

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR
OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE
MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA
SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH”**

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

**PRESENTADO POR:
BACH. REVELO SÁNCHEZ, GERARDO MÁXIMO**

**ASESOR:
Dr. Ing. REYNALDO MELQUIADES REYES ROQUE**

HUARAZ – ANCASH - PERÚ

2023





**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



REGISTRO	
LIBRO	FOLIO
01	297

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 293

En la ciudad de Huaraz, al (a los) 13 día (s) del mes de

ABRIL del DOS MIL VEINTITRES, siendo las 17:00 horas, se reunieron el Jurado Evaluador integrado por:

PRESIDENTE : Ing. RAMÓN TEODORO URTECHO CASIMIRO
 PRIMER MIEMBRO : Ing. DANILO ENRIQUE MONTORO VERGARA
 SEGUNDO MIEMBRO : Ing. JULIO CÉSAR CORAL JAMANCA

Para proceder al Acto de Sustentación para optar el Título Profesional de INGENIERO(A) CIVIL, bajo la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional, del (de la) Bachiller

GERARDO MÁXIMO REVELO SÁNCHEZ

(de la Tesis) - (del Trabajo de suficiencia profesional) titulada:

"DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH".


desarrollada bajo el asesoramiento de:


ASESOR : Dr. REYNALDO MELQUIADES REYES ROQUE
 CO - ASESOR : _____


En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil; se procedió a recepcionar la exposición del aspirante; luego de las interrogantes, objeciones y aclaraciones y su absolución, el Jurado Evaluador determinó la calificación de:

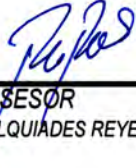
APROBADO


Siendo las 18:00 horas del mismo día, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando la presente por triplicado, en señal de conformidad.


 PRESIDENTE
 Ing. RAMÓN TEODORO URTECHO CASIMIRO


 PRIMER MIEMBRO
 Ing. DANILO ENRIQUE MONTORO VERGARA


 SEGUNDO MIEMBRO
 Ing. JULIO CÉSAR CORAL JAMANCA


 ASESOR
 Dr. REYNALDO MELQUIADES REYES ROQUE


 SUSTENTANTE
 GERARDO MÁXIMO REVELO SÁNCHEZ

CO - ASESOR



NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS_GERARDO REVELO SANCHEZ
_rev_RRR.docx**

AUTOR

GERARDO MÁXIMO REVELO SÁNCHEZ

RECUENTO DE PALABRAS

23990 Words

RECUENTO DE CARACTERES

128256 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

253 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

91.5MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 27, 2023 9:25 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 27, 2023 9:29 PM GMT-5**● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente

DEDICATORIA

Especialmente a mi familia:

A mis padres por instruirme y dirigirme al camino correcto. Gracias por la enseñanza de los valores, principios, esfuerzo para alcanzar las metas, el trabajo y la perseverancia.

A Giovanna Espinoza Infantes por su apoyo incondicional y por ser parte en mi vida. Gracias por tu confianza, tu amor, y por estar conmigo en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Hacer mención de todas aquellas personas que han colaborado en la realización de la presente investigación y han contribuido a mi formación, tanto profesional como personal. Reciban mi más sincero agradecimiento:

A la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por darme la oportunidad de estudiar en una institución de excelencia y calidad.

A mi asesor Dr. Reynaldo Melquiades Reyes Roque, por ser un gran ser humano, gracias por permitirme conocerlo como profesional y amigo. Gracias por su calidad profesional y por su motivación para poder concluir esta tesis.

Al Ing. Danilo Enrique Montoro Vergara, por su dedicación y sugerencias para la mejora de la presente investigación.

A mis jurados, por el interés, apoyo y crítica, necesarios para la realización de la presente investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
ÍNDICE DE MAPAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.1. <i>Identificación de Problema</i>	1
1.1.2. <i>Formulación de problema</i>	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES	4
1.5. CONTEXTO	5
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	6
2.1.1. <i>Internacionales</i>	6
2.1.2. <i>Nacionales</i>	8
2.2. BASES TEÓRICAS	11
2.2.1. <i>Sistema Hidrológico</i>	11
2.2.2. <i>Parámetros Geomorfológicos de una Cuenca</i>	12
2.2.3. <i>Uso de suelos</i>	17
2.2.4. <i>Cobertura vegetal</i>	18
2.2.5. <i>Curvas I-D-F</i>	19
2.2.6. <i>Modelo digital de elevación (DEM)</i>	21
2.2.7. <i>Sistema de Modelación Hidrológica (HEC-HMS)</i>	22
2.2.8. <i>Sistema de Modelación Hidráulico (FLO-2D)</i>	36
2.2.9. <i>Peligro por inundación pluvial</i>	56

