A modo general, nos referimos a flujos hiperconcentrados.

La definición de relave es residuos de mineral sólidos que pueden tener un tamaño variable entre arena - limo que es producto del proceso de separación y concentración de mineral que es generado, transportado y depositados en forma de pulpa en los depósitos.

De la literatura, revisada podemos deducir que experimentalmente señalar:

- Si la razón sedimento/agua son menores al 50%, los residuos mineros se comportan en un estado de suspensión acuosa, y se deprimirá hasta incluso en pendientes menor al 2% y por consiguiente la segregación de todas partículas con una distancia en el lugar que se realiza la descarga.

- Si la relación sedimento/agua es mayor o igual que 55% los relaves comienzan a tener un comportamiento de un lodo viscoso; se reduce fuertemente la segregación de partículas y se necesitará pendientes mayores al 2% para escurrir.

Hay varias correlaciones muy valiosas de densidad en partículas precipitados que nos ayudaran a definir mejor los flujos hiperconcentrados. En esta relación se describe la densidad en partículas precipitados por volúmenes, las concentraciones de las partículas por peso, la relación de masa/volumen de los

sedimentos y la relación de masa/volumen de la mezcla del flujo de la pulpa. En la concentración de partículas por volumen C_v esta relacionado por:

$$C_v = \frac{\text{volumen del sedimento}}{\text{volumen del agua + sedimento}} \quad (1)$$

y C_v es la descripción de la concentración de partículas suspendidas por el peso:

$$C_v = \frac{C_w \gamma}{\gamma_s - C_w (\gamma_s - \gamma)} \quad (2)$$

Por ende γ = peso específico del agua y también γ_s = peso específico del sedimento.

Con relación al peso específico de la mezcla de flujo de la pulpa y γ_m está en función de la concentración de las partículas por volumen:

$$\boxed{\gamma_m = \gamma + C_v(\gamma_s - \gamma)} \quad (3)$$

Con relación al esfuerzo de cedencia y la viscosidad la mezclas agua y sedimentos son indicadores reológicos que se necesitaran en la aplicación de modelos para realizar cálculos de corrientes con altas concentraciones en partículas. La forma más directa de cuantificar la viscosidad será utilizando para dicho calculo el “reómetro” que son similares al viscosímetro que realiza la

construcción del diagrama del esfuerzo vs. La Tasa de la deformación. normalmente en estos equipos se analizan la matriz del flujo como (arcillas limos con tamaños menores a 0,072 mm), se puede decir que sólo puede analizar la matriz viscosa de la combinación sin considerar el material de tamaño grueso. Por lo tanto, al realizar el uso de estas metodologías resultaría complicado y a su vez muy costosa.

O'Brien y Julien (1988) han hecho análisis en los laboratorios de las muestras recolectadas en los depósitos naturales de flujos de pulpa en Colorado Rocky Mountain cerca de las ciudades de Aspen y Glenwood Springs. En las propiedades de las muestras tomadas de los flujos de pulpa en términos de la gradación según el tamaño de las partículas y contenido de las arcillas están enmarcadas en el Cuadro N°3. en muestras con un elevado contenido de suelos arcillosos que fueron ensayadas en laboratorio para hallar los límites líquido LL y el IP índice plástico. En La matriz que es fluida estará compuesta por partículas finos según el tamaño (arcillas y limos) se preparó para realizarse el ensayo en un viscosímetro; de 10 a 15 cuantificaciones de los esfuerzos cortantes Vs tasa de la deformación que se realizó para cada concentración. en concentración de volumen fue cambiando al aumentar cantidad de agua en después de cada ensayo. Por último, con los resultados obtenidos se concluye que la viscosidad (T) y el esfuerzo de cedencia (T_y) aumenta potencialmente por la concentración de los sedimentos (C_v):

$$\eta = \alpha_1 e^{\beta_1 C_v} \quad (4)$$

En donde α y β serán coeficientes de tipo empíricos y serán definidos al realizar experimentos en los laboratorios y C_v será la concentración en volumen de los sedimentos (Ver Cuadro N°4, Figuras N° 4 y Figura N° 5).

Para nuestro caso, tomaremos como referencia estas muestras tipo de la literatura.

Cuadro N° 3. Esfuerzo de cedencia y la viscosidad en función de C_v

Fuente	$\tau_y = \alpha e^{\beta C_v}$		$\eta = \alpha e^{\beta C_v}$	
	α	β	α	β
Correlaciones de mediciones en Campo				
Aspen Pit 1	0,181	25,7	0,0360	22,1
Aspen Pit 2	2,72	10,4	0,0538	14,5
Aspen Natural Soil	0,152	18,7	0,00136	28,4
Aspen Mine Fill	0,0473	21,1	0,128	12,0
Aspen Watershed	0,0383	19,6	0,000495	27,1
Aspen Mine Source Area	0,291	14,3	0,000201	33,1
Glenwood 1	0,0345	20,1	0,00283	23,0
Glenwood 2	0,0765	16,9	0,0648	6,20
Glenwood 3	0,000707	29,8	0,00632	19,9
Glenwood 4	0,00172	29,5	0,000602	33,1

Fuente: O'Brien y Julien (1988)

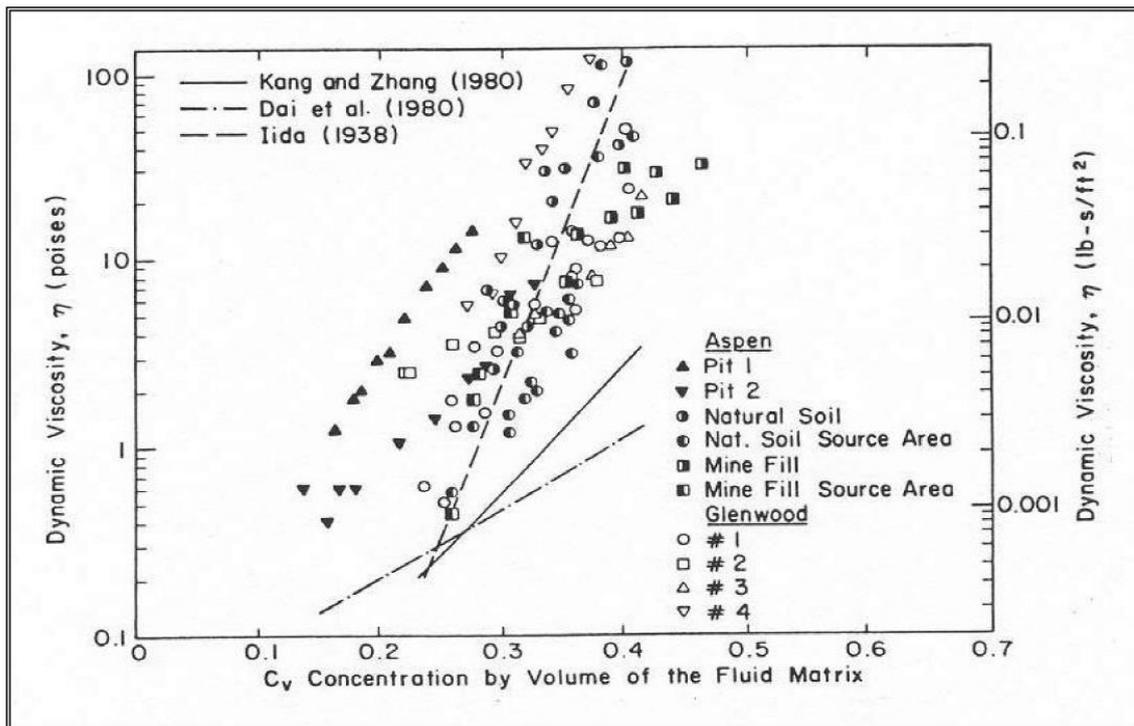


Figura N° 3. Viscosidad dinámica Vs la concentración de los sedimentos

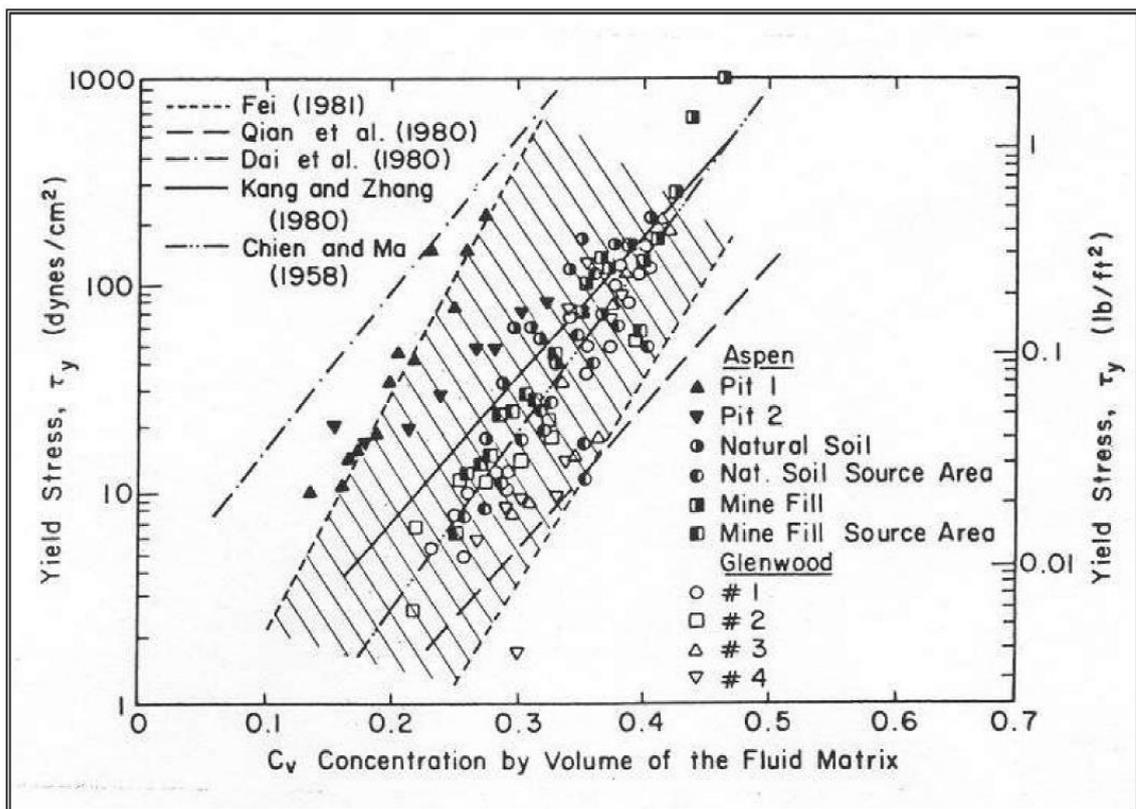


Figura N° 4. Esfuerzo de cedencia vs concentración de sedimentos

Con relación a viscosidad del flujo de las partículas hiperconcentrado esta es función de las características del centro del fluido incluyendo la densidad de partículas, parte y tipo de partículas- de suelos arcillosos y la temperatura de los fluidos. En los flujos de la pulpa viscosos tienen elevada densidad de partículas que corresponde a elevados esfuerzos de cedencia.

2.2.6. Método Numérico Para el Transito de una Onda de Flujo

En el modelo de dos dimensiones de diferencias finitas FLO-2D de (O'Brien) que hizo simulación de flujo y de fluidos "no-newtonianos", como aluviones torrenciales. En el modelo presentado permitió hacer una simulación de flujo en topografías irregulares, por ejemplo, como en zonas pobladas y zonas planas de inundación, así como con cambio de fluido con canales y zonas planas de inundación. Se puede modelar el tránsito de agua y tránsito de barro:

Como datos de entrada:

- La topografía de forma digital del terreno
- Los valores estimados de la rugosidad
- El modelo hidrológico de entrada en (líquido y sólido), y
- Las propiedades reológicas de la combinación de agua-partículas.

Las variaciones de la superficie se discretiza en una red que será formada por celdas o elementos de forma de cuadrado con mismos tamaños para la extensión que se estudió y a cada elemento se le asigna en una posición de la red, a una altura o nivel de superficie y un coeficiente de rugosidad (n de Manning).

En el procedimiento por computadora para la corriente de la superficie incluye los cálculos de las descargas a través de cada uno de las fronteras en las 8 direcciones del flujo. En la dirección de cada corriente de flujo se incluyen en el norte, sur, este, oeste sentidos de la brújula y en las 4 direcciones diagonales.

En el cálculo sistema de agua de cada elemento de grilla comienza con una aproximación de la profundidad del corriente en la frontera del elemento de la grilla. La profundidad se calcula el flujo que es un promedio de la profundidad de flujo en los 2 elementos en la grilla que comparten descarga en una de las 8 instrucciones. El otro indicador hidráulico es también promediado para calcular el movimiento de flujo incluyendo resistencia de flujo (n de Manning), la superficie del de corriente, inclinación, altura de superficie de agua y borde mojado. FLO-2D partículas en movimiento hiperconcentrados (movimiento de detritos saturados y escombros) como un fluido continuado prediciendo la corriente de fluido viscoso. Para movimiento de detritos saturados (mud flows), el cambio de circulación de la matriz líquida es gobernado por la densidad de partículas. Una plantilla cuadrática reológico presagiar la viscosidad y el esfuerzo de cedencia como en funciones de la densidad de partículas es empleado y los volúmenes de las partículas son monitoreados a través del sistema. Los afluentes de detritos saturados son dominados por esfuerzos viscosos y esfuerzos dispersivos, y constituye un fenómeno muy diferente que esos procesos de carga de partículas que están suspendidas y carga de lecho en un traslado de partículas tradicionales.

Para transitar flujos de barro, el proceder reológico del flujo debe ser tratado como continuo como los elementos de agua y partículas mezclados. El movimiento de partículas hiperconcentrado como barro y movimiento de escombros envuelven la interacción entre fluidos complejos y procesos de partículas; turbiedad, esfuerzos viscosos, cambio de momento de la partícula sedimento-fluido, arrastre de partículas y colisión de partículas de sedimento. La cohesión fina del precipitado controla el comportamiento no-Newtoniano del

fluido interno. Esta adherencia ayuda al esfuerzo de cedencia el cual será excedido por una fuerza aplicada para dar inicio al desplazamiento de fluido.

2.2.7. Principales Causas de Rotura de Presas

Las presas pueden fallar por las siguientes causas:

- Por desbordamiento: El agua desborda por encima de la corona y a consecuencia se da erosiones que terminan por destruir la presa.
- El diseño equivocado del cuerpo de la presa o de la fundación.
- Debido a la acción sísmica la presa puede fallar por licuación de los relaves. El movimiento sísmico induce la licuación de los relaves almacenados en la relavera produciendo una brecha o abertura en el cuerpo del dique por donde escapan los relaves licuados en dirección aguas abajo.
- Tubificación: Es originado por filtraciones de agua que van lavando los materiales finos que componen el cuerpo de la presa, el material lavado va dejando vacíos, hasta que en un momento dado estos vacíos y la erosión hídrica hacen colapsar el dique. Las roturas de presas y podrían generar un enorme daño y ocasionar pérdida de una gran cantidad de vidas humanas, así como un valioso impacto en el flora y fauna y medio ambiente.

Por su riesgo las presas se clasifican en:

Riesgo A.- Es cuando en su rotura de presa puede afectar a núcleos importantes, ocasionando daños a la persona e importantes daños en lo material.

Riesgo B.- Cuando su rotura de la presa puede afectar a poblaciones pequeñas, con daños

materiales significativos.

Riesgo C.- Cuando la rotura de la presa puede ocasionar daños moderados

Para las presas el tipo de riesgo A y B está obligado elaborar un plan de emergencia que debe contemplar:

- Análisis de seguridad de la presa
- Zonificación territorial y análisis generado por los riesgos de rotura
- Normas de actuación
- Organización
- Medios y recursos

2.2.8. Parámetros Geomorfológicos

Por sus características las cuencas se dividen en 2 clases: por las que están condicionados por volumen del escurrimiento y como la extensión y clase del suelo y de la cuenca, y por las que tienen como condicionante el movimiento (velocidad de escurrimiento como la inclinación, sección transversal, etc).

Hay una ceñida correspondencia con el régimen hidrológico y los mencionados elementos por lo tanto los conocimientos de éstos son de mucha utilidad práctica, ya que, al implantar estas relaciones y las comparaciones de la generalización de estos con información hidrológicos que son conocidos, se determinan indirectamente valores, números hidrológicos en fracción de interés práctico donde falten valores o donde por razones de índole fisiográfica o por la razón económica no sea factible la colocación de estaciones hidrométricas.

2.2.9. Área y Perímetro de Drenaje

2.2.9.1 El área de Cuenca

El terreno está delimitado por la superficie planimetría que está conformada por la unión

de la línea de divorcio de agua, siendo está los puntos más altos de las colinas. El terreno o área de cuenca es de importancia porque: nos servirá como la base para determinar otros elementos (coeficientes, parámetros, relaciones, etc.). Por lo usual los caudales de este escurrimiento se incrementan a medida que crece la superficie de la cuenca.

En el incremento de terreno se comporta como un factor para compensar y es la forma que es más usual para detectar crecientes instantáneos y como respuesta instantánea en cuencas pequeñas a comparación a las grandes cuencas. Se puede definir como cuencas pequeñas a aquellas con terrenos $>$ a 250 Km² según lo que menciona Ven Te Chow a partir de la delimitación de cuenca se presenta el área de drenaje en la presa.

Cuadro N° 4. Área en la Microcuenca de Interés

Cuenca	Área (km ²)
Presa Alpamarca	2.22

Fuente: Elaboración Propia

2.2.9.2. Perímetro de la Cuenca

Se definió como el perímetro de una cuenca como la longitud lineal conformada y delimitada por el área de la cuenca. De los planos se ha obtenido los perímetros para los puntos de interés.

Cuadro N° 5. Perímetro de las Microcuenca de Interés

Cuenca	Área (km)
Presa Alpamarca	6.5

Fuente: Elaboración Propia

2.2.10. Forma de la Cuenca

2.2.10.1. Índice de Compacidad

La estructura en la superficie que se aprecia en las cuencas hidrográficas se interesa por el tiempo en que tardaría al llegar el agua a los límites de la cuenca a la salida de la cuenca. Uno de los indicadores para hallar la forma es el Índice de la Compacidad o Índice de Gravelius que está en relación a “K” que están entre el perímetro de la cuenca “P” y el perímetro de una circunferencia que tenga la misma superficie “A” que mencionada cuenca:

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

Donde:

P : perímetro de la cuenca en km.

A : área de la cuenca en km².

K : Índice de compacidad, a dimensional.

El indicador será superior o igual a la unidad, de manera que cuanto se acerque más a ella se aproximará su forma a la de una circunferencia, por consiguiente, la cuenca tendrá mayores probabilidades de producir crecientes con máximos picos (caudales). Por otra parte “K” es un valor

que no tiene dimensiones independientes de la extensión de las cuencas. Por contrapartida, cuando K se distancia más del valor de la unidad esto significara un mayor alargamiento de la forma de la cuenca.

Cuadro N° 6. Índice de compacidad

Cuenca	Índice de Compacidad (admin)
Presa Alpamarca	1,5

Fuente: Elaboración Propia

2.2.10.2. Factor de Forma:

El factor de la forma sugerido es un factor que no tiene dimensiones de forma nombrado como Rf que puede hallar a partir de la siguiente ecuación:

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

Donde:

A: área de la cuenca en km²

L: longitud de la cuenca, que esta medida desde la salida hasta los límites

Cercanos del cauce principal, a la extensión de una línea recta.

El Índice de Horton lo han usado con frecuencia como un indicador de la forma del

Hidrograma Unitario.

Cuadro N° 7. Factor de Forma

Cuenca	Factor de Forma (admin)
Presa Alpamarca	0.58

Fuente: Elaboración Propia

2.2.11. Sistema de Drenaje

2.2.11.1 Longitud del Curso Principal

Es la longitud lineal del cauce del río, teniendo su origen en las cercanías de la cabecera de cuenca hasta los o el punto de descarga o unión con otro río, esta es la máxima longitud que recorre una gota de agua una vez que llega al cauce del río. De los planos se ha obtenido las áreas para los puntos de interés.

Cuadro N° 8. Longitud del cauce principal

Cuenca	Longitud del cauce (km)
Presa Alpamarca	1.69

Fuente: Elaboración Propia

2.2.11.2. Pendiente Media del Curso de Agua

La pendiente media del río se está considerando como el desnivel entre los extremos del tramo, dividido por la longitud planimétrica de dicho tramo, de manera que:

$$S = \frac{H}{L}$$

Donde:

H : desnivel entre los extremos del tramo del cauce, en m;

L : longitud planimétrica del tramo del cauce, en m;

S : pendiente del tramo del cauce.

Reemplazando valores se ha obtenido los valores de la pendiente media.

Cuadro N° 9. Pendiente media del cauce

Cuenca	Pendiente media (%)
Presa Alpamarca	21.7

Fuente: Elaboración Propia

2.2.11.3. Orden de las Corrientes:

En relación al concepto de orden de la corriente es primordial en la descripción jerárquica de las corrientes que se ubican dentro de una cuenca. El tránsito del flujo sobre el terreno se podría haber sido considerado como una corriente hipotética de orden cero.

Cuadro N° 10. Orden de las corrientes

Cuenca	Orden de las corrientes
Presa Alpamarca	2do

Fuente: Elaboración Propia

2.2.11.4. Densidad de Drenaje

La Densidad de Drenaje (Dd), indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua: efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca (Lt) y el área total de la misma (A).

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (Km / Km^2)$$

Se define que:

Dónde:

Lt : Suma de longitudes de todos los tributarios (incluye cauce principal)

A : Área de la cuenca (Km.)

Cuadro N° 11. Densidad de drenaje

Cuenca	Densidad de corrientes (km/ km ²)
Presa Alpamarca	1.3

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados se presentan valores consistentes ya que la densidad de drenaje por lo regular debe encontrarse entre $0 < Dd < 1$.

2.2.11.5. Extensión Media de Esgurrimiento

Se puede definir como la distancia media en el trayecto que el agua debería escurrir sobre la cuenca para llegar al cauce y se estima por la relación que existe entre el área y cuatro veces la longitud de todos los cauces de la cuenca.

Se tiene:

$$d = \frac{A}{4 Lt} \quad (m)$$

Cuadro N° 12. Extensión media de escurrimiento

Cuenca	Densidad de corrientes (km/ km ²)
Presa Alpamarca	191

Fuente: Elaboración Propia

2.2.11.6. Coeficiente de Torrencialidad

Es la relación que tiene el número de cursos de agua de primer orden y el área total que tiene la cuenca.

$$C_t = \frac{\# \text{ de cursos de primer orden}}{A} \quad (\text{ríos / Km}^2)$$

Se define como:

Cuadro N° 13. Densidad de drenaje

Cuenca	Coefficiente de Torrencialidad (ríos/ km2)
Presa Alpamarca	0,9

Fuente: Elaboración Propia

2.2.12. Características de Relieve

2.2.12.1 Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica nos permitirá la determinación de la altitud media de la cuenca ya que esta gráfica que presenta la variación en la elevación de los terrenos de la cuenca con respecto a su altitud.

Como la curva hipsométrica se representa por el porcentaje de área acumulado igualado o excedido para un nivel determinado. La curva hipsométrica sirve además para definir las características fisiográficas que tiene las cuencas. Los valores de la altitud media para cada punto de interés fueron determinados en el siguiente cuadro y la representación gráfica que tenemos a continuación.

Cuadro N° 14. Altitud media de la cuenca

Cuenca	Altitud media (msnm)
Presa Alpamarca	4700

Fuente: Elaboración Propia

Curva Hipsométrica de la Presa Alpamarca

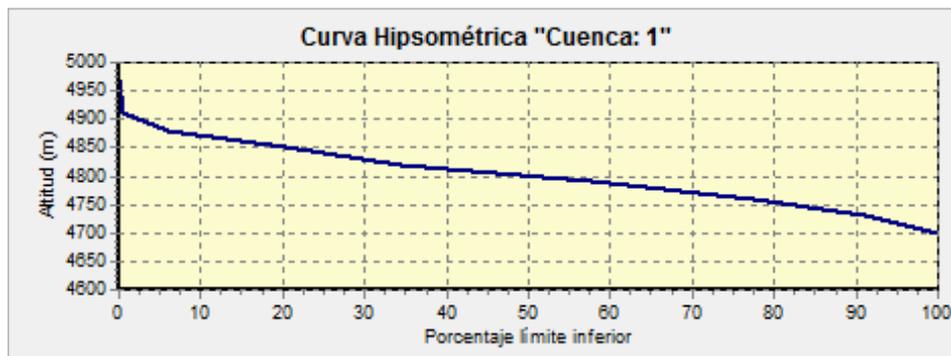


Figura N° 5. Curva Hipsométrica de la Presa Alpamarca

Fuente: Elaboración Propia

Resumen de parámetros geomorfológicos

Microcuenca Presa Alpamarca

Cuadro N° 15. Parámetros geomorfológicos

Área y Perímetro de Drenaje	
Área de la Cuenca	2.22 km ²
Perímetro de la Cuenca	6.5 km
Forma de la cuenca	
Índice de Compacidad	1.5
Factor de Forma	0.58
Sistema de Drenaje	
Longitud del Curso Principal	1.69 km
Pendiente Media del Curso de Agua	21.7 %
Orden de las Corrientes	2do
Densidad de Drenaje	1.3

Extensión Media de Esgurrimiento	191 m
Coeficiente de Torrencialidad	0.9 ríos/km ²
Características de Relieve	
Altitud Media de la Cuenca	4700 msnm

Por otro lado, según estudios hidrológicos aprobados por el ANA (Autoridad Nacional del Agua) se tiene la siguiente información de parámetros morfométricos en cuencas del Perú.

Cuadro N° 16. Parámetros Morfométricos de Cuencas del Perú

Características	Rango	Clase
Superficie (km ²)	0 - 250	Pequeña.
	250 - 2 500	Mediana.
	> 2 500	Grande.
Pendiente de la cuenca (%)	1-15	Accidentado.
	15 - 30	Fuertemente accidentado.
	30 - 50	Escarpado.
	> 50	Muy escarpado.
Elevación media (msnm)	0 - 1 000	Baja.
	1 000 - 2 000	Mediana.
	> 2 000	Alta.
Compacidad	1.00 - 1.50	Oval. redonda.
	1.50 - 1.75	Rectangular oblonga.
	> 1.75	Alargada.
Factor de Forma	≤ 0.30	Buena respuesta.

	> 0.30	Regular respuesta.
Longitud del cauce (km ²)	0 - 50	Corto.
	50 - 100	Mediano.
	> 100	Largo.
Pendiente del cauce (%)	0 - 1	Baja.
	1 - 2	Mediana.
	> 2	Alta.

Fuente: Autoridad Nacional Del Agua

Microcuenca Presa Alpamarca. -

De la evaluación de parámetros morfométricos podemos decir que el área de la cuenca es de clase pequeña con una pendiente fuertemente accidentada. La cuenca tiene una elevación alta y presenta una forma rectangular-oblonga con regular respuesta a crecientes.

Respecto al cauce principal se infiere que es de longitud corta con pendiente alta y baja densidad de drenaje.

De la curva hipsométrica, geológicamente pertenece a un río joven, con mayores áreas de aporte entre los 4000 y 4900 msnm.

2.2.13. Análisis de caudales máximos superficiales

Las descargas máximas serán determinadas en base de las precipitaciones de lluvia máximas 24 horas registradas en la estación más cercana al proyecto y las características geomorfológicas de la cuenca. El cálculo de los caudales máximos se ha desarrollado por el Método Hidrograma Unitario Sintético de

forma Triangular (US. Soil Conservación Service, 1957), utilizando los software HEC-HMS y HEC-GEOHMS.

2.2.14. Análisis de La Precipitación Máxima En 24 Horas

Ver Anexo I: Información Meteorológica del SENAMHI

A la carencia de data disponible sobre las intensidades de lluvia y las relaciones « frecuencia – intensidad – duración », se prestó una especial atención a las precipitaciones diarias.

Para el cálculo estimado de precipitaciones extremas ubicadas en el área que se estudio, se ha considerado la serie de información de la estación Yantac, para el periodo 1969-2010. A continuación, se presenta en el Cuadro N°17 la ubicación y sus características principales de la referida estación.

Cuadro N° 17. Ubicación Geográfica de Estaciones.

ESTA CIÓN	UBICACIÓN POLÍTICA			UBICACIÓN GEOGRÁFICA			PERI ODO DE REGI STR O	PARAM ETROS
	DP TO.	PROVI NCIA	DISTRITO	LATI TUD	LONG ITUD	ALTI TUD		
YANT AC J	JUN IN	YAULI	MARCAPO MACOCHA	11°20' S	76°24' W	4600	1969- 2010	PMX24 HR

Fuente: Elaboración propia

Para mayor información de la ubicación de la estación Yantac **ver el anexo I y**

Mapa II

2.2.15. Estaciones Meteorológicas.

En el cuadro N°18 y figura N°6 se presenta la longitud de información y el histograma de precipitaciones Máximas 24 horas de la estación Yantac, que representa la zona del proyecto.

Histograma de Precipitaciones

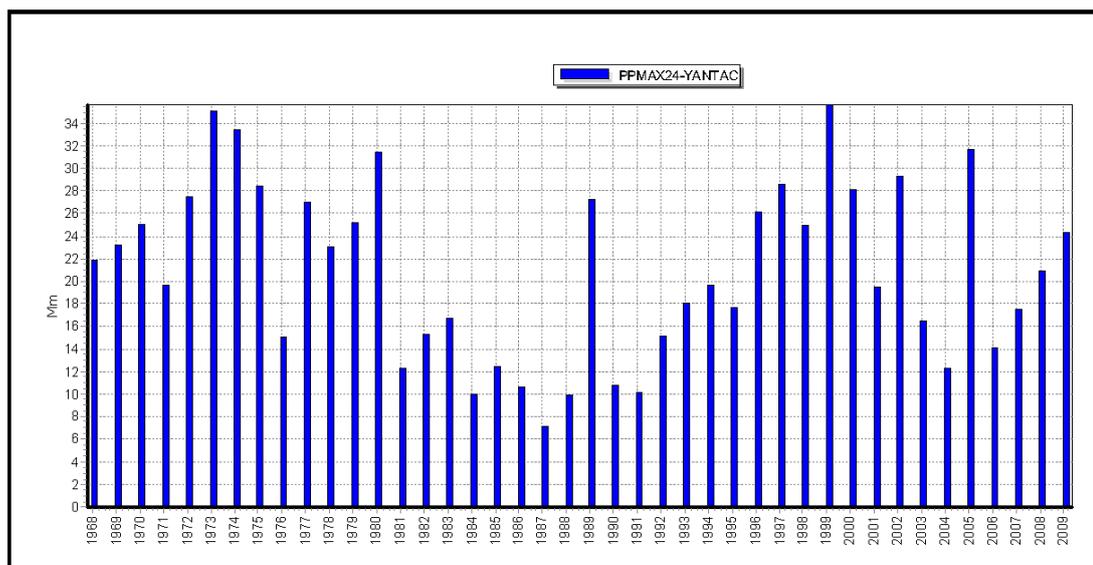


Figura N° 6. Histograma de Precipitaciones

2.2.16. Análisis de las Frecuencias

Este tipo de procedimientos consiste en adoptar un tipo de modelo que es probabilístico, que es representada de forma Satisfactoria el comportamiento de la variable. Los valores que se ven en las precipitaciones máximas diarias, fueron ajustados a las distribuciones teóricas de Log Normal, Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III, EV1-Máx, EV2-Máx y Gamma, para ello se recurrió al software de cómputo, Hydrognomon Versión 4.0.

A continuación, se presenta la información de precipitación máxima 24 horas registradas en la estación Yantac para el periodo 1969-2014, las cuales serán analizadas.

Cuadro N° 18. Datos de precipitación Máximas 24Hrs (mm) estación Yantac
 periodo 1969-2014

AÑO	PPMAX (mm)	AÑO	PPMAX (mm)
1969	21.9	1990	27.2
1970	23.2	1991	10.8
1971	25	1992	10.1
1972	19.7	1993	15.2
1973	27.5	1994	18
1974	35	1995	19.7
1975	33.4	1996	17.7
1976	28.5	1997	26.2
1977	15.1	1998	28.6
1978	27	1999	24.9
1979	23.1	2000	35.6
1980	25.2	2001	28.1
1981	31.4	2002	19.5
1982	12.3	2003	29.3
1983	15.3	2004	16.5
1984	16.7	2005	12.3
1985	10	2006	31.6
1986	12.4	2007	14.1
1987	10.7	2008	17.5
1988	71	2009	20.9

1989	9.9	2010	24.3
AÑO	PPMAX (mm)		
2011	15.8		
2012	9.9		
2013	10.7		
2014	11		

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros del SENAMHI

2.2.16.1. Distribución Log Normal

En la teoría de probabilidades de la distribución logarítmica normal que es un proceso que es continuo de la distribución de probabilidades de una variable que es aleatoria, cuyo logaritmo está distribuido normalmente. Si tenemos que X es considerada una variable que es aleatoria con una distribución normal, entonces $Y = \exp(X)$ tiene una distribución que un logaritmo normal, del mismo modo, si tenemos que Y es una distribución logarítmica normal, entonces $X = \log(Y)$ tiene una distribución normal.

2.2.16.2. Distribución Pearson Tipo III

Está en función de la densidad de probabilidad es la siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \left[\frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right]^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

Donde:

$\alpha_1, \beta_1, \delta_1$, = Son los parámetros de la función

$r(\beta_1)$ = Función Gamma.

tenemos parámetros $\alpha_1, \beta_1, \delta_1$, se están evaluando a partir de los datos de las intensidades que se observan (en este caso que se estimaran a partir de la lluvia máxima en las 24 horas), mediante la ecuación siguiente.

$$\bar{x} = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1 ; \quad s^2 = \alpha_1^2 \beta_1 ; \quad y = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}}$$

Donde:

\bar{x} = Es la media de los datos; S^2 = variancia de los datos

$$y = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3 / n}{S^3}$$

y = coeficiente de sesgo, definido como:

La función de la distribución de la probabilidad sera:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \int_0^x e^{-\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}} \left(\frac{x-\delta_1}{\alpha_1} \right)^{\beta_1-1} dx$$

Sustituyendo

$$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} , \text{ la ecuación anterior se escribe como:}$$

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int y^{\beta_1-1} e^{-y} dy$$

Esta ecuación última está en función de la distribución chi cuadrada con $2\beta_1$ grados de libertad y también $x^2 = 2y$, es decir:

$$F(y) = F(\chi^2 | \nu) = F\chi^2(2y | 2\beta_1)$$

La función chi cuadrado se encuentra en tablas estadísticas.

2.2.16.3. Distribución Log Pearson Tipo III

Si tomamos los logaritmos de la variable que es aleatoria y suponemos que estos se comportan según la distribución Pearson Tipo III, se tiene la función Log Pearson Tipo III. Para la solución se sigue el mismo procedimiento que la distribución Pearson Tipo III.

2.2.16.4. Distribución Gumbel

Las distribuciones de valor extremo lo desarrollo gumbel a mayor detalle para la distribución de Valor Extremo Tipo I (EVI), para la distribución de Valor Extremo Tipo II (EVII) y para la distribución de Valor Extremo Tipo III (EVIII). Suponiendo que se tendrán N muestras, cada una de las cuales contendrán “n” eventos. Si se selecciona el máximo “x” de los “n” eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que “n” aumenta, la función de distribución de probabilidad de “x” tiende a:

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

La función de densidad de probabilidad es:

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

Donde α y β son los parámetros de la función.

Los parámetros α y β , se estimaran para muestras muy grandes, como:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45 S$$

Para muestras relativamente pequeñas, se tiene:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - u_y / \alpha$$

Los valores de μ_y y σ_y se encuentran en tablas.

2.2.16.5. Distribución Gamma

En la distribución gamma será muy útil para la descripción de las variables hidrológicas asimétricas sin el uso de la transformación Log. En estadística la distribución de gamma es una distribución de probabilidad continua con dos parámetros k y λ , cuya función de densidad para valores es: $x > 0$

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \frac{(\lambda x)^{k-1}}{\Gamma(k)}$$

Aquí es el número y Γ es la función gamma. Para valores $k = 1, 2, \dots$ la función gamma es $\Gamma(k) = (k-1)!$ (el factorial de $k-1$). El valor esperado y la varianza de una variable aleatoria X de una distribución de gamma son

$$E[X] = k/\lambda = k\theta$$

$$V[X] = k/\lambda^2 = k\theta^2$$

2.2.16.6. Prueba de Bondad de Ajuste

Para hallar a qué distribución de probabilidad teórica se ajustará mejor los valores que estamos observando y calculando, se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov- Smirnov. Esta prueba consistió en hacer una comparación del máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_0(X_m)$ y la función de probabilidad estimada $F(X_m)$.

$$D = \max |F_0(X_m) - F(X_m)|$$

Con una data crítico “ d ” que dependiera del número de datos y del nivel de significación seleccionado, extraído de la tabla de Kolmogorov. Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula. Los valores del nivel de significación α que se usan normalmente son del 10%, 5% y 1%. Para un nivel de significación de 5%, y para una muestra de n el valor de “ d ” crítico. El valor de α , en la teoría estadística, es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula.

Ho= La función de distribución de probabilidad es D (α , β ...), cuando en realidad es cierta, es decir de cometer un error tipo I. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_0(X_m) = 1 - \frac{m}{n+1}$$

Donde “m” considerado como el número de orden del dato X_m en una lista de mayor a menor y “n” es el número total de datos.

2.2.17. Tiempo de Concentración

Considerado uno de los principales valores que sirven para medir el tiempo que se necesita para que toda la cuenca contribuya con la escorrentía superficial. Existen varias fórmulas para calcular este parámetro, en el presente trabajo se esta empleado el promedio de 3 fórmulas ampliamente utilizadas: Kirpich, Temes y Bransby Williams.

Fórmula de Kirpich:

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

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración valorado en horas

L = Longitud del curso principal valorado en metros

S = Pendiente a lo largo del cauce valorado en m/m

Fórmula de Temes:

$$Tc = 0.30 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Dónde:

Tc = Tiempo de concentración valorado en horas.

L = Longitud del curso principal valorado en kilómetros.

S = Pendiente a lo largo del cauce valorado en m/m.

Fórmula de Bransby Williams.

$$Tc = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1}AS^{0.2}}$$

Dónde:

Tc = Tiempo de concentración valorado en horas.

L = Longitud del curso principal valorado en kilómetros.

A = Área de cuenca valorado en Km².

S = Pendiente a lo largo del cauce valorado en m/m.

2.2.18. Modelo precipitación escorrentía método SCS (Soil Conservation Service)

El método consiste en hallar, estimar un modelo de Hidrograma Triangular Unitario Sintético, de acuerdo a las características físicas que tiene la cuenca y un perfil de precipitación efectiva, las cuales convergen para producir un hidrograma compuesto de la avenida; se aplica principalmente en los estudios

de avenidas máximas en cuencas sin aforos, determinando los datos picos de un caudal en función de la tormenta de diseño seleccionada.

El método que fue adoptado por el U.S. Conservation Service consiste en representar el hidrograma de la avenida como un triángulo de tal manera que:

$$Q_p = 2.08 \frac{A \cdot h}{T_p}$$

Los parámetros que son utilizados para el cálculo del Caudal Pico (Q_p) y el modelo que emplea el método se muestran a continuación:

Hidrograma Triangular - Soil Conservation Service

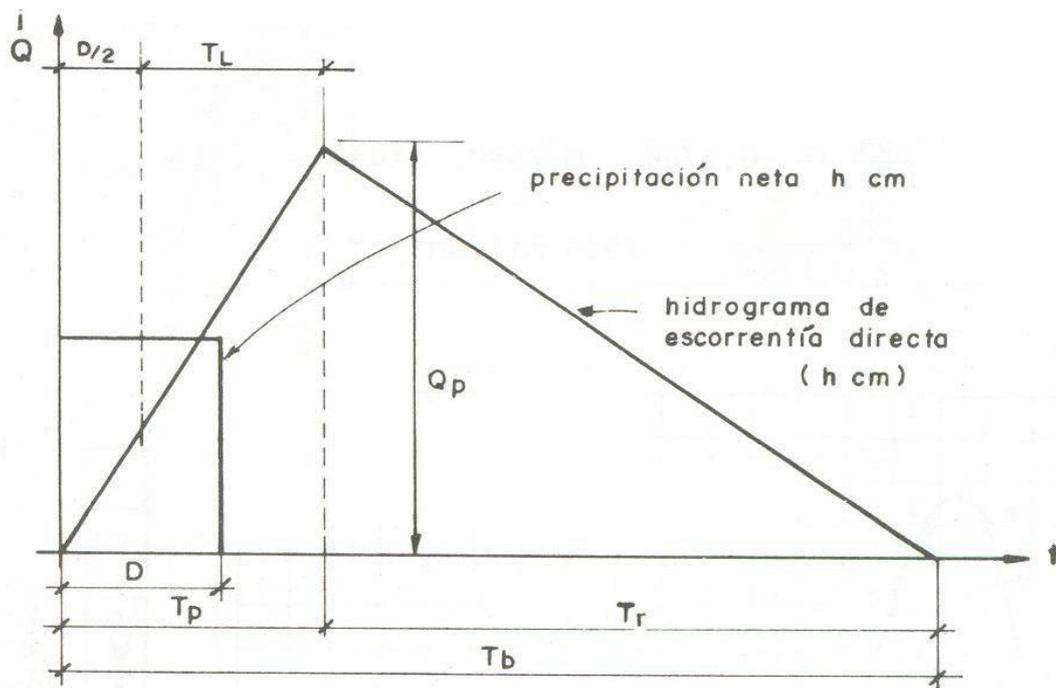


Figura N° 7. Hidrograma Triangular - Soil Conservation Service

Donde:

h : lluvia neta, en cm

V_o : volumen de escorrentía directa, en m^3

Q_p : caudal pico, en m^3/s

T_p : tiempo al pico, en horas

T_r : tiempo después del pico, en horas

T_b : tiempo base del hidrograma, en horas

D : período de lluvia neta, en horas

T_L : tiempo de retardo, en horas

T_c : tiempo de concentración, en horas

A : área de la cuenca, en Km^2

El valor del tiempo que tiene la concentración se evaluó a partir de las ecuaciones de Kirpich, teniendo un resultando de 10.8 min para la microcuenca de la presa.

Parte de la data requerida para formular el hidrograma unitario es necesario determinar el tiempo de retardo (T_L) de cada una de las áreas de drenaje involucradas. El SCS propone que:

$$T_L = 0.6 \cdot T_C$$

El tiempo pico puede ser calculado a través de la siguiente ecuación:

$$T_P = t_r + \frac{t_c}{2}$$

Y el tiempo base tiene la siguiente ecuación:

$$T_B = 2.67 \cdot T_P$$

El método que desarrollan con el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos, utilizan el número de curva CN, valor que deriva de una serie de curvas que varían de 1 a 100. Estos valores representaran los coeficientes de la escorrentía, así un CN = 100, nos señala que toda la lluvia que escurre, mientras que un CN = 1, señala que toda la lluvia se infiltra en el suelo.

Este método fue desarrollado utilizando los datos de un gran número de cuencas experimentales, y se basa en la siguiente relación:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{Pe}$$

Donde:

F : infiltración real acumulada (mm)

S : infiltración potencial máxima (mm)

Q : escorrentía total acumulada (mm)

Pe: escorrentía potencial o exceso de precipitación (mm)

La ecuación anterior se considera válida a partir del inicio de la escorrentía,

donde Pe se define como:

$$Pe = P - Ia$$

Donde:

Ia: es la precipitación acumulada hasta el inicio de la escorrentía

Mientras que F es definida como:

$$F = Pe - Q$$

La precipitación que es acumulada I_a estará en función de la intercepción, almacenamiento en depresiones e infiltración antes del comienzo de la escorrentía. Entonces, reemplazando estos valores y obtenemos:

$$\frac{Pe - Q}{S} = \frac{Q}{Pe}$$

$$Pe^2 - PeQ = SQ$$

$$Pe^2 = (Pe + S)Q$$

Luego,

$$Q = \frac{Pe^2}{Pe + S}$$

y

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P + I_a + S}$$

Por los valores experimentales se obtuvo que:

$$I_a = 2S$$

Reemplazando en la fórmula de la escorrentía total acumulada Q , se obtiene:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P - 0.2S + S} \quad Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde:

Q escorrentía total acumulada (mm)

P precipitación (mm)

S infiltración potencial máxima (mm)

El SCS después de realizar un estudio de un gran número de pequeñas cuencas estableció una relación para estimar S a partir del número de curva CN, mediante la siguiente relación:

$$CN = \frac{1000}{10 + S}$$

Ó

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

En esta ecuación determinada S está representado en pulgadas, para expresarlo en centímetros, se utiliza la siguiente expresión:

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4$$

Finalmente,

$$Q = \frac{\left[P - 0.2 \left(\frac{2540}{CN} - 25.4 \right) \right]^2}{P + 0.8 \left(\frac{2540}{CN} - 25.4 \right)}$$

$$Q = \frac{\left(\frac{PxCN - 508 + 5.08N}{N} \right)^2}{\frac{PxCN + 2032 - 20.32CN}{CN}}$$

$$Q = \frac{(CN(P + 5.08) - 508)^2}{CN[CN(P - 20.32) + 2032]}$$

La ecuación anterior tiene la restricción de que $P > ((200/CN)-2) \times 2.54$

En el Cuadro N°20, se muestra los siguientes valores de CN en diferentes uso de la tierra, tratamiento o la práctica, condición hidrológica y grupo hidrológico definido en suelos. Los datos fueron elaborados para una relación $I_a = 0.2S$ y para una condición de humedad antecedente promedio (CHA II).

Cuadro N° 19. Número de Curva CN

Cobertura			Número de Curva			
Uso de la Tierra	Tratamiento o Práctica	Condición Hidrológica	A	B	C	D
Descuidado, en descanso, sin cultivos	Surcos rectos	----	77	86	91	94
Cultivos	Surcos rectos	Pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	Curva de nivel y en terrazas	Pobre	66	74	80	82
	Curva de nivel y en terrazas	Buena	62	71	78	81
Pequeños	Surcos rectos	Pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Pobre	63	74	82	85

- (SCS, de los EEUU, 1964)

Cobertura			Número de Curva			
Uso de la Tierra	Tratamiento o Práctica	Condición Hidrológica	A	B	C	D
Granos	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curva de nivel y en terrazas	Pobre	61	72	79	82
	Curva de nivel y en terrazas	Buena	59	70	78	81
Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Surcos rectos	Pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curva de nivel y en terrazas	Pobre	63	73	80	83
	Curva de nivel y en terrazas	Buena	51	67	76	80
Pastizales o similares		Pobre	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
Pradera		Buena	30	58	71	78
Bosques		Pobre	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Patios		----	59	74	82	86
Camino, incluyendo derecho de vía	Cieno	----	72	82	87	89
	Superficie firme	----	74	84	90	92

En la condición hidrológica referirá a la capacidad que tiene la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo, esto se encuentra en función de la cobertura vegetal, puede aproximarse como se muestra en el Cuadro N°20.

Cuadro N° 20. Condición Hidrológica

Cobertura Vegetal	Condición Hidrológica
>75% del área	Buena
Entre 50% y 75% del área	Regular
< 50% del área	Pobre

En el grupo hidrológico de los suelos, se definirá los grupos de los suelos, los cuales serán:

- **Grupo A:** (Bajo potencial de escurrimiento). Son los suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando se encuentran mojados y están considerado en el grupo de arenas y gravas profundas, con bueno a excesivo drenaje. Este tipo de suelos tienen altas velocidades de flujo de agua por sus propiedades.
- **Grupo B:** este tipo de suelos tienen moderada velocidad de infiltración cuando son saturados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesas, con un drenaje medio y algo profundo. Están constituidos básicamente por suelos arenosos.
- **Grupo C:** Estos tipos Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando se saturan, están constituidos por suelos que tienen un estrato o capa que no permite el flujo del agua, son suelos con menor tamaño con texturas finas. Estos suelos tienen bajas velocidades y tienen menor grado de permeabilidad.
- **Grupo D:** (tienen alto potencial de escurrimiento). Los suelos que tienen muy bajas velocidades permeabilidades cuando se saturan esta constituidos principalmente por suelos arcillosos con alto potencial de expansión, suelos

con nivel freático alto y permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de su superficie, o bien, suelos someros sobre estratos impermeables. Estos suelos tienen muy bajas velocidades de transmisión del agua.