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	59
2.4. HIPÓTESIS	61
2.4.1. <i>Hipótesis general</i>	61
2.4.2. <i>Hipótesis específicas</i>	61
2.5. VARIABLES	62
2.5.1. <i>Operacionalización de Variable</i>	63
CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	64
3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	64
3.1.1. <i>Enfoque de la Investigación</i>	64
3.1.2. <i>Tipo de Investigación</i>	64
3.1.3. <i>Alcance de Investigación</i>	64
3.2. MÉTODO DE INVESTIGACION	65
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACION	65
3.3.1. <i>Tipo de Diseño de investigación</i>	65
3.3.2. <i>Plan de Recolección de Datos</i>	65
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	66
3.4.1. <i>Tamaño Poblacional</i>	66
3.4.2. <i>Tamaño Muestral</i>	67
3.4.3. <i>Unidad de Análisis</i>	67
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTO(S) DE RECOLECCIÓN DE DATOS	67
3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	68
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	74
4.1. RESULTADOS	74
4.1.1. <i>Parámetros geomorfológicos de la subcuenca Milagros</i>	74
4.1.2. <i>Parámetros reológicos del cauce principal de la subcuenca Milagros</i>	75
4.1.3. <i>Modelización hidrológica con HEC-HMS 4.9 para la obtención de caudales máximos en diferentes periodos de retorno</i>	75
4.1.4. <i>Modelización hidráulica con FLO-2D Pro para la obtención de niveles de profundidades y velocidades máximas de inundación</i>	80
4.1.5. <i>Validación del modelo hidráulico</i>	83
4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	84
4.2.1. <i>Parámetros geomorfológicos de la subcuenca Milagros</i>	84

4.2.2. <i>Parámetros reológicos del cauce principal de la subcuenca Milagros</i>	84
4.2.3. <i>Modelización hidrológica con HEC-HMS 4.9 para la obtención de caudales máximos en diferentes periodos de retorno</i>	85
4.2.4. <i>Modelización hidráulica con FLO-2D Pro para la obtención de niveles de profundidades y velocidades máximas de inundación</i>	86
4.2.5. <i>Validación del modelo hidráulico</i>	87
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1. CONCLUSIONES	88
5.2. RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS	91
ANEXOS	95
MAPAS	206

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona de Investigación de la Sub Cuenca Milagros	5
Figura 2: La Cuenca como Sistema Hidrológico	12
Figura 3: Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para lluvia máxima	20
Figura 4: Hidrograma unitario del SCS	30
Figura 5: Caja de diferencias finitas para la solución de la ecuación de onda cinemática lineal	35
Figura 6: Composición de flujo de escombros	37
Figura 7: Discretización de superficie en FLO-2D	41
Figura 8: Modelo de deformación del fluido	45
Figura 9: Clasificación de los deslizamientos y flujos de acuerdo con la velocidad y concentración de sedimentos	53
Figura 10: Procesos físicos simulados por FLO-2D	54
Figura 11: Modelo hidrológico de la subcuenca en el HEC-HMS	71
Figura 12: Hidrograma de avenida máxima para TR = 50 años	75
Figura 13: Hidrograma de avenida máxima para TR = 100 años	76
Figura 14: Hidrograma de avenida máxima para TR = 200 años	77
Figura 15: Hidrograma de avenida máxima para TR = 500 años	78
Figura 16: Hidrograma de avenida máxima para TR = 1000 años	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de cuencas por superficie	13
Tabla 2: Formas de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad	13
Tabla 3: Valores interpretativos del factor de forma	15
Tabla 4: Valores interpretativos de la densidad de drenaje	16
Tabla 5: Valores para relieve o topografía del terreno	17
Tabla 6: Reclasificación del Mapa de suelo	18
Tabla 7: Reclasificación del Mapa de cobertura	19
Tabla 8: Descripción de los elementos hidrológicos en el modelo HMS	23
Tabla 9: Métodos para los cálculos en las subcuencas y los canales	24
Tabla 10: Descripción de los modelos meteorológicos	25
Tabla 11: Numero de Curva N	27
Tabla 12: Condición hidrológica	28
Tabla 13: Tránsito de los caudales a través de canales y embalses	34
Tabla 14: Parámetros de resistencia K del flujo laminar	48
Tabla 15: Propiedades de las matrices de flujos de lodo (partículas finas: limo y arcilla)	49
Tabla 16: Esfuerzo de cedencia y viscosidad en función de la concentración volumétrica de sedimentos Cv	50
Tabla 17: Comportamiento del flujo en función de la concentración de sedimentos Cv	51
Tabla 18: Coeficiente de rugosidad “n” de Manning típico	55
Tabla 19: Intensidades para inundaciones de acuerdo a la Profundidad o profundidad*Velocidad	57
Tabla 20: Nivel de intensidades de acuerdo a la Profundidad y profundidad*Velocidad	57
Tabla 21: Categoría del peligro de inundación por velocidad de corrientes	57
Tabla 22: Periodos de retorno o probabilidad de ocurrencia	58
Tabla 23: Nivel de frecuencia	58
Tabla 24: Nivel de peligrosidad ante inundaciones pluviales	59
Tabla 25: Parámetros geomorfológicos de la subcuenca Milagros	74
Tabla 26: Parámetros reológicos del cauce principal de la subcuenca Milagros	75

Tabla 27: Resumen de resultados del modelamiento hidrológico para TR = 50 años	76
Tabla 28: Resumen de resultados del modelamiento hidrológico para TR = 100 años	77
Tabla 29: Resumen de resultados del modelamiento hidrológico para TR = 200 años	78
Tabla 30: Resumen de resultados del modelamiento hidrológico para TR = 500 años	79
Tabla 31: Resumen de resultados del modelamiento hidrológico para TR = 1000 años	80
Tabla 32: Profundidades, velocidades y áreas de inundación para TR = 50 años	80
Tabla 33: Profundidades, velocidades y áreas de inundación para TR = 100 años	81
Tabla 34: Profundidades, velocidades y áreas de inundación para TR = 200 años	81
Tabla 35: Profundidades, velocidades y áreas de inundación para TR = 500 años	82
Tabla 36: Profundidades, velocidades y áreas de inundación para TR = 1000 años	82
Tabla 37: Comparación de profundidades de inundación de los diferentes tiempos de retorno y el huayco ocurrido en el año 2017	83