En estado de humedecido tiene en cuenta los antecedentes cuenca; determinado por la lluvia total en el período de cinco días anteriores a la tormenta.

El SCS usa tres intervalos de condición de humedad antecedente (CHA):

- CHA-I, considerado el límite inferior de humedad o el límite superior de S. Hay un mínimo potencial de escurrimiento. Los suelos que están en la cuenca están lo suficientemente secos para permitir el arado o cultivos.
- CHA-II, considerado promedio de humedad.
- CHA-III, considerado el límite superior de humedad o el límite inferior de S. tiene máxima potencia de escurrimiento. La cuenca está prácticamente saturada por lluvias anteriores.
- El SCS proporciona el Cuadro N° 21, para estimar CHA, considerando el antecedente de 5 días de lluvia, el cual es simplemente la suma de la lluvia, de los 5 días anteriores al día considerado.

Cuadro N° 21. Condición de Humedad Antecedente Propuesto por SCS

Condición de Humedad Antecedente (CHA)	Precipitación Acumulada de los 5 Días Previos al Evento en Consideración (cm)	
	Estación Seca	Estación de Crecimiento
	I (seca)	Menor de 1.3
II (Media)	1.3 a 2.5	3.5 a 5
III (Húmeda)	Más de 2.5	Más de 5

Con relación a la cantidad de curvas, es importante precisar que no existe datos para las características de la cuenca existentes en el Perú; vale decir, no se ha efectuado investigaciones en éste rubro; por lo tanto, se ha tomado como referencia el Cuadro N° 20 y se ha ajustado ó calibrado en función a las características de la cuenca de estudio.

Para nuestro caso se ha tomado el valor de CN=75 y presenta las siguientes características.

Pastizales - Grupo C - Condición Regular

Las descargas máximas en la microcuenca del proyecto han sido determinadas usando el programa de computo HEC-HMS desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineeers).

Tránsito en Cauces (Channel Routing)

El tránsito de los flujos por los cauces que permite la conocer el movimiento del flujo en la extensión del tramo del cauce desde las salidas de la subcuenca hasta la salida de la cuenca. Las opciones para el tránsito son: Muskingum, el Pulso Modificado, la Onda Cinemática y el método de Muskingum-Cunge.

La elección de la técnica adecuada a emplear se basa en el tiempo de flujo del cauce y el delta de tiempo empleado para la simulación. Si el tiempo de traslado del flujo en el cauce es menor al delta de tiempo analizado (Δt) el tránsito en el canal se desarrolla con el método de desfase puro (pure-lag), en caso contrario el tránsito se desarrolla con el método Muskingum, como se observa en la siguiente figura.

Elección del método de tránsito

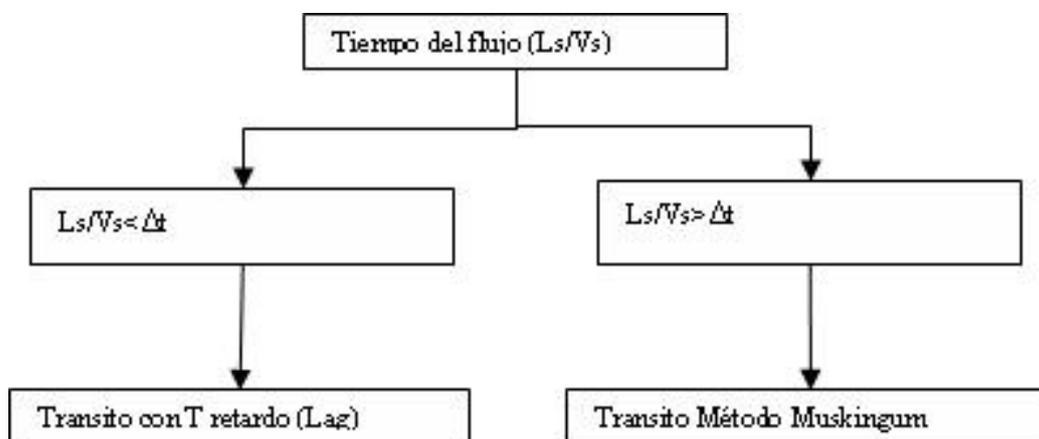


Figura N° 8. Elección del método de tránsito

En la simulación se han empleado un ΔT igual a 30 min, debido a que este es menor al valor más pequeño del tiempo de concentración, requisito necesario para la estabilidad del modelo. Evaluada con ello la condición del tránsito según anterior, L_s/V_s siempre resulta mayor, por lo cual el tránsito en los cauces será desarrollado con el método de Muskingum, empleando las siguientes ecuaciones:

$$O_2 = C_1 I_2 + C_2 I_1 + C_3 O_1$$

Donde, I y O son los caudales de ingreso y salida al inicio y final del intervalo de tiempo, x y K son parámetros de Muskingum.

x es un factor de ponderación que varía entre 0.0 a 1.0

K representa el tiempo de viaje en el cauce.

Δt es el intervalo de tiempo de análisis y las constantes C1, C2 y C3 se encuentran con:

$$C_1 = \frac{0.5\Delta t - Kx}{K - Kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_2 = \frac{0.5\Delta t + Kx}{K - Kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_3 = \frac{K - Kx - 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_1 + C_2 + C_3 = 1$$

Cuando uno de los canales es determinado largo, este se sub-divide en varios sub tramos

en base a la ecuación:

$$n = \text{int} \left[\frac{L}{3\Delta tV} \right] + 1$$

Donde n es la cantidad de subtramos, L es la longitud del cauce, Δt es el intervalo de tiempo de análisis, V es la velocidad promedio del flujo en el cauce.

Esta subdivisión de cauces se recomienda para los cauces largos donde se quiere evitar la inestabilidad numérica. Aquí los cauces largos se refieren a esos donde falla la condición:

$$K/3 < \Delta t < K.$$

2.2.19. Estimación del coeficiente de rugosidad

Al utilizar la ecuación de Manning o la de Ganguillet y Kutter, se considera la mayor dificultad está en la determinación del coeficiente de rugosidad n , ya que no existe un método exacto para la selección del valor de n .

Seleccionar un valor de n significa aproximar el dato de la resistencia al flujo en un canal que está determinado.

La valoración de n es variable y depende de un cierto datos cantidad de factores. Para seleccionar el valor de n apropiado para diferentes condiciones de diseño, resulta muy útil conocer aquellos factores.

A. Rugosidad superficial. Se considera como rugosidad superficial a la representación del tamaño y forma de los materiales que conforman el perímetro saturado y que producirá un efecto retardador en el flujo.

B. Vegetación. La vegetación considerada como una clase de rugosidad que esta en la superficie, pero también reduce de manera notable la capacidad del canal y retarda el flujo. Este efecto dependerá por completo de la altura, y la densidad, y la distribución del el tipo de vegetación.

C. Irregularidad del canal. La falta de regularidad del canal incluye irregularidades en el perímetro saturado y las variaciones de la sección transversal, tamaño y forma de esta a lo largo de la extensión del canal. En canales naturales, tales irregularidades por lo general son producidas por la presencia de barras de arena, ondas de arena, crestas y depresiones y fosos y montículos en el lecho. En relación a cambios que hacen que el flujo cambie de manera sinuosa de un lado al otro del canal producirán el mismo efecto.

D. Alineamiento del canal. Considerando curvas suaves con los radios grandes se puede producir valores de n relativamente bajos, en tanto que curvas bruscas con meandros severos incrementarán el n .

E. Sedimentación y socavación. En general, la sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir

el n , en tanto que la socavación puede hacer lo contrario e aumentar el valor de n .

F. Obstrucción. Se considera la presencia de obstáculos como troncos, pilas de puentes y estructuras parecidas que tienden a incrementar el valor de n . La cantidad de este aumento dependerá de que tipo de obstrucciones, en relación a su tamaño, forma, número y distribución.

G. Tamaño y forma del canal. No se hay evidencia definida acerca del tamaño y forma del canal como los factores importantes que afectarían el valor de n . Un incremento en el radio hidráulico podría incrementar o disminuir el valor de n , según las condiciones del canal.

H. Nivel y caudal. En mayor parte las corrientes el valor de n puede disminuir con el incremento del nivel y en el caudal. Cuando la cota de agua está poco profunda, las irregularidades del fondo del canal estarán a la vista sus efectos se vuelven pronunciados

I. Cambio estacional. Debido al crecimiento estacional de plantas acuáticas, hierbas, malezas y árboles, el valor de n puede aumentar en estaciones de crecimiento y disminuir en estaciones inactivas.

J. Material en suspensión y carga en el lecho. Con relación al material que está suspendido a la carga de lecho, ya sea en movimiento o no, consumirá energía y causará una pérdida de altura e incrementará la rugosidad aparente del canal.

Al reconocimiento de estos factores esenciales que afectaran al coeficiente de rugosidad, Cowan realizo un procedimiento para calcular el valor de n . por este procedimiento, el valor de n puede estimarse por:

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

En donde n_0 será un dato básico de n para un canal con dirección recta, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados, n_1 es un valor que debe agregarse al n_0 para corregir el efecto de las rugosidades que están en la superficie, n_2 es un valor para considerar las variaciones en forma y tamaño de las secciones transversales del canal, n_3 es un valor para considerar obstáculos, n_4 es un dato para considerar la vegetación y las condiciones de flujo, y m_5 es un factor de correlación de los efectos por meandros en el canal. Los valores apropiados de n_0 a n_4 y m_5 pueden ser seleccionados en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 22. Valores para considerar el cálculo del coeficiente de rugosidad

Condiciones de canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n ₀	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n ₁	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variación de la sección transversal	Gradual	n ₂	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010 - 0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n ₃	0.000
	menor		0.010 - 0.015
	Apreciable		0.020 - 0.030
	Severo		0.040 - 0.060
Vegetación	Baja	n ₄	0.005 - 0.010
	Media		0.010 - 0.025
	Alta		0.025 - 0.050
	Muy alta		0.050 - 0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m ₅	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

2.2.20. Neotectónica de las imprendibles fuentes sismogénicas de la zona de estudio

El emplazamiento tectónico regional

En el territorio nacional está ubicado entre una de las regiones de más alta actividad sísmica existentes en nuestro planeta Tierra, que está formado como parte del Cinturón Circumpacífico. En el marco tectónico regional vista a un mayor tamaño está en dominio por la interrelación entre las placas de la de Sudamericana y de Nazca. En los primeros rasgos

tectónicos en las regiones occidentales que está en Sud América, en la que tenemos como la fosa oceánica y Cordillera de los Andes ubicado en la ribera oceánica de Perú-Chile, que se relaciona por mucha actividad sísmica y muchos fenómenos terrestres de la región, en resultado de la correlación de 2 placas que convergen al resultado más notorio exactamente es la transformación orogénico contemporáneo que está formado por los Andes.

En la teoría que esta postulado en esta relacionado a la Tectónica de las Placas o Tectónica Global según (Isacks et al, 1968). En la idea primaria de la teoría de Tectónica de Placas es la parte que se ubica en la superficie del planeta tierra, que se llama Litósfera con (100 Km), que se divide en diversas placas rígidas que acresentan a lo largo de la delgada cadenas meso-oceánicas y tiene linealidad; dichas placas son trasladada en otra cubierta de menor rigidez, la Astenósfera, y son comprimidas o desaparecidos en los límites de compresión e intercambio, donde la corteza terrestre del planeta son comprimidas en cadena de montañas o donde hay fosas marinas según (Berrocal et al, 1975).

Los sucesos primarios que ocasionan el movimiento de las placas se desconoce, pero se sabe y reafirma que es a causa de las corrientes de convección o la actividad del manto plástico y caliente del planeta tierra. La frontera o límites de las placas difícilmente coinciden con los extremos continentales, y serán de tres tipos:

- a) En las cordilleras axiales, en las placas donde divergen una de la otra por donde se origina del nuevo suelo oceánico.

b) en base a las fallas que se transforman en las que las placas se mueven una con respecto a la otra.

c) Según zonas de subducción, donde las placas tienen convergencia y una de ellas se sumerge bajo el borde delantero de la suprayacente.

Sismicidad en el Área de Estudio

En el reconocimiento del origen sismogénicas y sus características de su acción, en la valoración del peligro sísmico, y también en los estudios tectónicos, geológicos tectónicos, se necesita datos de forma detallada de su sismicidad del territorio afectado. Estos datos, que se obtienen en los catálogos de sismos registrados históricamente, nos permiten demarcar de la forma más exacta su ubicación y orígenes sismogénicas y el cálculo aproximado de la frecuencia de suceden los sismos en estos últimos siglos.

Aceleración Horizontales Máximas Esperadas para el MCE.

Lo que menciona el código IBC del 2006, menciona que el espectro que da respuesta a las aceleraciones del Máximo Sismo Creíble MCE hallado, es un cálculo aproximado como el de 150 por ciento de la mediana (P.50) de la aceleración de respuestas amortiguadas al 5 por ciento de cada uno de los periodos como resultado de un sismo singular de una falla que esta operante que se reconoció en la zona de estudio. Tener como fin valorar una aproximación del Máximium Credible Earthquake (MCE)

Cuadro N° 23. Datos de Aceleración Horizontal Máxima en relación al MCE hallados por métodos determinísticos.

Ubicación	Aceleración horizontal Máxima (g) en la base para el MCE determinístico					
	Youngs et al. 1997 Roca - 1.5*(P50)		Youngs et al. 1997 Suelo - 1.5*(P50)		CISMID 2006 Suelo - 1.5*(P50)	
	Interfase	Intraplaca	Interfase	Intraplaca	Interfase	Intraplaca
Minera Alpamarca	0.07	0.23	0.13	0.40	0.03	0.79

Fuente: elaboración propia

2.2.21. Evaluación de riesgos y vulnerabilidad

El presente capítulo, no ayuda a contribuir a la reducción del impacto de los peligros que se han identificado en la zona de estudio, estimando el riesgo al que se encuentra expuesta la Presa Alpamarca actualmente en operación, mediante de la identificación de peligros y del análisis de vulnerabilidad, a fin de que se pueda permitir acciones preventivas y de identificación.

- Reducir el riesgo de los peligros identificados.
- Analizar a los peligros que está expuesto la presa Alpamarca.
- Determinar las vulnerabilidades que se podría tener en la presa Alpamarca durante el periodo de operación.
- Definir las acciones preventivas que nos permitan reducir las vulnerabilidades y el impacto de los peligros que se han identificado, de tal forma que sean incluidas en las alternativas de solución planteadas

La presa Alpamarca, es una estructura que permite almacenar relaves provenientes del proceso metalúrgico en la unidad minera del mismo nombre. Tendrá una altura final de 44 metros, con taludes aguas arriba de 1.5H: 1.0V, y aguas abajo de 2.0H:1.0V. La construcción se ha ejecutado con una presa de

arranque de 15 metros de altura con material de préstamo (gravas arcillosas), para luego alcanzar la altura final con material de desmonte de mina. Esta presa, permitirá un tiempo de operación de 25,03 años. Actualmente la presa se encuentra en operación.

Vista de planta relavera



Figura N° 9. Vista de planta relavera - Vista Google Earth de ubicación de presa Alpamarca.

Relavera Alpamarca



Figura N° 10. Relavera Alpamarca

Vista de presa Alpamarca en operación

2.2.22. Metodología para el análisis de riesgo

El Análisis de Riesgo comprende en identificar, evaluar y realizar un control permanente de los factores de riesgo de desastres que han sido identificados en el proyecto. Los pasos para realizar este proyecto son:

1. Condiciones actuales del proyecto
2. Análisis de Peligros (P)
3. Análisis de vulnerabilidad (V)
4. Análisis de riesgos (R)

2.2.23. Condiciones actuales del proyecto

Consistió en recopilar y revisar la información que existe de las condiciones actuales del proyecto, tales como:

- Geológicas
- Hidrológicas
- Sísmicas, entre otras.

Análisis de Peligros (P)

Los peligros pueden ser divididos en los siguientes grupos:

Peligros naturales. - está referido a los fenómenos que pueden ocurrir en la naturaleza y que ocasionan daños como son: Sismos, sequías, deslizamientos, erosión fluvial en laderas, Inundación, derrumbes, huaycos, desertificación, entre otros.

Los Antrópicos, este grupo está conformado por aquellos peligros que son netamente producidos por la actividad del hombre como son la contaminación ambiental, incendios, explosiones, derrame de sustancias peligrosas, etc.

Cada uno de estos peligros será desarrollado haciendo una descripción del peligro su frecuencia, severidad para obtener el grado de peligro:

Para determinar el grado de peligro se define por la siguiente fórmula:

$$\text{Peligro} = f(\text{frecuencia} \times \text{severidad})$$

Frecuencia	ponderación (de 1 al 3)
Poco frecuente	1
Frecuente	2
Muy frecuente	3
Severidad	ponderación (del 1 al 3)
Micro	1
Ligero	2

Moderado

3

Cuadro N° 24. Posibles combinaciones de función de peligro

Función de Peligro		Frecuencia		
		1	2	3
Severidad	1	1	2	3
	2	2	4	6
	3	3	6	9

Para el uso de esta tabla se ha establecido la siguiente relación:

Peligro bajo hasta 2

Peligro medio hasta 4

Peligro alto mayor a 5

Para identificar los peligros y realizar una valoración de los mismos, se utiliza los siguientes formatos.

Cuadro N° 25. Formato para determinar aspectos de manera general sobre la ocurrencia de los peligros

1. ¿Existe antecedentes de peligros en la zona en la cual se pretende ejecutar el proyecto?				2. ¿Existe estudios que pronostican la probable ocurrencia de peligros en la zona bajo análisis? ¿Qué tipo de peligro?			
	Si	No	Comentarios		Si	No	Comentarios
Inundaciones				Inundaciones			
Lluvias intensas				Lluvias intensas			
Heladas				Heladas			
Friaje/Nevada				Friaje/Nevada			
Sismo				Sismo			
Sequías				Sequías			
Huaycos				Huaycos			
Derrumbes/Deslizamientos				Derrumbes/Deslizamientos			
Tsunamis				Tsunamis			
Incendios Urbanos				Incendios Urbanos			
Derrames Tóxicos				Derrames Tóxicos			
Otros				Otros			
3. ¿Existe la probabilidad de ocurrencia de algunos de los peligros señalados en las preguntas anteriores durante la vida útil del proyecto?					Si		
					No		
4. ¿La información existente sobre la ocurrencia de peligros naturales en la zona es suficiente para tomar decisiones para formulación y evaluación del proyecto?					Si		
					No		

Cuadro N° 26. Formato para la determinación de características específicas del peligro

Peligros	Si	No	Frecuencia (a)				Severidad (b)				Resultado ⊗=(a)*(b)	
			B	M	A	S.I.	B	M	A	S.I.		
Inundación												
¿Existen Zonas con problemas de inundación?												
¿Existe sedimentación en el río o quebrada?												
¿Cambia el flujo de río o acequia principal que estará involucrado con el proyecto?												
Lluvias Intensas												
Derrumbes/Deslizamientos												
¿Existen procesos de erosión?												
¿Existe mal drenaje de suelos?												
¿Existen antecedentes de inestabilidad o fallas geológicas en las laderas?												
¿Existen antecedentes de deslizamientos?												
¿Existen antecedentes de derrumbes?												
Heladas												
Friaje/Nevada												
Sismo												
Sequías												
Huaycos												
Tsunamis												
Incendios Urbanos												
Derrames Tóxicos												
Otros												

B= Bajo: 1, M=Medio: 2, A = Alto: 3, S.I.= Sin información: 4

Resultado de peligros	
Peligro Bajo	1
Peligro Medio	2
Peligro Alto	>=3

Fuente: Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastre en los proyectos de Inversión Pública

2.2.24. Análisis de vulnerabilidad (V)

Considerado el grado de daños o pérdidas potenciales causado por un elemento o conjunto de elementos en consecuencia de la ocurrencia de fenómeno de una intensidad que es determinada.

Los elementos que están expuestos podrían ser personas, bienes, infraestructura, servicio, actividades económicas, etc., que podrían sufrir las consecuencias que serían directas o indirectas de un proceso geológico en una zona determinada.

2.2.25. Metodología

Se va realizar una evaluación que sera sistemática de la vulnerabilidad de algunos elementos socioeconómicos, como infraestructura hidráulica, campamentos, etc.

La vulnerabilidad puede darse por exposición, fragilidad y resiliencia.

Vulnerabilidad por Exposición

Que está relacionada con las decisiones y las prácticas que se ubican a una unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica en las zonas de influencia de un peligro.

Vulnerabilidad por Fragilidad

Referido al nivel o el grado de resistencia y/o protección del impacto de un determinado peligro, es decir, las condiciones de desventaja que tiene o debilidad que es relativa que tiene una unidad social. nos referimos a las formas constructivas, a la calidad de materias, primas y la tecnología utilizada.

Vulnerabilidad por Resiliencia

Estára asociada a un nivel o al grado de asimilación y/o recuperación que podría tener la unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad), actividad económica, después de la ocurrencia de un peligro-amenaza.

Entonces se asignará un valor a la vulnerabilidad, haciendo que tome valores los grados de vulnerabilidad de la siguiente forma:

Cuadro N° 27. Grados de Vulnerabilidad

Grado de Vulnerabilidad	Ponderado
Grado de vulnerabilidad alto	3
Grado de vulnerabilidad moderado	2
Grado de vulnerabilidad bajo	1

Para el análisis de la vulnerabilidad se utiliza los siguientes formatos.

Cuadro N° 28 Verificación sobre la generación de vulnerabilidad por exposición, fragilidad o resiliencia

A. Análisis de vulnerabilidades por exposición (localización)	Si	No	Comentarios
1. ¿La localización escogida para la ubicación del proyecto evita su exposición a peligros?			
2. Si la localización prevista para el proyecto lo expone a situaciones de peligro, ¿es posible, técnicamente, cambiar la ubicación del proyecto a una zona menos expuesta?			
B. Análisis de Vulnerabilidades por Fragilidad (tamaño, tecnología)	Si	No	Comentarios
1. ¿La construcción de la infraestructura sigue la normativa vigente, de acuerdo con el tipo de infraestructura de que se trate? Ejemplo: norma E-030-Sismo resistente.			
2. ¿Los materiales de construcción consideran las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto?			

<p>3. ¿El diseño toma en cuenta las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿El diseño de la presa ha tomado en cuenta el nivel de las avenidas cuando ocurre el Fenómeno El Niño, considerando sus distintos grados de intensidad?</p>			
<p>4. ¿La decisión de tamaño del proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿La presa ha sido diseñada considerando que hay épocas de abundantes lluvias y por ende de grandes volúmenes de agua?</p>			
<p>5. ¿La tecnología propuesta para el proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿La tecnología de construcción propuesta considera que la zona es propensa a movimientos telúricos?</p>			
<p>6. ¿Las decisiones de fecha de inicio y de ejecución del proyecto toman en cuenta las características geográficas, climáticas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿Se ha tomado en cuenta que en la época de lluvias es mucho más difícil construir la carretera, porque se dificulta la operación de la maquinaria?</p>			

C. Análisis de Vulnerabilidades por Resiliencia	Si	No	Comentarios
1. En la zona de ejecución del proyecto, ¿existen mecanismos técnicos (por ejemplo, sistemas alternativos para la provisión del servicio) para hacer frente a la ocurrencia de desastres?			
2. En la zona de ejecución del proyecto, ¿existen mecanismos financieros (por ejemplo, fondos para atención de emergencias) para hacer frente a los daños ocasionados por la ocurrencia de desastres?			
3. En la zona de ejecución del proyecto, ¿existen mecanismos organizativos (por ejemplo, planes de contingencia), para hacer frente a los daños ocasionados por la ocurrencia de desastres?			
4. ¿El proyecto incluye mecanismos técnicos, financieros y/o organizativos para hacer frente a los daños ocasionados por la ocurrencia de desastres?			
5. ¿La población beneficiaria del proyecto conoce los potenciales daños que se generarían si el proyecto se ve afectado por una situación de peligro?			

De la misma forma para la identificación del grado de vulnerabilidad se aplica los siguientes formatos:

Cuadro N° 29. 29Identificación de Vulnerabilidad por factores de exposición, fragilidad y Resiliencia

Factor de Vulnerabilidad	Variable	Grado de Vulnerabilidad		
		Bajo	Medio	Alto
Exposición	(A) Localización del proyecto respecto de la condición de peligro			
	(B) Características del terreno			
Fragilidad	(C) Tipo de construcción			
	(D) Aplicación de normas de construcción			
Resiliencia	(E) Actividad económica de la zona			
	(F) Situación de pobreza de la zona			
	(G) Integración institucional de la zona			
	(H) Nivel de organización de la población			
	(I) Conocimiento sobre ocurrencia de desastres por parte de la población			
	(J) Actitud de la población frente a la ocurrencia de desastres			
	(K) Existencia de recursos financieros para respuesta ante desastres.			

Cuadro N° 30. Formato para la identificación de criterios para definir el grado de Vulnerabilidad

Factor de Vulnerabilidad	Variable	Grado de Vulnerabilidad		
		Baja	Media	Alta
Exposición	Localización Del proyecto	Muy alejado > 5km.	Medianamente cerca 1-5 km.	Cerca 0 – 1 km.
	Características del terreno	Terrenos planos o con poca pendiente; roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante; terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznales.	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas; inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad.	Sectores de altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas; amenazados por aludes o avalanchas; zonas inundables a gran velocidad, con fuerza hidrodinámica y poder erosivo; suelos con alta probabilidad de ocurrencia de

				<p>licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones (relleno, napa freática alta con turba, material inorgánico)</p>
Fragilidad	Tipo de construcción	Estructura sismo resistente con adecuada técnica constructiva de acero o concreto).	Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva.	Estructura de adobe, piedra, madera u otros materiales de menos resistencia, sin refuerzo estructura
	Aplicación de normas de construcción	Cumplimiento estricto de las leyes.	Cumplimiento parcial de las leyes.	No cumplimiento de las leyes. Inexistencia de leyes.

Resiliencia	Actividad económica de la zona	Alta productividad y recursos bien distribuidos. Producción dirigida al mercado externo fuera de la localidad.	Productividad media y distribución relativamente equitativa de los recursos. Producción para el mercado interno.	Escasamente productiva y Distribución no equitativa de los recursos. Producción para autoconsumo.
	Situación de pobreza de la zona	Reducido porcentaje de la población en situación de pobreza (en relación al Promedio nacional).	Porcentaje de la población en Situación de pobreza similar al promedio nacional.	Porcentaje de la población en situación de pobreza superior al promedio nacional.
	Integración institucional de la zona	Coordinación apropiada entre instituciones públicas,	Coordinación parcial entre instituciones	Ningún tipo de coordinación entre

		privadas y población.	públicas, privadas y población.	instituciones públicas, privadas y población.
	Nivel organizativo de la población	Población totalmente organizada.	Población organizada parcialmente.	Población no organizada.
	Conocimiento de la población sobre ocurrencia de desastres	Proporción importante de la población (>75%) conoce las causas y consecuencias de los desastres.	Una parte de la población (>25% pero < 75%) conoce las causas y consecuencias de los desastres.	Desconocimiento de las causas y consecuencias de los desastres.

Factor de Vulnerabilidad	Variable	Grado de Vulnerabilidad		
		Baja	Media	Alta
	Actitud de la población frente a la	Actitud altamente previsora.	Actitud parcialmente previsora	Actitud sin voluntad para tomar

	ocurrencia de desastres			acciones.
	Existencia de recursos financieros para respuesta	La población cuenta con mecanismos de financiamiento para hacer frente a situaciones de riesgo, para mantener Operativos los servicios.	Existen algunos mecanismos financieros para enfrentar situaciones de riesgo, manteniendo parcialmente Operativos los servicios.	No existen mecanismos financieros para hacer frente a situaciones de riesgo.

Análisis de Riesgo (R)

Relacionado a la evaluación sobre un conjunta de los peligros que amenazan a un proyecto y la vulnerabilidad ante ellos. La evaluación de Riesgo es una aproximación de las probabilidades de pérdidas que son esperadas para un posible evento natural. De esta manera se tiene que:

2.2.26. Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad

Se han identificado los sectores que son críticos como resultado de la valoración de los riesgos, sirve para estructurar la propuesta, estableciendo criterios para la priorización de los Proyectos y acciones concretas que están orientados a disminuir los efectos de los fenómenos naturales.

Cuadro N° 31. Escala de nivel de riesgo, considerando nivel de peligro y vulnerabilidad

Definición de peligros / vulnerabilidad		Grado de Vulnerabilidad		
		Bajo	Medio	Alto
Grado de Peligros	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
	Medio	Bajo	Medio	Alto
	Alto	Medio	Alto	Alto

Fuente: Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastre en los proyectos de Inversión

Pública

Cuadro N° 32. Posibles combinaciones de Riesgo

Función de Riesgo		Vulnerabilidad		
		1	2	3
Peligro	<2	1	4	6
	<4	4	8	13
	>5	5	10	15

Cuadro N° 33. Relaciones para Determinar el Nivel de Riesgo

Riesgo	Ponderación (de 1 al 15)
Riesgo bajo hasta	4
Riesgo medio hasta	8
Riesgo alto mayor a	10

Condiciones Actuales del Proyecto

2.2.27. Geología del Sector de la Presa Alpamarca

Con relación a la geología, el proyecto se encuentra en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes. Con relación a las formaciones litológicas están comprendidas por rocas de tipo sedimentarias (Formación Casapalca – calcarenitas) y de tipo volcánicas (Formación Yantac-Margas) se determinó edades que van desde el Cretáceo Terciario Inferior estando que están cubiertas parcialmente por un depósito inconsolidados de tipo Cuaternario.

La presa de residuos mineros, está ubicada transversalmente a la quebrada Chingará, la cual corresponde a un típico valle glaciar en forma de “U”, en cuyo origen aparecen depósitos fluvio glaciar.

Hacia la margen derecha, tienen afloramiento de rocas de la Formación Yantac (Pe-y), consistentes en las rocas calcarenitas grises, que son de origen volcánica, se presentan poco a medianamente alteradas y fracturadas o muy fracturadas, que son medianamente duras. Se observan afloramientos subverticales y también verticales, con fracturación persistente, moderadamente permeables.

En el eje de la presa está cruzando por el centro de la quebrada, por donde se estrecha el valle, esto es debido a que hay afloramientos de rocas por ambos lados del valle. En esta zona se presenta roca fracturada, medianamente dura. Durante esta etapa de construcción del depósito de residuos mineros, y de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, la roca fracturada fue retirada, cimentándose la presa en roca de buenas condiciones geotécnicas.

La zona correspondiente a la margen se encuentra totalmente en rocas de tipo de Formación Casapalca (Kp-ca), que son medianamente alteradas, extremadamente fracturadas, y también medianamente duras. Este tipo de rocas se encuentran superficialmente como margas de color gris verdoso y las rocas

calcarenitas grises., es decir los estratos de color rojas están constituidas por areniscas y también margas de color marrón rojizo. En esta área del dique está ubicada en la cresta de un cerro con una orientación N-S, en donde hay afloramiento de roca, con una pequeña cobertura de suelo, con una altura max. de 0.50 m.

2.2.28. Geología Local

La presa Alpamarca se encuentra emplazada en la quebrada Chingara. Tiene una altura de 33 m., una capacidad de almacenamiento de 9 Millones de m³ aproximadamente y una vida útil de 14 años, está cimentada sobre basamento rocoso conformado por las capas rojas de la formación Casapalca (KTi-ca) que se apoya en una secuencia de capas de areniscas, calizas y también lutitas, con orientación general NO - SE y buzamiento del orden de 50° a 60° SO. Esta litología se manifiesta principalmente en la margen derecha de la presa, mientras que en el izquierdo predomina la secuencia de rocas calizas con orientación NO - SE y buzamiento del orden de 50° a 60° SO.

El vaso de la relavera que almacena los relaves cicloneados tiene orientación general NO-SE, una longitud de 750 m. y un ancho que varía desde 270 m. hasta 400 m. Las márgenes de la relavera están flanqueadas por taludes rocosos en posición estable perteneciente a las capas rojas de la formación Casapalca.

El depósito de relaves presenta una amplia zona de playa. En la cola del vaso se aprecia el almacenamiento del agua de decantación. Estas condiciones favorecen la estabilidad del depósito.

Considerando micro cuenca que se encuentra en la quebrada Chingara que alberga el depósito de relaves es de corto recorrido y de escasa actividad geodinámica.

2.22.29. Geodinámica externa

Los fenómenos geodinámicos a los que se encuentra expuesta la presa Alpamarca son mínimos. La quebrada Chingará se encuentra flanqueada por afloramientos rocosos de moderada pendiente. De la inspección geológica de campo, los taludes de los afloramientos rocosos se encuentran estables, sin presencia de sectores que signifiquen riesgo a la estructura.

2.22.30. Condiciones Hidrogeológicas

Definimos como condiciones hidrogeológicas que se presentan en el sector donde se encuentra la Presa Alpamarca, están relacionadas a los flujos de las agua que fluyen por el subterráneo que se presentan en la cimentación de la presa. Estos flujos de agua son los provenientes de los flancos rocosos de ambas márgenes. Sin embargo es importante indicar que la presa Alpamarca cuenta con canales de coronación, los que controlan el ingreso de flujos de agua. Asimismo, durante la etapa de construcción del vaso del depósito, se ha instalado sistemas de captación de aguas subterráneas, evacuando a los posibles flujos aguas abajo de la presa. Por consiguiente, no se considera que la presa Alpamarca se encuentra expuesta a peligros producto de las condiciones hidrogeológicas.

Cuadro N° 34. Precipitación Máxima en 24 Horas

Periodo de Retorno (años)	Pmáx. en 24h (mm)
50	45.2
100	50.4
150	53.3
500	62.6
1000	67.8

Para calcular el caudal pico en la transito de flujo de los canales de coronación que se proyectan se empleó 2 métodos que calzan bastante bien a pequeñas cuencas:

- Fórmula racional
- Hidrograma Unitario de la SCS

En los dos casos, un valor necesario de calcular es conocido como “tiempo de concentración” (T_c) con el cual medimos el tiempo total que demorara una partícula de agua en fluir considerado desde el punto más remoto que se encuentra la cuenca hasta nuestro punto de interés.

2.22.31. Peligro Sísmico

En la evaluación del peligro sísmico se referencio el en el estudio que presentaron a UNIDAD MINERA ALPAMARCA S.A.C. desarrollado por consultora ZER GEOSYSTEM PERÚ S.A.C.

En la valoración de este peligro sísmico para la zona de estudio que fue construida el depósito de residuo mineros, se han realizado las siguientes tareas:

- Determinar la sismicidad regional.
- Identificar las características sismotectónicas.

- Estimar la atenuación de los efectos sísmicos regionales.
- Estimar el sismo extremo y el sismo de diseño.

La valoración del peligro sísmico fue realizada por métodos determinísticos y probabilísticos, para tener valores de sismo de movimiento horizontal según el tipo de suelo en zona de proyecto presa de relaves Alpamarca.

2.22.32. Determinación del Peligro Sísmico

Los valores que se presentan en cuadro siguiente son valores sísmicos que afectan a la región, resultados probabilísticos y determinísticos de aceleraciones hallados en el estudio de peligro sísmico:

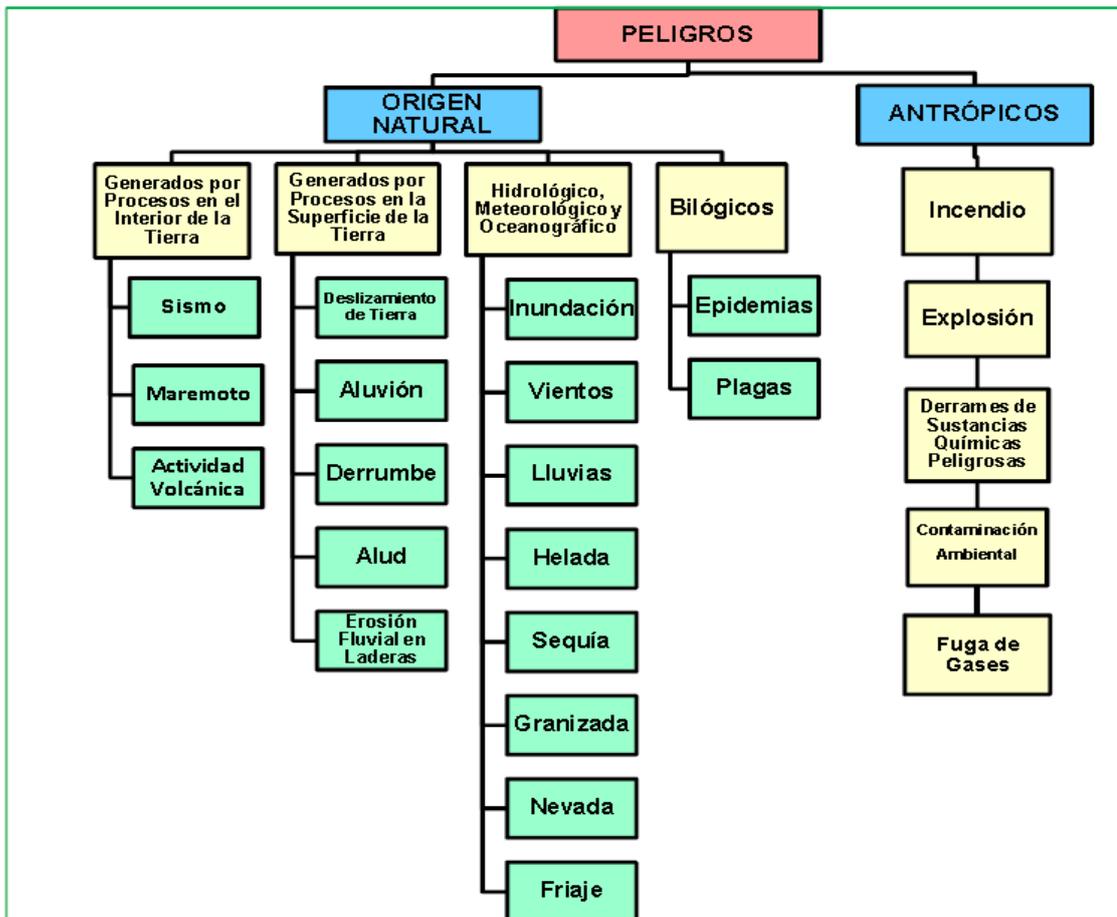
Cuadro N° 35. Aceleraciones de Diseño

Análisis	Aceleración Horizontal Máxima (g)		
	Para un periodo de Retorno 475 años		
	Roca	Suelo	
	Youngs y al. 1997 (P50)	Youngs y al. 1997 (P50)	CISMD 2006 (P50)
Probabilístico	0.26	0.41	0.39
Determinístico	0.15	0.26	0.53

Análisis de Peligro

Según el Manual de Estimación de Riesgos (INDECI, 2006), el peligro, se divide en dos según su origen y por un lado, de carácter natural, y por otro de origen antrópicos (generados por la acción del hombre).

Cuadro N° 36. Clasificación de Peligros



Peligros Identificación en el proyecto

Los Peligros identificados en el proyecto son:

1. Sismos
2. Inundación
3. Lluvias
4. Helada
5. Granizada
6. Incendio
7. Explosión
8. Derrame de Sustancias Peligrosas

Sismos

De acuerdo al estudio de Peligro Sísmico, para los análisis de estabilidad física con aceleración pseudoestático de la presa de relaves Alpamarca, se utilizará un valor de 0.15 g. según a los datos de los análisis de estabilidad nos indican que la presa es estable ante un evento sísmico, con un periodo de retorno de 475 años.

Inundación

Según al análisis de la zona del proyecto, la Presa Alpamarca no se encuentra expuesta a peligros producto de inundaciones. Sin embargo, podría existir este peligro producto de la operación de vertimiento de relaves. De la inspección de campo, existe una buena disposición de relaves, evitando que el agua de pondaje se encuentre cercana a la presa. Este modo de disposición de relaves debe continuar, minimizando de este modo el peligro por inundación

Lluvias

En la zona del proyecto, de acuerdo al análisis hidrológico, pueden presentarse lluvias máx. en 24 horas de hasta 67.8 mm para un periodo de retorno de hasta 1000 años. Sin embargo, todas las obras hidráulicas de la presa han sido diseñadas considerando este aspecto. Por consiguiente, el peligro originado por este fenómeno es mínimo.

Heladas y Granizadas

La zona del proyecto, por encontrarse por encima de los 4600 msnm, está expuesta a peligros producto de heladas y granizadas. Sin embargo, estos fenómenos naturales no significan riesgo a la presa Alpamarca. Estos peligros están asociados mayormente a sectores agrícolas y/o ganaderos.

Incendio, Explosión y Derrame de Sustancias Peligrosas

Estos peligros de origen antrópico, están relacionados a la operación y/o construcción de la presa Alpamarca. Sin embargo, la ocurrencia de estos peligros es reducido, debido al control y seguimiento que se realiza durante la operación de la presa.

los peligros identificados en la zona del proyecto, descritos en el formato correspondiente

Cuadro N° 37. Características Específicas de Peligros en el Proyecto

Peligros	Si	No	Frecuencia (a)				Severidad				Resultado ©=(a)*(b)
			B	M	A	S.I.	B	M	A	S.I.	
Inundación											
¿Existen zonas con problemas de inundación?		x									
¿Existe sedimentación en el río o quebrada?											
¿Cambia el flujo de río o acequia principal que estará involucrado con el proyecto?											
Lluvias Intensas											
Derrumbes/Deslizamientos											
¿Existen procesos de erosión?											

¿Existe mal drenaje de suelos?										
¿Existen antecedentes de inestabilidad o fallas geológicas en las laderas?										
¿Existen antecedentes de deslizamientos?										
¿Existen antecedentes de derrumbes?										
Heladas										
Friaje/Nevada										
Sismo										
Sequías		x								
Huaycos		x								
Tsunamis		x								
Incendios Urbanos		x								
Derrames Tóxicos	x		x				x			Bajo
Otros										

Cuadro N° 38. Características Específicas de Peligros Cuantitativo en el Proyecto

Peligros	Si	No	Frecuencia (a)				Severidad (b)				Resultado	
			B	M	A	S.I.	B	M	A	S.I.	$\text{C}=(a)*(b)$	
Inundación												
¿Existen Zonas con problemas de inundación?		x										
¿Existe sedimentación en el río o quebrada?		x										
¿Cambia el flujo de río o acequia principal que estará involucrado con el proyecto?		x										
Lluvias Intensas	x				3			3				9
Derrumbes/Deslizamientos												
¿Existen procesos de erosión?		x										
¿Existe mal drenaje de suelos?		x										
¿Existen antecedentes de inestabilidad o fallas geológicas en las laderas?		x										
¿Existen antecedentes de deslizamientos?		x										
¿Existen antecedentes de derrumbes?		x										
Heladas	x		1					2				2
Friaje/Nevada	x		1					2				2
Sismo	x			2				2				4
Sequías		x										
Huaycos		x										
Tsunamis		x										
Incendios Urbanos		x										
Derrames Tóxicos	x		1					1				1
Otros												

B = Bajo (1)

M = Medio (2)

A = Alto (3)

S.I. = Sin Información

Análisis Prospectivos de Peligros en el Proyecto

En esta sección señalaremos la probabilidad de ocurrencia de los peligros el proyecto.

Al no haber estudios que puedan representar esta probabilidad, se usará la probabilidad de 1 si es posible que suceda y 0 si no es posible que suceda.

Cuadro N° 39. Posibilidad de ocurrencia de peligros

Nro.	Tipo de peligro	Grado de peligro	Posibilidad de ocurrencia
1	Sismos	1	1
2	Inundación	0	0
3	Lluvias	1	1
4	Helada	0	0
5	Granizada	0	0
6	Incendio	0	0
7	Explosión	0	0
8	Derrame de Sustancias Peligrosas	1	1

2.3. Definición de términos básicos

Rugosidad superficial. La rugosidad superficial se representada por el tamaño y forma de los granos del material que forman el perímetro mojado y que produce un efecto retardador del flujo.

Vegetación. La vegetación puede considerarse como una clase de rugosidad superficial, pero también reduce de manera notable la capacidad del canal y retarda el flujo. Este efecto depende por completo de la altura, densidad, la distribución y el tipo de vegetación.

Irregularidad del canal. Las irregularidades del canal incluyen irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y forma de esta a lo largo del canal. En canales naturales, tales irregularidades por lo general son producidas por la presencia de barras de arena, ondas de arena, crestas y depresiones y fosos y montículos en el lecho. Los cambios que hacen que el flujo cambie de manera sinuosa de un lado al otro del canal producirán el mismo efecto.

Sedimentación y socavación. En general, la sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir el n , en tanto que la socavación puede hacer lo contrario e incrementar el n .

Obstrucción. La presencia de obstrucciones de troncos, pilas de puentes y estructuras similares tiende a incrementar el n . La magnitud de este aumento depende de la naturaleza de las obstrucciones, de su tamaño, forma, número y distribución.

Nivel y caudal. En la mayoría de las corrientes el valor de n disminuye con el aumento en el nivel y en el caudal. Cuando el agua es poco profunda, las irregularidades del fondo del canal quedan expuestas y sus efectos se vuelven pronunciados.

Material en suspensión y carga en el lecho. El material en suspensión y la carga de lecho, ya sea en movimiento o no, consumirá energía y causará una pérdida de altura e incrementará la rugosidad aparente del canal.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Tener definido las zonas de riesgo, producto del análisis conceptual de Dam Break mediante la elaboración de mapas de amenaza nos permitirá conocer las áreas de inundación de la ruptura del depósito de relaves Alparmarca Santa Bárbara de Carhuacayan –Junín.

2.4.2. Hipótesis Específica

- Los posibles escenarios de ruptura de la presa nos permitirán conocer tránsito del flujo de relave aguas debajo del depósito de relaves Alpamarca.
- Al realizar el modelo matemático bidimensional FLO-2D nos permitirá obtener los tirantes, velocidades, tiempos de tránsito del flujo de relave del depósito de relaves Alpamarca

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variable independiente

- Dam Break del depósito de Relaves

2.5.2. Variable dependiente

- Elaboración de mapas de riesgo

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Dam Break. Las presas de relaves están construidas de forma o con criterios de seguridad según normas nacionales e internacionales, pero pueden ser influenciados por factores de diseño, antrópicos y naturales.

- **Depósitos de relave.** Estructuras de material variado, sean materiales sueltos y rígidos, protegidos con sistemas de contingencias o impermeabilizadas aguas arriba en la zona de contacto, construidos para almacenar residuos mineros sean sólidos o líquidos o la combinación de ambas.
- **Mapas de Riesgo.** Es un gráfico de una determinada zona de proyecto que se desea evaluar su impacto o niveles de riesgo que puede presentar e identificarlos para mapearlos y poder tomar medidas de mitigación con medidas de contingencia o la elaboración de un plan de respuesta ante la presencia de dichos riesgos.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Para el tipo de Investigación que se desarrollara en el presente trabajo será Aplicada.

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación será de tipo descriptivo

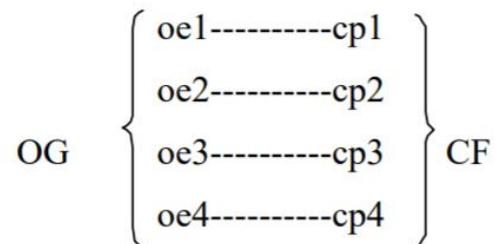
3.3. Método de Investigación

Para los métodos de esta investigación a desarrollarse en el presente proyecto de investigación serán:

- Análisis.
- Descriptivo
- Deductivo

3.4. Diseño de la Investigación

En el presente trabajo de investigación, se empleará el de una investigación por objetivos siendo:



Donde:

OG : Objetivo General

Oe: Objetivo específico

Cp: Conclusión Parcial

CF: Conclusión Final

HG: Hipótesis General

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

Consideramos población de nuestro plan de averiguación va a estar determinada por la presa de relaves Alpamarca de Minera Volcán.

3.5.2. Muestra

La muestra está determinada por la presa de relaves Alpamarca

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Análisis de Documentos: Se verifico y también identifico toda la documentación existente, se analizó los documentos relacionados con el proyecto de investigación o contexto realizado.