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Pendiente del cauce principal por el método Taylor Schwarz	95
Anexo B: Datos para la elaboración de la curva hipsométrica de la subcuenca Milagros	96
Anexo C: Datos de precipitación máxima de 24 horas de las estaciones meteorológica más cercanas a la zona de estudio	97
Anexo D: Análisis de los datos dudosos de la precipitación máxima de 24 horas de las estaciones meteorológicas	101
Anexo E: Prueba de bondad y ajuste Esmirnov – Kolmogorov de los datos de precipitación máxima de 24 horas.	107
Anexo F: Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno	113
Anexo G: Ecuación de la precipitación máxima en función a la altura para los diferentes tiempos de retorno	119
Anexo H: Precipitación máxima de la subcuenca Milagros para los diferentes periodos de retorno	120
Anexo I: Tormenta de diseño para diferentes periodos de duración y periodos de retorno en función de la precipitación máxima diaria - modelo de Dick Peschk	121
Anexo J: Intensidades máximas de precipitación (mm/hr) para diferentes duraciones y tiempos de retorno subcuenca Milagros	122
Anexo K: Hietogramas de diseño para los diferentes periodos de retorno	123
Anexo L: Cálculo de tiempo de concentración	128
Anexo M: Datos del hidrograma de salida del modelamiento hidrológico y coeficiente de concentración volumétrica considerado para el modelamiento hidráulico	129
Anexo N: Cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning del cauce de la subcuenca Milagros - ecuación Strickler	139
Anexo O: Resultados del análisis granulométrico	140
Anexo P: Procedimiento para el modelamiento hidráulico de flujos hiperconcentrados con FLO-2D	152
Anexo Q: Panel fotografico	198

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Delimitación de la subcuenca Milagros	206
Mapa 2. Topografía de la zona de estudio	207
Mapa 3. Número de curva CN	208
Mapa 4. Precipitación máxima para TR=50 años de la subcuenca Milagros	209
Mapa 5. Precipitación máxima para TR=100 años de la subcuenca Milagro	210
Mapa 6. Precipitación máxima para TR=200 años de la subcuenca Milagros	211
Mapa 7. Precipitación máxima para TR=500 años de la subcuenca Milagros	212
Mapa 8. Precipitación máxima para TR=100 años de la subcuenca Milagros	213
Mapa 9. Coeficiente de rugosidad de Manning	214
Mapa 10. Profundidad de flujo para TR=50 años	215
Mapa 11. Velocidad máxima de flujo TR=50 años	216
Mapa 12. Profundidad de flujo para TR=100 años	217
Mapa 13. Velocidad máxima de flujo TR=100 años	218
Mapa 14. Profundidad de flujo para TR=200 años	219
Mapa 15. Velocidad máxima de flujo TR=200 años	220
Mapa 16. Profundidad de flujo para TR=500 años	221
Mapa 17. Velocidad máxima de flujo TR=500 años	222
Mapa 18. Profundidad de flujo para TR=1000 años	223
Mapa 19. Velocidad máxima de flujo TR=1000 años	224
Mapa 20. Inundación dinámica de flujo TR=50 años	225
Mapa 21. Inundación dinámica de flujo TR=100 años	226
Mapa 22. Inundación dinámica de flujo TR=200 años	227
Mapa 23. Inundación dinámica de flujo TR=500 años	228
Mapa 24. Inundación dinámica de flujo TR=1000 años	229
Mapa 25. Nivel de peligrosidad ante inundación TR=50 años	230
Mapa 26. Nivel de peligrosidad ante inundación TR=100 años	231
Mapa 27. Nivel de peligrosidad ante inundación TR=200 años	232
Mapa 28. Nivel de peligrosidad ante inundación TR=500 años	233
Mapa 29. Nivel de peligrosidad ante inundación TR=1000 años	234

RESUMEN

Las inundaciones de las áreas agrícolas y viviendas del caserío de Cañasbamba en el distrito y provincia de Yungay, departamento de Ancash, es un problema frente a eventos de máximas avenidas, debido al desbordamiento del cauce de la subcuenca Milagros llegando inundar, dejando como consecuencia cuantiosos daños materiales y económicos. Es por ello que la presente investigación denominado “Determinación de áreas inundables por ocurrencia de avenidas máximas mediante modelización hidrológico e hidráulico, en la subcuenca Milagros, Yungay, Ancash”, tuvo como objetivo determinar las áreas inundables por ocurrencia de avenidas máximas de la subcuenca Milagros, mediante modelización hidrológico e hidráulico, en un tramo de 215 metros del cauce principal. El enfoque de investigación es cuantitativo, tipo aplicada y de alcance descriptivo, según el diseño de investigación es no experimental – transversal. Se realizó la descripción de la zona de estudio, seguidamente la recopilación y el procesamiento de la información pluviométrica. Los datos de entrada para el modelo hidrológico con HEC-HMS 4.9 fueron el hietograma de diseño, $CN = 68.87$ y tiempo de concentración 0.337 horas, donde se obtuvieron los caudales máximos de 9.00, 11.00, 13.40, 16.90 y 20.00 m^3/seg para los periodos de retorno de 50, 100, 200, 500 y 1000 años respectivamente. Se realizó la simulación hidráulica para flujos hiperconcentrados con FLO-2D, para lo cual se definieron los parámetros de reológicos como la $G_s=2.65$, $C_v=0.35$, $\tau_y=2.39$ Pa. y $\eta=0.67$ Pa.s., donde se obtuvieron profundidades máximas de flujo de 1.81, 2.04, 2.18, 2.35 y 2.50 m. para los periodos de retorno de 50, 100, 200, 500 y 1000 años respectivamente. Se ha determinado el área total de inundación igual a 3.43, 3.80, 4.13, 4.60 y 5.23 Has. para los periodos de retorno de 50, 100, 200, 500 y 1000 años respectivamente. Las áreas inundadas se encuentran expuestas a nivel de peligro Bajo. Finalmente se realizó la validación de los resultados comparando las marcas dejadas en el huayco del 2017 y los obtenidos en el modelamiento, lo cual se puede concluir que el periodo de ocurrencia de esa inundación es de 100 años.