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos es la data proporcionada o descargada Senamhi de datos de estaciones meteorológicas y el programa FLO-2D para realizar el modelamiento de los flujos de residuos mineros.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

3.7.1. Describir el comportamiento del modelo de flujo

Sampieri, (2014) menciona que en toda recolección y medición de datos debe considerarse tres requisitos que son: la confiabilidad, validez y objetividad.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Con respecto al procesamiento y análisis de datos se usó documentación existente para analizar y realizar los cálculos de valores mediante fórmulas existentes y valores de tablas en los modelos matemáticos que se utilizó para el modelo conceptual de Dam Break.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú es un organismo técnico especializado del Estado Peruano que brinda información sobre el pronóstico del tiempo, en las áreas de hidrología, meteorología, agrometeorología y asuntos ambientales.



VOLCAN, dentro de sus estándares corporativos viene implementando el Estándar para la implementación y operación del Sistema de Gestión de Depósitos de Residuos – Relaveras y Desmonteras, contemplando dos módulos:

- Módulo VIII : ANÁLISIS DE RIESGOS
- Módulo IX : PLAN DE CONTINGENCIAS

3.9. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico consiste en adoptar un modelo probabilístico, que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable. Los valores observados de precipitación máxima diaria, fueron ajustados a las distribuciones teóricas de Log Normal, Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III, EV1-Máx, EV2-Máx y Gamma, para ello se recurrió al software de cómputo, Hydrognomon Versión 4.0.

En teoría la probabilidad de una distribución logarítmica normal es un proceso continuo de la distribución de probabilidades de una variable aleatoria, cuyo logaritmo se distribuye normalmente. Si X es una variable aleatoria con una distribución normal, entonces $Y = \exp(X)$ tiene una distribución logarítmica normal, del mismo modo, si Y es una distribución logarítmica normal, entonces $X = \log(Y)$ tiene una distribución normal.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La presente investigación se rige bajo los principios éticos fundamentales de la autonomía, la confidencialidad. Toda información que se brinda es solo con fines de investigación.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

En trabajo de campo realizado en el lugar de proyecto se realizó un recorrido de la subcuenca y escenario identificado según el modelo conceptual para identificar estructuras existentes de mina y fuera de la mina, lagunas, vías que podrían ser afectadas, centros poblados, en toda la trayectoria del flujo de relave.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Resultados de Precipitaciones máximas en 24 horas

En los Cuadros N°40 y N°41, se muestra las pruebas de bondad y de ajuste de KOLMOGOROV-SMIRNOV y CHI CUADRADO de la lluvias máxima en 24 horas generada en el área de estudio, utilizando el programa Hydrogomon versión 4.0.

Cuadro N° 40. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.44%	0.06247
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.43%	0.06253
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.35%	0.06321
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.58%	0.06772
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.24%	0.06917
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.00%	0.07005
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.85%	0.07055
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.37%	0.07891
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.18%	0.07926
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.38%	0.08776
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.18%	0.09373
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	79.76%	0.09727
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.76%	0.09826
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.50%	0.10333
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.23%	0.10358
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.10%	0.10557
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.25%	0.10911
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.79%	0.11503
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.68%	0.12753
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	46.60%	0.12862
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.64%	0.13273
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	41.98%	0.13344
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	38.90%	0.13683
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.33%	0.13977
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	27.95%	0.15049
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.47%	0.1659
Pareto	REJECT	REJECT	REJECT	0.04%	0.31499

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 41. Prueba de Chi-Cuadrado

X-Square test for All data	$\alpha=1\%$	$\alpha=5\%$	$\alpha=10\%$	Attained α	Pearson Param.
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	57.24%	2
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	26.15%	4
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	13.53%	4
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	33.01%	3.42857
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.01%	3.42857
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	41.42%	2.85714
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	11.73%	4.28571
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	57.24%	2
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.40%	3.71429
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.01%	3.42857
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	37.01%	3.14286
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	20.60%	4.57143
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	6.63%	5.42857
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.30%	5.42857
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.30%	5.42857
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	51.53%	2.28571
Galton	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.74%	5.71429
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	12.64%	5.71429
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	12.64%	5.71429
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	12.64%	5.71429
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.69%	6.57143
GEV-Min	REJECT	REJECT	REJECT	0.38%	11.1429
Pearson III	REJECT	REJECT	REJECT	0.38%	11.1429
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.69%	6.57143
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.13%	8.85714
EV2-Max	REJECT	REJECT	REJECT	0.33%	13.7143
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.74%	5.71429

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Resultados de las Distribuciones

Con la información generada y con data de tormentas seguida de 24 horas, fueron seleccionados, analizadas y ajustadas a una función de probabilidad, encontrándose valores de lluvias a 25, 50, 100, 500, 1000, 5000 y 10000 años de

periodo de retorno; presentándose la distribución Gamma, la que se ajusta mejor, los cual se muestra en el Cuadro N°42.

Cuadro N° 42. Ajuste a una distribución de probabilidad

All data - T(Max)= 2.00000 y	TR25	TR50	TR100	TR500	TR1000	TR5000	TR10000
EV1-Max (Gumbel,	42.6	48.1	53.4	65.9	71.2	83.6	89.0
EV1-Max (Gumbel)	44.3	50.1	55.9	69.3	75.1	88.5	94.3
GEV-Min (L-Moments)	42.7	47.5	51.9	61.5	65.3	73.8	77.2
Gamma	44.1	49.3	54.3	65.4	70.0	80.4	84.8
GEV-Max (L-Moments)	43.0	48.8	54.6	68.5	74.7	89.4	96.0
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	40.0	43.2	46.0	51.7	53.9	58.6	60.4
Pareto (L-Moments)	42.4	45.6	48.1	51.9	52.9	54.6	55.0
Normal (L-Moments)	39.0	41.9	44.5	49.7	51.7	56.0	57.6
LogNormal	44.7	51.2	57.9	74.3	81.8	100.2	108.6
Log Pearson III							
EV3-Min (Weibull)	42.9	46.9	50.4	57.7	60.6	66.6	68.9
Normal	41.1	44.3	47.3	53.1	55.4	60.2	62.1
GEV-Max	44.4	52.0	60.2	82.5	93.7	123.9	139.0
GEV-Max (kappa specified,	44.5	52.4	61.1	85.0	97.2	130.9	148.1
GEV-Max (kappa specified)	44.3	52.1	60.7	84.4	96.5	129.9	146.9
GEV-Min (kappa specified	37.4	39.5	41.2	44.6	45.8	48.3	49.2
Galton	44.9	52.7	61.0	82.6	93.0	120.1	133.1
GEV-Min (kappa specified)	39.3	41.6	43.5	47.3	48.7	51.4	52.5
Exponential (L-Moments)	46.1	53.5	60.9	78.1	85.5	102.7	110.1
Exponential	46.1	53.5	60.9	78.1	85.5	102.6	110.0
EV1-Min (Gumbel)	37.0	38.6	40.0	42.4	43.3	45.1	45.7
GEV-Min	46.2	54.2	62.3	81.5	90.0	109.9	118.5
Pearson III	46.4	54.4	62.4	81.3	89.4	108.5	116.7
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	35.9	37.4	38.7	41.0	41.8	43.4	44.0
EV2-Max (L-Momments)	45.8	56.9	70.6	116.1	143.7	236.0	292.1
EV2-Max	42.5	51.3	62.0	95.8	115.5	178.4	215.1
Pareto	45.9	53.8	61.9	81.7	90.7	112.5	122.4

Fuente: Elaboración propia

De los cálculos que se obtienen, se presenta el resultado de las precipitaciones máximas en 24 horas a distintos periodos de retorno en la zona del proyecto, como se muestra en el Cuadro y Figura siguiente.

Cuadro N° 43. Distribución de Ajuste distribución Gamma-Zona del Proyecto

All data - T(Max)	TR5	TR10	TR20	TR25	TR50	TR100	TR250
Gamma	44.1	49.3	54.3	65.4	70.0	80.4	84.8

Fuente: Elaboración propia

Distribución de Ajuste Normal L-Moments

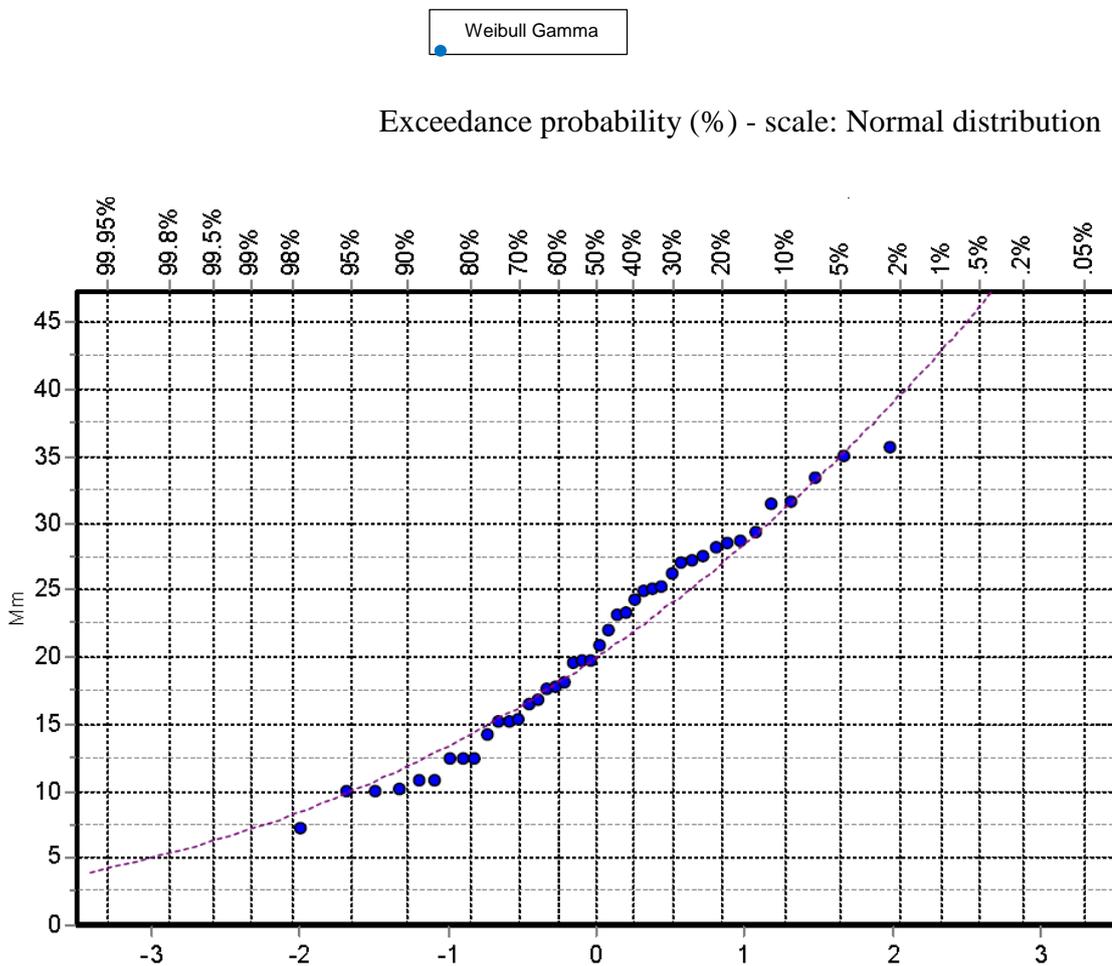


Figura N° 11. Distribución de Ajuste Normal L-Moments

Probability Density Functions (PDF) - Histogram

-----Weibull Gamma

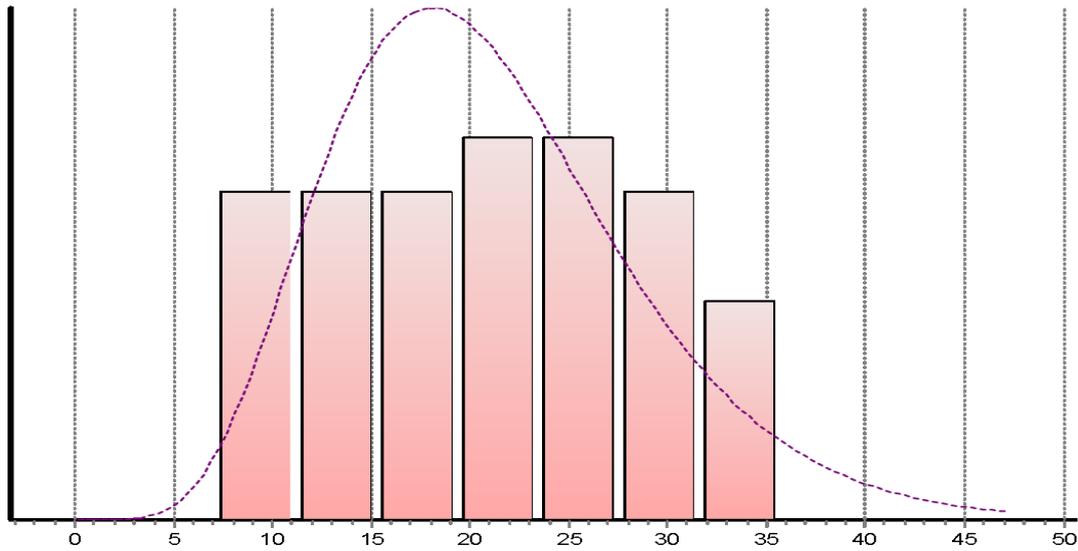


Figura N° 12. Distribución de Ajuste Normal L-Moments- Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro N° 44 se muestra los resultados del cálculo del tiempo de concentración en las microcuencas de aporte de la presa Alparmarca.

Cuadro N° 44. Tiempo de Concentración de la cuenca

N°	Nombre	Área	Longitud del cauce	Cota (msnm)		Desnivel	Pendiente	Tiempo de concentración (horas)		
		(Km ²)	(m)	Máximo	Mínimo	(m)	(m/m)	Kirpich	Temes	Bransby Williams
		2.22	1690	4760	4608	152	0.217	0.18	0.6	0.52

Fuente: Elaboración propia

Para el evento excepcional de rotura de la presa Alpamarca, se considera el tiempo de concentración más bajo (**0.18hrs**), que le corresponde a Kirpich.

4.2.2. Esquema Topológico de la Cuenca

Sera la representación de forma física de la cuenca de estudio que es construido mediante una serie de conexión de elementos hidrológicos, de modo que se formen una serie de red que se refleje en el movimiento real del flujo de agua en la cuenca de estudio.

Esquema Topológico de la subcuenca

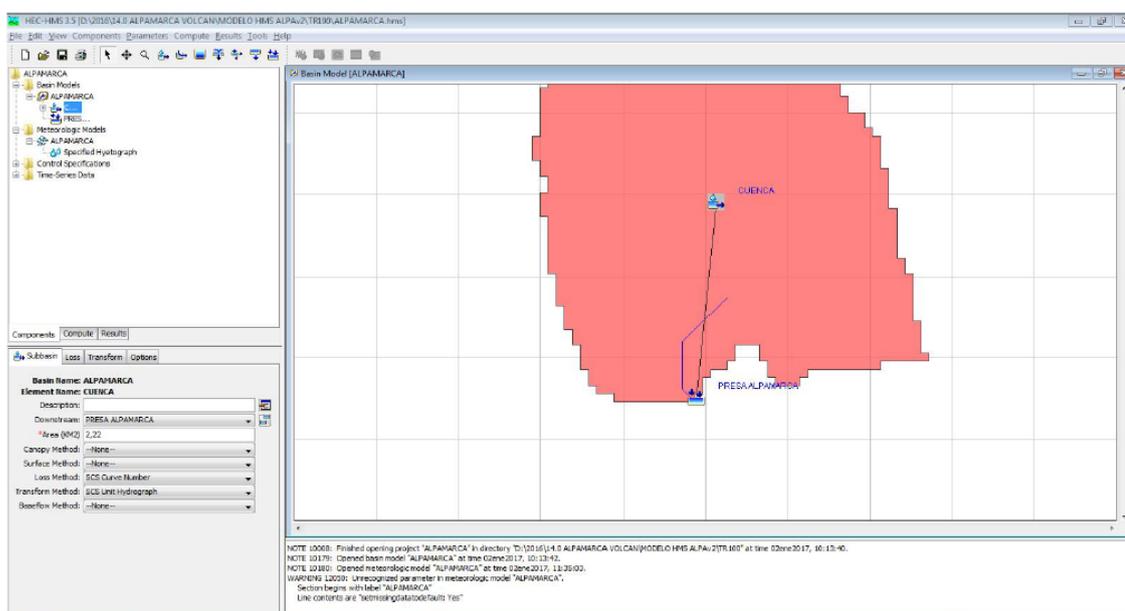


Figura N° 13. Esquema Topológico de la subcuenca.

La delimitación de subcuencas fue realizada con el modulo Hec-Hms instalado en ArcGis 10.2, estas áreas corresponden a puntos de interés, donde se quiere conocer caudales máximos como el eje de la presa Alpamarca.

Las láminas de precipitación han sido calculadas con los datos de la estación Yantac.

Parámetros de las Subcuencas

Curva Número y Abstracción Inicial

En el siguiente cuadro tenemos los datos de los parámetros que se han calculado de la abstracción en la cuenca de estudio a través del método de SCS, es la misma que tenemos en función del número de curva (CN), el almacenamiento potencial (S) y la abstracción inicial (Ia). Como se explicó anteriormente los valores de curva numero fueron obtenidos de los cuadros propuestas en la bibliografía de Hidrología Aplicada de Vente Chow.

Cuadro N° 45. Curva Número y Abstracción Inicial

SUBCUENCA	CN	S (in)	S (mm)	Ia
PRESA	75	3,3333	84,67	16,93
ALPAMARCA				

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Láminas de Precipitación

Para el presente estudio se ha usado los perfiles de tormenta según la SCS de tipo I, usando las láminas de precipitación que se refleja en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 46. Lamina de Precipitación en el área de interés

SUBCUENCAS	TR5	TR10	TR20	TR25	TR50	TR100
PRESA	44.1	49.3	54.3	65.4	70.0	80.4
ALPAMARCA						

Fuente: Elaboración propia

Perfil de tormenta del SCS tipo I

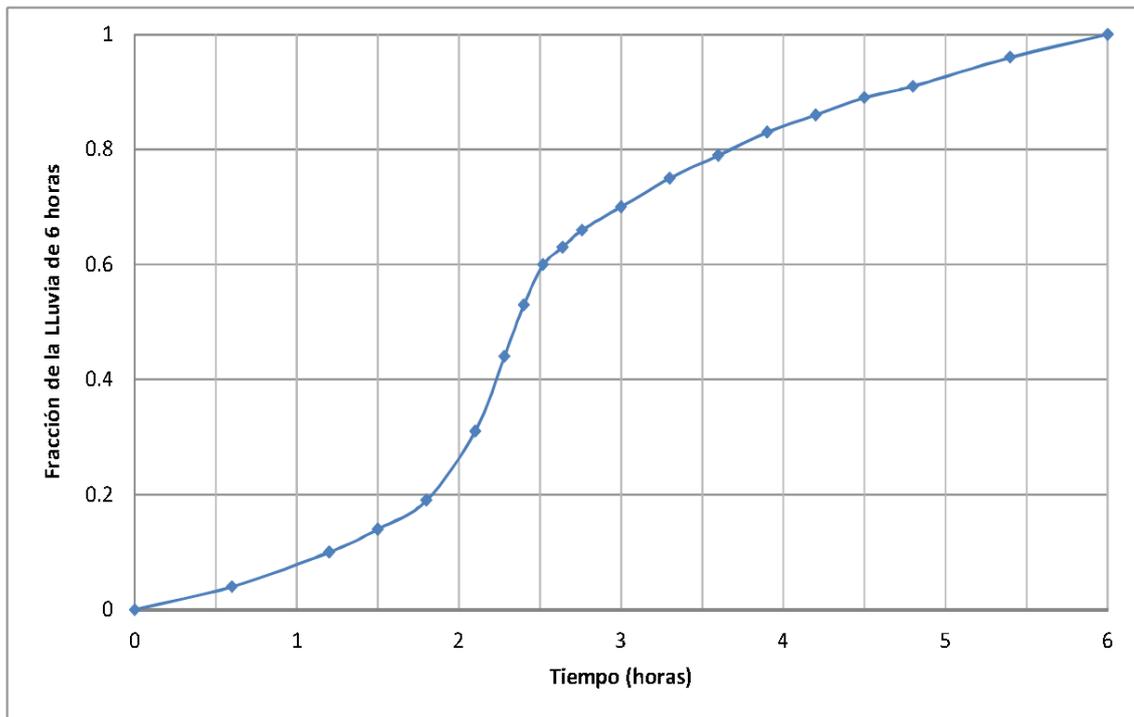


Figura N° 14. Perfil de tormenta del SCS tipo I

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando las láminas de precipitación para los diferentes periodos de retorno obteniéndose de esa formulas los respectivos histogramas.

4.2.4. Modelo de Control

En la guía de control, determina los intervalos de tiempo que son temporal de cálculo y la duración del total de la simulación que incluyen en las horas desde el inicio hasta el final de la simulación. En el presente proyecto se determino un intervalo de cálculo de 30 minutos.

4.2.4.1 Resultados de la Simulación

Se presentan a continuación los caudales máximos de flujo en distintos periodos de retorno y los hidrogramas de salida del HEC-HMS para el área de interés los cuales pueden ser apreciados en el cuadro 47

Cuadro N° 47. Caudales Máximos (m³/s) - Presa Alpamarca

ÁREA (Km2)		NÚMERO DE CURVA (CN)	
2.22		75	
TR (Años)	PPMAX 24 HRS (mm)	QMAX (m3/s)	
5	30.6	0.6	
10	36.7	1.1	
25	44.1	2.3	
50	49.3	3.3	
100	54.3	4.4	
200	59.2	5.5	
500	65.4	7.1	
1000	70.0	8.3	
5000	80.4	11.2	
10000	84.8	12.5	

Hidrograma de caudales máximos -TR 1000años

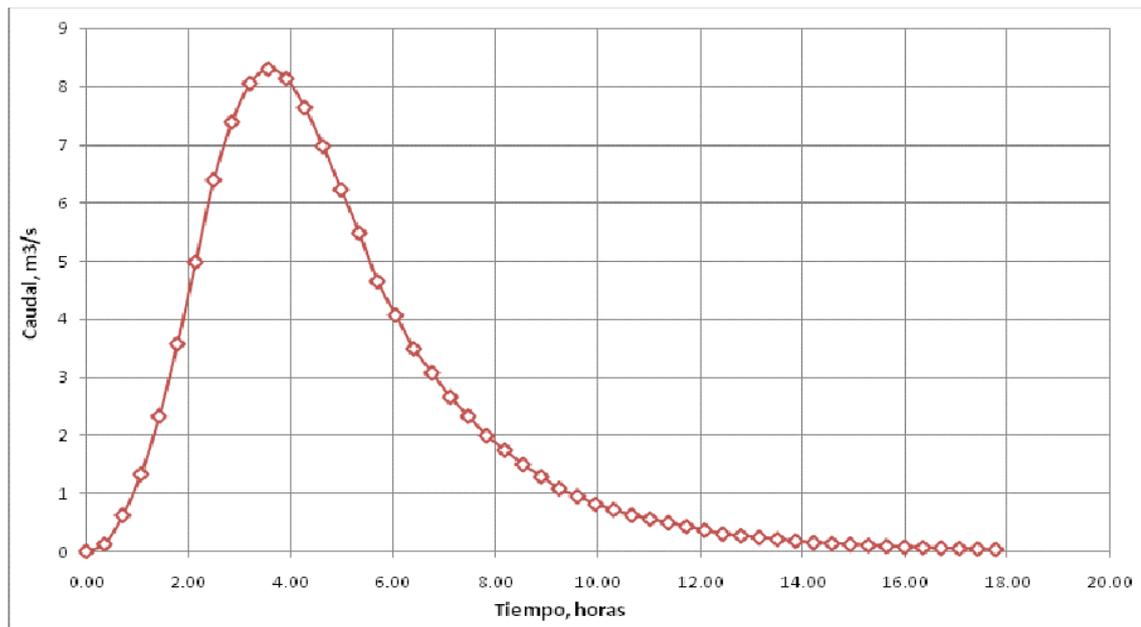


Figura N° 15. Hidrograma de caudales máximos -TR 1000años

Volumen Acumulado (MMC) -TR 1000años

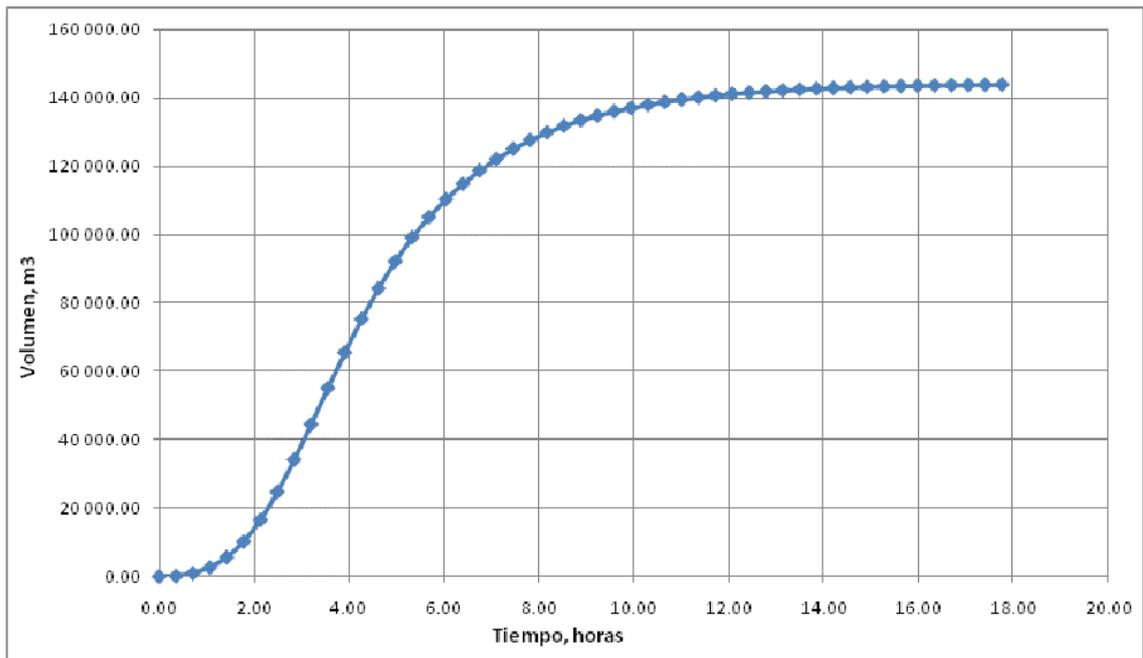


Figura N° 16. Volumen Acumulado (MMC) -TR 1000años

Hidrograma de Caudales Máximos -TR 5000años

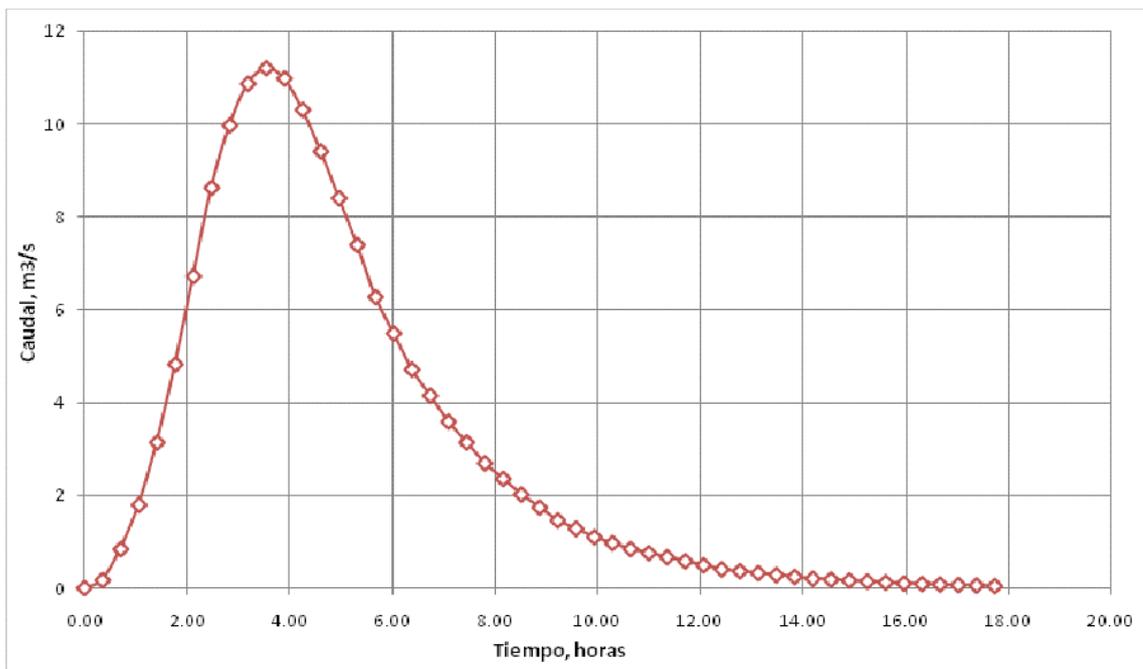


Figura N° 17. Hidrograma de Caudales Máximos -TR 5000años

Volumen Acumulado (MMC) -TR 5000años

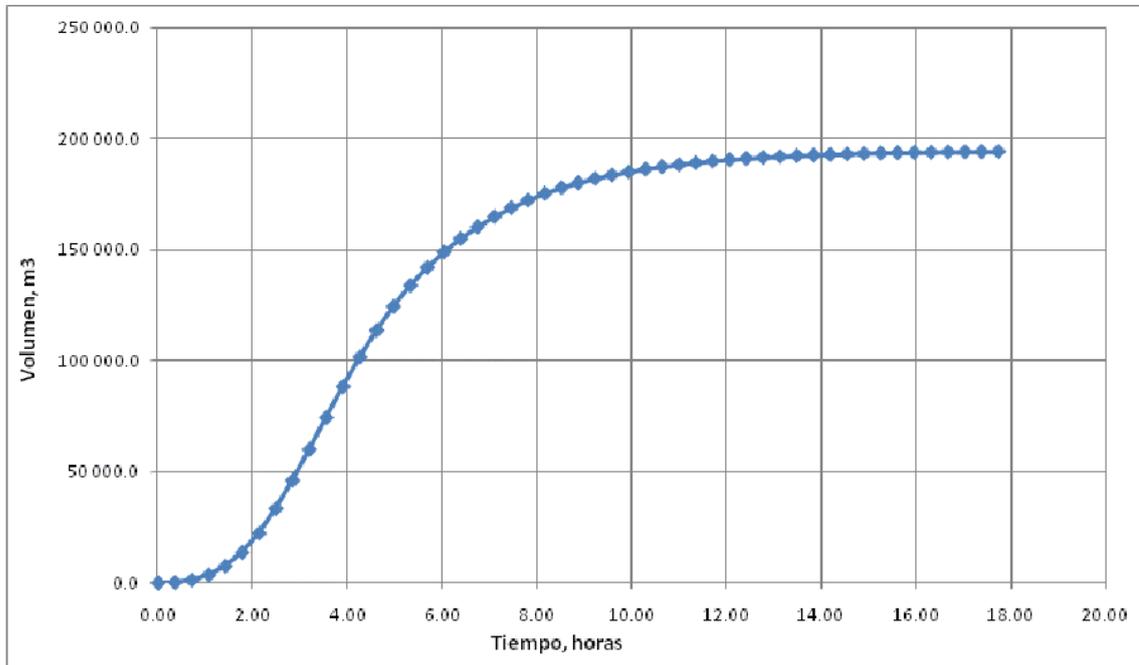


Figura N° 18. Volumen Acumulado (MMC) -TR 5000años

Hidrograma de Caudales Máximos -TR 5000años

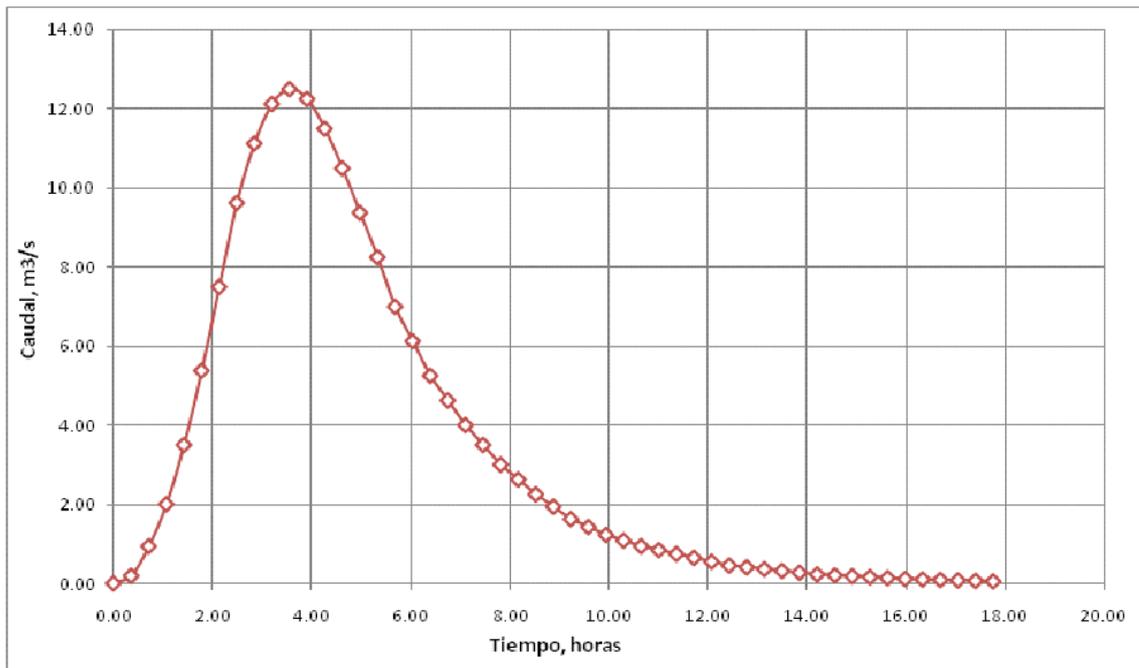


Figura N° 19. Hidrograma de Caudales Máximos -TR 5000años

Volumen Acumulado (MMC) -TR 5000años

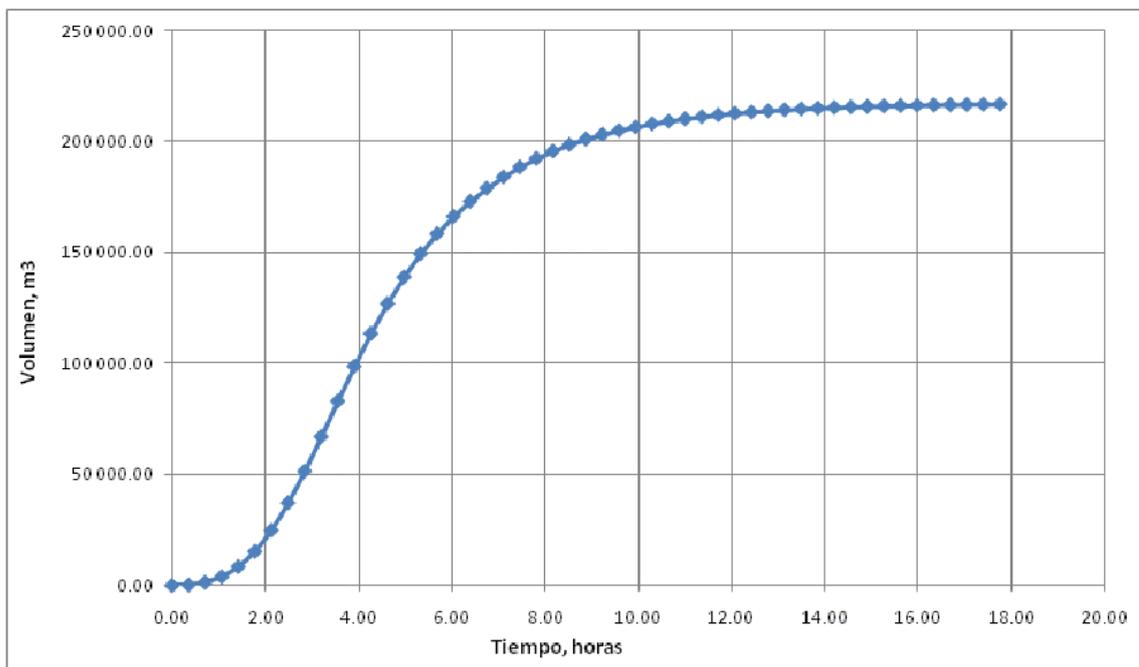


Figura N° 20. Volumen Acumulado (MMC) -TR 5000años

Conclusion

Caudales máximo de diseño aguas superficiales, para un periodo de retorno de 10000 años se tiene:

Cuadro N° 48. Caudal de Diseño

Zona	Caudal de diseño (m³/s)
Presas Alparmarca	12.5

4.2.5. Coeficiente de Rugosidad Determinado

De acuerdo a la identificación en campo, se ha realizado una valoración de los diferentes factores que intervienen para el cálculo de los coeficientes de rugosidad.

Cuadro N° 49. Coeficiente de rugosidad

Condiciones de canal		Valores		Adoptado
Material involucrado	Tierra	n ₀	0.020	0.020
	Corte en roca		0.025	
	Grava Fina		0.024	
	Grava gruesa		0.028	
Grado de irregularidad	Suave	n ₁	0.000	0.005
	Menor		0.005	
	Moderado		0.010	
	Severo		0.020	
Variación de la sección transversal	Gradual	n ₂	0.000	0.005
	Ocasionalmente alternante		0.005	
	Frecuentemente alternante		0.010 - 0.015	
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n ₃	0.000	0.005
	menor		0.010 - 0.015	
	Apreciable		0.020 - 0.030	
	Severo		0.040 - 0.060	
Vegetación	Baja	n ₄	0.005 - 0.010	0.010
	Media		0.010 - 0.025	
	Alta		0.025 - 0.050	
	Muy alta		0.050 - 0.100	
Grado de los efectos por meandros	Menor	m ₅	1.000	1.000
	Apreciable		1.150	
	Severo		1.300	

Finalmente, reemplazando los valores de obtiene un coeficiente de rugosidad $n = 0.045$

Cuadro N° 50. Valoración del Hidrograma de tipo Triangular

Cuenca	Tiempo de Concentración	Tiempo de Retraso	Tiempo de Pico	Tiempo Base	Caudal Unitario
	Tc (horas)	TR (horas)	Tp (horas)	Tb (horas)	Qp (m ³ /s/mm)
Total	0.92	0.55	1.01	2.70	0.46

Histograma Unitario

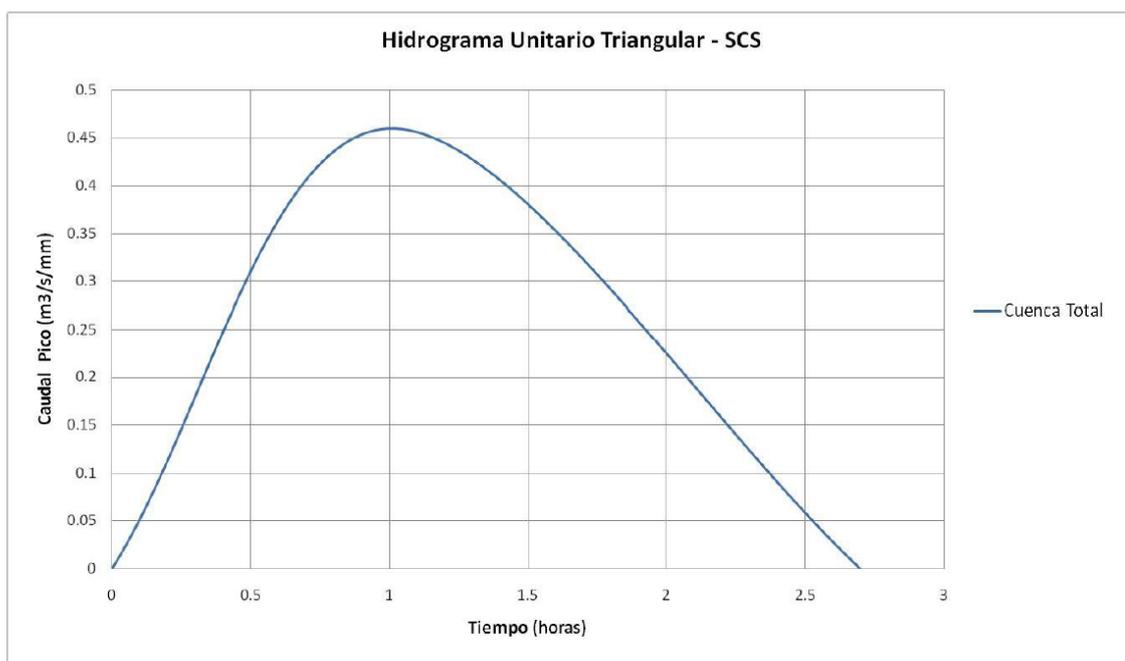


Figura N° 21. Histograma Unitario

Considerando caudales de máximos avenidas de lluvia para el depósito de residuos mineros los calculamos por rendimientos de áreas y para distintos periodos de retorno, que son obtenidos mediante los siguientes métodos utilizados:

Cuadro N° 51. Caudales máximo para diferentes Tr

Periodo de Retorno	P _{máx} en 24 Horas (mm)	Lluvia Efectiva Pe (mm)	Caudal Máximo (m ³ /s)	
			Cuenca Total	Deposito
50	45.20	6.42	2.95	0.51
100	50.40	8.70	4.00	0.69
150	53.30	10.08	4.64	0.80
500	62.60	14.95	6.88	1.19

1000	67.80	17.93	8.25	1.42
------	-------	-------	------	------

4.2.6. Análisis de Vulnerabilidad

Se realiza un análisis de las condiciones vulnerables que presenta el proyecto, considerando:

- ✓ Analizar la exposición de un peligro que está determinado, podemos decir que si está o no estaría en la zona probable que va ser impactado (localización)
- ✓ Analizar lo frágil que podría ser al enfrentarse a un probable impacto de un peligro, de la base de la cual se han identificado los elementos que podrían afectar y sus causas (formas como constructivas o de diseño, tecnología y materiales)
- ✓ Analizar la resiliencia, podemos decir que cuáles es las capacidades disponibles para su recuperación (financieras, sociales, productivas, etc.) y qué alternativas pueden o existen para poder continuar brindando los servicios en bajo las condiciones mínimas.

Entonces se asignara un valor a la vulnerabilidad, haciendo que tome valores los grados de vulnerabilidad de la siguiente forma:

Cuadro N° 52. Grados de Vulnerabilidad

Detalle	Ponderado
Grado de vulnerabilidad alto	3
Grado de vulnerabilidad moderado	2
Grado de vulnerabilidad bajo	1

Vulnerabilidad por Exposición

- Vulnerabilidad por Exposición de la Presa Alpamarca

En el siguiente cuadro se presenta la vulnerabilidad por exposición de la Presa Alpamarca.

Presa Alpamarca	Vulnerabilidad por Exposición
 <p data-bbox="284 1137 734 1173">Figura N° 22, Relavera Alpamarca</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1007 573 1390 1339">✓ Geologicamente, la presa Alpamarca se ubica sobre depósitos cuaternarios (morrenas y fluvio aluviales), flanqueado por afloramientos rocosos de la formación Casapalca. La presa se ubica en un valle “U” de buenas condiciones para el proyecto. Estable. <li data-bbox="1007 1375 1390 2002">✓ El Basamento Rocoso está representado por la formación Casapalca. Durante la etapa de construcción de la cimentación, fue removido todo material suelto y fracturado, cimentándose la presa en roca firme y

	<p>buena, teniendo buenas condiciones geotécnicas de cimentación.</p> <p>✓ Según los puntos de vista hidrológico, el sector de la presa Alpamarca, pueden sportar precipitaciones de hasta 67.8 mm en 24 horas, para un periodo de retorno de 1000 años.</p> <p>✓ La vulnerabilidad por exposición en la Presa Alpamarca, es Alto para precipitaciones pluviales. Los demás peligros son Moderados o Bajos.</p>
--	---

Cuadro N° 53. Vulnerabilidad por Exposición de la Presa Alpamarca

4.2.7. Vulnerabilidad por Fragilidad

El análisis de vulnerabilidad por Fragilidad nos referimos a las formas de construcción, y calidad de los materiales utilizados, y tecnología a usarse, entre otros, relacionados a la construcción de las obras del proyecto.

- De acuerdo al tamaño del proyecto, la entidad encargada de la construcción, deberá prever que se contrate una empresa constructora especializada con experiencia en obras de esta magnitud, para que se sigan las normas y procedimientos nacionales e internacionales de construcción ya establecidos.
- En las especificaciones técnicas que contendrá el expediente técnico se tendrá en cuenta que los materiales cumplan con las normas establecidas; y los que se emplean sean probados para ser usados, las cuales deben tener la aprobación de la empresa supervisora en la etapa que se está realizando la construcción.
- Los diseños de la Presa Alpamarca y obras hidráulicas conexas, deberán considerar los eventos hidrológicos máximos para avenidas extraordinarias, con caudales milenarios.
- Para la elaboración de este Expediente Técnico, se ha realizado estudios básicos como estudio topográfico, geológico, geotécnico e hidrológico.
- Para el inicio de las actividades físicas del proyecto se ha previsto que se siga el calendario climático para evitar que se realice actividades en meses que tengan mucha lluvia.
- Actualmente, la construcción de la presa Alpamarca se realiza a través de un control y seguimiento de la calidad a cargo de una empresa especializada. Asimismo, la operación y disposición de relaves está a cargo de la compañía minera.

4.2.8. Vulnerabilidad por Resiliencia

Sera asociada a el nivel o de grado de asimilación que podría tener la unidad social (familias, personas, sociedad, comunidad,), consecuente a la ocurrencia de un peligro-amenaza.

- La presa Alparmarca sirve para retener los relaves, evitando que estos lleguen a cursos de agua o quebradas principales.

Identificados los peligros en la zona del proyecto, se presentan los formatos para el Análisis de Vulnerabilidad.

Cuadro N° 54. Verificación de vulnerabilidad por exposición, fragilidad o será por la resiliencia del Proyecto

A. Análisis de vulnerabilidades por exposición (localización)	Si	No	Comentarios
1. ¿La localización será escogida para la ubicación del proyecto evita su exposición a peligros?	x		
2. Si la localización prevista para el proyecto lo expone a situaciones de peligro, ¿es posible, técnicamente, cambiar la ubicación del proyecto a una zona menos expuesta?		x	
B. Análisis de Vulnerabilidades por Fragilidad (tamaño, tecnología)	Si	No	Comentarios
1. ¿La construcción de la infraestructura sigue la normativa vigente, de acuerdo con el tipo de infraestructura de que se trate? Ejemplo: norma E-030- Sismo resistente.	x		
2. ¿Los materiales de construcción consideran las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto?	x		
3. ¿El diseño toma en cuenta las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿El diseño de la presa ha tomado en cuenta el nivel de las avenidas cuando ocurre el Fenómeno El Niño, considerando sus distintos grados de intensidad?	x		
4. ¿La decisión de tamaño del proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿La presa ha sido diseñada considerando que hay épocas de abundantes lluvias y por ende de grandes volúmenes de agua?	x		
5. ¿La tecnología propuesta para el proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿La tecnología de construcción propuesta considera que la zona es propensa a movimientos telúricos?	x		
6. ¿Las decisiones de fecha de inicio y de ejecución del proyecto toman en cuenta las características geográficas, climáticas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿Se ha tomado en cuenta que en la época de lluvias es mucho más difícil construir la carretera, porque se dificulta la operación de la maquinaria?	x		
C. Análisis de Vulnerabilidades por Resiliencia	Si	No	Comentarios
1. En la zona de ejecución del proyecto, ¿existen mecanismos técnicos (por ejemplo, sistemas alternativos para la provisión del servicio) para hacer frente a la ocurrencia de desastres?	x		
2. En la zona de ejecución del proyecto, ¿existen mecanismos financieros (por ejemplo, fondos para atención de emergencias) para hacer frente a los daños ocasionados por la ocurrencia de desastres?	x		
3. En la zona de ejecución del proyecto, ¿existen mecanismos organizativos (por ejemplo, planes de contingencia), para hacer frente a los daños ocasionados por la ocurrencia de desastres?	x		
4. ¿El proyecto incluye mecanismos técnicos, financieros y/o organizativos para hacer frente a los daños ocasionados por la ocurrencia de desastres?	x		

Cuadro N° 55. Vulnerabilidad por factores de exposición, fragilidad y resiliencia en el Proyecto.