Palabras clave: Inundación, modelamiento hidrológico con HEC-HMS 4.9, modelamiento hidráulico con FLO-2D.

ABSTRACT

The flooding of the agricultural areas and houses of the Cañasbamba hamlet in the district and province of Yungay, department of Ancash, is a problem in the face of events of maximum avenues, due to the overflow of the channel of the Milagros sub-basin, flooding, leaving as a consequence large material and financial damage. That is why the present investigation called "Determination of floodable areas due to the occurrence of maximum floods through hydrological and hydraulic modeling, in the Milagros sub-basin, Yungay, Ancash", had the objective of determining the floodable areas due to the occurrence of maximum floods of the Milagros sub-basin, through hydrological and hydraulic modeling, in a 215 meters section of the main channel. The research approach is quantitative, applied type and descriptive in scope, according to the research design it is non-experimental - cross-sectional. The study area was described, followed by the collection and processing of rainfall information. The input data for the hydrological model with HEC-HMS 4.9 were the design hyetogram, $CN = 68.87$ and concentration time 0.337 hours, where the maximum flows of 9.00, 11.00, 13.40, 16.90 and 20.00 m³/sec were obtained for the return periods of 50, 100, 200, 500 and 1000 years respectively. The hydraulic simulation for hyperconcentrated flows was carried out with FLO-2D, for which the rheological parameters were defined as $G_s=2.65$, $C_v=0.35$, $\tau_y = 2.39$ Pa. and $\eta=0.67$ Pa.s., where they were obtained maximum flow depths of 1.81, 2.04, 2.18, 2.35 and 2.50 m. for the return periods of 50, 100, 200, 500 and 1000 years respectively. The total flood area has been determined equal to 3.43, 3.80, 4.13, 4.60 and 5.23 Has. for the return periods of 50, 100, 200, 500 and 1000 years respectively. Flooded areas are exposed to a Low hazard level. Finally, the validation of the results was carried out by comparing the marks left in the 2017 mudslide and those obtained in the modeling, which can be concluded that the period of occurrence of this flood is 100 years.

Keywords: Flood, hydrological modeling with HEC-HMS 4.9, hydraulic modeling with FLO-2D.

INTRODUCCIÓN

Al hablar de las inundaciones es más frecuentes en las zonas que son propensas al desbordamiento de ríos y quebradas debido a las intensas precipitaciones y ordenamiento territorial escasa o nula. Siendo problemas a nivel regional, nacional e internacional.

El Perú no es ajeno a los problemas de exceso de lluvias, debido principalmente al cambio climático, los fenómenos del niño de 1983, 1998 y este último 2017 dejaron pérdidas humanas y económicas debido a las avenidas extraordinarios máximos originados por precipitaciones de gran intensidad.

Se conoce que la poblacional situada en el caserío de Cañasbamba son propensas a las inundaciones, según el registro del INDECI las viviendas construidas son de material rústico de adobe en donde los residentes realizan trabajos de crianza de animales menores y trabajos de agricultura los cuales fueron recolectados en el evento del fenómeno del año 2017. Muchas de estas viviendas y áreas de cultivo se encuentran en la parte baja de la subcuenca Milagros.

A lo indicado anteriormente, la presencia de eventos extremos asociado al desorden social y falta de prevención ocasionó el evento que comúnmente denominamos en el Perú como huaycos o flujos de escombros. Este flujo de escombros es el resultado de la erosión del suelo de la parte alta de la subcuenca debido a la presencia de precipitaciones intensas que provocan el acarreo de materiales y sedimentos hasta la parte baja de la subcuenca, estos flujos llegan a alcanzar profundidades y velocidades considerables lo cual representan un peligro.

Se tiene antecedente del huayco registrado en esta subcuenca y se estima que estos continúen en los años consiguientes; si bien es cierto se han tomado las medidas para prevenir, como la construcción de un puente y la descolmatación del cauce aguas arriba del puente, no son suficiente para prevenir las áreas de cultivo y edificaciones aguas abajo del puente.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Identificación de Problema

El exceso de precipitación, que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo después de fluir a través de la superficie de la cuenca, se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial. (Chow, 2000)

En general una avenida es un fenómeno de ocurrencia de caudales relativamente grandes. Una inundación se caracteriza por la ocurrencia de caudales grandes que se salen del canal de la corriente. Una avenida puede no causar inundación, especialmente si se construyen obras de control para tal fin. Por otro lado, aun no habiendo un aumento grande de escorrentía superficial, podrá suceder una inundación en el caso de que haya alguna obstrucción en el canal natural del río. (Monsalve German, 1999)

Breña & Jacobo (2006), mencionan que, en las cuencas hidrológicas, la transformación de lluvia en escurrimiento, genera gastos que son requeridos para revisar o diseñar las estructuras hidráulicas que están localizadas en sus áreas de aportación. Como también indican que un gran número de cuencas no se tiene información de las avenidas debido a los modificadores del drenaje de

la cuenca asociadas con la deforestación, la urbanización, el cambio del uso de suelo o por otras causas.