Factor de Vulnerabilidad	Variable	Grado de Vulnerabilidad		
		Bajo	Medio	Alto
Exposición	(A) Localización del proyecto respecto de la condición de peligro	x		
	(B) Características del terreno	x		
Fragilidad	(C) Tipo de construcción	x		
	(D) Aplicación de normas de construcción	x		
Resiliencia	(E) Actividad económica de la zona	x		
	(F) Situación de pobreza de la zona	x		
	(G) Integración institucional de la zona	x		
	(H) Nivel de organización de la población	x		
	(I) Conocimiento sobre ocurrencia de desastres por parte de la población	x		
	(J) Actitud de la población frente a la ocurrencia de desastres	x		
	(K) Existencia de recursos financieros para respuesta ante desastres.	x		

4.2.9. Análisis del Riesgo del Proyecto

De acuerdo al análisis efectuado, se presenta el siguiente cuadro con los niveles de riesgo identificados en el proyecto.

Cuadro N° 56. Análisis de Riesgo

Tipo de peligro	Grado de peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
Sismos	Moderado	Moderado	Moderado
Inundación	Bajo	Bajo	Bajo
Lluvias	Alto	Alto	Alto
Helada	Bajo	Bajo	Bajo
Granizada	Bajo	Bajo	Bajo
Incendio	Bajo	Bajo	Bajo
Explosión	Bajo	Bajo	Bajo

Derrame de Sustancias Peligrosas	Moderado	Moderado	Moderado
----------------------------------	----------	----------	----------

Riesgo Alto

En el proyecto, se han identificado Riesgo Alto, relacionados a:

Lluvias; de acuerdo al estudio de la hidrología, en la zona del proyecto está expuesta a precipitaciones pluviales que pueden llegar a 67.8 mm en 24 horas con un periodo de retorno de 1000 años.

Sin embargo, la presa Alpamarca está dispuesta con obras hidráulicas y canales de coronación de controlan los flujos de agua que puedan presentarse en una avenida milenaria.

Riesgo Moderado

En el proyecto, se han identificado Riesgo Moderado, tales como:

Sismos; la zona del proyecto, está expuesto a sismos de moderada intensidad. De acuerdo al análisis realizado al Peligro Sísmico de la zona, para los análisis de estabilidad pseudoestático, se emplea una aceleración de 0.15 g. Los resultados obtenidos del análisis de estabilidad física nos indican que la presa Alpamarca es estable ante eventos sísmicos.

Derrame de Sustancia Peligrosas; el cual está relacionado a la etapa de la construcción y también cuando este en operación de la presa Alpamarca. Sin embargo, este riesgo se minimiza, puesto que se cuenta con una empresa especializada para la construcción y la supervisión del proyecto. Asimismo, la operación está a cargo de la compañía minera, cumpliendo con los estándares reglamentados por la normatividad vigente.

Riesgo Bajo

Los riesgos bajos en la Presa Alpamarca, están relacionados a Inundaciones, Heladas, Granizadas, Incendios y Explosiones. Todos estos riesgos no representan riesgos a la estructura materia del presente análisis.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1 Simulación de la onda por ruptura de la presa

Parámetros de entrada para el modelo flo-2d

Parámetros base

A modo de resumen se indican los principales parámetros que serán empleados en el modelamiento:

- Gravedad específica del sedimento: 2,73.
- La característica del relave corresponde a una muestra tipo Aspen Mine Fill bajo una concentración de volumen de los sedimentos constante de 40%.
- La longitud del tramo a simular es de 30 Km con una topografía de curvas @2m. el tamaño de celda para el modelamiento del FLO-2D estará en el orden de los 25x25 m².
- Se considera como valor aproximado para la rugosidad de la formula de Manning en el orden de 0,045.
- El área de simulación del flujo se encuentra en el orden de los 3,5 Km².
- Tiempo de simulación de 180 horas.

Hidrograma de entrada para la etapa III sin avenida (VLR=40%)

El volumen de relave descargado corresponde al 40% del volumen almacenado de la etapa III. Por lo tanto, el volumen de flujo a simular debe ser de 1,406 MMC.

La forma de hidrograma tendrá un tiempo base de 1 hora, con el tiempo al pico de 0,2 horas. En la Figura N°23 se muestra la variación del hidrograma líquido con la concentración de volumen de los sedimentos de 40%.

Para la elaboración de hidrograma de entrada se tiene como dato de partida el volumen descarga del relave. Además, de la literatura se contempla que la relación del caudal líquido (Ql) con el caudal de la mezcla (Qt) tiene la siguiente relación (O'Brien, 2000):

$$Ql = 1/(1-Cv) * Qt$$

El caudal líquido pico es de 879,6 m³/s y el caudal pico total de la mezcla es de 1 466,0 m³/s.

Hidrograma líquido + Cv (Etapa III)

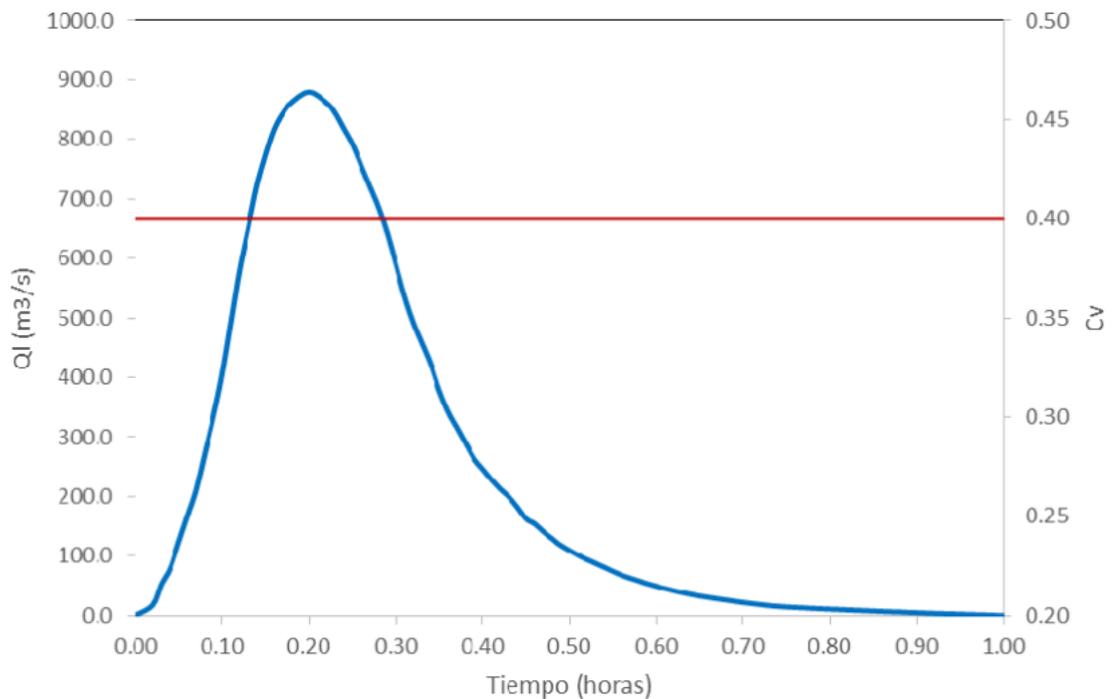


Figura N° 23. Hidrograma líquido + Cv (Etapa III)

Finalmente se obtiene e hidrograma resultante de la mezcla (o relave) donde la resultante o el volumen bajo a curva se aproxima a los 1,406 MMC. Mayor detalle ver Figura N°24.

Hidrograma resultante (Etapa III)

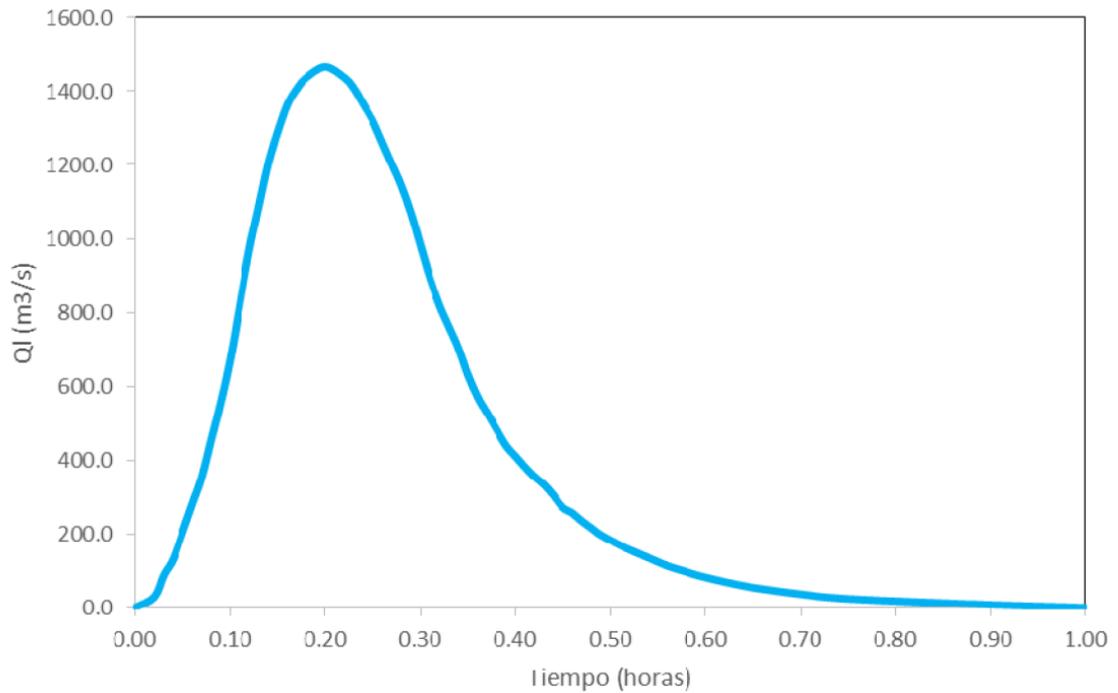


Figura N° 24. Hidrograma resultante (Etapa III)

Hidrograma de entrada para la etapa III con avenida de cabecera TR=10000 años (VLR=40%)

En este caso, se considera la presencia de la avenida de 10 000 años que corresponde a un aporte de volumen líquido neto de 216 513 m3. Dicho volumen de agua suma al flujo de la mezcla lo que resulta una reducción en la concentración volumétrica de sedimentos.

Los cálculos nos dan un volumen total líquido de 1 060 113 m³ y un volumen de sedimentos de 562 400 m³, por lo tanto, la concentración volumétrica de sedimentos con presencia de la avenida es de 35%.

$$Q_l = 1/(1-C_v) * Q_t$$

El caudal líquido pico es de 1 099,6 m³/s y el caudal pico total de la mezcla es de 1 691,7 m³/s.

Hidrograma líquido + C_v (Etapa III con avenida y VLR=40%)

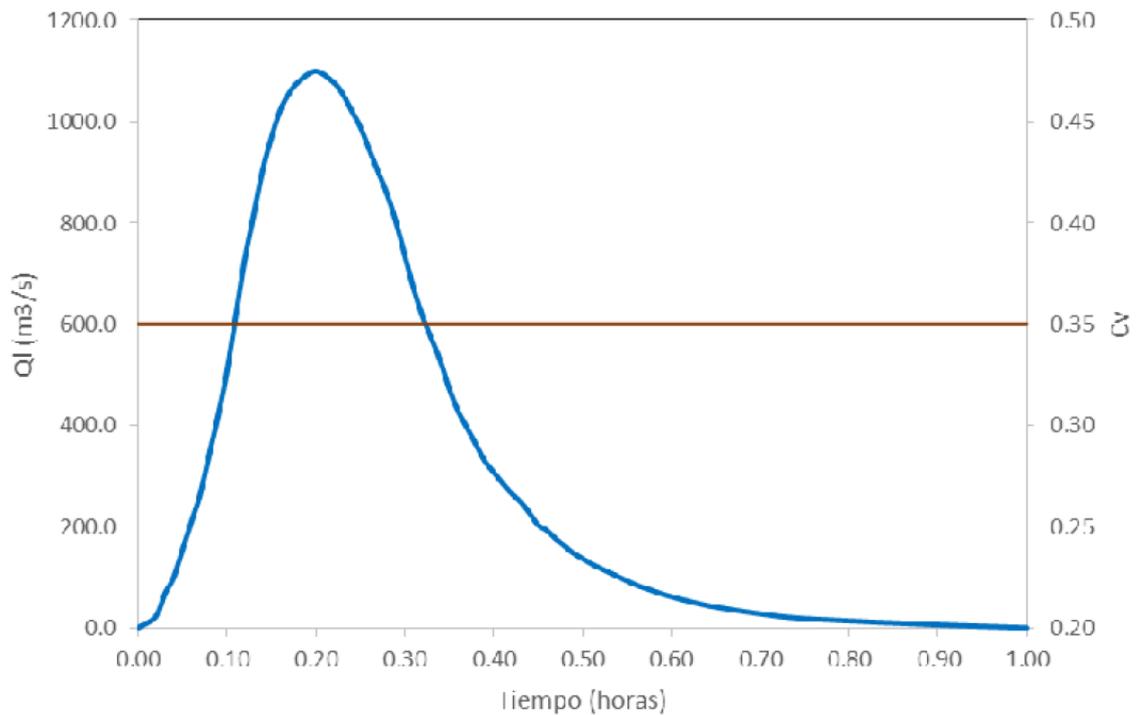


Figura N° 25. Hidrograma líquido + C_v (Etapa III con avenida y VLR=40%)

Finalmente se obtiene el hidrograma resultante de la mezcla donde el volumen bajo a curva se aproxima a los 1,623 MMC. Mayor detalle ver Figura N° 26.

Hidrograma resultante (Etapa III con avenida y VLR=40%)

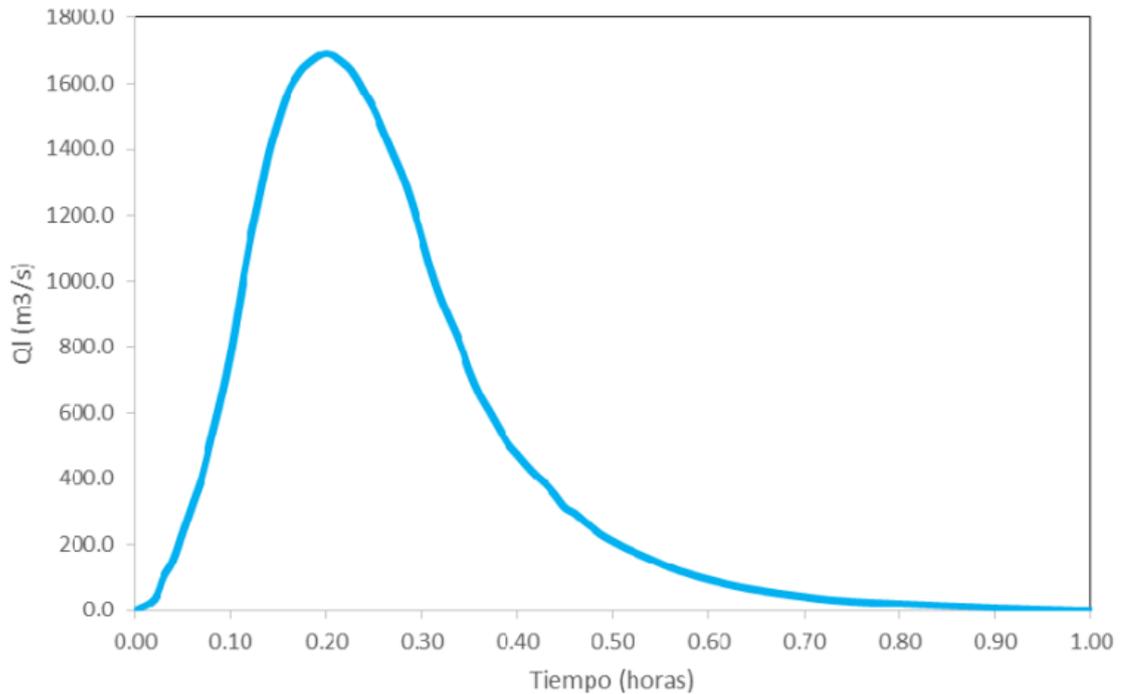


Figura N° 26. Hidrograma resultante (Etapa III con avenida y VLR=40%)

Hidrograma de entrada para la etapa III con avenida de cabecera TR=10000 años (VLR=60%)

El volumen de relave descargado corresponde al 60% del volumen almacenado de la etapa III. Por lo tanto, el volumen de flujo relave a simular debe ser de 2,109 MMC.

En este caso, se considera la presencia de la avenida de 10 000 años que corresponde a un aporte de volumen líquido neto de 216 513 m³. Dicho volumen de agua suma al flujo de la mezcla lo que resulta una reducción en la concentración volumétrica de sedimentos. El volumen total del flujo (incluyendo la avenida) es de 2,326 MMC.

Los cálculos nos dan un volumen total líquido de 1 481913 m³ y un volumen de sedimentos de 843600 m³, por lo tanto, la concentración volumétrica de sedimentos con presencia de la avenida es de 36%.

Para la elaboración de hidrograma de entrada se tiene como dato de partida el volumen descarga del relave. Además, de la literatura se contempla que la relación del caudal líquido (Ql) con el caudal de la mezcla (Qt) tiene la siguiente relación (O'Brien, 2000):

$$Ql = 1/(1-Cv) * Qt$$

El caudal líquido pico es de 1 551,8 m³/s y el caudal pico total de la mezcla es de 2424,7 m³/s.

Finalmente se obtiene el hidrograma resultante de la mezcla donde la resultante o el volumen bajo a curva se aproxima a los 2,326 MMC. Mayor detalle ver Figura N°27.

Hidrograma líquido + Cv (Etapa III con avenida y VLR=60%)

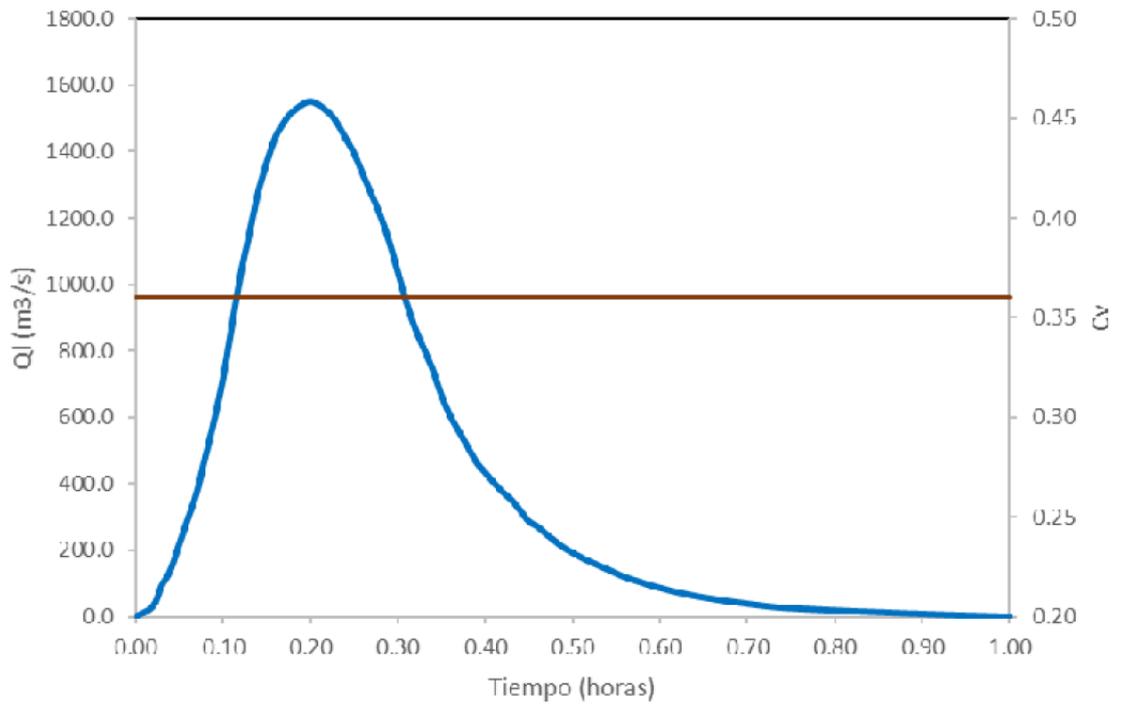


Figura N° 27. Hidrograma líquido + C_v (Etapa III con avenida y VLR=60%)

Hidrograma resultante (Etapa III con avenida y VLR=60%)

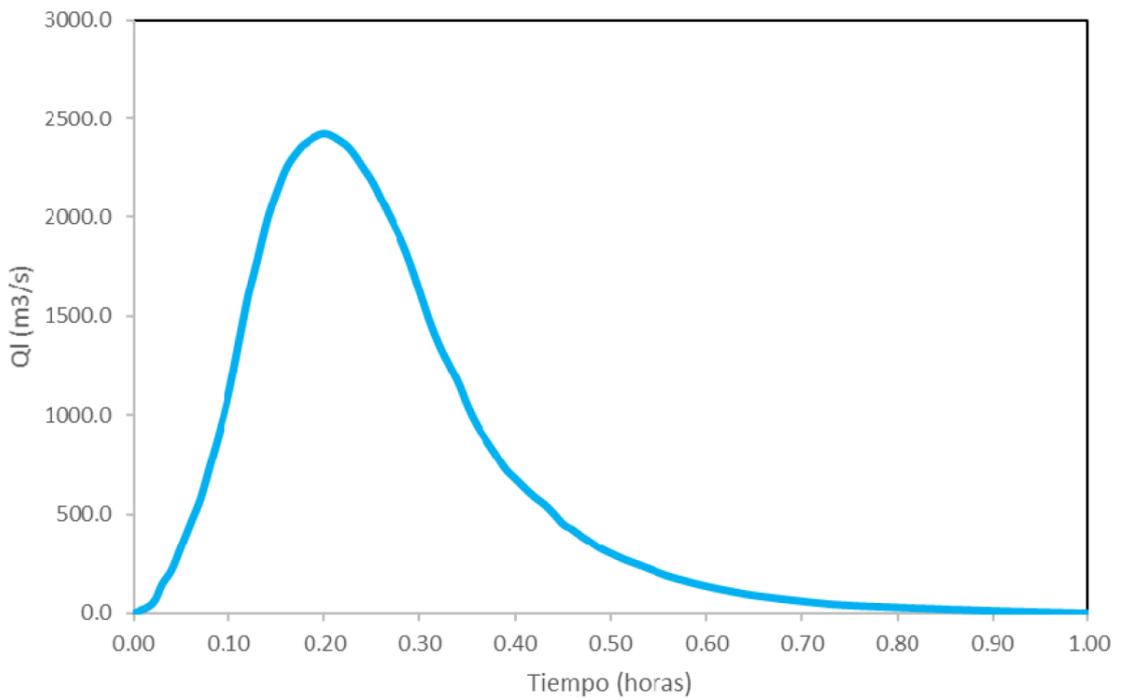


Figura N° 28. Hidrograma resultante (Etapa III con avenida y VLR=60%)

Hidrograma de entrada para la etapa X sin avenida (VLR=40%)

El volumen de relave descargado corresponde al 40% el volumen de la etapa X. Por lo tanto, el volumen de flujo a simular debe ser de 4,179 MMC.

La forma de hidrograma tendrá un tiempo base de 1 hora, con el tiempo al pico de 0,2 horas. En la Figura N°29 se esta mostrando la variación del hidrograma líquido con la concentración volumen de sedimentos de 40%.

Para la elaboración de hidrograma de entrada se tiene como dato de partida el volumen descarga del relave. Además, de la literatura se contempla que la relación del caudal líquido (Ql) con el caudal de la mezcla (Qt) tiene la siguiente relación (O'Brien, 2000):

$$Ql = 1/(1-Cv) * Qt$$

El caudal líquido pico es de 2 614,1 m³/s y el caudal pico total de la mezcla es de 4 356,8 m³/s.

Hidrograma líquido + Cv (Etapa X y VLR=40%)

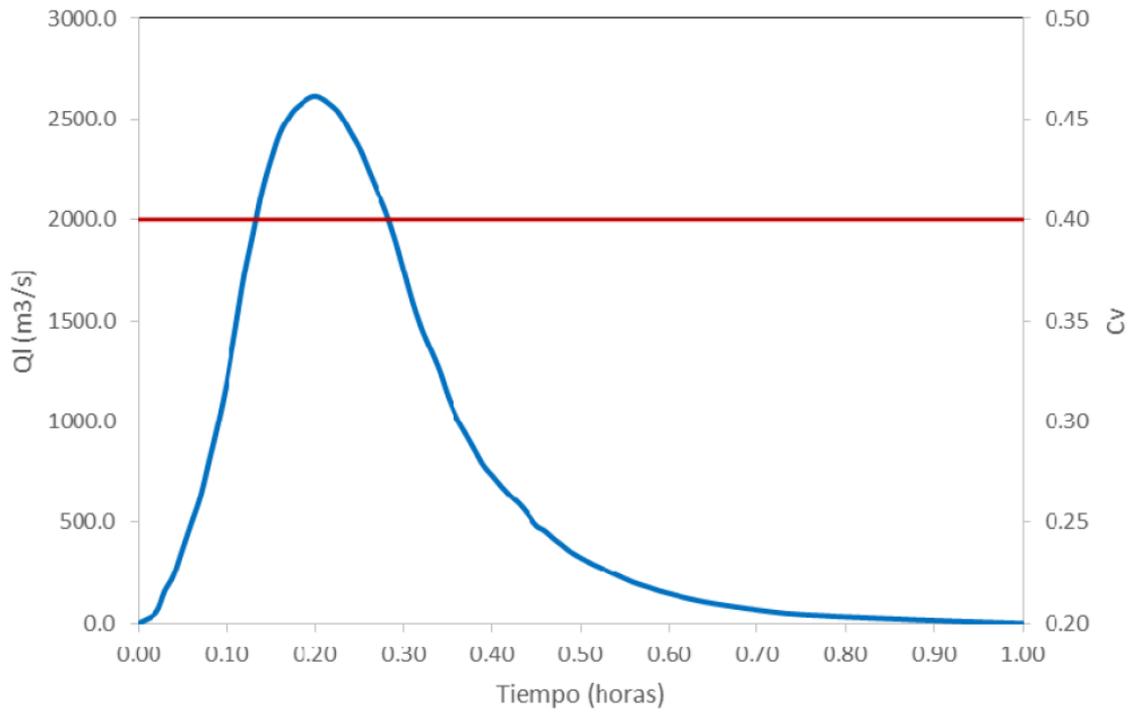


Figura N° 29. Hidrograma líquido + Cv (Etapa X y VLR=40%)

Finalmente se obtiene e hidrograma resultante de la mezcla (o relave) donde la resultante o el volumen bajo a curva se aproxima a los 4,179 MMC. Mayor detalle ver Figura N° 30.

Hidrograma resultante (Etapa X y VLR=40%)

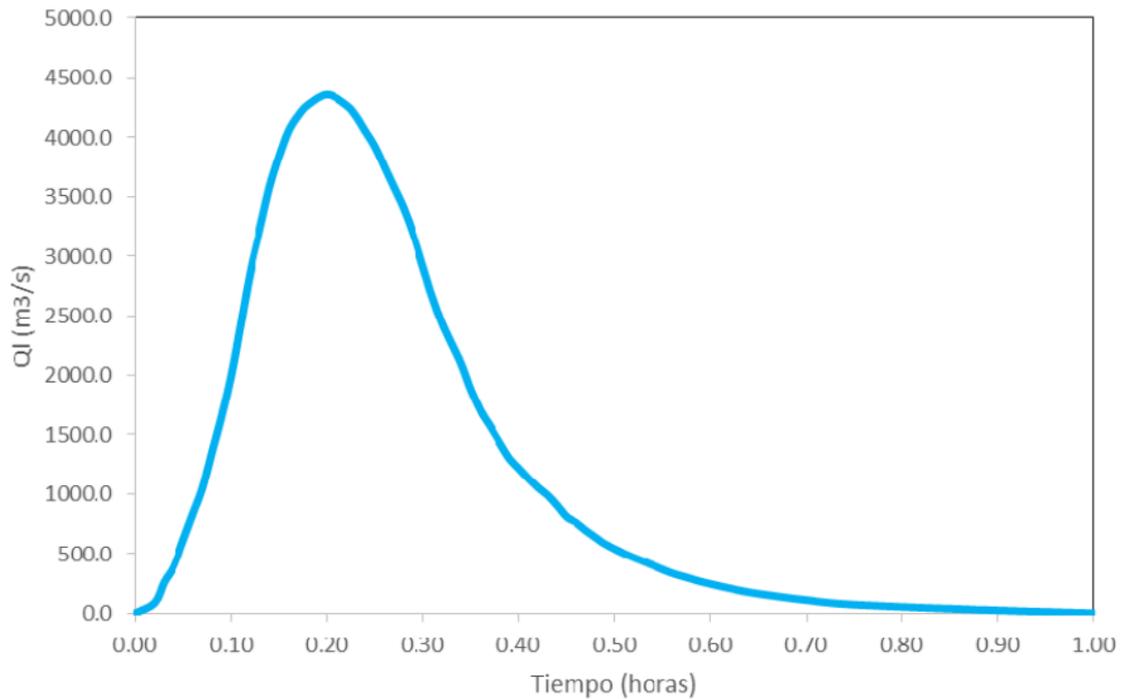


Figura N° 30. Hidrograma resultante (Etapa X y VLR=40%)

Hidrograma de entrada para la etapa X sin avenida (VLR=60%)

El volumen de relave descargado corresponde al 60% el volumen de la etapa X. Por lo tanto, el volumen de flujo a simular debe ser de 6,268 MMC. La forma de hidrograma tendrá un tiempo base de 1 hora, con el tiempo al pico de 0,2 horas. En la Figura N° 21 se esta mostrando la variación del hidrograma líquido con la concentración volumen de los sedimentos de 40%.

Para la elaboración de hidrograma de entrada se tiene como dato de partida el volumen descarga del relave. Además, de la literatura se contempla que la relación del caudal líquido (Ql) con el caudal de la mezcla (Qt) tiene la siguiente relación (O'Brien, 2000):

$$Ql = 1/(1-Cv) * Qt$$

El caudal líquido pico es de 3921,1 m³/s y el caudal pico total de la mezcla es de 6535,2 m³/s.

Hidrograma líquido + Cv (Etapa X y VLR=60%)

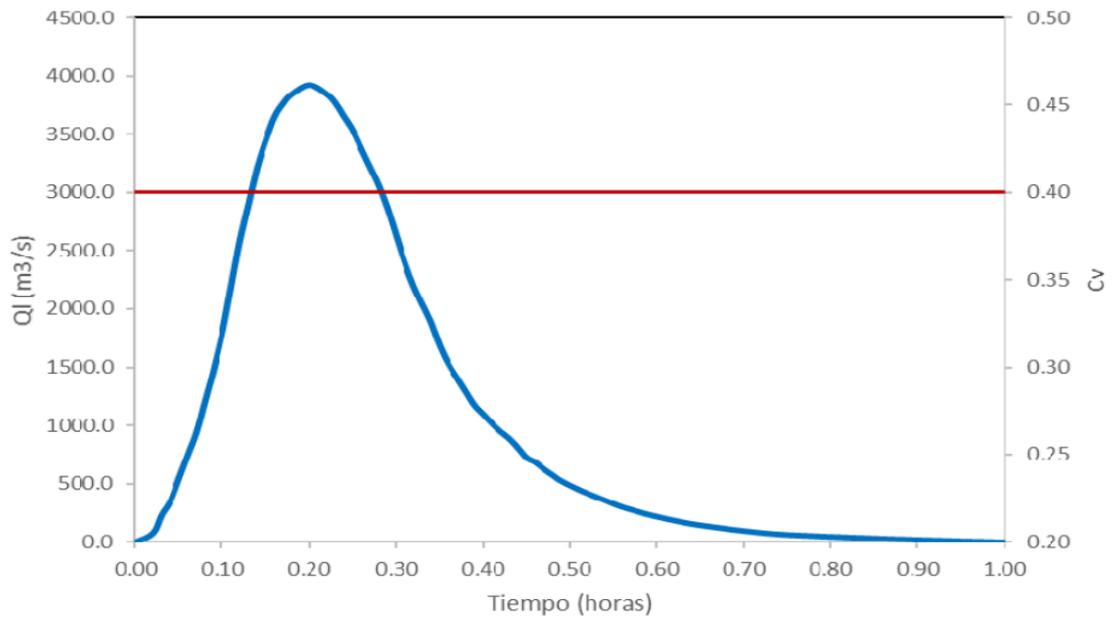


Figura N° 31. Hidrograma líquido + Cv (Etapa X y VLR=60%)

Finalmente se obtiene el hidrograma resultante de la mezcla (o relave) donde la resultante o el volumen bajo a curva se aproxima a los 6,268 MMC. Mayor detalle ver Figura N° 32.

Hidrograma resultante (Etapa X y VLR=60%)

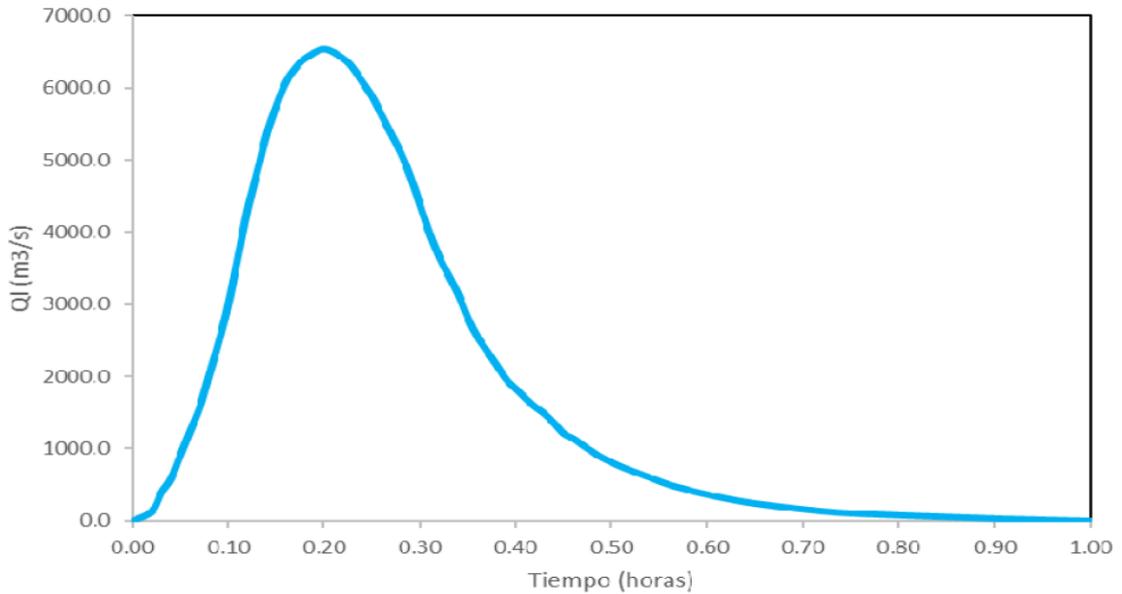


Figura N° 32. Hidrograma resultante (Etapa X y VLR=60%)

Hidrograma generado por la laguna Aguascocha

De simulaciones previas, se observa que gran parte del flujo del depósito de relave llega a afectar al dique de la laguna Aguascocha. Se observa, que el 100% del volumen de agua almacenado llega a aportar al tránsito aguas abajo.

Hacemos notar, que la laguna Aguascocha es un almacenamiento de agua (y no de relave) en el orden de los 1 119 064 m³. Asumiendo el tiempo de falla de 1 hora y un tiempo de retraso para la falla de 0,5 horas se obtiene el hidrograma generado por la ruptura del dique de la laguna de agua.

En la Figura N° 33 se observa el INFLOW para la laguna, con un caudal pico de 663,37 m³/s a una concentración volumen de sedimento del 5%.

Hidrograma líquido + Cv (Laguna Aguascocha)

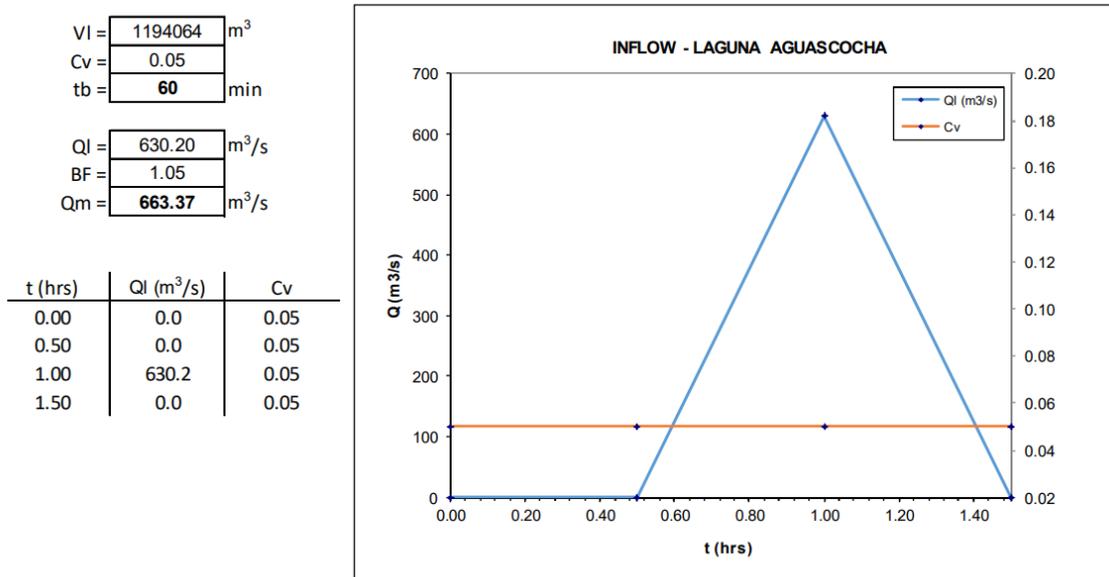


Figura N° 33. Hidrograma líquido + Cv (Laguna Aguascocha)

4.3.1 Planteamiento de escenarios

Las consideraciones para los distintos escenarios son:

- Ruptura del dique de tierra producto de la descarga del 40% del volumen de relave almacenado tanto para la Etapa III como para la Etapa X.
- Ruptura del dique de tierra producto de la descarga del 60% del volumen de relave almacenado tanto para la Etapa III como para la Etapa X.
- Aporte de volumen líquido por una avenida de período de retorno de 10 000 años.
- Ruptura del dique de la laguna Aguascocha, cuyo volumen descargado es el 100% de agua almacenada.

El escenario Y1B corresponde al modo de falla por desbordamiento para la Etapa III del depósito de residuos mineros Alpamarca con presencia y

aporte de una avenida máxima de TR=10 000 años. El volumen descargado del relave es de 1,406 MMC a una concentración volumen de los sedimentos en volumen de 40%. La muestra del relave se considera un tipo Aspen Mine Fill y rugosidad de Manning del cauce aguas abajo de 0,045. El escenario Y2B corresponde al mismo planteamiento del escenario Y1B con la diferencia de una muestra tipo mucho más viscosa (muestra Glenwood4) con una reología distinta y de mayor presencia de finos. El flujo se vuelve más denso con una menor distancia de recorrido hasta su parada.

El escenario Y5A corresponde al modo de falla por erosión y tubificación para la Etapa III del depósito de residuos mineros Alpamarca. Para este caso, el aporte de una avenida máxima de TR=10 000 no genera o aporta a la falla del dique. El volumen descargado del relave es de 1,406 MMC a una concentración volumétrica de sedimentos en volumen de 40%. La muestra del relave se considera un tipo Aspen Mine Fill y rugosidad de Manning del cauce aguas abajo de 0,045.

El escenario Y6A corresponde al modo de falla por erosión y tubificación para la Etapa X del depósito de residuos mineros Alpamarca. Para este caso, el aporte de una avenida máxima de TR=10 000 no genera o aporta a la falla del dique. El volumen descargado del relave es de 4,179 MMC a una concentración volumétrica de sedimentos en volumen de 40%. La muestra del relave se considera un tipo Aspen Mine Fill y rugosidad de Manning del cauce aguas abajo de 0,045.

Los escenarios Y3C, Y4C, Y7C y Y8C corresponden a un volumen descargado extremo del 60% a modo de comparativo para las Etapas III y X respectivamente y con variaciones de la muestra reológica.

En todos los escenarios se considera la afectación de la laguna Aguascocha como un hidrograma adicional que se activa a las 0,5 horas con

un caudal pico de 663,37 m³/s a una concentración de volumen de sedimento del 5%.

4.3.2. Generación de malla

Para el inicio del proceso de simulación se debe realizar una preparación de la topografía para la generación de las grillas. Los pasos que siguen son:

- Generación de puntos X, Y, X de la topografía digitalizada en versión CAD. Se crea un archivo de puntos *.PTS
- Importación de puntos en el pre-procesador GDS del modelo FLO-2D
- Creación de la grilla cuadrada. Para nuestro caso, la malla son de 25 x 25 m.
- Definición del dominio computacional. Se crea un polígono alrededor de las curvas de nivel.
- Asignación de la rugosidad de Manning. Para nuestro caso, se ingresa un $n= 0,045$ Interpolación de puntos. Cada grilla adquiere una numeración y cota

En la Figura N° 34 se muestra la importación de todo el tramo analizado, desde la zona de la presa hasta el pueblo de Santa Bárbara de Carhuacayán.

Además, se muestra el contorno del dominio computacional. En la Figura N° 34-A se muestra la asignación de numeración, cota y rugosidad de Manning por cada grilla creada.

Topografía y dominio computacional

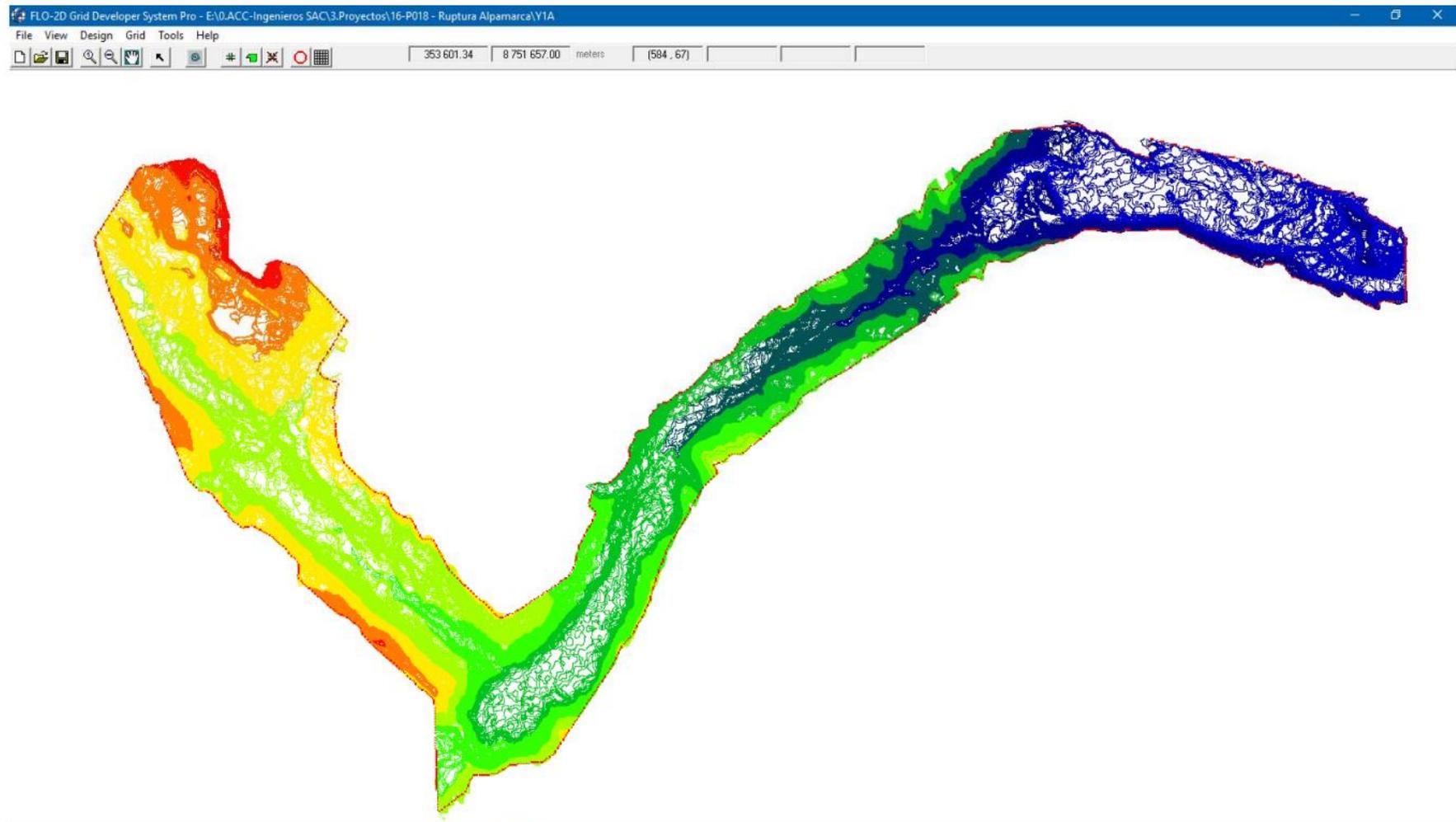
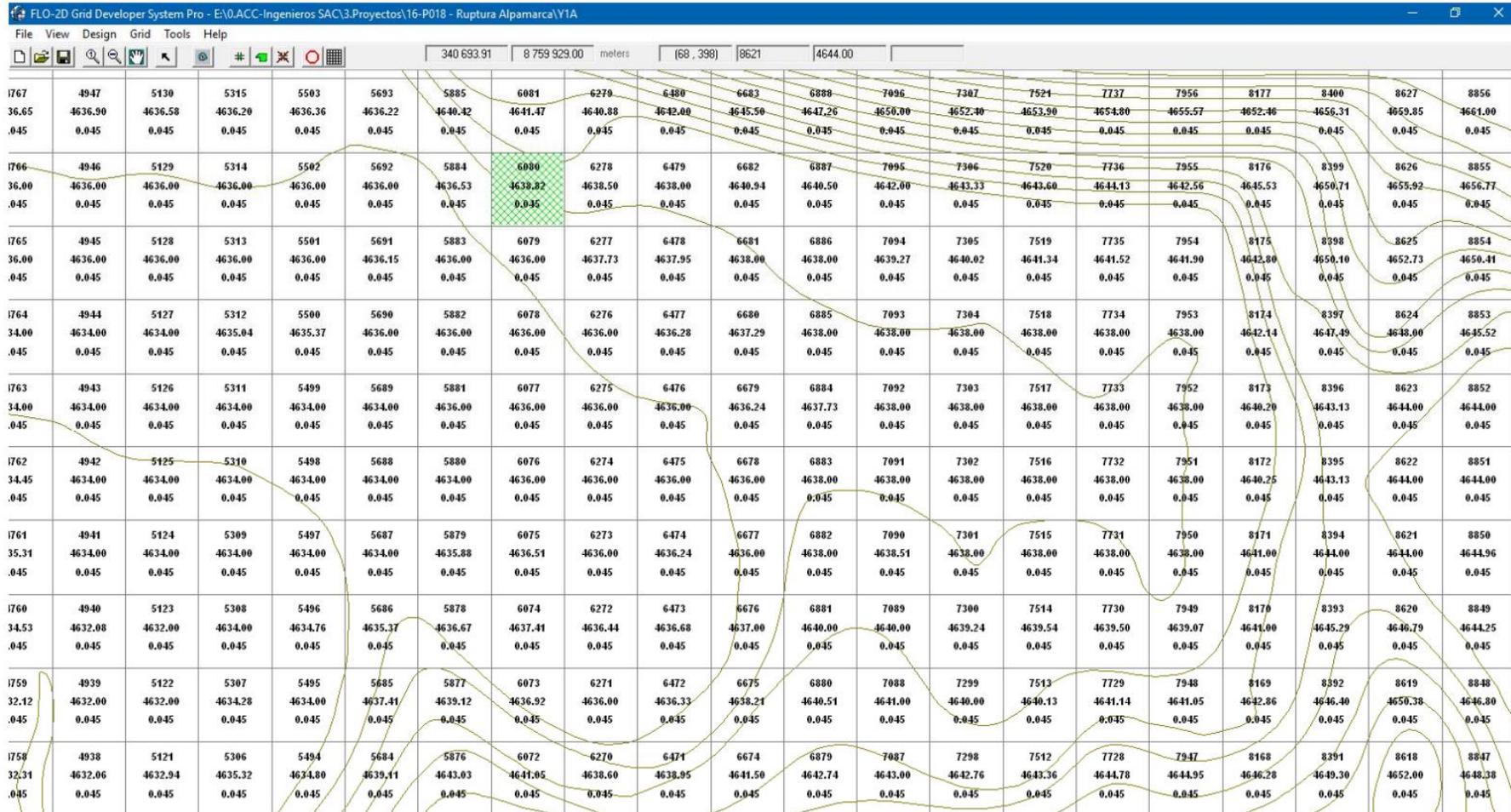


Figura N° 34. Topografía y dominio computacional



Tirantes máximos (Escenario Y1B)

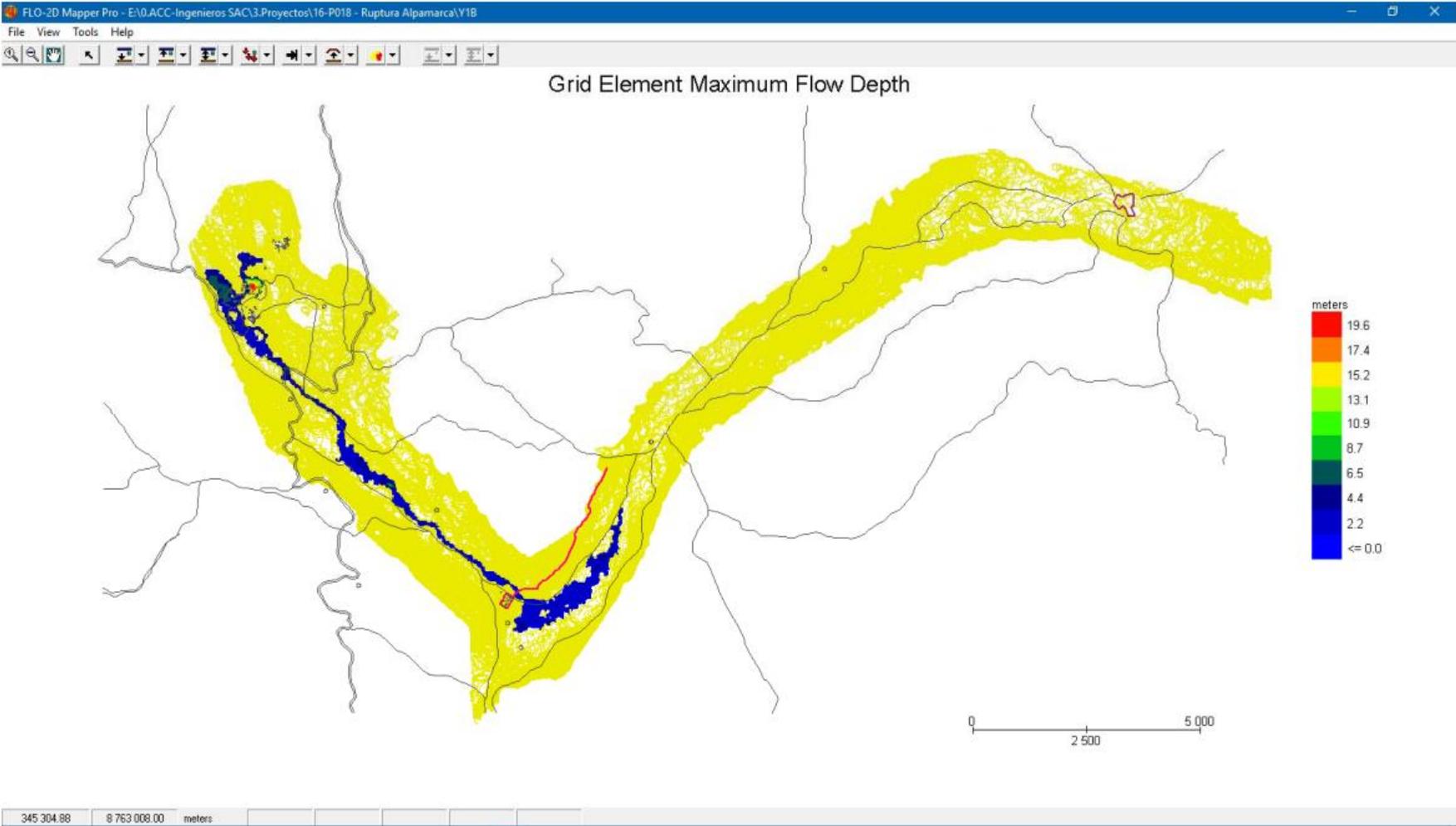


Figura N° 35. Tirantes máximos (Escenario Y1B) (*Velocidades máximas (Escenario Y1B)*)

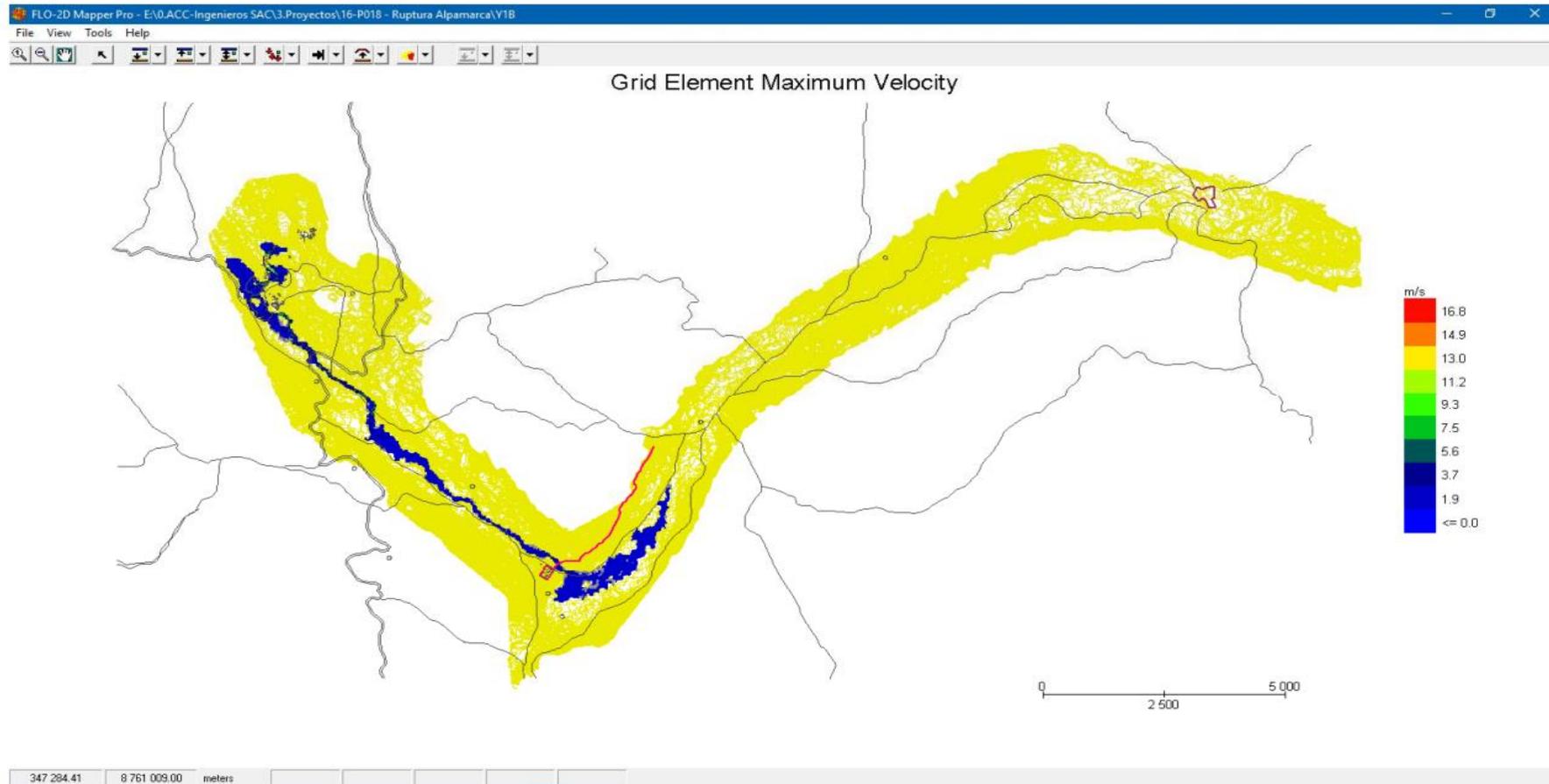


Figura N° 36. Velocidades máximas (Escenario Y1B)

Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y1B)

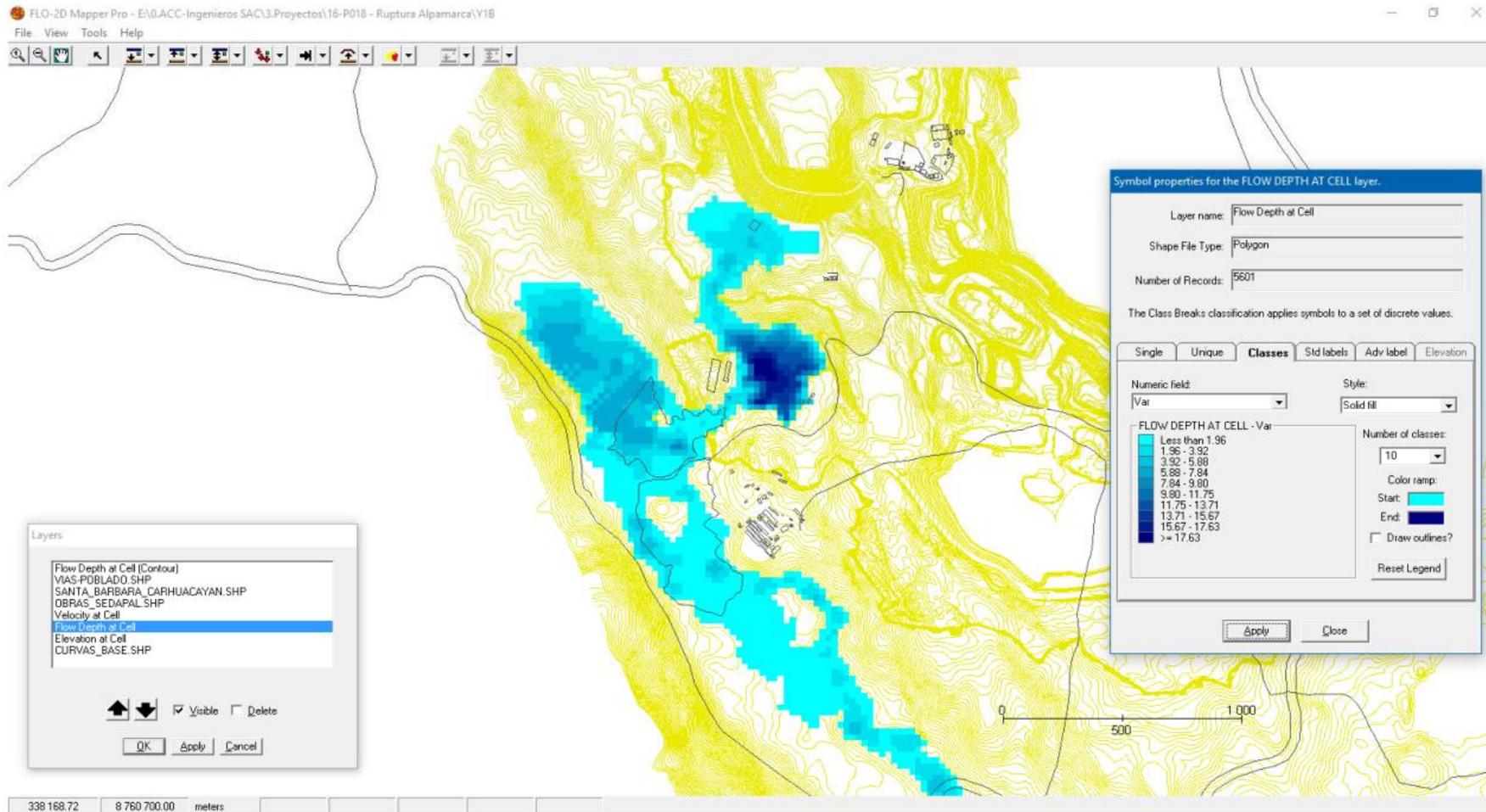


Figura N° 37. Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y1B)

Tirantes máximos (Escenario Y2B)

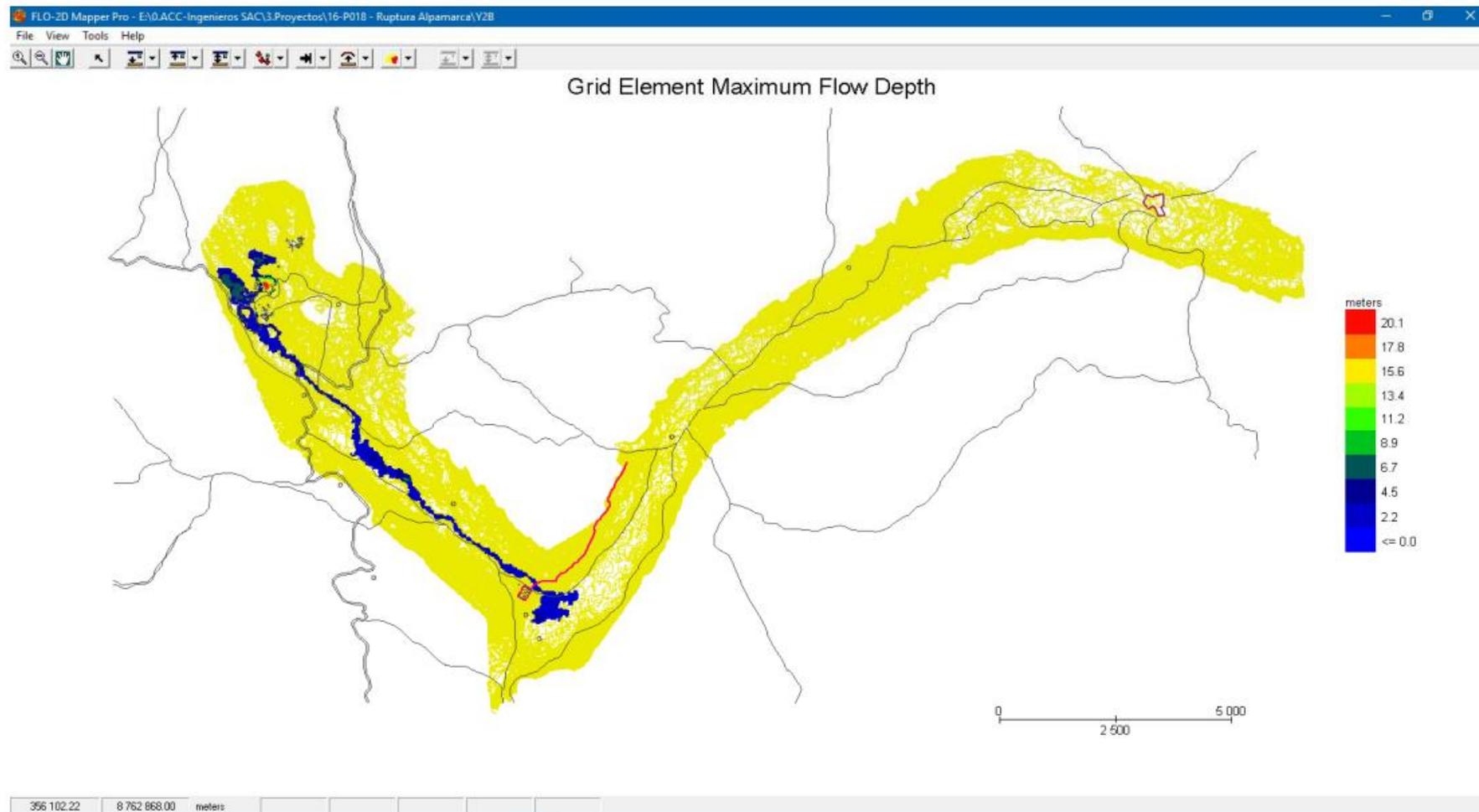


Figura N° 38, Tirantes máximos (Escenario Y2B)

Velocidades máximas (Escenario Y2B)

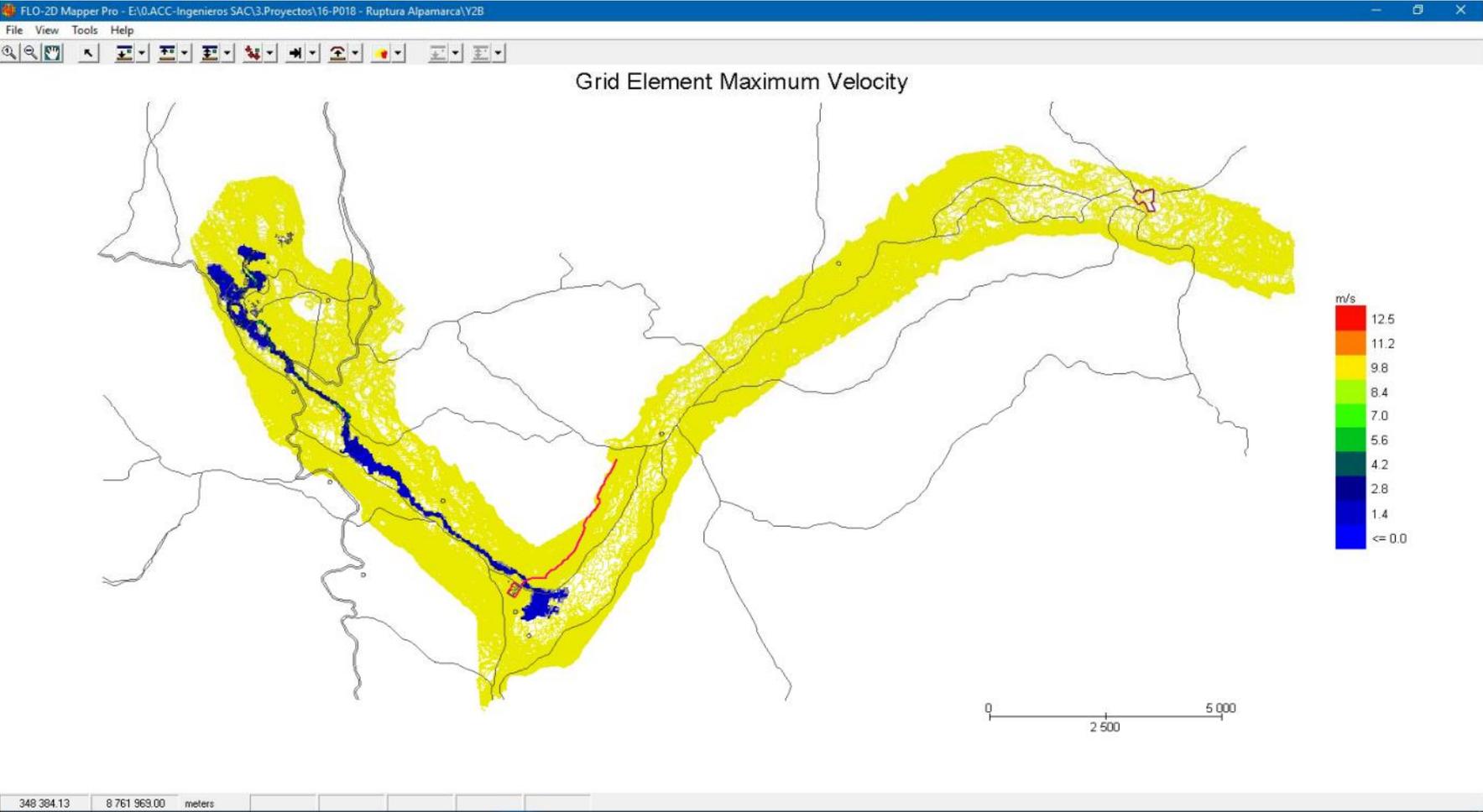


Figura N° 39. Velocidades máximas (Escenario Y2B)

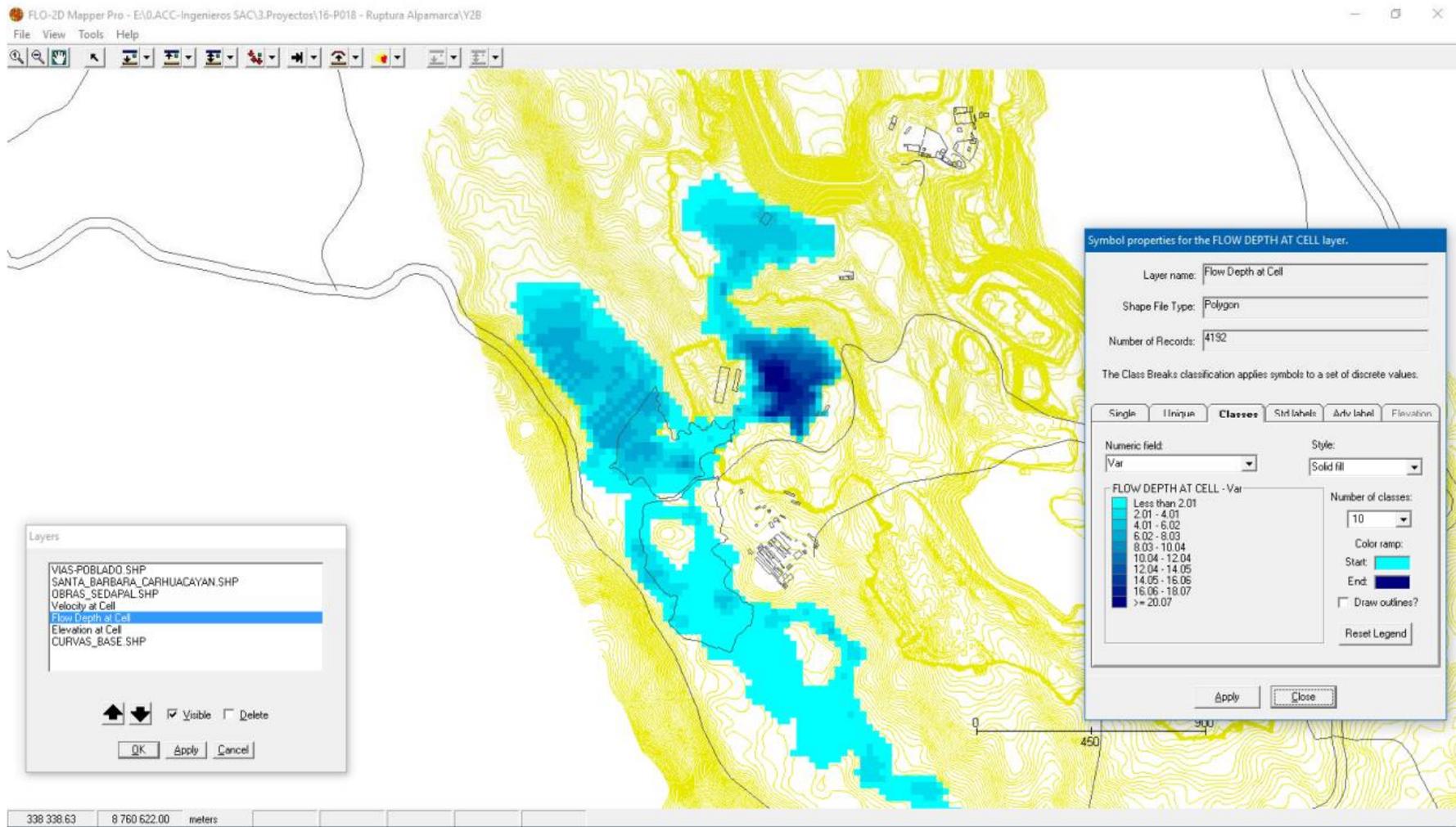


Figura N° 40. Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y2B)

Tirantes máximos (Escenario Y3C)

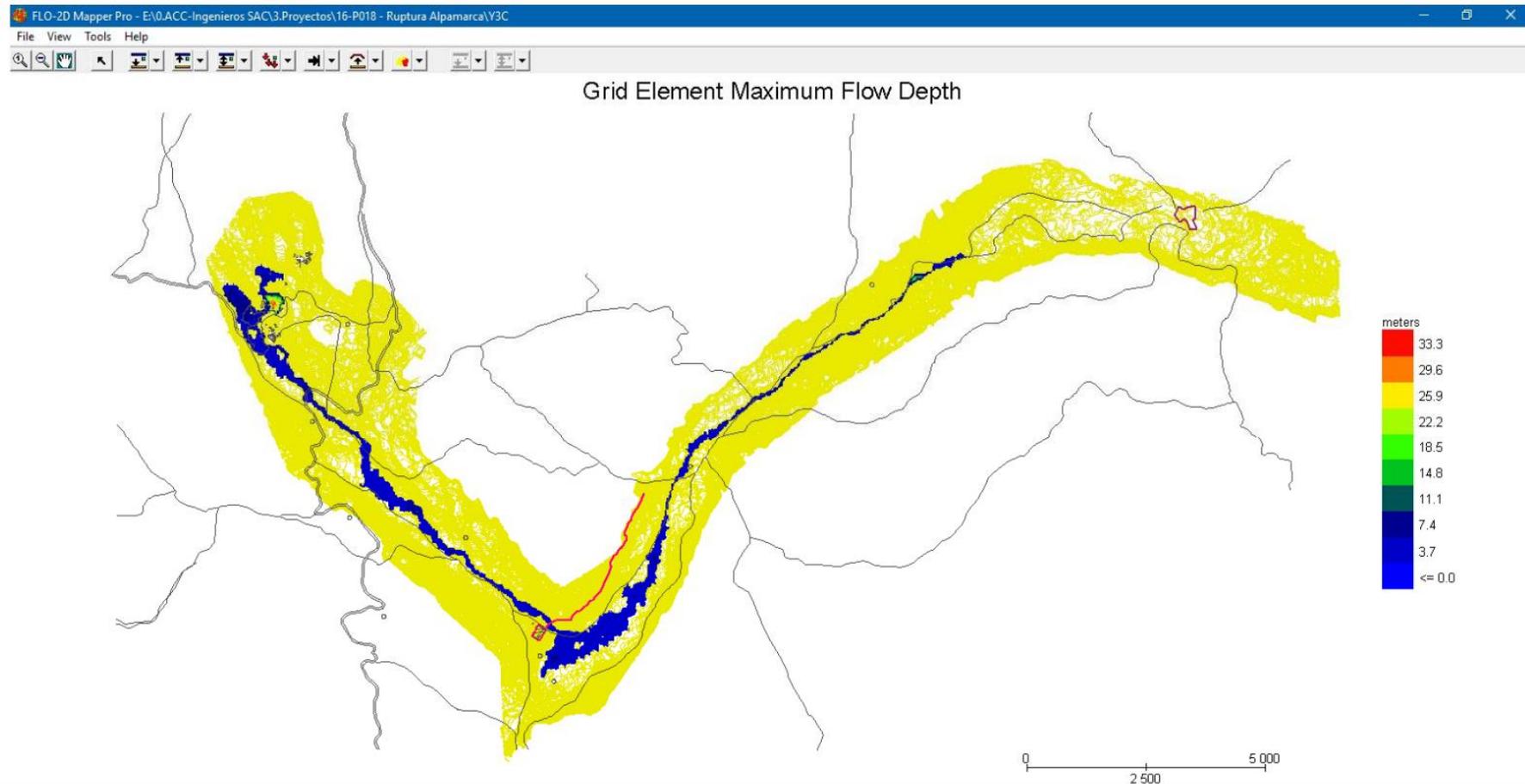


Figura N° 41. Tirantes máximos (Escenario Y3C)

Velocidades máximas (Escenario Y3C)

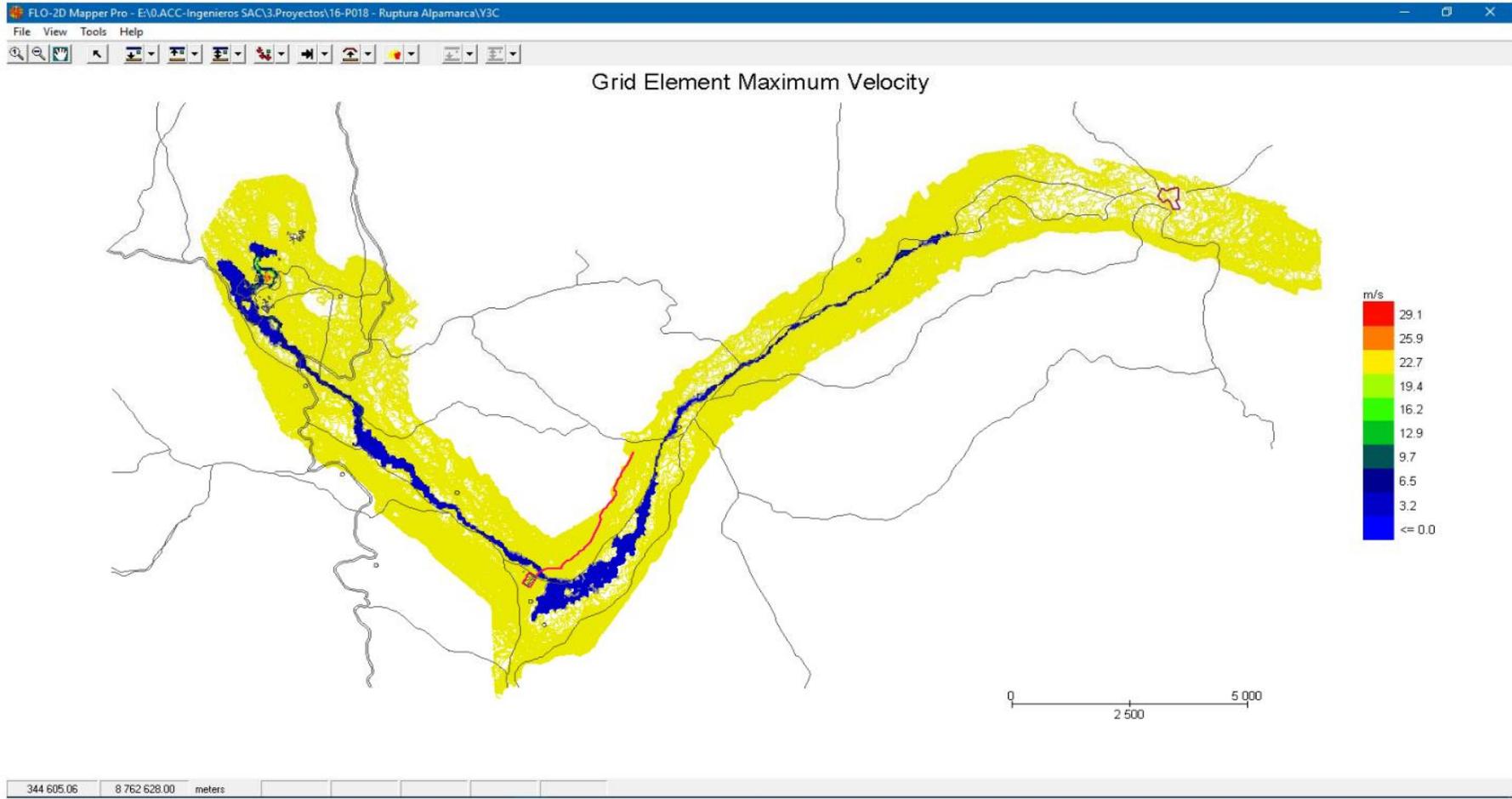


Figura N° 42. Velocidades máximas (Escenario Y3C)

Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y3C)

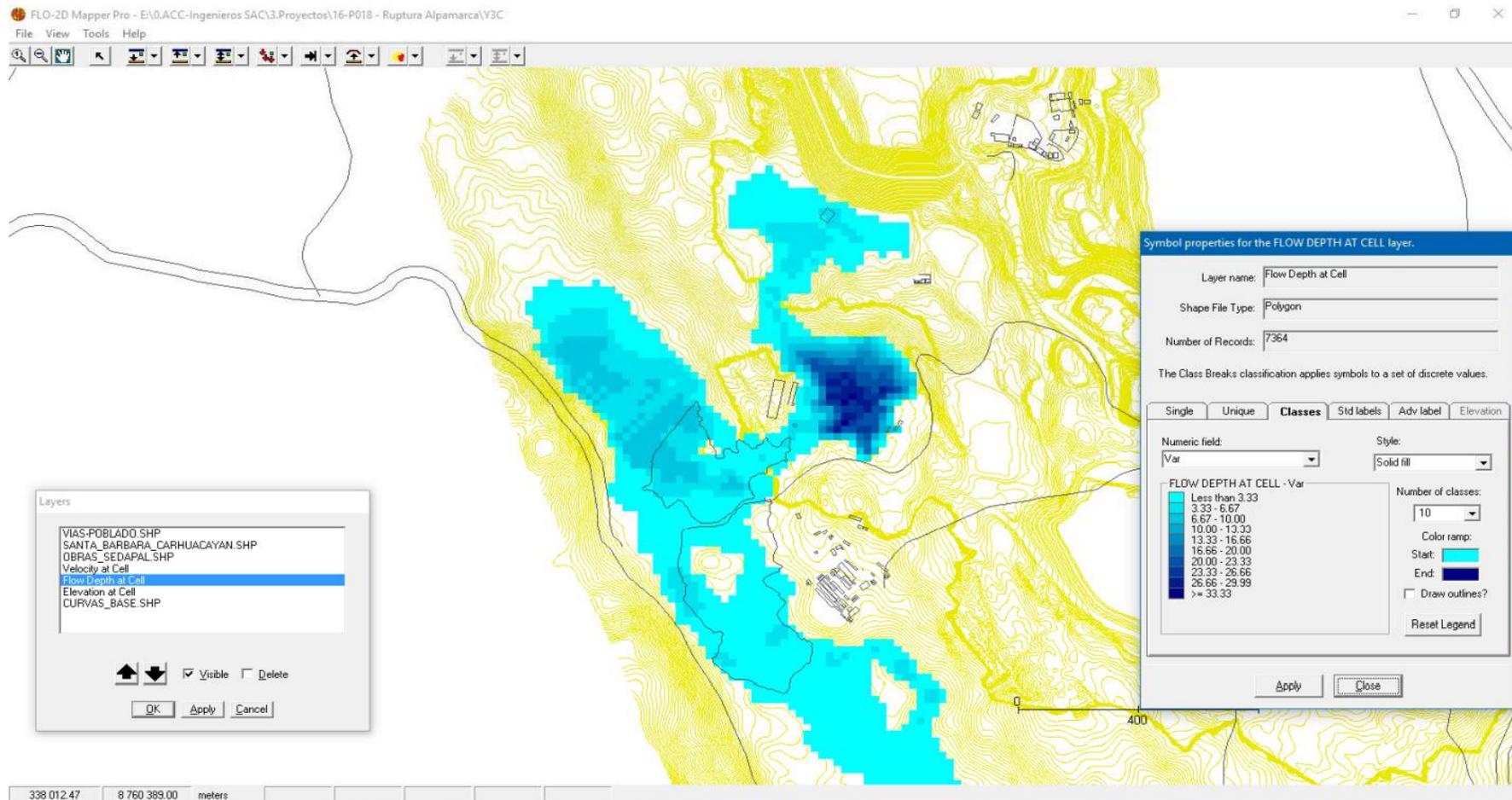


Figura N° 43. Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y3C)

Tirantes máximos (Escenario Y4C)

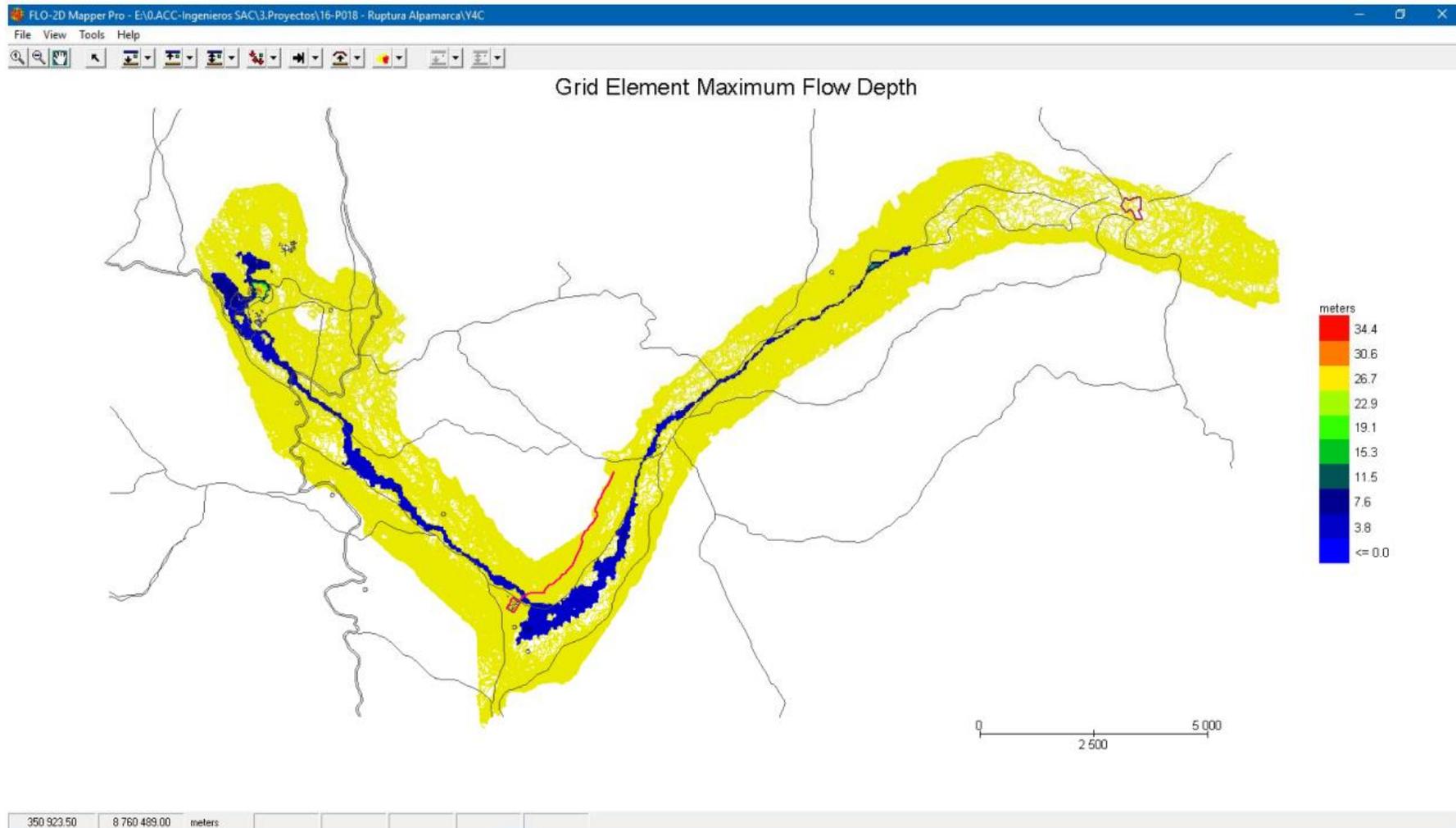


Figura N° 44. Tirantes máximos (Escenario Y4C) (Velocidades máximas (Escenario Y4C))

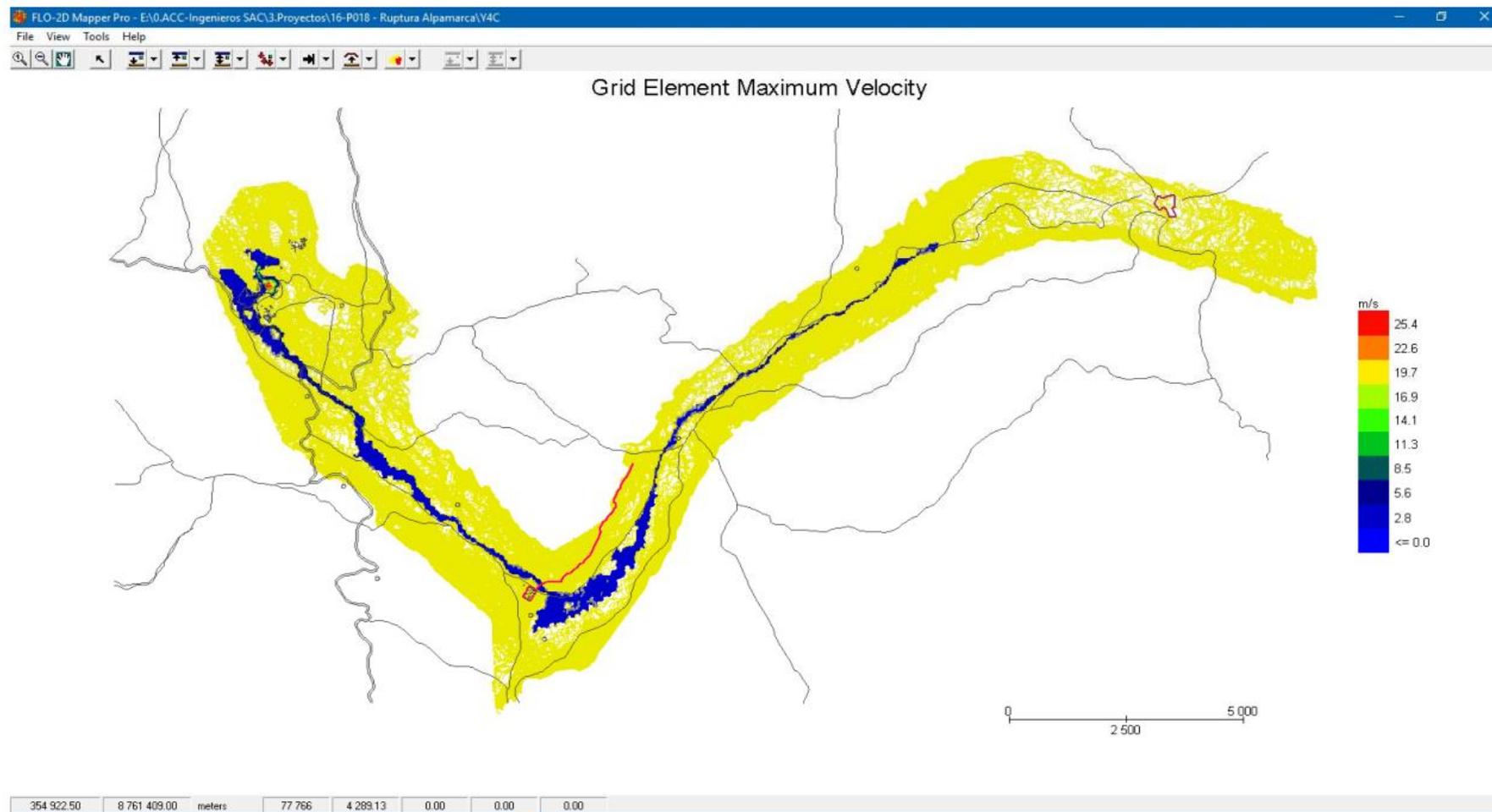


Figura N° 45. Velocidades máximas (Escenario Y4C)

Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y4C)

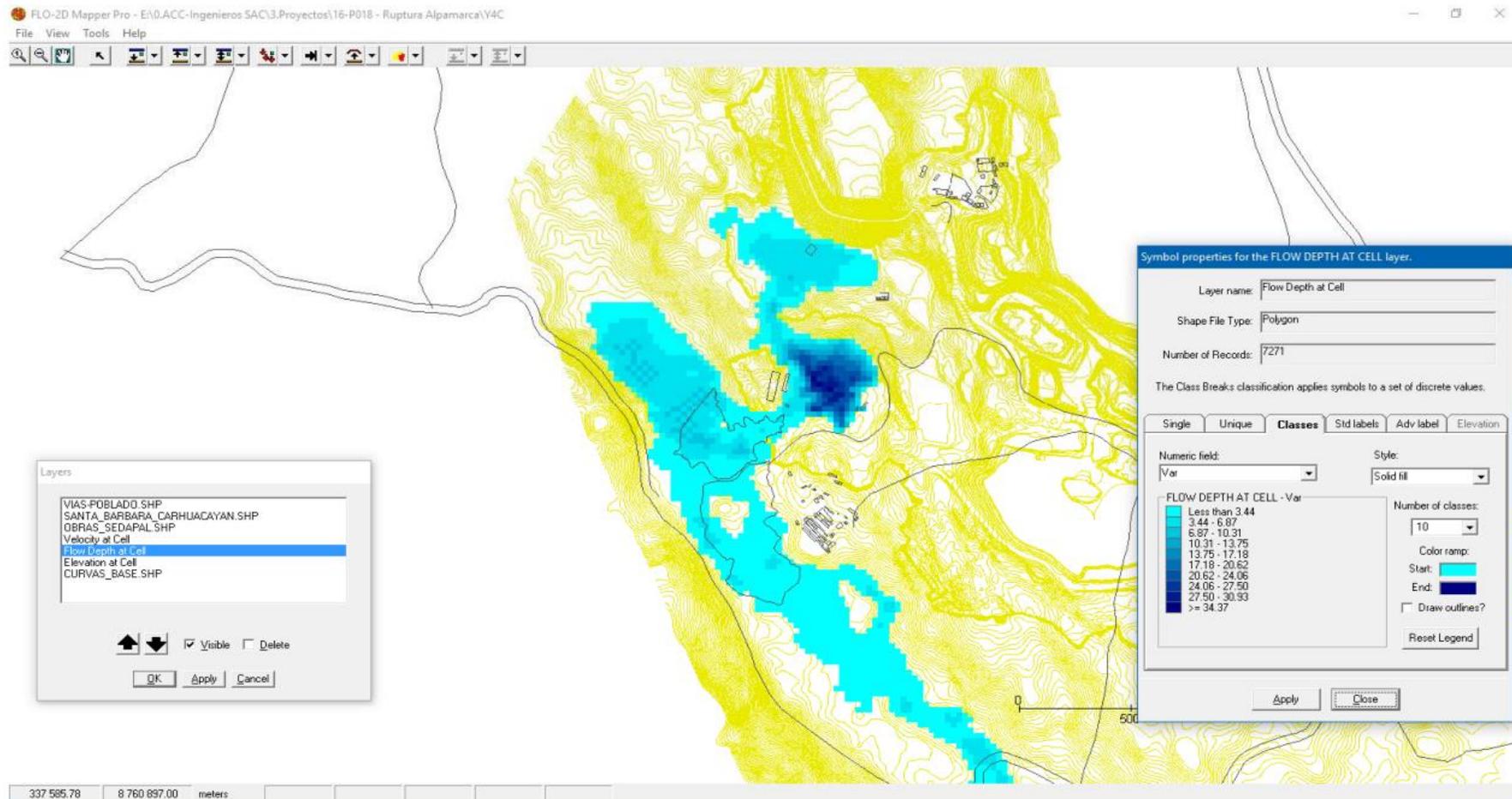


Figura N° 46. Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y4C)

Tirantes máximos (Escenario Y5A)