Las inundaciones traen, como es sabido problemas de toda índole en diversas áreas de la actividad humana, por lo que es necesario pre-determinar las avenidas máximas, ya que se trata del cálculo anticipado de un caudal crítico que tal vez no haya sucedido o que exista una cierta probabilidad de suceder en el futuro. (Mejía Jesús, s.f.)

En la localidad de Cayasbamba, que con fecha 06 de febrero del 2017, por la presencia de intensas lluvias se genera la avenida máxima en las quebradas Milagro y Shocosh Uran, dejando 256 personas damnificados, 63 viviendas inhabitables, una Institución Educativa afectado, 2 km de canal de riego dañado, 120 Has de cultivo agrícola perdidos, servicio de agua y desagüe colapsado, 10 km de carretera PE – N3 Huaraz – Caraz afectado, un puente afectado y más de mil animales menores perdidos. (INDECI, 2017)

Debido a este problema que se presentó, se ha realizado la modelización hidrológico e hidráulico para avenidas de la subcuenca Milagros con fines de prevención de inundación.

1.1.2. Formulación de problema

a) Formulación general

¿Cuáles son las áreas inundables por ocurrencia de avenidas máximas mediante modelización hidrológico e hidráulico, en la subcuenca Milagros, Yungay, Ancash?

b) Formulaciones específicas

- ¿Cuáles serán los parámetros geomorfológicos de la sub cuenca Milagros?
- ¿Cuáles serán los parámetros reológicos del cauce principal de la sub cuenca Milagros?
- ¿Cuáles serán los caudales máximos obtenido mediante la modelización hidrológica con software especializado?

- ¿Cuáles serán los niveles máximos de inundación en el caserío de Cañasbamba determinado mediante la modelización hidráulica para flujo hiperconcentrado con software especializado?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 *Objetivo General*

Determinar las áreas inundables por ocurrencia de avenidas máximas mediante modelización hidrológico e hidráulico, en la subcuenca Milagros, Yungay, Ancash.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Determinar los parámetros geomorfológicos de la sub cuenca Milagros.
- Determinar los parámetros reológicos del cauce principal de la sub cuenca Milagros.
- Realizar la modelización hidrológica mediante software especializado para determinar los caudales máximos a diferentes periodos de retorno.
- Realizar la modelización hidráulica para flujo hiperconcentrado mediante software especializado para determinar los niveles de inundación en el caserío de Cañasbamba.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Durante los últimos 20 años, grandes fenómenos extremos (especialmente El Niño) han dejado cuantiosas pérdidas humanas y económicas a su paso. Es por ello, que es necesario un estudio completo con herramientas modernas y efectivas que nos den un panorama más completo de todos los posibles eventos o de los más críticos, y según ello, planificar las actividades de prevención o corrección a ejecutar a corto o mediano plazo. Este proceso debe realizarse en cada quebrada, sobre todo si cubre parte importante de la ciudad o grandes terrenos de cultivo. (Trigoso, 2018)

El agua es evidentemente un recurso abundante en los ríos, sin embargo, por su mala distribución en el espacio y en el tiempo, ha causado por mucho tiempo, el fenómeno de la inundación y sequía que pueden llegar a causar situaciones de emergencia o desastre. Estas pueden manifestarse periódicamente

en importantes áreas de la zona, afectando de esta manera a las poblaciones cuyo sustento es principalmente la actividad agrícola. (Solano y Vintimilla, 2013)

Para estudios de inundación por avenidas máximas de una subcuenca los modelos matemáticos son las más utilizadas para el modelamiento hidrológico e hidráulico, actualmente existen diversos modelos matemáticos (software) disponibles en el mercado, siendo la más conocida por su uso y libre disponibilidad el modelo matemático HEC-HMS 4.9 y FLO-2D conceptualizado por O'Brien y Julien en 1987, la cual se emplearon en la presente investigación.

La presente investigación beneficia directamente a la población del caserío de Cañasbamba y la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, porque se conoce las áreas de peligro ante inundación para eventos extremos de la quebrada Milagros, e indirectamente a la Municipalidad Provincial de Yungay para elabore planes de prevención de inundación y plantear medidas de protección.

Finalmente, la presente investigación contribuye al conocimiento de los problemas relacionados a la inundación de barro originada por las crecidas de los ríos y quebradas, sirviendo como base para investigaciones posteriores, ya que el tema de inundaciones es un problema nacional y mundial muy frecuente.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

La presente investigación tuvo como finalidad determinar las áreas de inundación por ocurrencias de avenidas máximas en la sub cuenca Milagros mediante el modelización hidrológico e hidráulico. Con la ayuda del Sistema de Información Geográfica se pudo obtener mapas de inundación del caserío de Cañasbamba, de esta manera las autoridades competentes puedan plantear medidas de prevención para la mitigación de daños ocasionados por este evento natural.