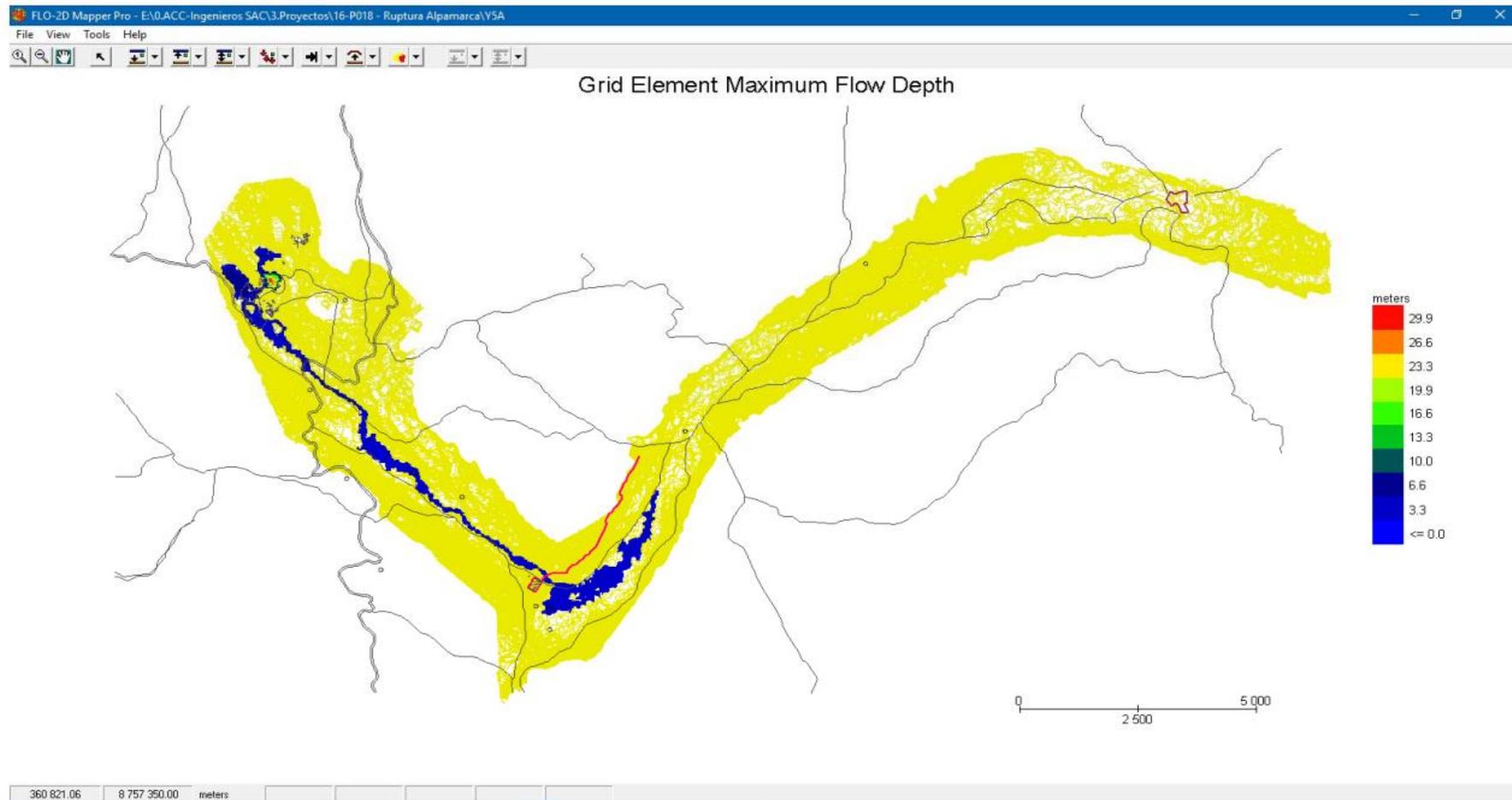


Figura N° 47. Tirantes máximos (Escenario Y5A)

Velocidades máximas (Escenario Y5A)

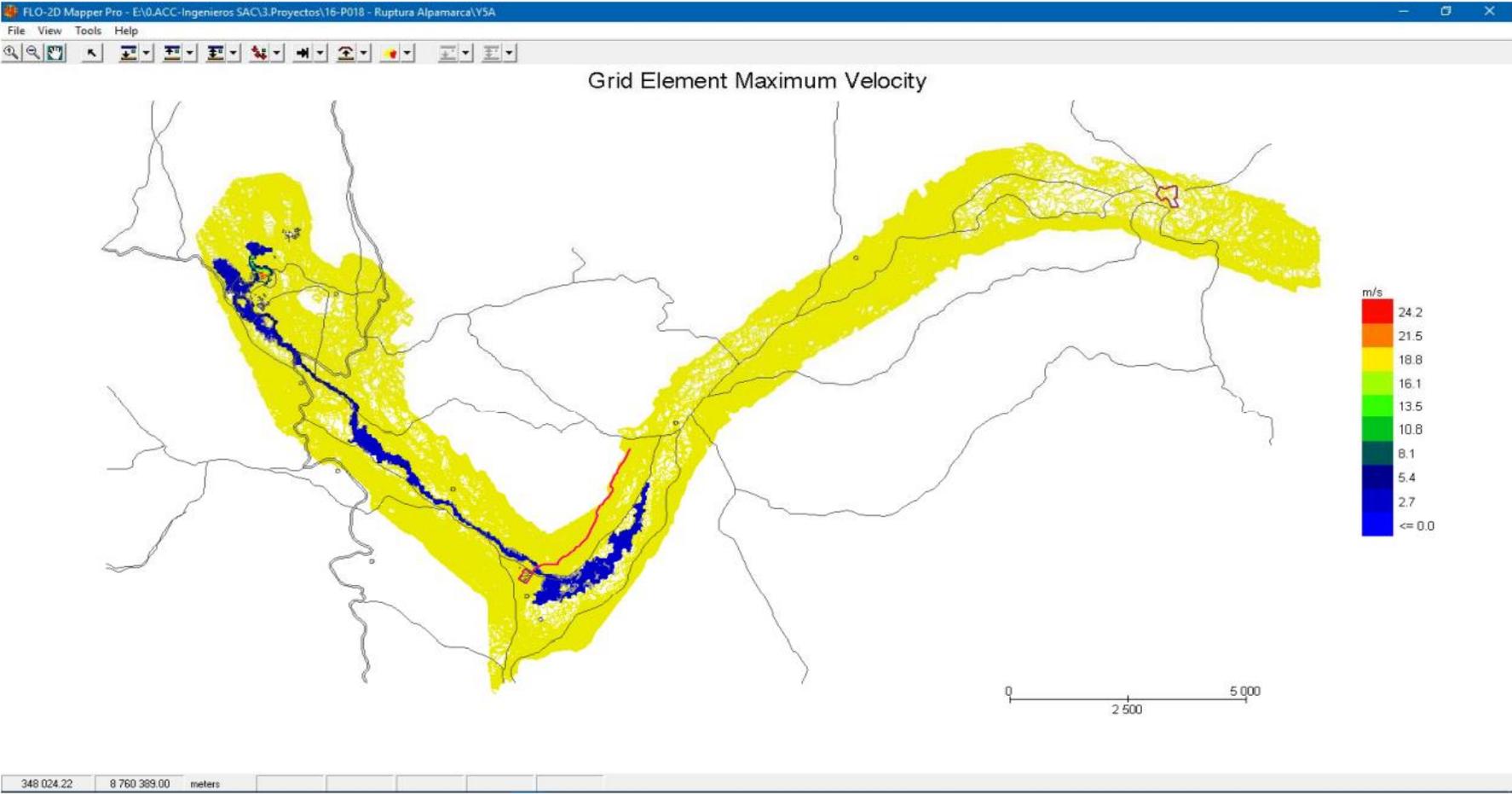


Figura N° 48. Velocidades máximas (Escenario Y5A)

Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y5A)

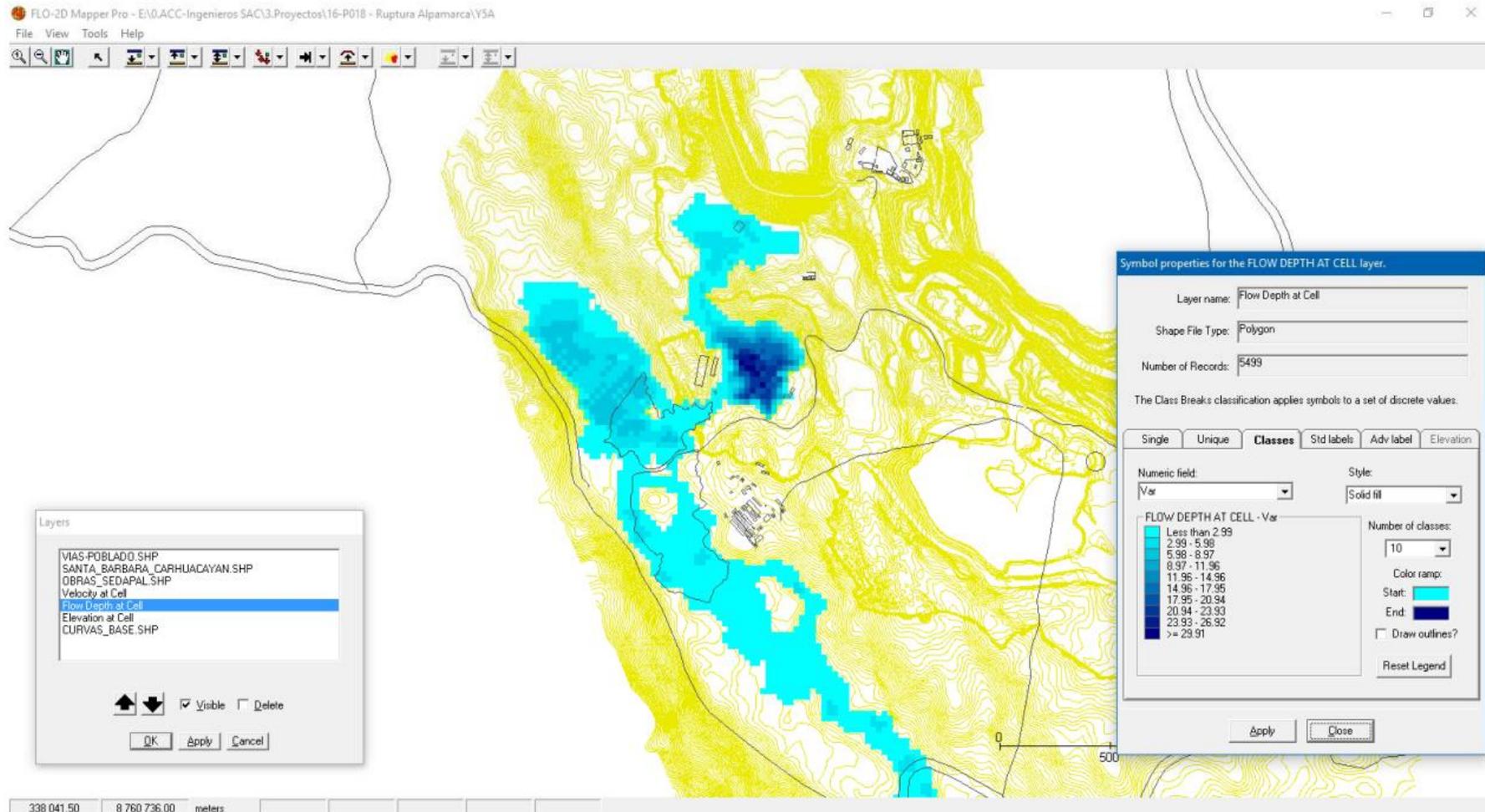


Figura N° 49. Zona de dique y depósito de relaves (Escenario Y5A)

Tirantes máximos (Escenario Y6A)

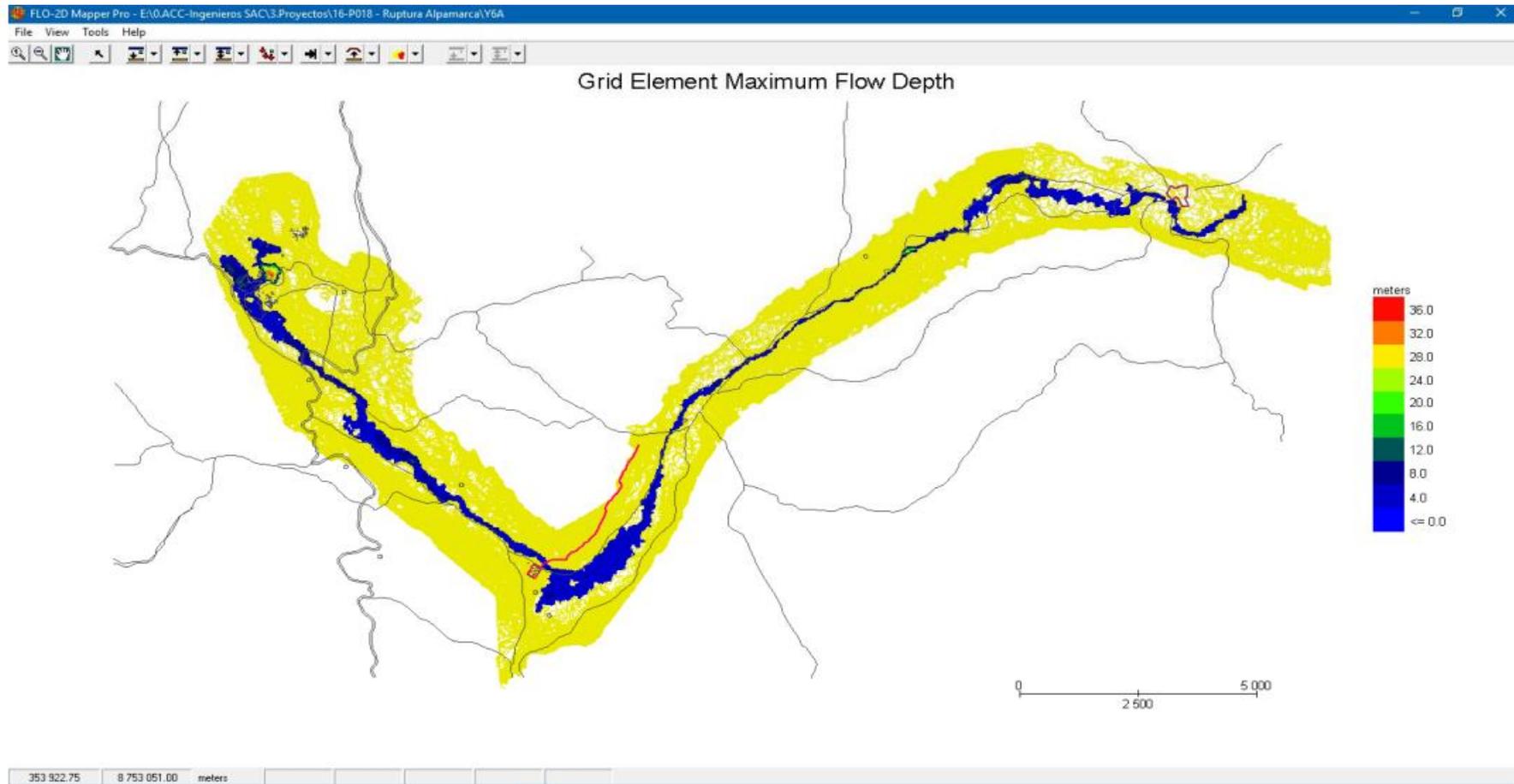


Figura N° 50. Tirantes máximos (Escenario Y6A)

Velocidades máximas (Escenario Y6A)

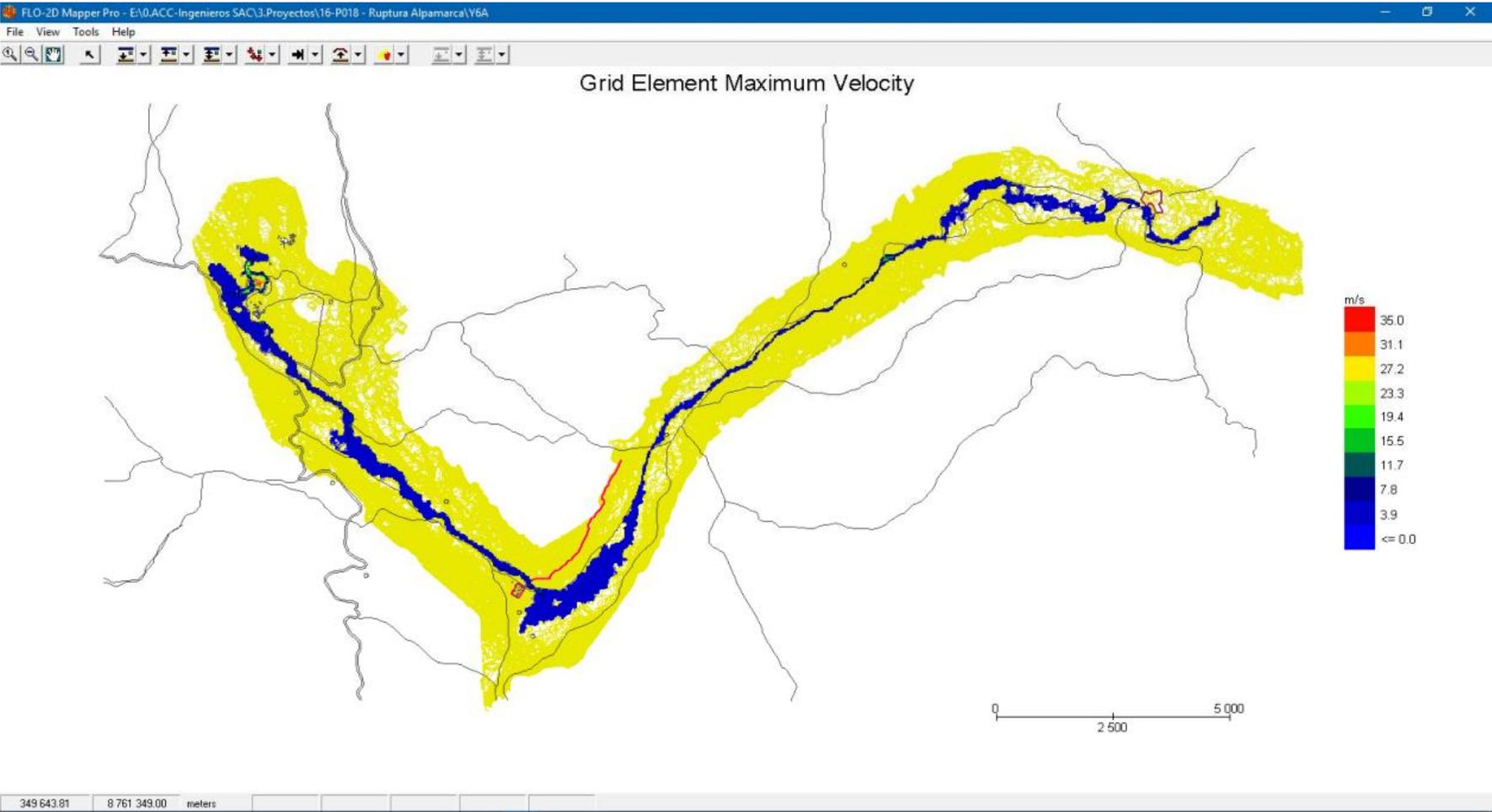


Figura N° 51. Velocidades máximas (Escenario Y6A)

Zona poblado de Santa Bárbara de Carhuacayan (Escenario Y6A)

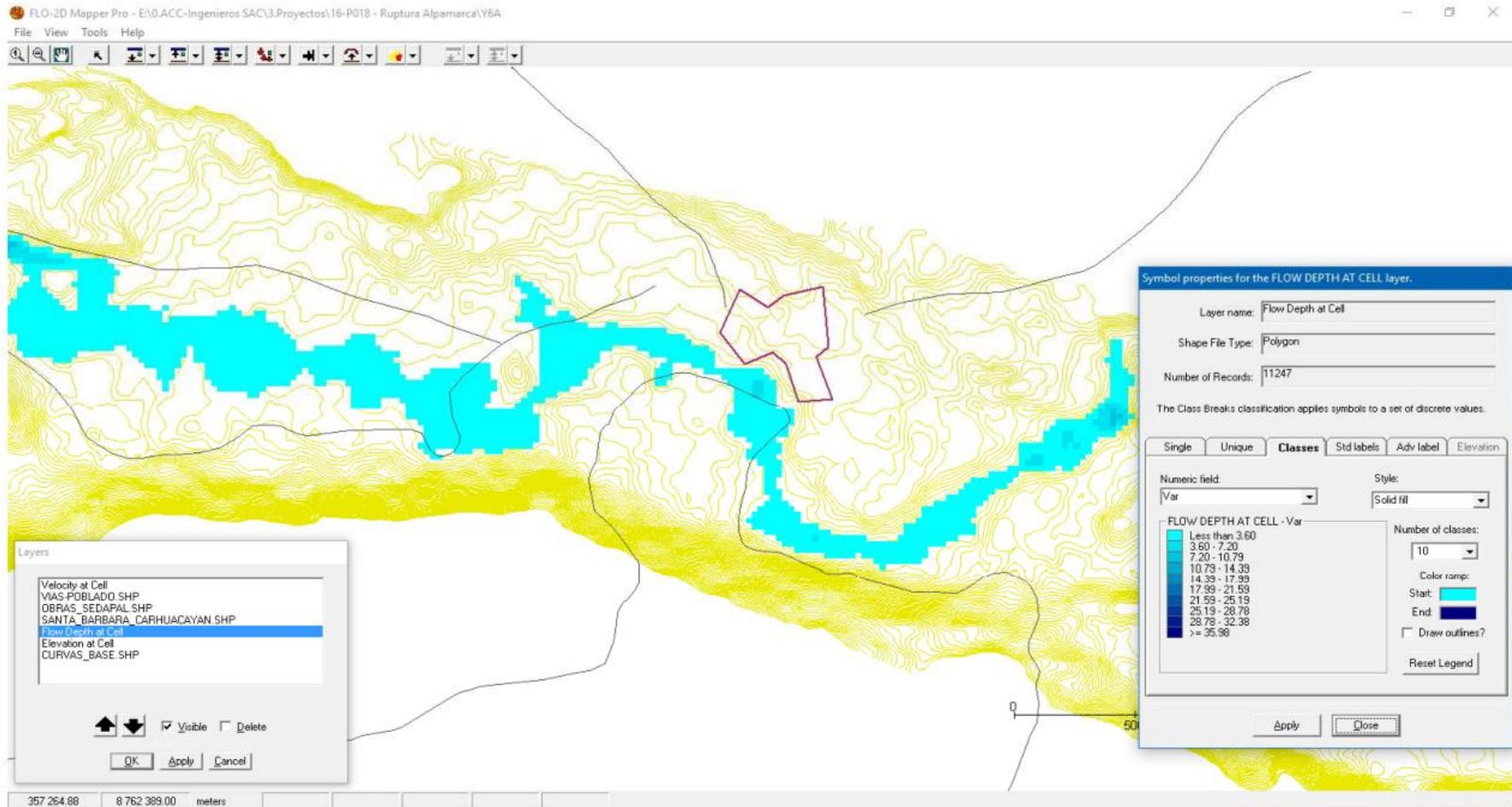


Figura N° 52. Zona poblado de Santa Bárbara de Carhuacayan (Escenario Y6A)

Tirantes máximos (Escenario Y7C)

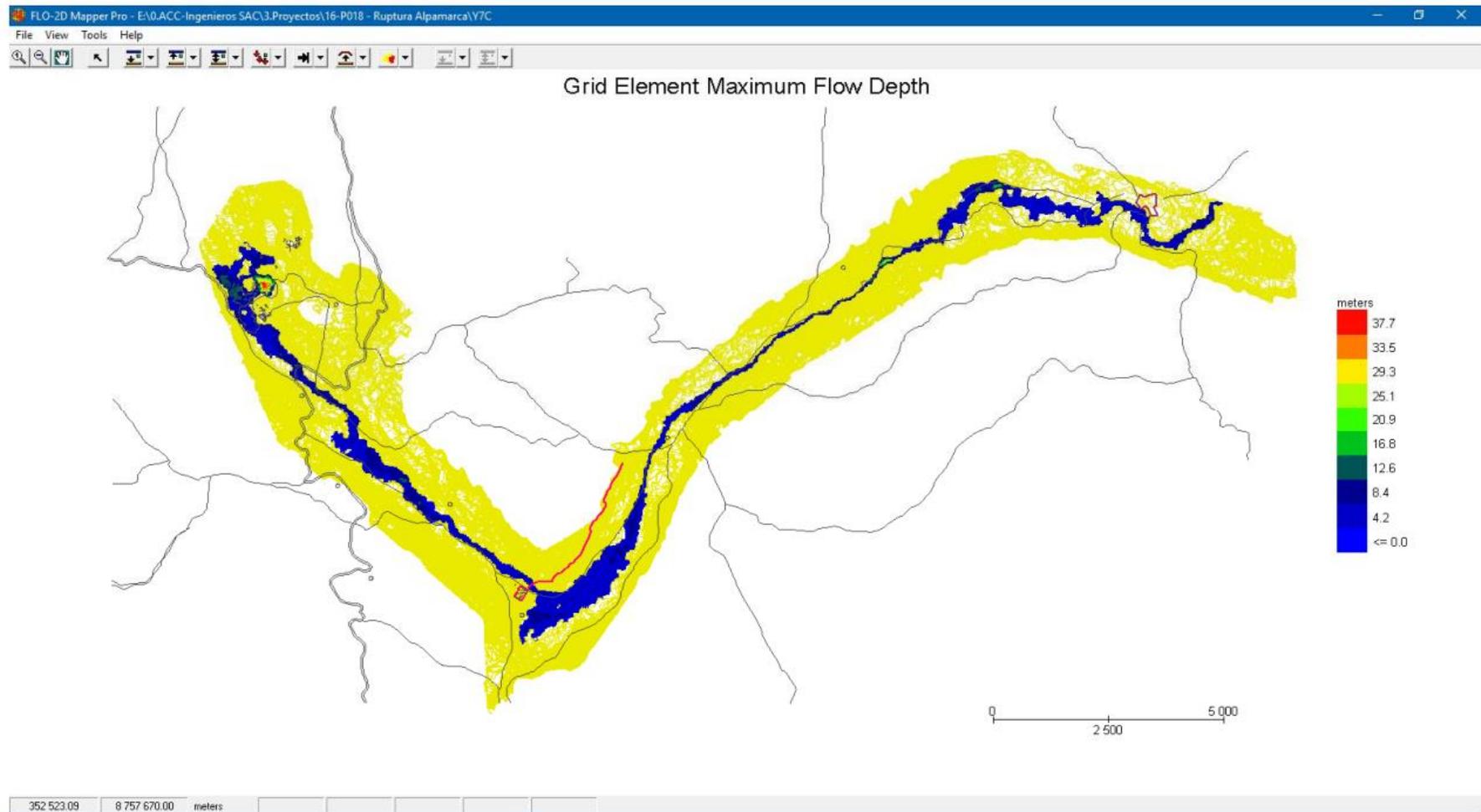


Figura N° 53. Tirantes máximos (Escenario Y7C)

Velocidades máximas (Escenario Y7C)

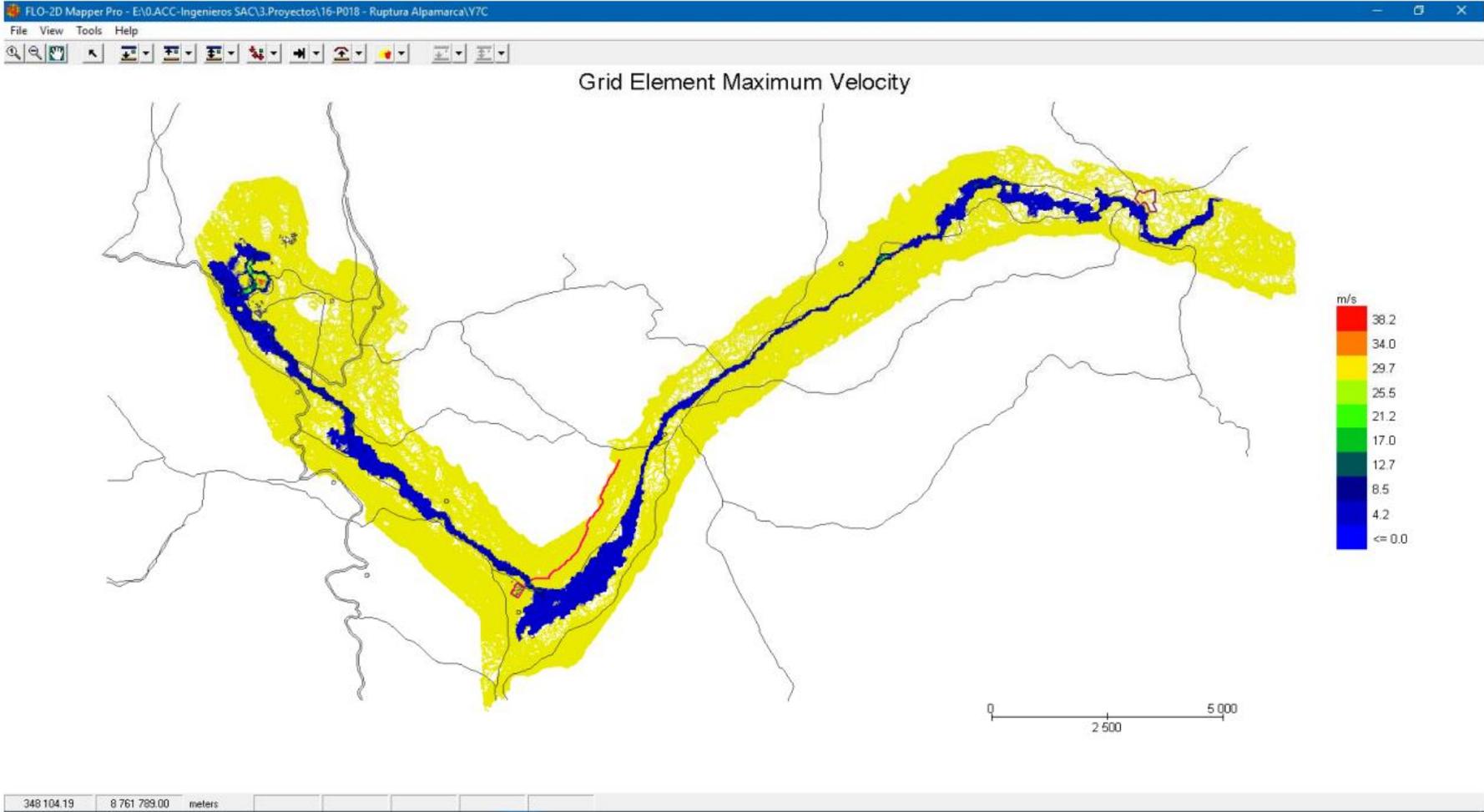


Figura N° 54. Velocidades máximas (Escenario Y7C)

Zona poblado de Santa Bárbara de Carhuacayan (Escenario Y7C)

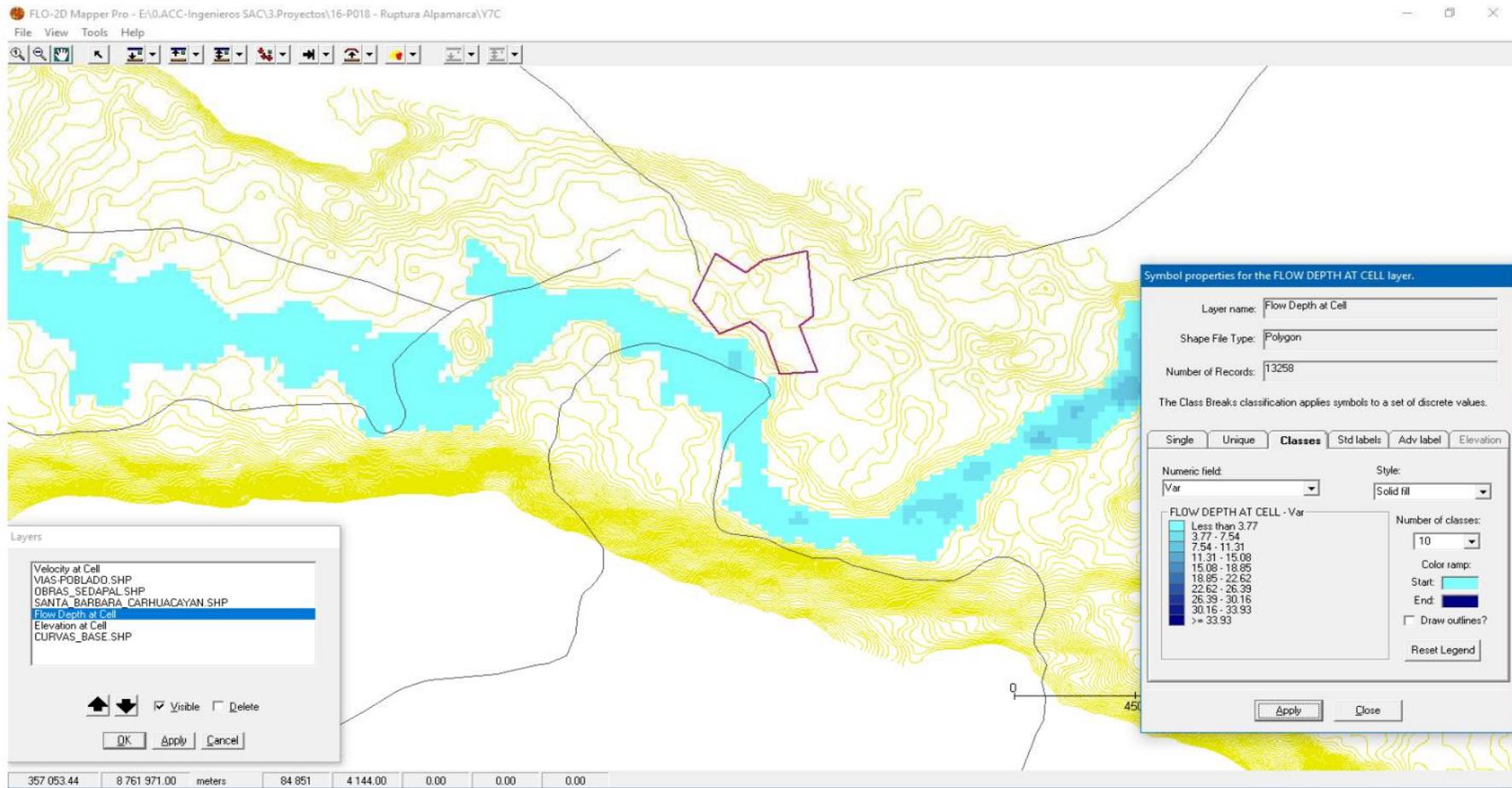


Figura N° 55. Zona poblado de Santa Bárbara de Carhuacayan (Escenario Y7C)

Tirantes máximos (Escenario Y8C)

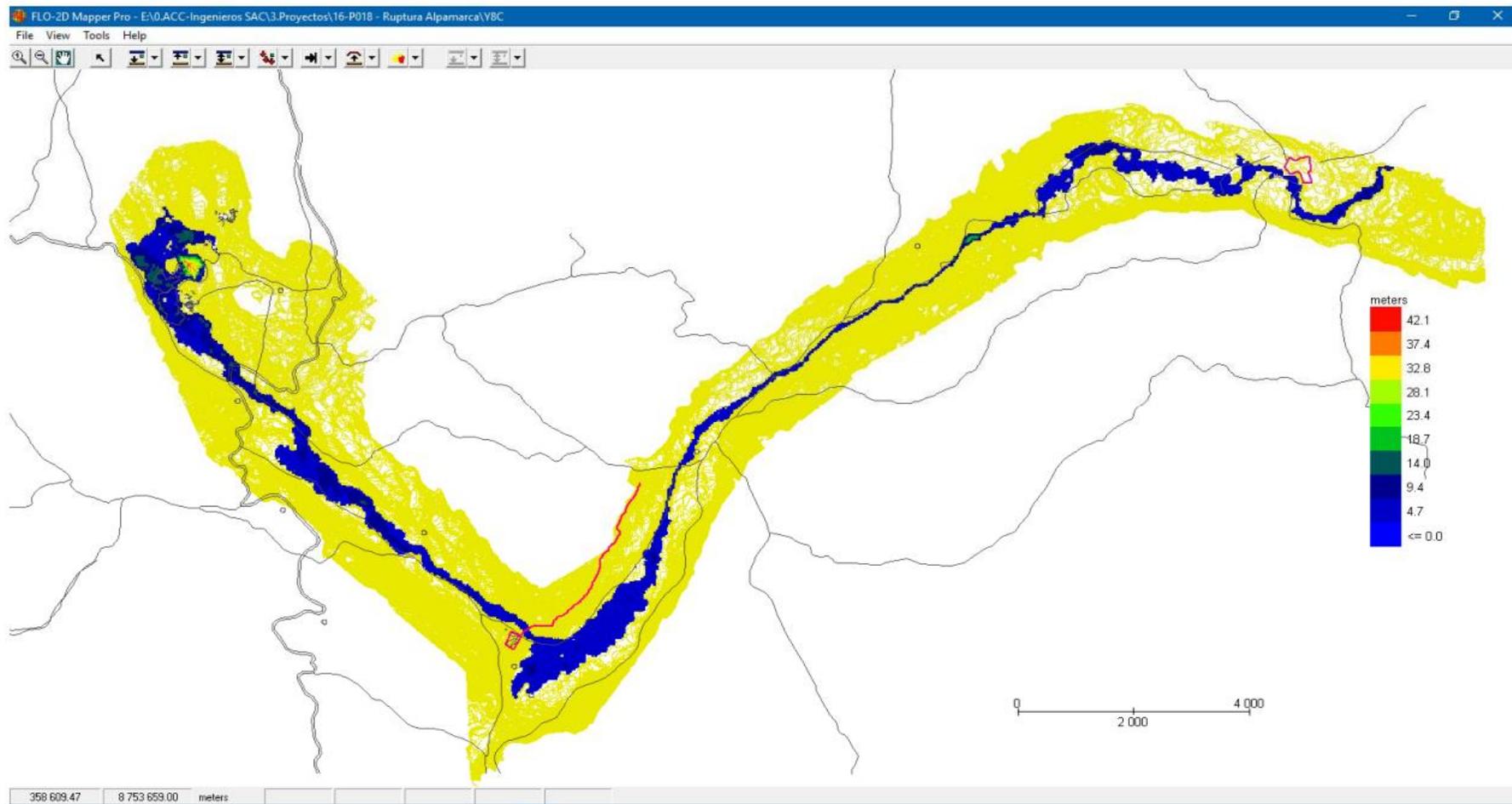


Figura N° 56. Tirantes máximos (Escenario Y8C)

Velocidades máximas (Escenario Y8C)

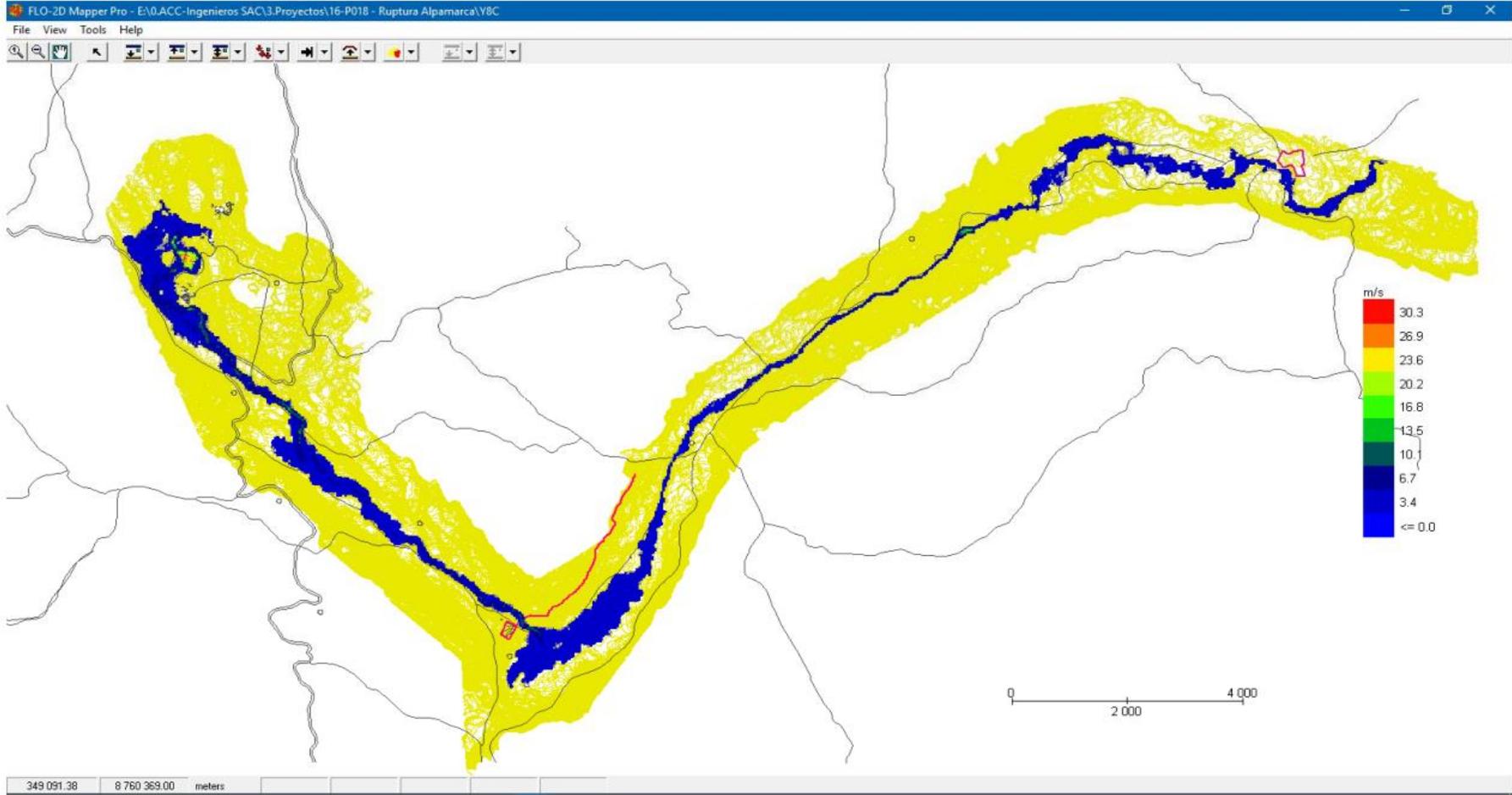


Figura N° 57. Velocidades máximas (Escenario Y8C)

Zona poblado de Santa Bárbara de Carhuacayan (Escenario Y8C)

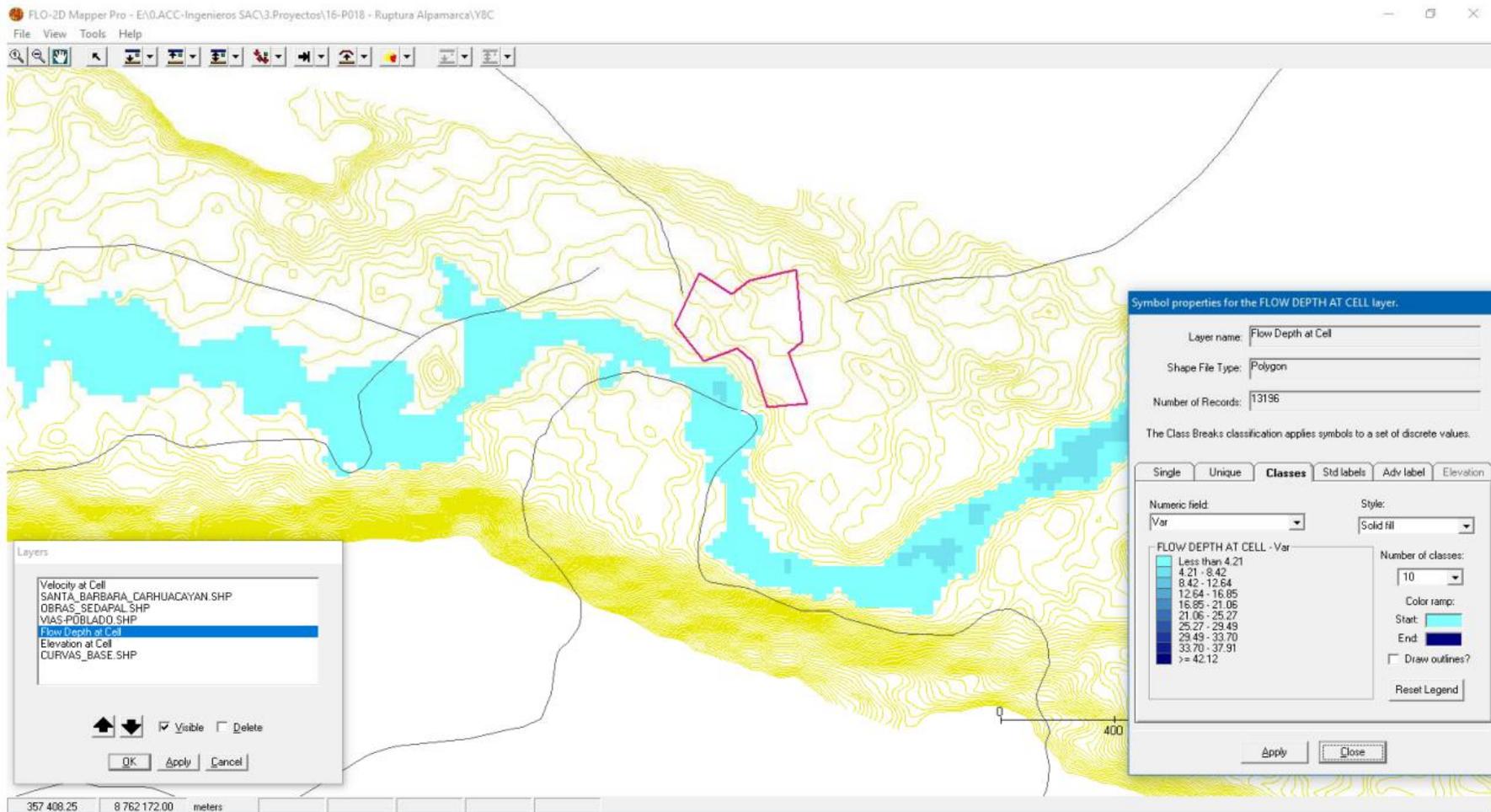


Figura N° 58. Zona poblado de Santa Bárbara de Carhuacayan (Escenario Y8C)

4.4. Discusión de Resultados

En el Cuadro N°57 se muestra el resumen para 08 escenarios críticos.

Cuadro N° 57. escenarios críticos

Código	Modo de falla	Etap a	Volumen descargado relave	Cabecera aportante	Aporte de laguna Aguascoc ha	Cv	Reología	n
Y1B	Desbordamiento	III	40%	TR=10 000 años	Sí	0.3 5	Muestra Aspen Mine Fill	0.04 5
Y2B	Desbordamiento	III	40%	TR=10 000 años	Sí	0.3 5	Muestra Glenwood 4	0.04 5
Y3C	Desbordamiento	III	60%	TR=10 000 años	Sí	0.3 6	Muestra Aspen Mine fill	0.04 5
Y4C	Desbordamiento	III	60%	TR=10 000 años	Sí	0.3 6	Muestra Glenwood 4	0.04 5
Y5A	Erosión y tubificación	III	40%	No influye	Sí	0.4 0	Muestra Aspen Mine Fill	0.04 5

Y6A	Erosión y tubificación	X	40%	No influye	Sí	0.40	Muestra Aspen Mine Fill	0.045
Y7C	Erosión y tubificación	X	60%	No influye	Sí	0.40	Muestra Aspen Mine fill	0.045
Y8C	Erosión y tubificación	X	60%	No influye	Sí	0.40	Muestra Glenwood 4	0.045

Análisis e interpretación de los resultados

ESCENARIO Y1B

Cuadro N° 58. Resumen de resultados (Escenario Y1B)

Sector de evaluación	Parámetro del flujo de relave	Interpretación
Longitud de recorrido del flujo de relave	15,3 Km aguas abajo de la presa	El flujo no atraviesa el sector del poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán.
Área máxima de inundación (tirantes > 0,15 m)	2,87 Km ²	
Tirante máximo almacenado en Laguna Aguascocha	6,3 m	Producto de la ruptura del depósito de relaves, parte

		del relave interviene en la laguna Aguascocha.
Velocidades máximas en el sector de relaveras antiguas	Ingreso = 8,1 m/2 Salida = 4,4 m/s	Las velocidades son erosivas y afectan a las relaveras antiguas
Tirante máximo sobre el sector de relaveras antiguas	6,3 m	
Cruce de Sifón	Tirante máximo = 1,13 m Velocidad máxima = 2,36 m/s	Como parte de las obras de sedapal, el sifón es intervenido en el cruce con la quebrada.
Cauce del Poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán	No afecta	

Mayor detalle ver Figuras N° 35, N° 36 y N° 37.