Para la determinación de áreas de inundación es un estudio multidisciplinarios, donde se aplica criterios de la ingeniería hidrológica, hidráulica y el manejo de un Sistema de Información Geográfica. Las principales limitaciones en la siguiente investigación fueron:

- No se cuenta con ninguna estación meteorológica en la subcuenca Milagros. Por lo que se tomaron información de las estaciones más cercanas.
- El acceso limitado a datos meteorológicos como es el caso de precipitación máxima de 24 horas, la cual se solicitó a la SENAMHI con fines de investigación, la cual nos proporcionaron los datos meteorológicos de forma gratuita.
- El acceso limitado en la cabecera de sub cuenca Milagros para realizar los trabajos de levantamiento topográfico, por la cual se optó el uso de imágenes satelitales (DEM) para la determinación de los parámetros geomorfológicos de la Subcuenca.
- Costo elevado del software FLO-2D Pro, para la presente investigación se utilizó esta versión.

1.5. CONTEXTO

Para realizar la presente investigación en la subcuenca Milagros se tuvo en cuenta los antecedentes ocurridos en el año 2017, donde se originó un huayco ocasionando daños materiales y personales en el caserío de Cañasbamba. En tal sentido, el presente trabajo de investigación se ubica geográficamente:

Provincia	: Yungay	Coordenadas UTM, Sistema WGS 84,	
Distrito	: Yungay	Zona 18S.	
Caserío	: Cañasbamba	Norte	: 8992686.00 m.
Altitud	: 2319 m.s.n.m.	Este	: 195791.00 m.

Figura 1

Zona de Investigación de la Sub Cuenca Milagros



Nota. Reproducida de Google Earth Pro, 2022.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. *Internacionales*

Paricio et al. (2018) en su revista científica “Susceptibilidad a inundación por flujos torrenciales a partir de la integración del método geomorfológico y de la modelización con FLO-2D, lago Atitlán, Guatemala” manifiestan que el lago Atitlán (Guatemala) se encuentra localizado en la zona de paso de los ciclones tropicales formados tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico. Este tipo de fenómenos provocan anualmente abundantes e intensas precipitaciones que, a su vez, generan numerosas inundaciones y la formación de flujos torrenciales. El presente artículo pretendió profundizar en el conocimiento de este tipo de procesos y en la predicción de su alcance espacial. El trabajo se ha desarrollado en la cuenca de Tzununá y se han tomado como referencia el huracán Stan (2005) y la tormenta tropical Agatha (2010). Durante su paso por la región se registraron máximas de precipitación en dos días de 383 y 269 mm, respectivamente. Para el análisis se ha aplicado el método geomorfológico y se han modelizado flujos con diferentes propiedades reológicas a partir del software FLO-2D. El trabajo de reconocimiento geomorfológico de detalle ha sido esencial y ha permitido validar algunos de

los resultados de las modelizaciones y descartar, o dar menor peso, a otros menos representativos de la realidad. En el escenario 1 se ha modelizado un caudal acuoso sin carga sólida correspondiente al caudal base obtenido con el software HECHMS. El volumen total de flujo generado ha sido de 273060 m³, la profundidad de flujo máxima registrada ha sido de 1.9 m y la velocidad máxima de 4.7 m/s. En el escenario 2 se ha modelizado un flujo con un incremento de volumen del 15% respecto al caudal base utilizando la opción de FLO-2D y un factor de 1.18 que, multiplicado por los caudales de referencia obtenidos, el volumen total de flujo generado ha sido de 321252 m³, la profundidad de flujo máxima registrada ha sido de 2.1 m y la velocidad máxima de 4.9 m/s. En el escenario 3 se ha modelizado un flujo con un pico máximo de concentración volumétrica de sedimento del 45%. El volumen total de flujo generado ha sido de 390494 m³, la profundidad de flujo máxima registrada ha sido de 4.9 m, la velocidad máxima de 4.3 m/s y la velocidad máxima en el momento de mayor contenido de carga sólida, y por lo tanto de mayor viscosidad, de 1.4 m/s.

Figueroa (2013) en su tesis de grado de maestro titulado “Estudio del peligro por flujo de detritos y corrientes hiperconcentradas mediante simulación numérica en Flo-2D, caso de estudio: Angangueo, Mich”, manifiesta que el objetivo fue estudiar y evaluar el peligro por flujo de detritos y corrientes hiperconcentradas. Para tal objetivo, se aplicó una metodología propia de la que se destacan la construcción de un modelo digital de elevación, cálculo del hidrograma líquido a partir de información pluviográfica aplicando el método del hidrograma unitario de SCS, y con la ayuda del modelo de simulación hidrológica HEC-HMS 3.2; cálculo del hidrograma de sólidos a partir de concentraciones volumétricas de sedimentos que fueron variando hasta lograr un modelo calibrado; determinación de coeficiente de Manning con base en referencias bibliográfica y recorrido en campo; finalmente, obtención de parámetros reológicos de los sedimentos (viscosidad y esfuerzo de cedencia), estimación indirectamente mediante la comparación de muestras de sedimentos del área de estudio con aquellas reportadas en la bibliografía. Los resultados de las modelaciones en Flo-2D revelan tres zonas de conflicto tanto para el flujo netamente líquido como para el flujo de detritos. La primera

zona se ubica a la entrada de la ciudad, en el último cambio de dirección que presenta el río San Pedro; la segunda zona en el puente que intercepta a la calle Libertad y que conduce al Monumento del Minero; y la tercera en la intersección de la calle Melchor Ocampo con el canal de río San Pedro. En estas zonas los modelos revelan un incremento importante en los tirantes, las velocidades, las fuerzas de impacto y las presiones estáticas. En base a resultados de Flo-2D se elaboró un mapa de peligro por inundación y flujo de detritos para un evento similar al febrero del 2010.

Rafael y Gonzales (2003) en su revista científica “Estimación de los volúmenes y caudales máximos que produjeron los aludes torrenciales Ocurridos en diciembre del 1999 en Cuencas de Litoral Central del Estado Vargas, Venezuela”, indican que como objetivo fue la estimación de volúmenes y caudales producidos por un alud. Para la estimación de los volúmenes máximos asociados a estos eventos se utilizaron dos metodologías, la primera, desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros de Ejercito de los Estados Unidos de América (USACE) la cual se basa en modelos de regresión y, la segunda metodología utilizada, es la descrita por O’Brien a través de la cual se estimaron los hidrogramas de flujo de detritos a partir de los hidrogramas de gastos líquidos. Para la estimación de los caudales máximos de los hidrogramas de detritos que salen de la cuenca tributaria se utilizaron dos metodologías de análisis; una se basa en las ecuaciones desarrolladas por Takahashi y la otra es utilizada por O’Brien en el modelo bidimensional FLO-2D. De acuerdo a resultados los volúmenes de detritos asociada a la crecida centenaria para cuenca El Cojo (6.1 km^2) y Camuri Chico (9.6 km^2) de 785742 m^3 y 955779 m^3 respectivamente según la metodología USACE y 616672 m^3 y 1109764 m^3 respectivamente según la metodología O’Brien. El caudal máximo de flujo de detritos para las cuencas mencionadas fue de $100.64 \text{ m}^3/\text{s}$ y $180.39 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Por lo anterior concluyen que el caudal pico del hidrograma de detritos puede ser 2.7 veces el caudal pico del hidrograma líquido.

2.1.2. Nacionales

Valdivia (2021) en su tesis titulado “Determinación del nivel de riesgo ante ocurrencia de flujo de lodo en la quebrada sin nombre, distrito Sama las

Yaras- Tacna” menciona que la quebrada presenta intensa actividad geodinámica, en épocas de precipitaciones, llega a ocasionar pérdidas humanas y económicas. Se realizó el levantamiento topográfico, mapeo geológico, geomorfológico, estudio de mecánica de suelos, así como también, investigaciones hidrológicas, con el objetivo de caracterizar la cuenca. Para determinar el comportamiento del flujo de lodo se optó por utilizar el software Flo- 2D, en estudios anteriores mostró gran eficiencia al momento de generar mapas de peligros por flujo de lodo y escombros. Para el uso de este software es necesario tener información de la zona de estudio, como: topografía a detalle, parámetros hidrológicos (Precipitación, Coeficiente de Manning, etc.) y características del tipo de suelo. Con la información antes mencionada se han generado tres escenarios de simulación, con hidrogramas líquidos con caudales pico de 17 m³/s; 34,3 m³/s y 40,2 m³/s para tiempos de retorno de 50, 100 y 200 años respectivamente con una concentración de sedimentos que varían entre 35% a 40 %, la cual las profundidades máximas del flujo varían entre 1,3 a 5,7 m y velocidades de 0,6 m/s hasta 5,8 m/s para TR=50 años, profundidades máximas del flujo 0,7 a 6,3 m y velocidades de 0,7 m/s hasta 6,5 m/s TR=100 años; y finalmente profundidades máximas del flujo de 0,8 a 6,9 m m y velocidades de 0,8 m/s hasta 6,8 m/s TR=200 años. Se realizó un mapa de peligro, mapa de vulnerabilidad y un mapa de riesgos, teniendo como fuente el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 2da versión del CENEPRED, para realizar los mapas. El nivel de peligro, el nivel de vulnerabilidad y el nivel de riesgo que presenta la carretera ante la ocurrencia de un flujo de lodo es muy alta.

Talledo y Cardoso (2021) en su tesis de titulación “Generación de mapa de amenaza para disminuir el impacto de daños ocasionados por flujos hiperconcentrados en la quebrada del Diablo, distrito Alto de la Alianza, haciendo uso de FLO-2D” mencionan que el fin de la investigación fue plantear un mapa de amenaza para reducir el impacto de los flujos hiperconcentrados y mejorar la planificación urbana de dicho distrito. Para el modelamiento hidrológico, se procedió con la caracterización de la zona de estudio a través de informes e imágenes satelitales, asimismo, se realizó un análisis de las precipitaciones en la zona de la cabecera de la quebrada. Generando así, una

base de datos de entrada para el HEC-HMS para obtener los caudales máximos para periodos de retorno de 50, 100, 200, 250 y 500 años. El modelamiento hidráulico de los flujos se realizó con el software FLO-2D, teniendo como resultados el caudal de la mezcla máximo para el evento del 21 de febrero y para los periodos de retorno de 50, 100, 200, 250 y 500 años de 42.6 m³/s, 34.5 m³/s, 55 m³/s, 85.1 m³/s, 103.5 m³/s y 141.2 m³/s, respectivamente. La inundación simulada poseía un volumen de flujo de salida de 478,578.97m³, 462,318.70 m³, 672,089.98 m³, 965,134.40 m³, 1'108,102.38 m³ y 1'604,207.89 m³ respectivamente. De la misma manera, la velocidad promedio del flujo obtenido fueron de 0.78 m/s, 0.75 m/s, 0.82 m/s, 0.95 m/s, 1 m/s y 1.08 m/s respectivamente. Los tirantes máximos en la zona urbana fueron 1.58 metros 1.43 metros, 1.74 metros, 2.09 metros, 2.28 metros y 2.71 metros respectivamente. Por último, se realizó un análisis del nivel de amenaza en la zona urbana a través de mapas generados por el software FLO-2D Mapper para los diferentes escenarios planteados. Además, se evaluó el efecto de colocar estructuras de mitigación a lo largo del cauce de la quebrada del diablo y contrastar los valores de profundidades, velocidades y nivel de amenaza en la zona urbana.