ESCENARIO Y2B

Cuadro N° 59. Resumen de resultados (Escenario Y2B)

Sector de evaluación	Parámetro del flujo de relave	Interpretación
Longitud de recorrido del flujo de relave	12,8 Km aguas abajo de la presa	El flujo no atraviesa el sector del poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán.

Área máxima de inundación (tirantes > 0,15 m)	2,05 Km ²	
Tirante máximo almacenado en Laguna Aguascocha	6,1 m	Producto de la ruptura del depósito de relaves, parte del relave interviene en la laguna Aguascocha.
Velocidades máximas en el sector de relaveras antiguas	Ingreso = 3,65 m/2 Salida = 3,14 m/s	Las velocidades son erosivas y afectan a las relaveras antiguas
Tirante máximo sobre el sector de relaveras antiguas	8,3 m	
Cruce de Sifón	Tirante máximo = 0,93 m Velocidad máxima = 1,85 m/s	Como parte de las obras de sedapal, el sifón es intervenido en el cruce con la quebrada.
Cauce del Poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán	No afecta	

Mayor detalle ver Figuras N° 38, N° 39 y N° 40.

ESCENARIO Y3C

Cuadro N° 60. Resumen de resultados (Escenario Y3C)

Sector de evaluación	Parámetro del flujo de relave	Interpretación
----------------------	-------------------------------	----------------

Longitud de recorrido del flujo de relave	24,5 Km aguas abajo de la presa	El flujo no atraviesa el sector del poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán.
Área máxima de inundación (tirantes > 0,15 m)	3,89 Km ²	
Tirante máximo almacenado en Laguna Aguascocha	7,3 m	Producto de la ruptura del depósito de relaves, parte del relave interviene en la laguna Aguascocha.
Velocidades máximas en el sector de relaveras antiguas	Ingreso = 13,9 m/s Salida = 5,0 m/s	Las velocidades son erosivas y afectan a las relaveras antiguas
Tirante máximo sobre el sector de relaveras antiguas	9,2 m	
Cruce de Sifón	Tirante máximo = 1,65 m Velocidad máxima = 3,83 m/s	Como parte de las obras de sedapal, el sifón es intervenido en el cruce con la quebrada.
Cauce del Poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán	No afecta	

Mayor detalle ver Figuras N° 41, N° 42 y N° 43.

ESCENARIO Y4C

Cuadro N° 61. Resumen de resultados (Escenario Y4C)

Sector de evaluación	Parámetro del flujo de relave	Interpretación
Longitud de recorrido del flujo de relave	24,2 Km aguas abajo de la presa	El flujo no atraviesa el sector del poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán.
Área máxima de inundación (tirantes > 0,15 m)	3,76 Km ²	
Tirante máximo almacenado en Laguna Aguascocha	7,0 m	Producto de la ruptura del depósito de relaves, parte del relave interviene en la laguna Aguascocha.
Velocidades máximas en el sector de relaveras antiguas	Ingreso = 6,5 m/2 = 4,9 m/s Salida	Las velocidades son erosivas y afectan a las relaveras antiguas
Tirante máximo sobre el sector de relaveras antiguas	9,1 m	
Cruce de Sifón	Tirante máximo = 1,4 m Velocidad máxima = 3,2 m/s	Como parte de las obras de sedapal, el sifón es intervenido en el cruce con la quebrada.

Cauce del Poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán	No afecta	
---	-----------	--

Mayor detalle ver Figuras N° 44, N° 45 y N° 46.

ESCENARIO Y5A

Cuadro N° 62. Resumen de resultados (Escenario Y5A)

Sector de evaluación	Parámetro del flujo de relave	Interpretación
Longitud de recorrido del flujo de relave	15,8 Km aguas abajo de la presa	El flujo no atraviesa el sector del poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán.
Área máxima de inundación (tirantes > 0,15 m)	2,53 Km ²	
Tirante máximo almacenado en Laguna Aguascocha	6,4 m	Producto de la ruptura del depósito de relaves, parte del relave interviene en la laguna Aguascocha.
Velocidades máximas en el sector de relaveras antiguas	Ingreso = 4,87 m/2 Salida = 3,1 m/s	Las velocidades son erosivas y afectan a las relaveras antiguas

Tirante máximo sobre el sector de relaveras antiguas	8,2 m	
Cruce de Sifón	Tirante máximo = 0,9 m Velocidad máxima = 1,8 m/s	Como parte de las obras de sedapal, el sifón es intervenido en el cruce con la quebrada.
Cauce del Poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán	No afecta	

MAYOR DETALLE VER FIGURAS N° 47, N° 48 Y N° 49.

ESCENARIO Y6A

Cuadro N° 63. Resumen de resultados (Escenario Y6A)

Sector de evaluación	Parámetro del flujo de relave	Interpretación
Longitud de recorrido del flujo de relave	32,6 Km aguas abajo de la presa	El flujo atraviesa el sector del poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán.
Área máxima de inundación (tirantes > 0,15 m)	6,17 Km ²	
Tirante máximo almacenado en Laguna Aguascocha	8,1 m	Producto de la ruptura del depósito de relaves, parte del relave interviene en la laguna Aguascocha.

Velocidades máximas en el sector de relaveras antiguas	Ingreso = 20 m/2 = 4,8 m/s	Salida	Las velocidades son erosivas y afectan a las relaveras antiguas
Tirante máximo sobre el sector de relaveras antiguas	10,5 m		
Cruce de Sifón	Tirante máximo = 3,57 m Velocidad máxima = 7,1 m/s		Como parte de las obras de sedapal, el sifón es intervenido en el cruce con la quebrada.
Cauce del Poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán	Tirante máximo = 4,2 m Velocidad máxima = 0,77 m/s		El flujo de relave llega disminuido al sector del pueblo con velocidades bajas. El flujo no llega a intervenir o desbordar sobre el pueblo.

Mayor detalle ver Figuras N° 50, N° 51 y N° 52.

ESCENARIO Y7C

Cuadro N° 64. Resumen de resultados (Escenario Y7C)

Sector de evaluación	Parámetro del flujo de relave	Interpretación
Longitud de recorrido del flujo de relave	32,6 Km aguas abajo de la presa	El flujo atraviesa el sector del poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán.

Área máxima de inundación (tirantes > 0,15 m)	7,50 Km ²	
Tirante máximo almacenado en Laguna Aguascocha	12 m	Producto de la ruptura del depósito de relaves, parte del relave interviene en la laguna Aguascocha.
Velocidades máximas en el sector de relaveras antiguas	Ingreso = 16 m/2 = 6,0 m/s	Salida Las velocidades son erosivas y afectan a las relaveras antiguas
Tirante máximo sobre el sector de relaveras antiguas	9,4 m	
Cruce de Sifón	Tirante máximo = 4,22 m Velocidad máxima = 8,22 m/s	Como parte de las obras de sedapal, el sifón es intervenido en el cruce con la quebrada.
Cauce del Poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán	Tirante máximo = 4,90 m Velocidad máxima = 1,3 m/s	El flujo de relave llega disminuido al sector del pueblo con velocidades bajas. El flujo no llega a intervenir o desbordar sobre el pueblo.

Mayor detalle ver Figuras N° 53, N° 54 y N° 55.

ESCENARIO Y8C

Cuadro N° 65. Resumen de resultados (Escenario Y8C)

Sector de evaluación	Parámetro del flujo de relave	Interpretación
Longitud de recorrido del flujo de relave	32,6 Km aguas abajo de la presa	El flujo atraviesa el sector del poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán.
Área máxima de inundación (tirantes > 0,15 m)	7,36 Km ²	
Tirante máximo almacenado en Laguna Aguascocha	11 m	Producto de la ruptura del depósito de relaves, parte del relave interviene en la laguna Aguascocha.
Velocidades máximas en el sector de relaveras antiguas	Ingreso = 10 m/2 = 5 m/s Salida	Las velocidades son erosivas y afectan a las relaveras antiguas
Tirante máximo sobre el sector de relaveras antiguas	11 m	
Cruce de Sifón	Tirante máximo = 4,34 m Velocidad máxima = 7,6 m/s	Como parte de las obras de sedapal, el sifón es intervenido en el cruce con la quebrada.

Cauce del Poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán	Tirante máximo = 4,30 m Velocidad máxima = 0,76 m/s	El flujo de relave llega disminuido al sector del pueblo con velocidades bajas. El flujo no llega a intervenir o desbordar sobre el pueblo.
---	--	--

Mayor detalle ver Figuras N° 56, N° 57 y N° 58.

CONCLUSIONES

- Los volúmenes descargados a un 40% de relave para la Etapa III y Etapa X son de 1,406 y 4,179 MMC respectivamente.
- El tránsito del flujo de relave para la Etapa III alcanza los 15,8 Km aguas debajo de la presa.
- El tránsito del flujo para la Etapa X alcanza 32,6 Km aguas abajo de la presa. El relave llega disminuido a la altura del poblado de Santa Bárbara de Carhuacayan con velocidades menores a 0,77 m/s y tirante máximo de 4,2 m.
- El tiempo de llegada del flujo de relave a Santa Bárbara de Carhuacayán es de 64 horas luego de iniciado la ruptura del dique del depósito de residuos mineros Alpamarca.
- Para todos los escenarios efectuados, el flujo de relave afecta a la laguna de Aguascocha. El volumen líquido almacenado (aprox. 1 119 064 m³) dentro de la laguna llega a aportar y sumar al tránsito aguas abajo.
- El tiempo de retraso de la ruptura de la laguna Aguascocha es a 0,5 horas de iniciado la ruptura del dique del depósito de residuos mineros o relaves.
- El tirante máximo de relave depositado que entra a la laguna Aguascocha es de 8 m aproximadamente.
- Para la etapa III, los desmontes antiguos colocados a pie de la laguna Aguascocha son afectados por velocidades erosivas del orden de 4,87 m/s a 3,10 m/s.
- Para la etapa X, los desmontes antiguos colocados a pie de la laguna Aguascocha son afectados por velocidades erosivas del orden de 20 m/s a 4,8 m/s.
- Una variación en las características reológicas (principalmente la viscosidad dinámica) del relave, puede disminuir el recorrido aguas abajo del flujo. Por

ejemplo, para la Etapa III con un relave mucho más viscoso se reduce el desarrollo del flujo de 15,8 Km a 12,8 Km.

- Un incremento en el volumen descargado del relave de 40% a 60% implica un mayor volumen de tránsito. Por ejemplo, para la Etapa III el área de inundación se incrementa en un 20% y el recorrido del flujo de 15,3 Km a 24,5 Km.
- Es escenario extremo analizado en el presente informe, corresponde a la Etapa final X con un volumen de relave descargado del 60%, el flujo del relave llega a bordear el poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán con una velocidad máxima de 1,3 m/s y tirante máximo del cauce de 4,9 m.

RECOMENDACIONES

- Se tiene un sector aguas abajo de la presa que debe permanecer como área libre y señalizada, que permita un primer acumulamiento del flujo de relave en el orden de los 2 MMC. El área en planta aproximada es de 12 Ha.
- La presencia de los relaves depositados antiguos (realvera antigua) ubicada aguas debajo de la presa Alpamarca, aledaña a la laguna Aguascocha, implica un mayor riesgo y aporte al flujo de relave. Se debe considerar la protección y encapsulamiento de dicho depósito de relaves. Una altura de protección mínima debe ser de 10 m, o alternativamente su remoción total.
- El dique de tierra de la laguna Aguascocha debe de ser evaluada desde un punto de vista de la estabilidad y la propuesta de cambio a un muro de suelo reforzado o concreto armado.
- Para el caso de cruces con carretera a 2 Km hacia aguas abajo del dique de la presa, se propone el cruce mediante alcantarillas Super Span con una mayor capacidad hidráulica. La rasante mínima del tablero debe estar por encima de los 8 m.
- Respecto a las instalaciones de SEDAPAL (derivación Huacacocha), el cruce con Sifón debe comprender una obra de protección que cubra la tubería del sifón. La altura de protección mínima debe ser de 4 m.
- Aguas abajo de la presa, antes de la zona de intersección con la quebrada Casacancha, se tienen áreas libres y planas que pueden aportar con una segunda retención del flujo de relave. Dichas áreas deben permanecer libres para tal fin.
- Protección del cauce en las cercanías del poblado de Santa Barbara de Carhuacayan. Se propone un dimensionado de muro de protección sobre la margen izquierda de 4,5 m de altura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castillo, L. y Castillo I. (2019). Generación de mapas de peligro producido por la simulación del vertido de relaves de la rotura de la presa N° 4 en el distrito de Carmen de Atrato en el departamento de Chocó – Colombia.
- Pierce, M. y Thornton C. (2010). Predicting Peak Outflow from Breached Embankment Dams. Journal of Hydrologic Engineering - J HYDROL ENG. 15. 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000197.
- O'Brien, J.S. and P.Y. Julien. 1985. Physical processes of hyper concentrated sediment flows. Proc. of the ASCE Specialty Conf. on the Delineation of Landslides, Floods, and Debris Flow Hazards in Utah. Utah Water Research Laboratory, Series UWRL/g-85/03, 260-279.
- Oyola, V. (2016) “Propuesta para modelación numérica de rotura de una presa de tierra de contención de relaves convencionales.” (tesis de grado en ingeniería civil) Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- ICOLD (2001) “Bulletin 101: Tailings Dams Risk of Dangerous Occurrences.”
- Oyola, F. y Víctor D. (2016)” Propuesta para la modelación numérica de rotura de una presa de tierra de contención de relaves convencionales.
- Guarniz, C. (2018)” Comparación de los modelos hidráulicos unidimensional (HEC-RAS) y bidimensional (IBER) en el análisis de rotura en presas de materiales sueltos; y aplicación a la presa Palo Redondo.
- Salazar, S. (2018)” Estabilidad Física de la Presa de Relaves para el Nivel de Crecimiento Hasta la Cota 4,320 M.S.N.M. Utilizando Relave Cicloneado.
- O'Brien, J. (2009) FLO-2d Software, Inc. “FLO-2D Handout: Hazard Maps”. Versión 2009. Arizona, Estados Unidos
- FLO-2D Software, Inc. (2009) Flo-2D Reference Manual, Arizona, pp. 14-20.

- O'Brien J.S, P.Y Julien and W.T. Fullerton. 1993. Two dimensional water flood and mud flood simulation. J. of Hyd. Eng., ASCE, 119(2), pp. 224-259.
- Rico, M. y Benito, G. y Díez Herrero, A. (2007) Floods from tailings dam failures, Journal of Hazardous Materials, pp. 8-14.
- Del Castillo, H. (2016) "Mapas de riesgo de inundación, análisis de daños en vehículos de la avenida del paralelo.
- DOI,https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico_detalle&dp=12&localidad=0168

ANEXOS

I. Matriz de consistencia

ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN-JUNIN				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL		
¿Cuáles son las zonas de riesgo, producto del análisis conceptual de Dam Break mediante la elaboración de mapas de amenaza por inundación de la onda de ruptura del depósito de relaves Alpamarca Santa Bárbara de Carhuacayan - Junín?	Definir las zonas de riesgo, producto del análisis conceptual de Dam Break mediante la elaboración de mapas de amenaza por inundación de la onda de ruptura del depósito de relaves Alpamarca Santa Bárbara de Carhuacayan -Junín.	Tener definido las zonas de riesgo, producto del análisis conceptual de Dam Break mediante la elaboración de mapas de amenaza nos permitirá conocer las áreas de inundación de la ruptura del depósito de relaves Alpamarca Santa Bárbara de Carhuacayan –Junín.	V.I. Dam Break del depósito de Relaves	Tipo de Investigación: Aplicada
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICA		
Problema Especifico 1.- Cuáles serían los posibles escenarios de ruptura de la presa y tránsito del flujo de relave aguas debajo del depósito de relaves Alpamarca. Problema Especifico 2.- Cuál sería el modelo matemático bidimensional FLO-2D para la obtención de tirantes, velocidades, tiempos de tránsito del flujo de relave del depósito de relaves Alpamarca.	Objetivo Especifico 1.- Determinar los posibles escenarios de ruptura de la presa y tránsito del flujo de relave aguas debajo del depósito de relaves Alpamarca. Objetivo Especifico 2.- Determinar el modelo matemático bidimensional FLO-2D para la obtención de tirantes, velocidades, tiempos de tránsito del flujo de relave del depósito de relaves Alpamarca.	Hipótesis Especifico 1.- los posibles escenarios de ruptura de la presa nos permitirá conocer tránsito del flujo de relave aguas debajo del depósito de relaves Alpamarca. Hipótesis Especifico 2.- Al realizar el modelo matemático bidimensional FLO-2D nos permitirá obtener los tirantes, velocidades, tiempos de tránsito del flujo de relave del depósito de relaves Alpamarca.	V.D. Elaboración de mapas de riesgo	Diseño de Investigación : No Experimental

Anexo II Instrumento de Recolección de Datos

SENAMHI
Oficina General de Estadística e Informática



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ESTACION YANTAC / 155121 / DRE-04

LAT. 11° 20' S

DPTO. JUNIN

PARAMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LONG. 76° 24' W

PROV. YAULI

ALT. 4600 msnm

DIST. MARCAPOMACOCHA

ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1969	13.9	21.9	12.7	21.5	12.0	5.5	13.6	12.3	17.3	21.9	13.0	S/D
1970	21.9	17.6	14.0	18.6	7.4	8.0	3.6	2.2	10.7	9.7	8.2	23.2
1971	11.9	25.0	21.1	9.5	3.0	1.0	2.9	1.7	7.4	21.2	10.9	17.6
1972	16.5	19.7	19.1	12.8	2.0	14.0	19.0	2.9	13.7	8.4	16.1	16.7
1973	27.5	17.7	15.3	10.6	14.8	10.1	6.1	6.3	19.6	13.2	8.1	16.7
1974	15.0	35.0	15.1	12.9	1.1	1.8	2.5	17.4	11.4	4.5	5.2	8.0
1975	15.4	29.4	20.0	13.9	29.9	18.9	0.0	15.5	10.9	17.1	21.2	33.4
1976	28.0	23.2	23.5	28.5	10.6	4.2	5.8	3.6	10.1	7.4	7.0	11.2
1977	13.4	13.0	8.6	14.1	10.2	0.0	2.1	0.7	7.3	13.6	15.1	11.7
1978	18.4	17.9	15.0	4.7	2.0	8.5	9.0	27.0	15.8	9.4	14.5	16.3
1979	11.5	19.0	23.1	8.5	9.7	2.8	8.9	5.0	9.0	2.9	10.3	8.4
1980	10.7	12.2	25.2	6.3	10.0	2.7	5.9	2.2	9.7	14.5	11.4	10.6
1981	31.4	18.5	18.0	16.2	3.9	4.3	1.6	5.5	8.0	5.8	6.7	S/D
1982	8.8	12.3	9.0	8.1	1.8	0.4	5.7	6.1	7.1	8.7	11.1	10.6
1983	11.1	10.2	15.3	6.0	4.7	8.5	0.0	1.4	4.0	5.2	9.2	13.1
1984	11.2	16.7	16.5	8.7	3.9	2.1	1.2	3.5	5.9	4.9	6.5	3.9
1985	6.8	9.8	7.8	9.5	10.0	4.6	1.5	2.5	6.6	0.0	8.0	6.2

INFORMACION PREPARADA PARA: COMPANIA MINERA ALPAMARCA S.A.C.
LIMA, 3 DE SETIEMBRE DEL 2009



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA



ESTACION : YANTAC / 155121, 7, DRE-04
 LAT: 11° 20' "S"
 DPTO.: JUNIN
 PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)
 LONG: 76° 24' "W"
 PROV.: YAULI
 ALT: 4600 msnm
 DIST: MARCAPOMACCOCHA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1986	7.5	8.5	10.5	9.6	12.4	0.0	6.4	4.3	3.1	5.7	7.3	10.1
1987	10.5	10.7	5.6	3.6	2.4	1.3	3.9	5.1	7.1	3.9	4.5	5.5
1988	9.3	13.5	7.1	8.5	3.3	0.0	0.4	1.4	1.7	6.5	5.9	8.8
1989	7.4	9.3	9.9	5.6	5.3	5.5	7.1	6.0	6.1	9.9	6.8	8.2
1990	8.8	5.1	12.7	5.1	9.9	27.2	2.1	6.4	8.1	10.0	8.9	7.2
1991	6.4	7.1	10.3	6.4	10.8	5.5	5.7	0.2	6.7	9.0	8.0	6.0
1992	6.8	9.6	10.1	8.6	5.5	3.4	5.4	4.8	2.9	8.1	7.7	2.4
1993	11.2	9.5	8.6	7.7	6.0	4.1	3.7	8.3	1.6	4.6	15.2	8.2
1994	10.4	13.1	18.0	9.9	8.0	3.2	7.8	6.0	6.0	15.6	12.0	8.3
1995	10.9	7.6	14.1	5.4	8.5	3.5	3.4	9.3	8.9	11.9	19.7	12.3
1996	17.7	16.4	17.2	8.9	5.1	0.5	1.1	5.5	7.6	9.1	11.5	15.4
1997	20.5	19.4	10.2	10.1	6.2	0.0	6.1	11.2	17.8	8.3	26.2	19.0
1998	28.6	18.3	11.8	7.4	5.3	10.0	0.0	12.7	10.3	13.9	9.3	10.4
1999	12.7	18.0	15.7	14.8	8.1	9.4	9.7	2.0	8.8	15.9	24.9	20.2
2000	35.6	23.3	24.1	6.9	10.0	0.7	4.4	8.6	18.3	15.7	20.3	17.9
2001	19.1	28.1	19.4	13.9	11.4	5.1	10.4	21.5	8.1	13.1	12.8	9.4
2002	16.8	10.8	18.8	10.8	5.4	5.2	7.8	7.1	11.3	19.5	17.7	12.3

SENAMHI
Oficina General de Estadística e Informática



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA



ESTACION YANTAC / 155121 / DRE-04

LAT. 11° 20' S DPTO. JUNIN

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LONG. 76° 24' W PROV. YAULI

ALT. 4600 msnm DIST. MARCAPOMACOCCHA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	13.9	15.9	29.3	14.7	10.8	4.9	4.6	12.0	3.5	9.7	17.1	18.3
2004	7.9	13.0	14.9	4.2	8.0	S/D	2.8	7.3	12.4	16.5	15.5	12.1
2005	7.7	9.4	10.7	6.2	7.5	6.1	1.8	10.9	5.0	4.8	11.3	12.3
2006	18.8	13.4	31.6	15.9	1.1	5.1	4.2	11.2	8.8	16.5	14.5	15.5
2007	12.9	10.4	11.5	11.0	6.1	2.7	2.9	3.0	7.6	14.1	11.2	8.1
2008	17.5	16.6	17.2	12.1	3.7	10.2	8.0	3.6	5.3	14.7	9.8	9.7

S/D= Sin Datos

T = Traza

LIMA, 3 DE SETIEMBRE DEL 2009

PROHIBIDA SU REPRODUCCION

Cuadro N° 66. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.44%	0.06247
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.43%	0.06253
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.35%	0.06321
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.58%	0.06772
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.24%	0.06917
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.00%	0.07005
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.85%	0.07055
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.37%	0.07891
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.18%	0.07926
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.38%	0.08776
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.18%	0.09373
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	79.76%	0.09727
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.76%	0.09826
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.50%	0.10333
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.23%	0.10358
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.10%	0.10557
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.25%	0.10911
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.79%	0.11503
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	47.68%	0.12753
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	46.60%	0.12862
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.64%	0.13273
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	41.98%	0.13344
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	38.90%	0.13683
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.33%	0.13977
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	27.95%	0.15049
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.47%	0.1659
Pareto	REJECT	REJECT	REJECT	0.04%	0.31499

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 67. Prueba de Chi-Cuadrado

X-Square test for All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	Pearson Param.
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	57.24%	2
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	26.15%	4
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	13.53%	4
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	33.01%	3.42857
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.01%	3.42857
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	41.42%	2.85714
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	11.73%	4.28571
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	57.24%	2
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	29.40%	3.71429
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	18.01%	3.42857
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	37.01%	3.14286
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	20.60%	4.57143
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	6.63%	5.42857
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.30%	5.42857
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.30%	5.42857
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	51.53%	2.28571
Galton	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.74%	5.71429
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	12.64%	5.71429
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	12.64%	5.71429
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	12.64%	5.71429
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.69%	6.57143
GEV-Min	REJECT	REJECT	REJECT	0.38%	11.1429
Pearson III	REJECT	REJECT	REJECT	0.38%	11.1429
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.69%	6.57143
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.13%	8.85714
EV2-Max	REJECT	REJECT	REJECT	0.33%	13.7143
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.74%	5.71429

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 68. Ajuste a una distribución de probabilidad

All data - T(Max)= 2.00000 y	TR25	TR50	TR100	TR500	TR1000	TR5000	TR10000
EV1-Max (Gumbel,	42.6	48.1	53.4	65.9	71.2	83.6	89.0
EV1-Max (Gumbel)	44.3	50.1	55.9	69.3	75.1	88.5	94.3
GEV-Min (L-Moments)	42.7	47.5	51.9	61.5	65.3	73.8	77.2
Gamma	44.1	49.3	54.3	65.4	70.0	80.4	84.8
GEV-Max (L-Moments)	43.0	48.8	54.6	68.5	74.7	89.4	96.0
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	40.0	43.2	46.0	51.7	53.9	58.6	60.4
Pareto (L-Moments)	42.4	45.6	48.1	51.9	52.9	54.6	55.0
Normal (L-Moments)	39.0	41.9	44.5	49.7	51.7	56.0	57.6
LogNormal	44.7	51.2	57.9	74.3	81.8	100.2	108.6
Log Pearson III							
EV3-Min (Weibull)	42.9	46.9	50.4	57.7	60.6	66.6	68.9
Normal	41.1	44.3	47.3	53.1	55.4	60.2	62.1
GEV-Max	44.4	52.0	60.2	82.5	93.7	123.9	139.0
GEV-Max (kappa specified,	44.5	52.4	61.1	85.0	97.2	130.9	148.1
GEV-Max (kappa specified)	44.3	52.1	60.7	84.4	96.5	129.9	146.9
GEV-Min (kappa specified)	37.4	39.5	41.2	44.6	45.8	48.3	49.2
Galton	44.9	52.7	61.0	82.6	93.0	120.1	133.1
GEV-Min (kappa specified)	39.3	41.6	43.5	47.3	48.7	51.4	52.5
Exponential (L-Moments)	46.1	53.5	60.9	78.1	85.5	102.7	110.1
Exponential	46.1	53.5	60.9	78.1	85.5	102.6	110.0
EV1-Min (Gumbel)	37.0	38.6	40.0	42.4	43.3	45.1	45.7
GEV-Min	46.2	54.2	62.3	81.5	90.0	109.9	118.5
Pearson III	46.4	54.4	62.4	81.3	89.4	108.5	116.7
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	35.9	37.4	38.7	41.0	41.8	43.4	44.0
EV2-Max (L-Moments)	45.8	56.9	70.6	116.1	143.7	236.0	292.1
EV2-Max	42.5	51.3	62.0	95.8	115.5	178.4	215.1
Pareto	45.9	53.8	61.9	81.7	90.7	112.5	122.4

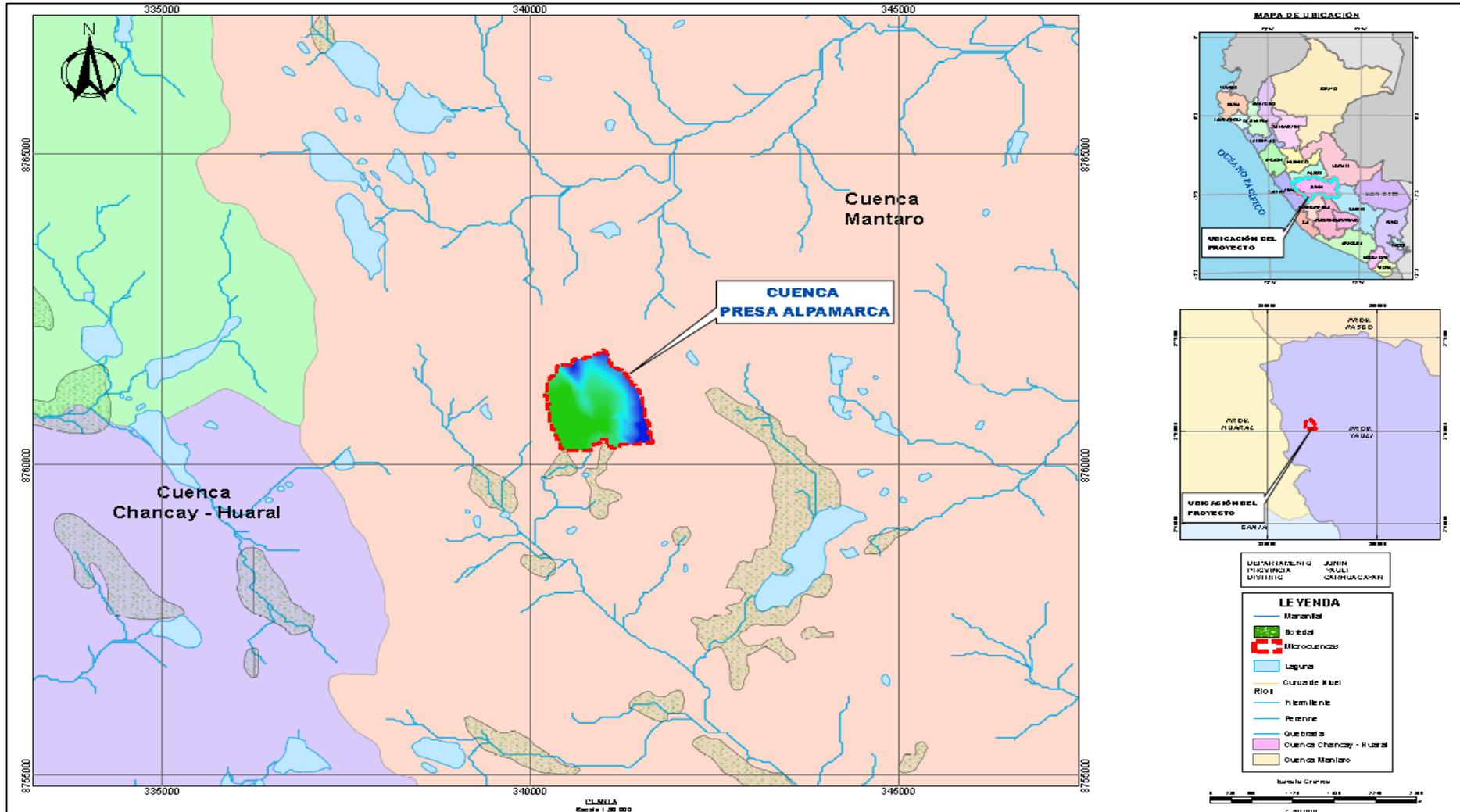
Fuente: Elaboración propia

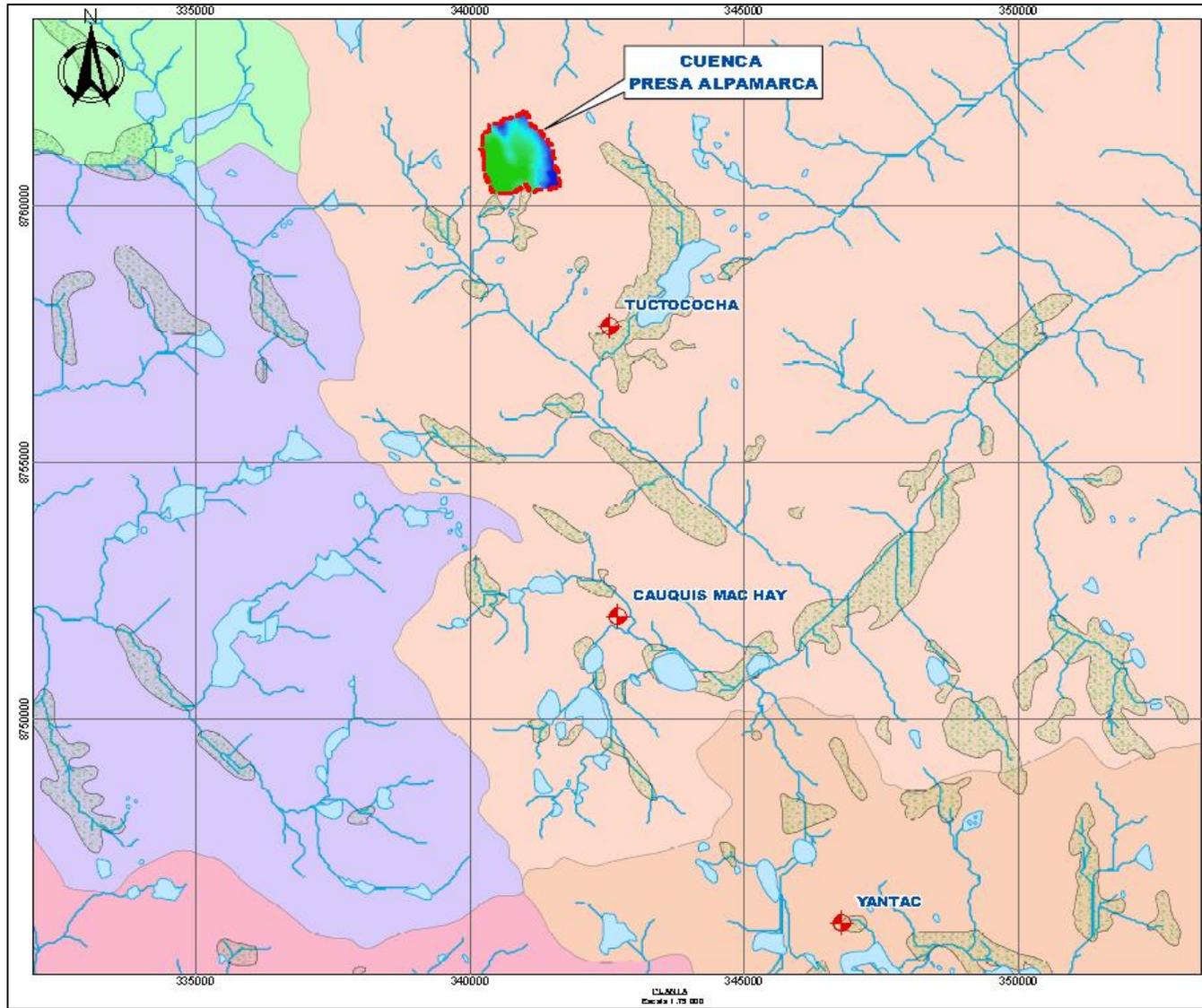
Cuadro N° 69. Distribución de Ajuste distribución Gamma-Zona del Proyecto

All data - T(Max)	TR5	TR10	TR20	TR25	TR50	TR100	TR250
Gamma	44.1	49.3	54.3	65.4	70.0	80.4	84.8

Fuente: Elaboración propia

Anexo IV Plano de Ubicación de Cuenca

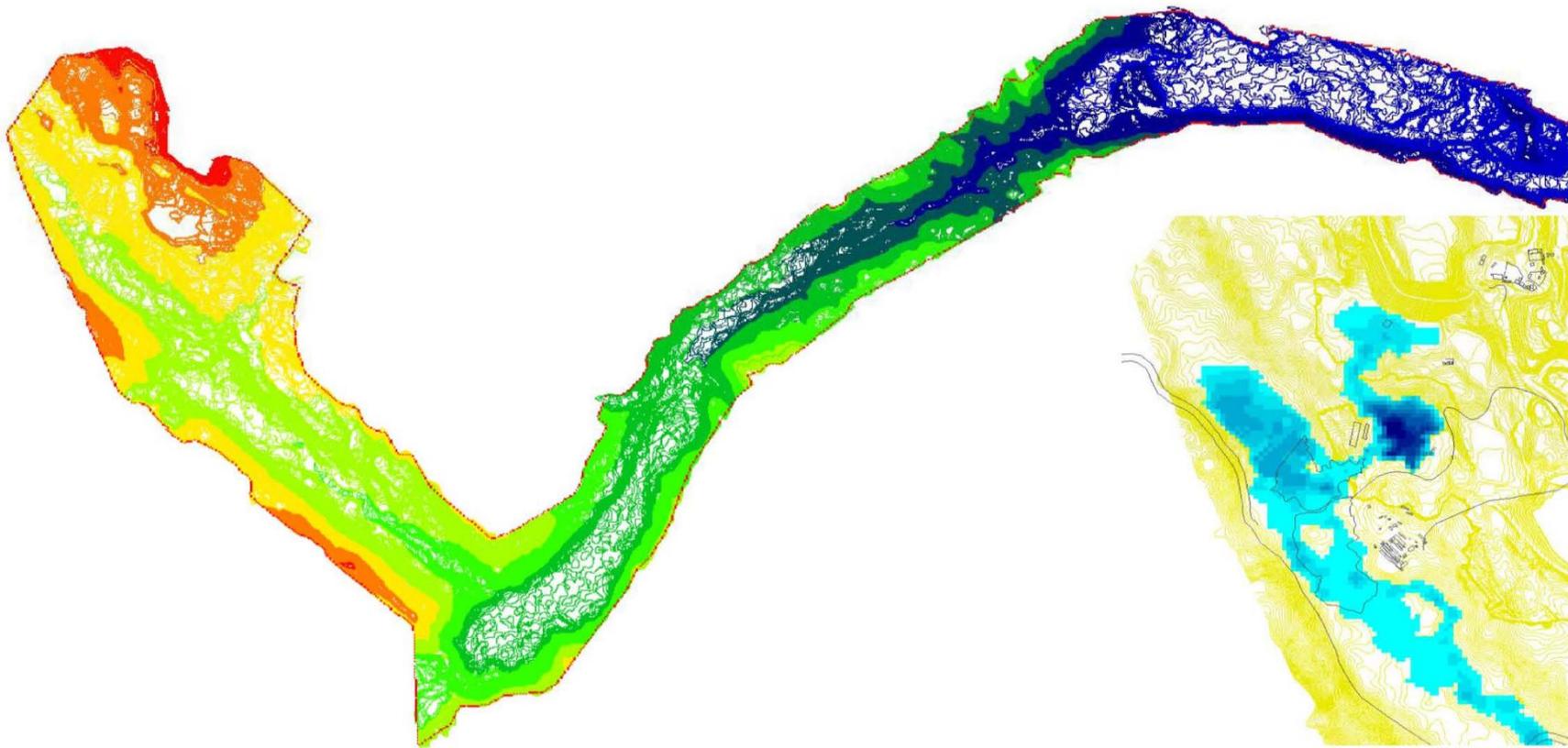




DEPARTAMENTO JUNÍN
PROVINCIA HUANCAYO
DISTRITO TARMÁ

- LEYENDA**
- Montaña
 - Boidad
 - Microcuencas
 - Lagunas
 - Cursos de Agua
 - Ríos
 - Interfluvios
 - Perenne
 - Quebradas
 - Cuencas Chancay - Huancayo
 - Cuencas Mantaro





PLANO:

 ESCALA 1 / 5000

UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto: Estudio Dam Break
 USO : Documentación
 ZONA :
 DATUM : WGS - 84
 AREA : Ha aprox
 SIST. PROYEC. : UTM

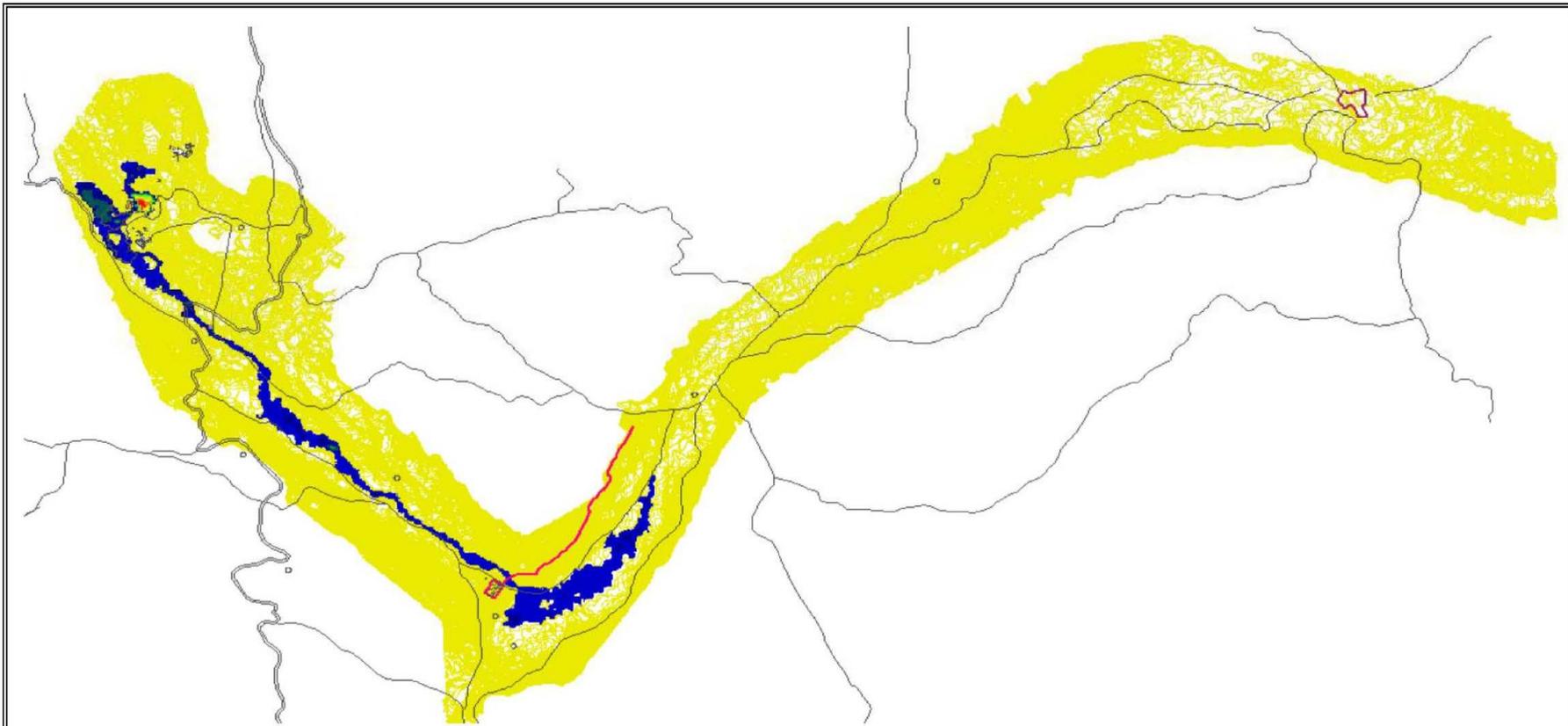
PLANEAMIENTO:

Distrito de Planeamiento : SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN
 Departamento : JUNIN
 Lugar : ALPAMARCA
 Sector : MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CARRETERA CENTRAL: 
 CAMPAMENTOS: 
 COMEDOR: 
 VIVIENDAS: 

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION			
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE PUEBLO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA			
PLANO: Topografía y Dominio Computacional		LAMINA: MR-01	
DEPARTAMENTO: JUNIN PROVINCIA: JUNIN DISTRITO: CARHUACAYAN	ESCUELA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL Fig. 1, LUIS Requiza C.		DESARROLLO: Heber Luis NICHESHA TITO FECHA: 25/03/2022 LUGAR: ALPAMARCA
ESCUELA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL Fig. 1, LUIS Requiza C.			DESARROLLO: Heber Luis NICHESHA TITO FECHA: 25/03/2022 LUGAR: ALPAMARCA
ESCUELA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL Fig. 1, LUIS Requiza C.			DESARROLLO: Heber Luis NICHESHA TITO FECHA: 25/03/2022 LUGAR: ALPAMARCA



PLANO:

ESCALA: 1 / 8000

UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto : Estudio Dam Break
 USO : Documentación
 ZONA :
 DATUM : WGS - 84
 AREA : Hs. aprox
 SIST. PROYEC. : UTM

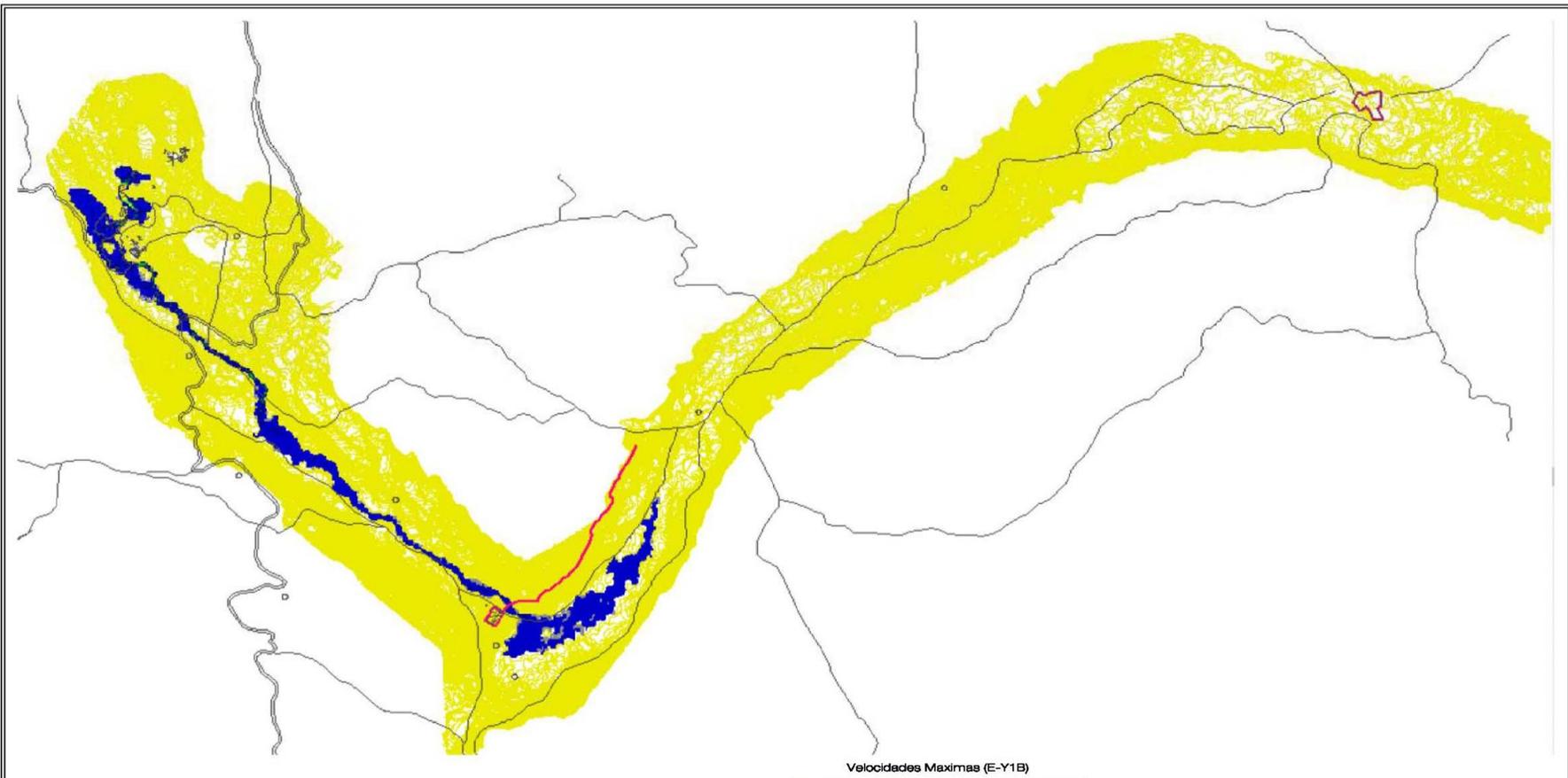
PLANEAMIENTO:

Distrito de Planeamiento : SANTA BARBARA DE GARILUACAYAN
 Departamento : JUNIN
 Lugar : ALPAMARCA
 Sector : MINA ALPAMARCA

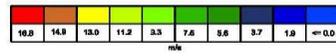
LEYENDA:

CARRETERA CENTRAL
 CAMPAMENTO
 COMIDOR
 VIVIENDA

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		 LAMINA MR-02
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVIO ALPAMARCA PLANO: Tirantes Máximos (E -Y1B)	DISEÑO: Henry Leo NORIEGA TITO EN DIBUJO CAD: Henry Leo NORIEGA TITO	
DEPARTAMENTO: JUNIN INSTITUCION: JUNIN DISTRITO: GARILUACAYAN	ESCUELA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL ASESOR: ING. Luis Requiza G. DISEÑO:	FECHA: 25/03/2022 LUGAR: ALPAMARCA REGION: INDIAGA



Velocidades Maximas (E-Y1B)



PLANO:

 ESCALA: 1 / 5000

UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto: Estudio Dam Break
 USO : Documentación
 ZONA :
 DATUM : WGS - 84
 AREA : No aprox
 SIST. PROYEC. : UTM

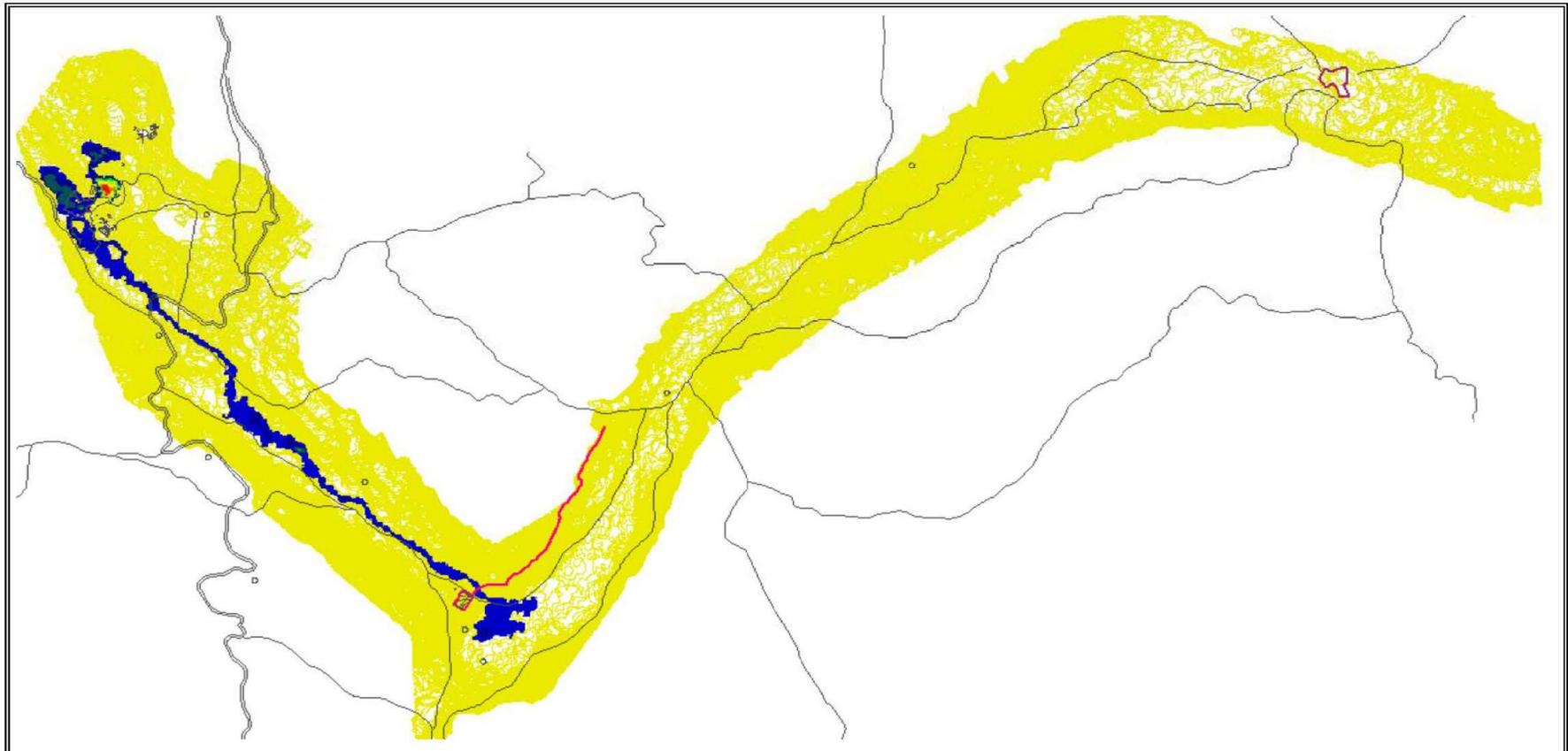
PLANEAMIENTO:

Distrito de Planeamiento : SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN
 Departamento : JUNIN
 Lugar : ALPAMARCA
 Sector : MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CANASTERA CENTRAL:
 CAMPAMENTO:
 COMEDOR:
 VIVERINA:

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		 LAMINA: MR-03
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DISEÑO DE RELIEVE ALPAMARCA	PLANO: Velocidades Maximas (E-Y1B)	
LOCALIDAD: JUNIN REGION: JUNIN SERVICIO: CARHUACAYAN	ESCUELA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL ASesor: Ing. Luis Hoque O. DIRSOr:	DISEÑO: Ingrid Lina NORIEGA TITO LEV. DIBUJO CAD: Ingrid Lina NORIEGA TITO FECHA: 25/03/2022 LUGAR: ALPAMARCA ESCALA: INDICADA



PLANO:

 ESCALA: 1 / 5000



UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto: Estudio Dam Break
 USO : Documentación
 ZONA :
 DATUM : WGS - 84
 AREA : No aprox
 SIST. PROYEC. : UTM

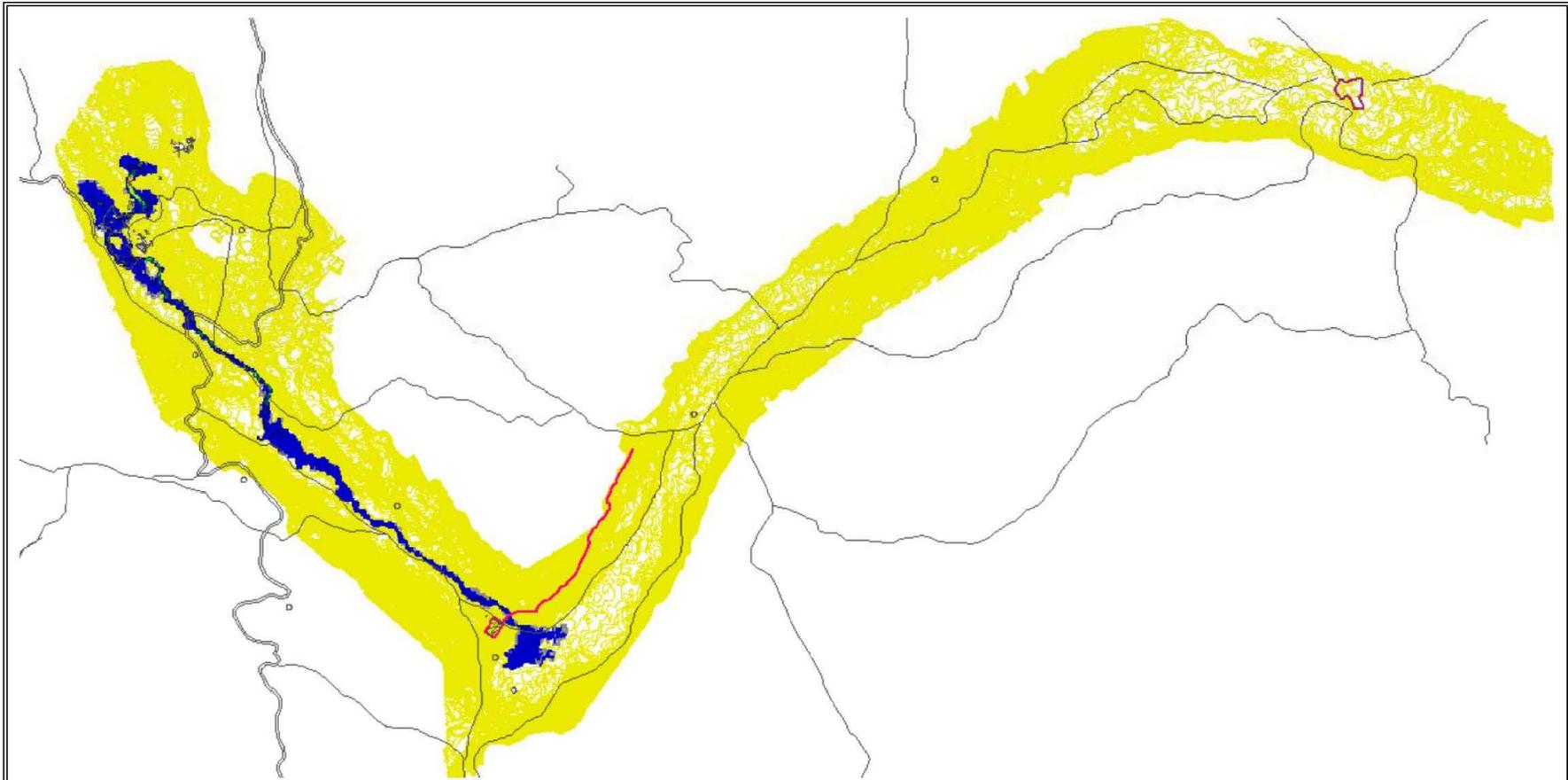
PLANEAMIENTO:

Distrito de Planeamiento : SANTA BARBARA DE CARILJACAYAN
 Departamento : JUNIN
 Lugar : ALPAMARCA
 Sector : MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CAPITULINA CENTRAL: 
 CAMPAMENTO: 
 COMEDOR: 
 VIVIENDAS: 

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA		
PLANO: Tirantes Maximos (E-Y2B)		LÁMINA: MR-04
DEPARTAMENTO: JUNIN	ESCALA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL	
PROFESOR: JUNIN	ASISTENTE: ING. LUIS ROQUE C. GUISAO	
DESEMPEÑO: CARILJACAYAN	FECHA: 25/03/2022	
		LUGAR: ALPAMARCA REGION: INDICADA



Velocidades Maximas (E-Y1B)



PLANO:



UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto: Estudio Dam Break
 USO: Documentación
 ZONA: —
 DATUM: WGS - 84
 AREA: Ha aprox
 SIST. PROVEC.: UTM

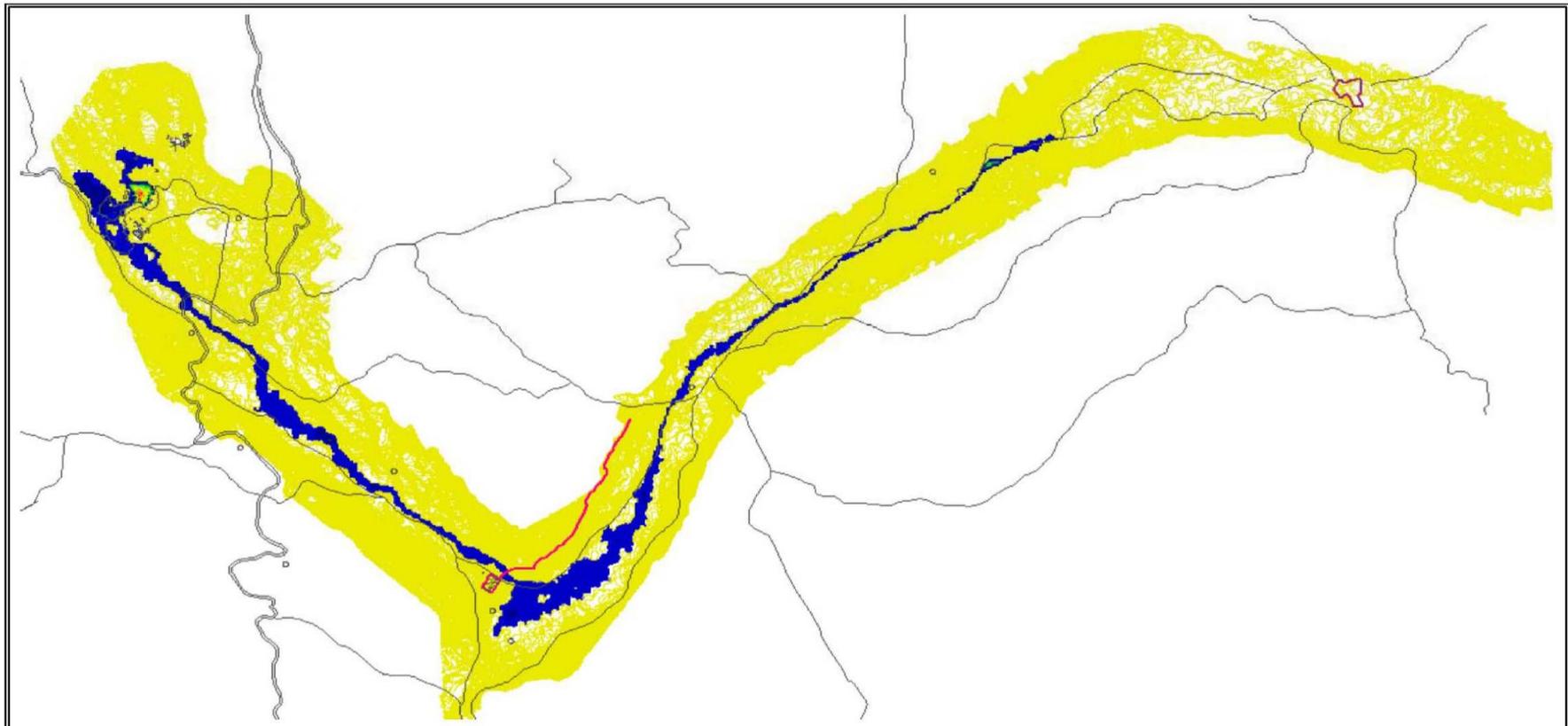
PLANEAMIENTO:

Distrito de Planeamiento: SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN
 Departamento: JUNIN
 Lugar: ALPAMARCA
 Sector: MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CARRETERA CENTRAL:
 CAMPAMENTOS:
 COMEDOR:
 VIVIENDAS:

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA		
PLANO: Velocidades Maximas (E-Y2B)		
ESCUELA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL		
DEPARTAMENTO: JUNIN	PROVINCIA: JUNIN	
CIUDAD: CARHUACAYAN	COMUNIDAD: ALPAMARCA	
AUTOR: ING. Luis Riquelme C.		
FECHA: 25/08/2022		
LUGAR: ALPAMARCA		
ESCALA: INDICIA		
LÁMINA: MR-05		
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		



Tirantes Maximos (E-Y3C)



PLANO:



UNIDADES DE MEDICIÓN:

Nombre del Proyecto: Estudio Dam Break
 USO : Documentación
 ZONA :
 DATUM : WGS - 84
 AREA : Ha aprox
 SIST. PROYEC. : UTM

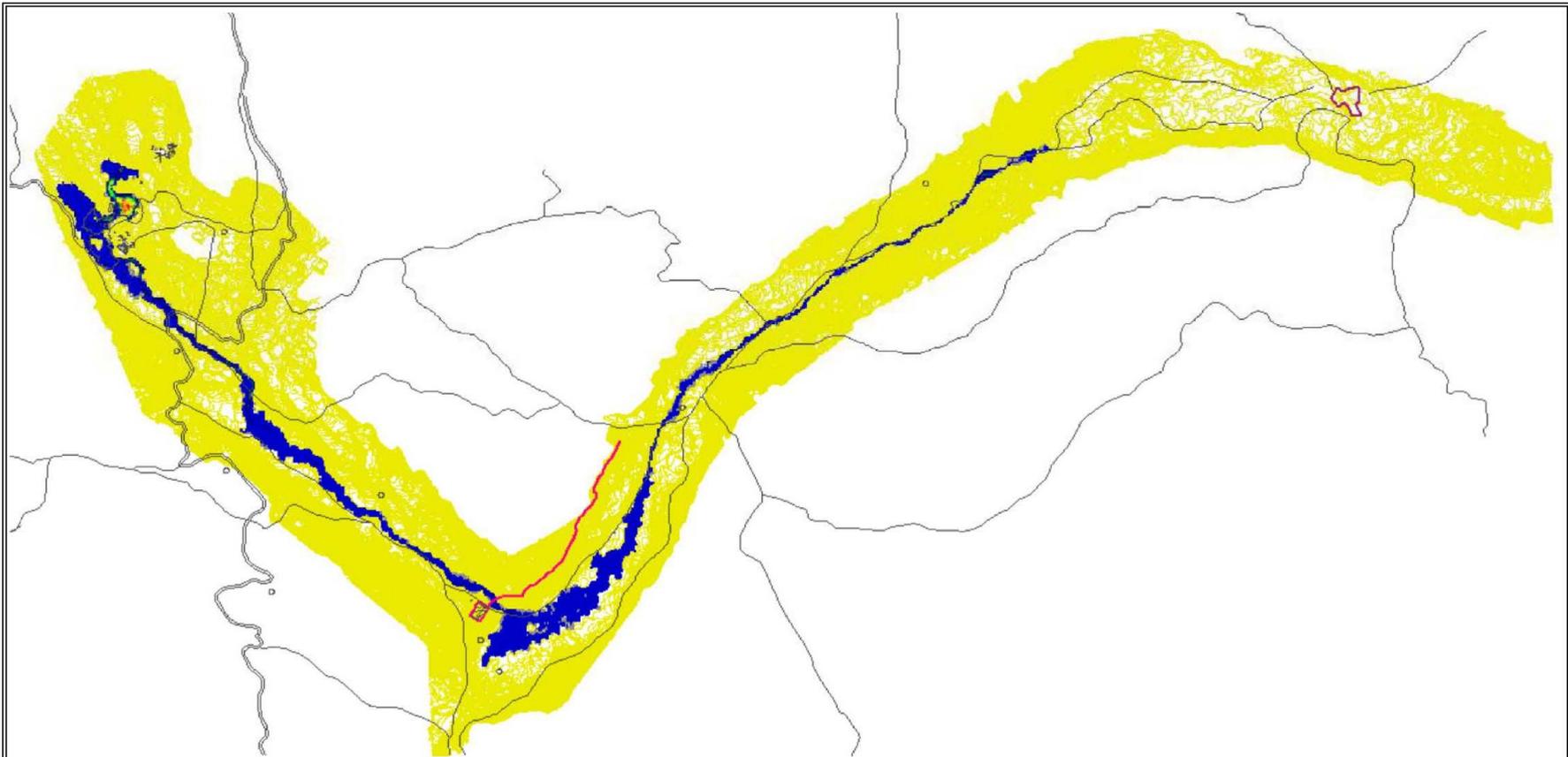
PLANEAMIENTO:

Distrito de Planeamiento : SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN
 Departamento : JUNIN
 Lugar : ALPAMARCA
 Sector : MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CARACTERÍSTICA CENTRAL:
 CAMPAMENTO:
 CONFINADOR:
 VIVIENDA:

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		 LÁMINA: MR-06
PRESTADO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA		
DEPARTAMENTO: JUNIN PROFESOR: JUNIN NOMBRE: OMS-ELACAYAN	ESCUELA DE FORMACION PROF: DE INGENIERIA CIVIL ASesor: Ing. Luis Flopeño C. CURSOS:	PLANO: Tirantes Maximos (E-Y3C) AUTOR: Ing. Luis Flopeño TITO LEY. DISEÑO CAD: Inesher Las Mercedes TITO FECHA: 26/03/2022 LUGAR: ALPAMARCA



Velocidades Maximas (E-Y3C)



PLANO:
ESCALA: 1 / 5000

UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto: Estudio Dam Break
 USO : Documentación
 ZONA :
 DATUM : WGS - 84
 AREA : Hic aprox
 SIST. PROYEC. : UTM

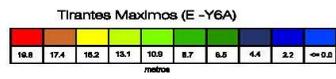
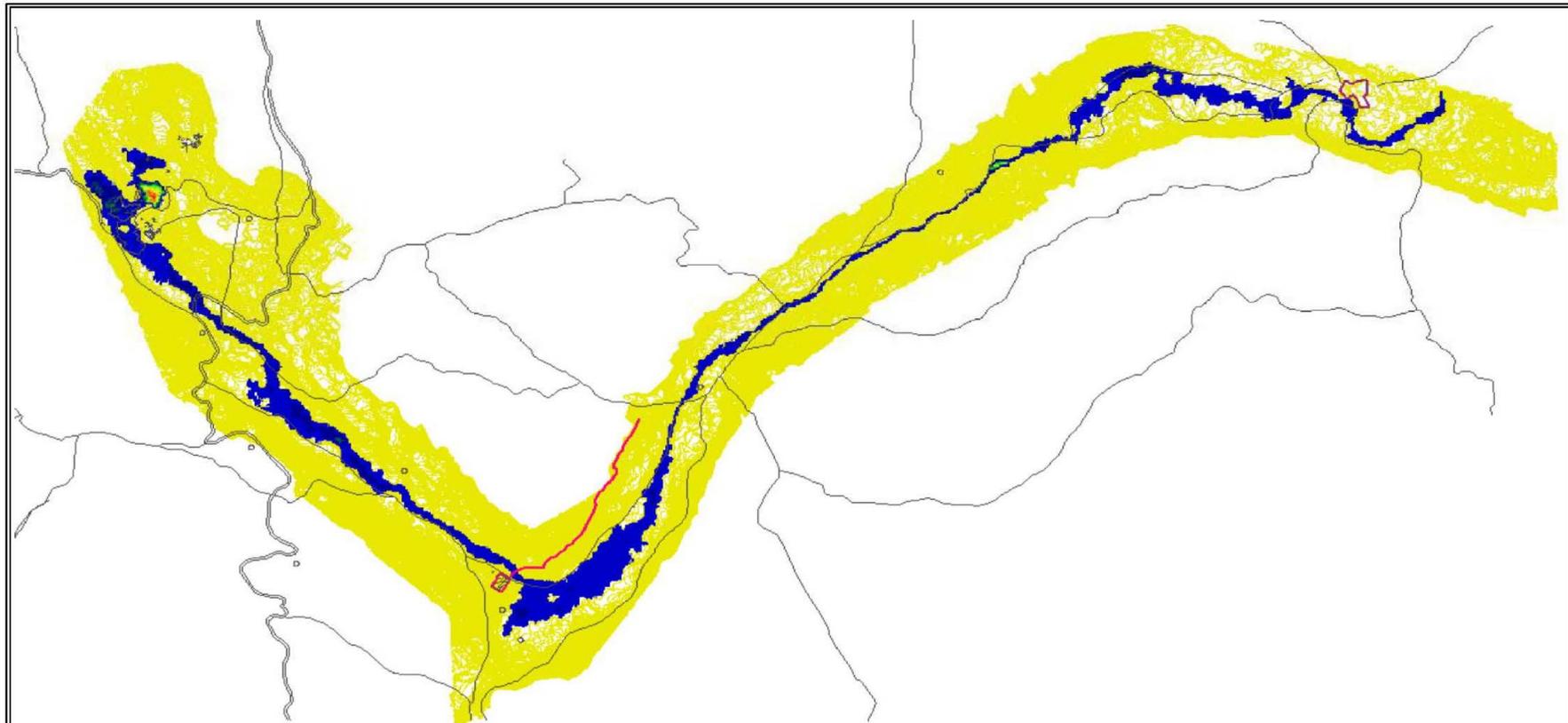
PLANEAMIENTO:

Distrito de Planeamiento : SANTA BARBARA DE CARRIJACAYAN
 Departamento : JUNIN
 Lugar : ALPAMARCA
 Sector : MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CARRETERA CENTRAL:
 CAMPAMENTOS:
 COMISAR:
 VIVIENDAS:

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION			
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA			
PLANO: Velocidades Maximas (E-Y3C)		LAVINA: MR-07	
COORDINADOR: JUNIN	ESCUOLA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL		DESEMPEÑO: LIV. DIBUJO CAD: Hector Luis NORIEGA TITO
PROFESOR: JUNIN	ASesor: Ing. Luis Pineda C.		FECHA: 25/03/2022
REVISOR: CARRIJACAYAN	CURSOS:		LUGAR: ALPAMARCA ESCALA: INDICADA



PLANO:

 ESCALA: 1 / 5000

UNIDADES DE MEDICIÓN:

Nombre del Proyecto: Estudio Dam Break
 USO : Documentación
 ZONA :
 DATUM : WGS - 84
 AREA : Ha aprox
 SBT. PROYEC. : UTM

PLANEAMIENTO:

Distrito de Planeamiento : SANTA BARBARA DE CASHUACAYAN
 Departamento : JUNIN
 Lugar : ALPAMARCA
 Sector : MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

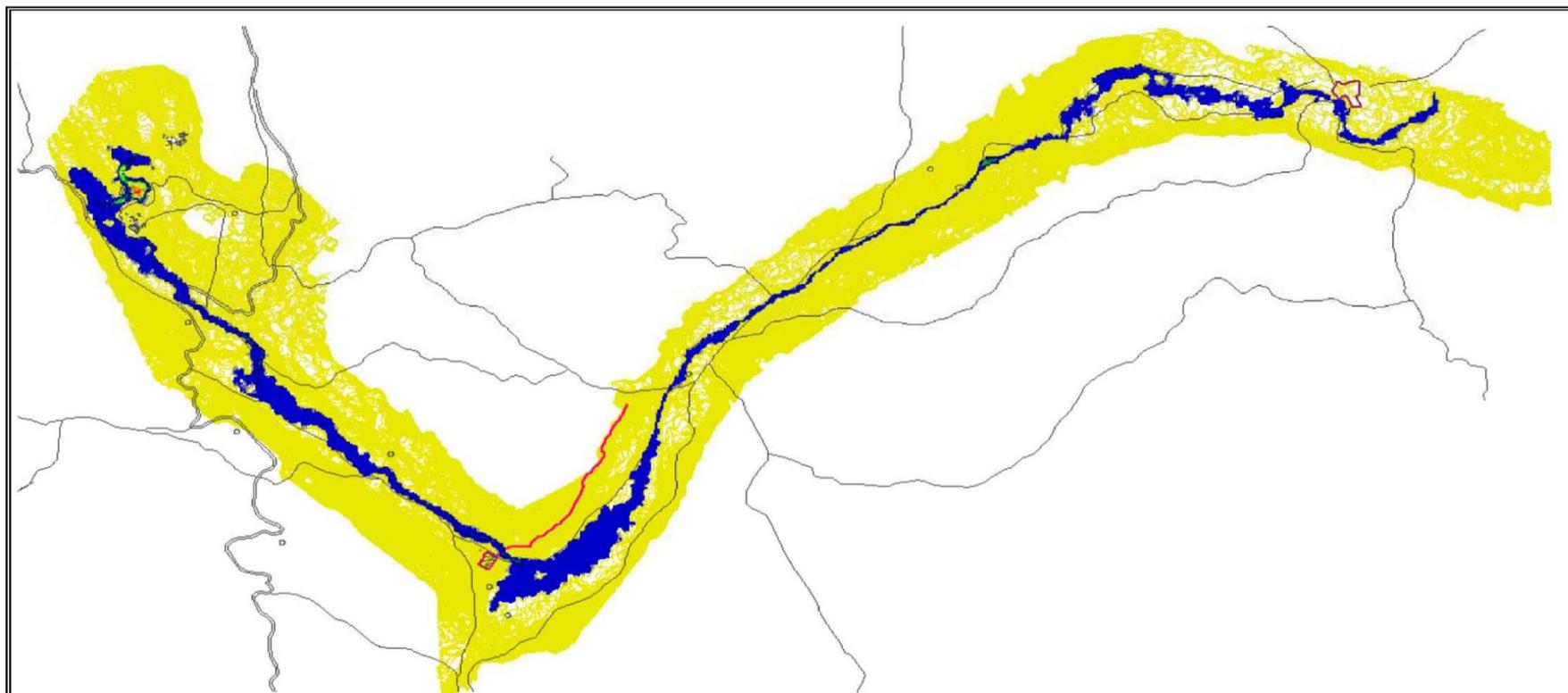
CONCRETERIA CENTRAL:

COMPARTIMIENTOS:

CONDICION:

VIVIEDAR:

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA.		
UNIVERSIDAD: JUNIN	PLANO: Tirantes Máximos (E -Y6A)	CARRION: Honor Los NOROCCIA TITO
ESCUELA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL		LEV. DISEÑO CAD: Honor Los NOROCCIA TITO
ASISTENTE: Ing. Luis Pasquale C.	FECHA: 25/05/2022	REDA: INICIADA
CURSO:	LUGAR: ALPAMARCA	LÁMINA: MR-08



PLANO:
ESCALA: 1 / 5000

UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto: Estudio Dam Break
 USO: Documentación
 ZONA:
 DATUM: WGS - 84
 AREA: Ha aprox
 SIBT. PROYEC.: UTM

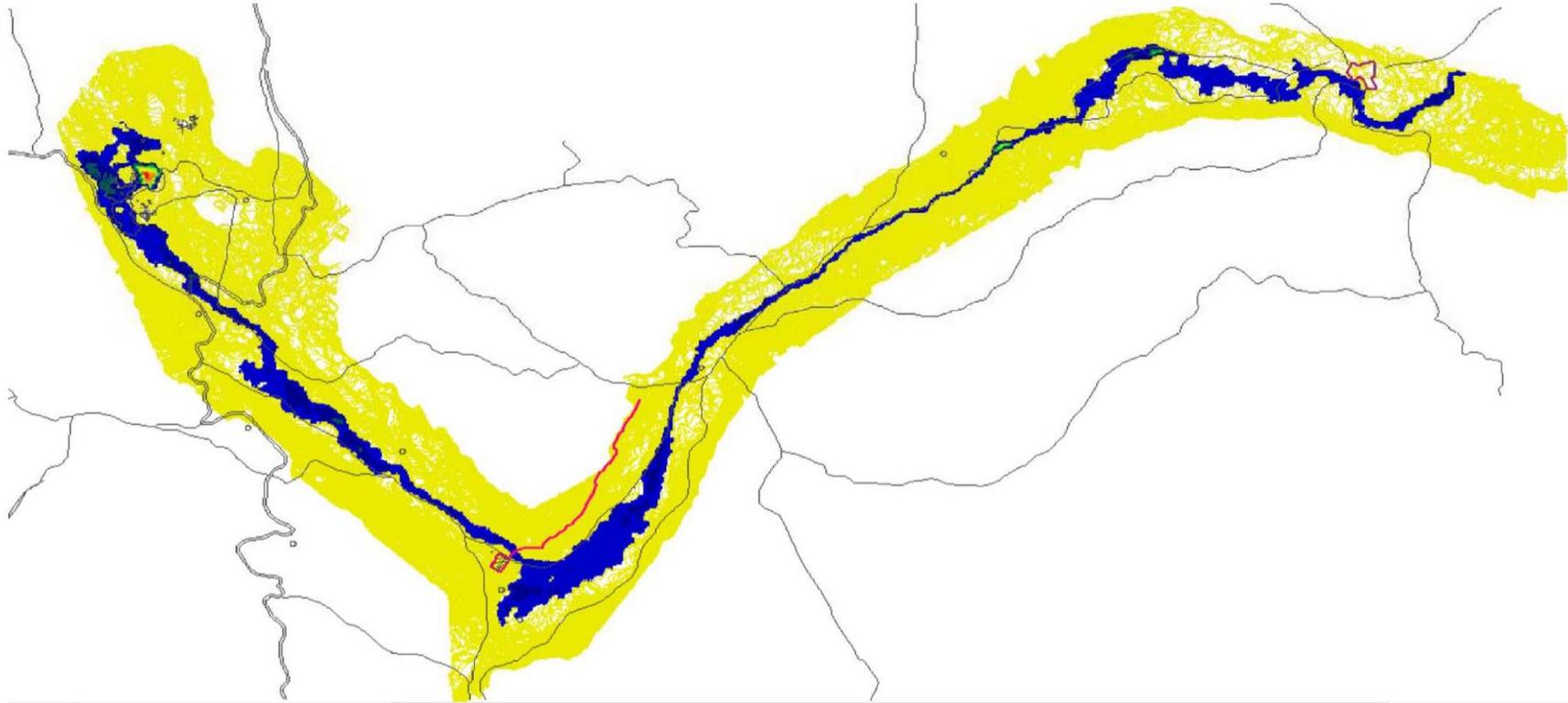
PLANEAMIENTO:

Distrito de Planeamiento: SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN
 Departamento: JUNIN
 Lugar: ALPAMARCA
 Sector: MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CARRETERA DESTINADA
 CAMPAMENTOS
 COMEDOR
 VIVIENDAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		 LAMINA: MR-09
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA PLANO: Velocidades Máximas (E-Y6A)		
DEPARTAMENTO: JUNIN PROVINCIAS: JUNIN MUNICIPIO: CARHUACAYAN	ESCUELA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL ASesor: ING. Luis Requiza G. GUARDIA:	DISEÑO: HANCO LUIS HERNANDEZ TITO LEV. DIBUJADO POR: HANCO LUIS HERNANDEZ TITO FECHA: 25/03/2022 LUGAR: ALPAMARCA REGION: PERU



PLANO:

 ESCALA: 1 / 5000

UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto: Estado Dam Break
 USO : Documentación
 ZONA :
 DATUM : WGS - 84
 AREA : Ha aprox
 SIST. PROYEC. : UTM

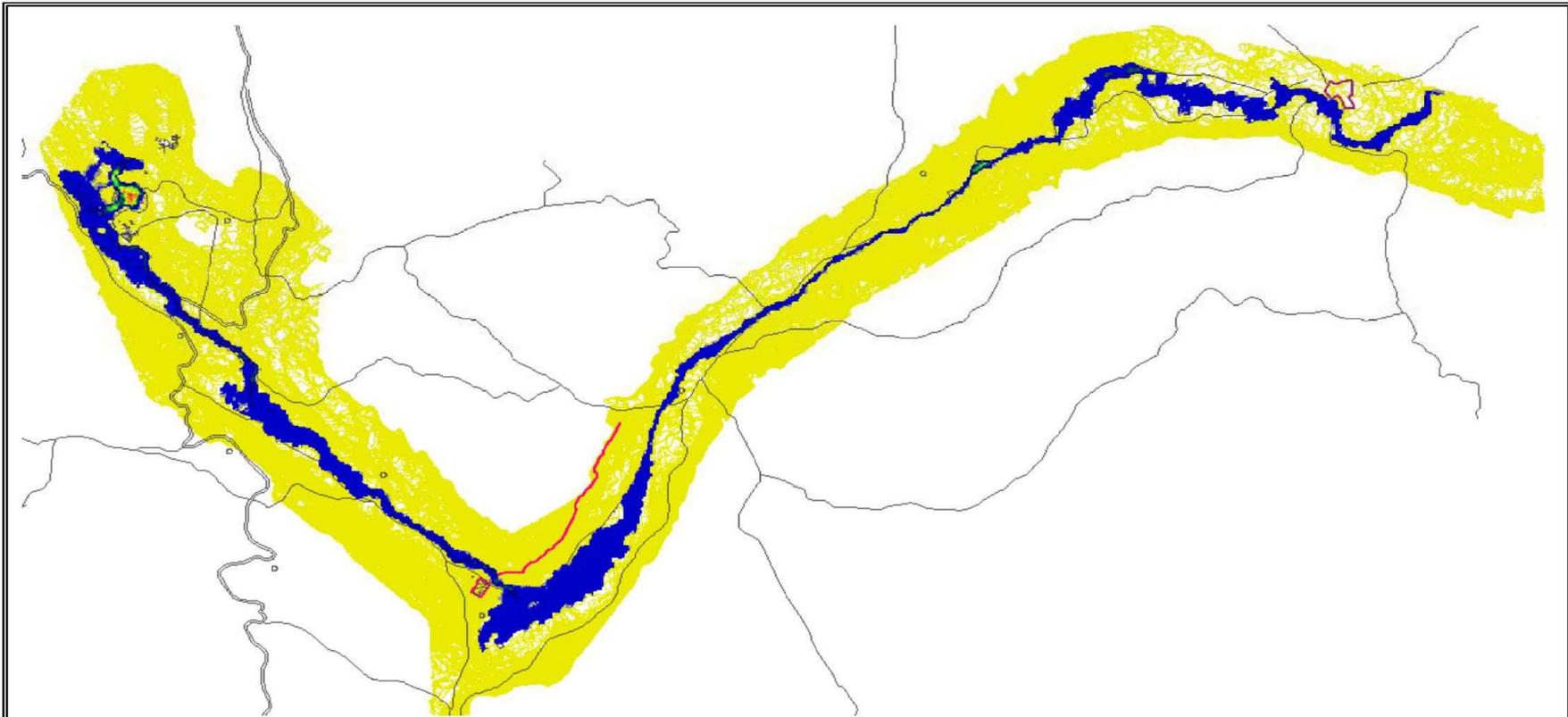
PLANEAMIENTO:

Dirección de Planeamiento : SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN
 Departamento : JUNIN
 Lugar : ALPAMARCA
 Sector : MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CARRETERA CENTRAL
 CAMPAÑAMENTO
 COMEDOR
 VIVIENDA

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DEL DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE TRAYAS ALPAMARCA		
UNIVERSIDAD JUNIN	ESCUELA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL	PRONO: JUNIN
CARRERA: INGENIERIA CIVIL	ASISOR: Ing. Luis Requiza C. CURSO:	FECHA: 26/03/2022
LUGAR: ALPAMARCA	PROVA: INGENIERIA	LÁMINA: MR-10



PLANO:
 ESCALA: 1 / 5000

UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto: Estudio Dam Break
 USO : Documentación
 ZONA :
 DATUM : WGS - 84
 AREA : He aprox.
 SIST. PROYEC. : UTM

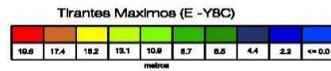
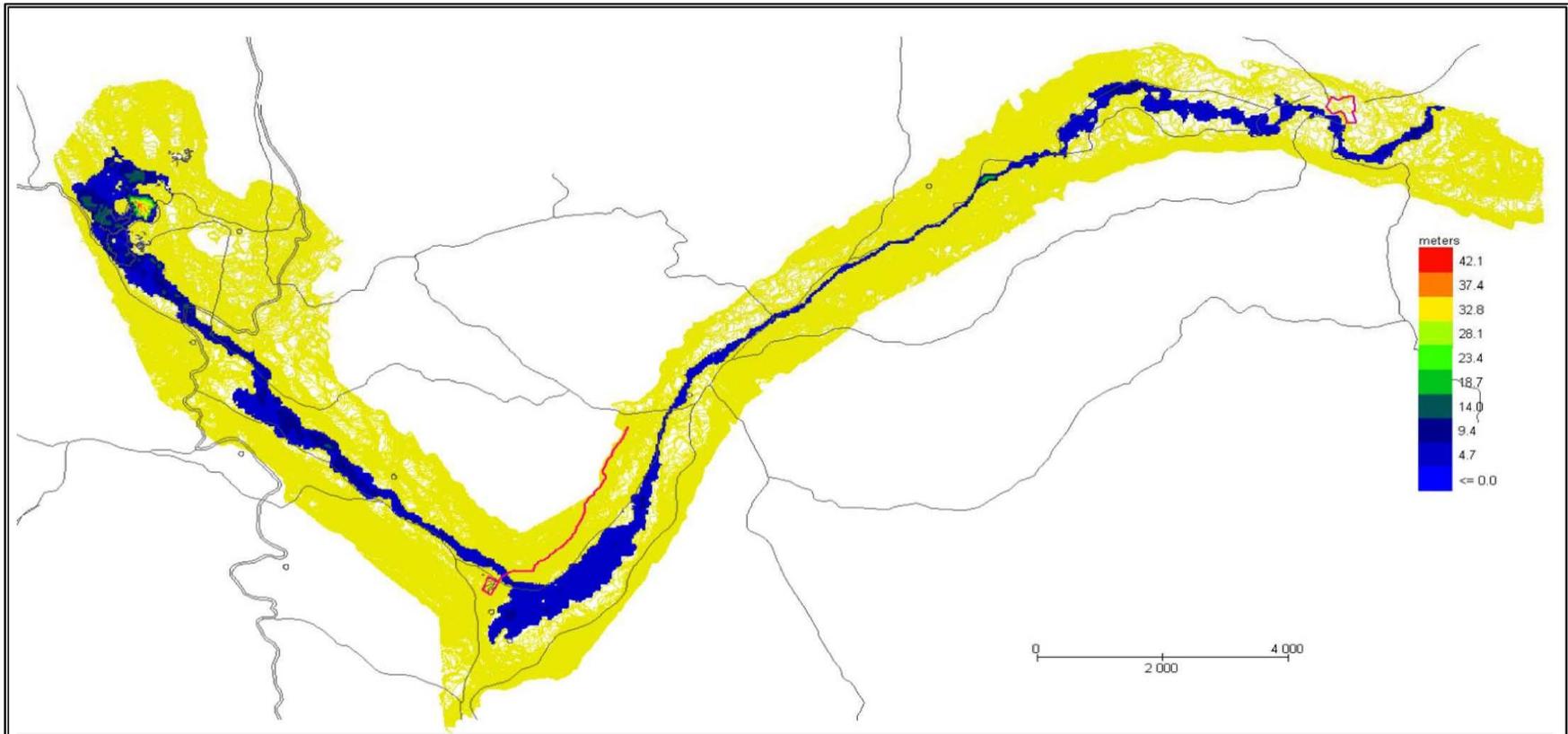
PLANEAMIENTO:

Distrito de Planeamiento : SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN
 Departamento : JUNIN
 Lugar : ALPAMARCA
 Sector : MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CARPETA ESTADAL
 CAMPAMENTO
 COMEDOR
 VIVIENDA

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		 LAMINA: MR-11
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA. DEPARTAMENTO: JUNIN REGION: JUNIN DISTRITO: CARHUACAYAN	PLANO: Velocidades Maximas (E-Y7C) ESCUELA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL ASISTENTE: Ing. Luis Paquillo C. QUINRO	
AUTOR: J.V. DELUGO GAZ. Ilexter Leon NORBEGA TITO FECHA: 25/03/2022 LUGAR: ALPAMARCA		INSTITUCION: Heitor Lora NORBEGA TITO DIRECCION: Ilexter Leon NORBEGA TITO



PLANO:
ESCALA 1 / 5000

UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto: Estadio Damm Break
 UNO : Documentación
 ZONA :
 DATUM : WGS - 84
 AREA : Ha aprox
 SIST. PROYEC. : UTM

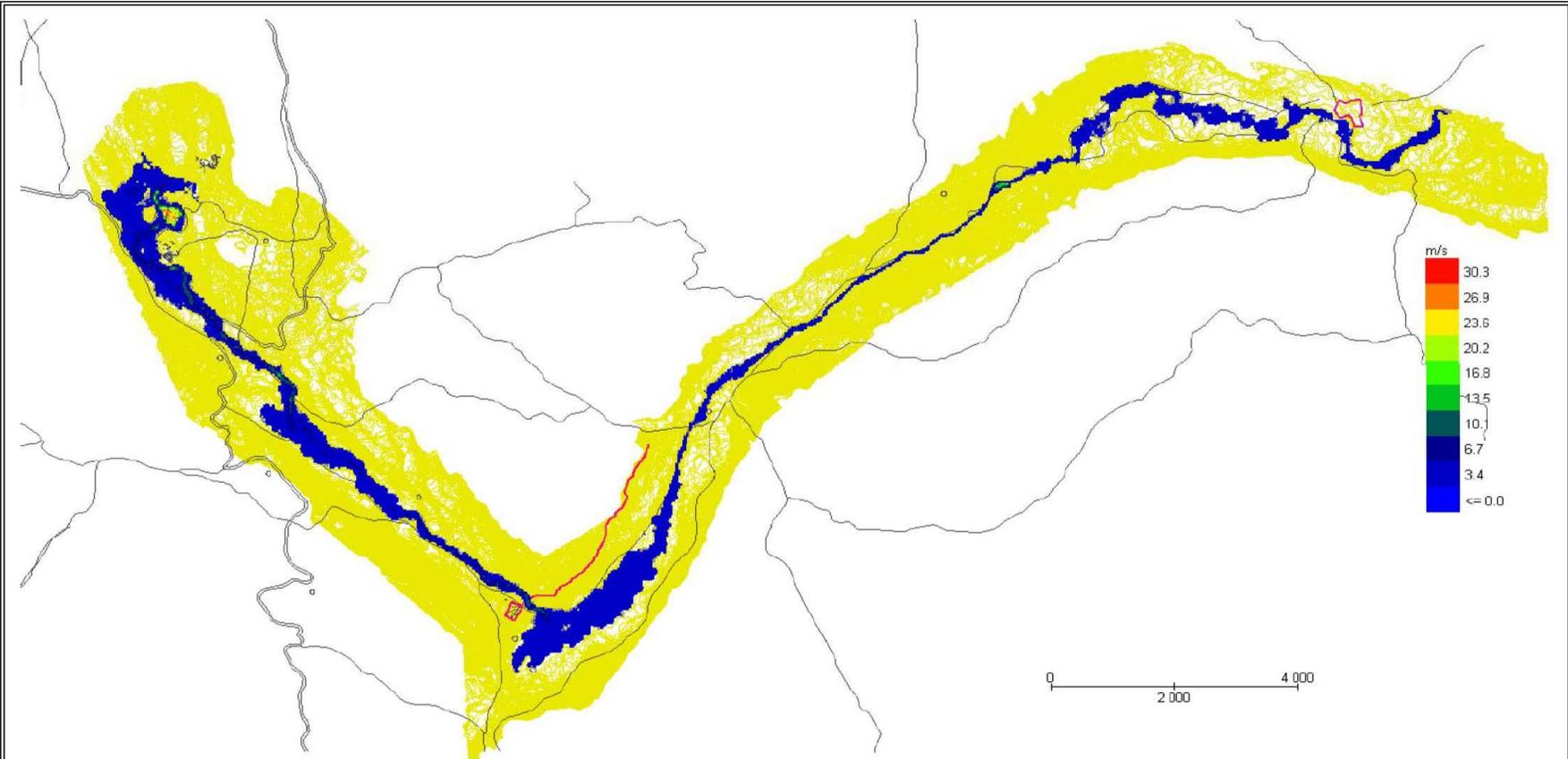
PLANEAMIENTO:

Direto de Planeamiento : SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN
 Departamento : JUNIN
 Lugar : ALPAMARCA
 Sector : MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CARRICERA CENTRAL
 CAMPAÑAMENTO
 COMEDOR
 VIVIENDAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DE DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA		
PLANO: Tirantes Máximos (E - YBC)		LÁMINA: MR-12
ESCUOLA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL		
ALUMNOS: - JUNIN - JUNIN - JUNIN	ASESOR: Ing. Luis Pasco C.	FECHA: 25/03/2022
REVISOR: CARHUACAYAN	ELABORADO: ALPAMARCA	ESCALA: INDICADA



PLANO:
 ESCALA: 1 / 8000



UNIDADES DE MEDICION:

Nombre del Proyecto: Estudio Dam Break
 USO: Documentación
 ZONA: ---
 DATUM: WGS - 84
 AREA: H/a aprox
 SIST. PROYEC.: UTM

PLANEAMIENTO:

Dirección de Planeamiento: SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN
 Departamento: JUNIN
 Lugar: ALPAMARCA
 Sector: MINA ALPAMARCA

LEYENDA:

CARRERA CENTRAL: 
 CAMPAÑAMENTO: 
 CONDOR: 
 VIEDMA: 

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION		
PROYECTO: ELABORACION DE MAPAS DE RIESGO DEL ANALISIS CONCEPTUAL DE DAM BREAK DEL DEPÓSITO DE RELAVES ALPAMARCA		
PLANO: Velocidades Maximas (E-YBC)	DISEÑO: Heitor Luis NORIEGA YITO	
DISEÑADOR: JUNIN	ESCUOLA DE FORMACION PROF. DE INGENIERIA CIVIL	DISEÑO: Heitor Luis NORIEGA YITO
PROYECTO: JUNIN	ASISOR: Ing. Luis Requiza C.	DISEÑO: Heitor Luis NORIEGA YITO
LUGAR: CARHUACAYAN	GUANO:	DISEÑO: Heitor Luis NORIEGA YITO
LUGAR: ALPAMARCA	PROYECTO: MR-13	DISEÑO: Heitor Luis NORIEGA YITO