Huancara y Cutire (2019) en su tesis titulado “Simulación de huayco e inundación y propuesta de solución en el anexo de pescadores, distrito de Ocoña, provincia de Camana, departamento de Arequipa” indican que el objetivo de la investigación fue la simulación bidimensional de la avenida de lodo que afecta a la carretera Panamericana Sur km 756 + 400 en el anexo de Pescadores, ubicado en Arequipa, Perú, cuyo principal problema es la paralización del tránsito vehicular, afectando también a los habitantes de la zona. Para ello, se realizó los estudios de topografía, hidrología y reología del área y haciendo uso del modelo numérico FLO-2D, se procedió a modelar y calibrar con el evento ocurrido el 12 de febrero de 2012; con el fin de obtener los mapas de peligro de 25,100 y 200 años para delimitar las zonas de peligro en el anexo de Pescadores. El tipo de flujo hiperconcentrado que discurre en la quebrada Pescadores, corresponde a una avenida de lodo, con una concentración de sedimentos de 0.35. El caudal pico de flujo hiperconcentrado, para el diseño del puente y el dique de enrocado, para un periodo de retorno de

200 años, es de 332.15 m³/s. Finalmente, para controlar la avenida de lodo, la solución óptima propuesta es la construcción de un puente y el encauzamiento del flujo con diques de enrocado.

Castillo (2006) expone en su tesis “Aplicación de un Modelo Numérico de Flujo de Escombros y Lodo en una Quebrada en el Perú”, cuyo objetivo fue brindar criterios de modelación de los flujos de lodo y escombros utilizando un software comercial de análisis de flujos hiperconcentrados. El modelo numérico empleado es el FLO-2D versión 2003. Como información de entrada se utilizó la topografía digital del terreno, la geometría del canal, valores estimados de la rugosidad del canal y de la planicie de inundación, hidrogramas de entrada (líquidos y sólidos), precipitación y propiedades reológicas de la mezcla agua-sedimento. La calibración del modelo numérico consistió en tratar de hacer coincidir los tirantes del modelo con las marcas de flujo encontradas en campo e igualar el volumen de escombros y sedimento reportado por el modelo con el volumen estimado en campo. La quebrada simulada en la tesis fue la quebrada Paihua, frente a la ciudad de Matucana, en la provincia de Huarochirí. Con la simulación de la quebrada, el programa FLO-2D nos reporta tirantes y velocidades del flujo de lodo tanto en el cono de deyección como en la confluencia con el río Rímac. A partir de las salidas del programa se puede elaborar un mapa de amenaza que ayude a mitigar los efectos del huayco en la ciudad de Matucana. Como resultados del modelamiento se obtuvieron el volumen total de agua predicha fue de 452 090 m³ y el volumen de escombros con sedimento igual a 620 989 m³ (un 63% de este volumen es igual al volumen estimado de campo), la profundidad máxima varía entre 2 m y 6 m con velocidades máximas calculadas de 5 m/s en el cauce de la quebrada; y profundidades máximas de 5 m con velocidades de hasta 2.5 m/s en la confluencia con el río Rímac.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Sistema Hidrológico

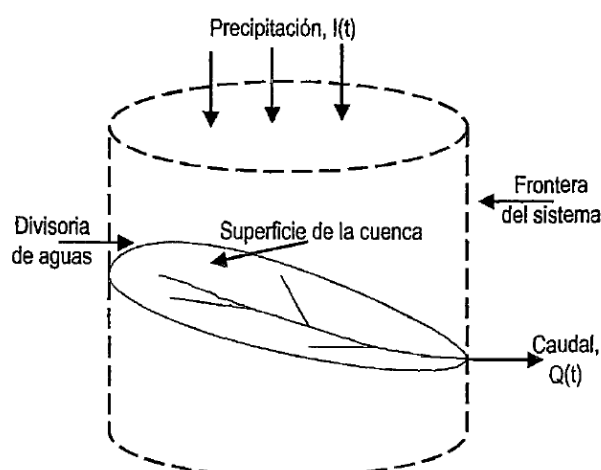
Los fenómenos hidrológicos son extremadamente complejos, por lo que nunca serán conocidos completamente. Sin embargo, a falta de una concepción perfecta, pueden ser representados de forma simplificada mediante el concepto

de sistema que es considerado como un conjunto de partes que interactúan como un todo (Mejía, s.f.).

La figura 2 representa el proceso lluvia escorrentía correspondiente a una tormenta sobre una cuenca desde el punto de vista de un sistema hidrológico. El proceso de entrada $I(t)$ es la precipitación, distribuida en el espacio sobre el plano superior; el caudal $Q(t)$ es el proceso de salida, concentrado en el punto de salida de la cuenca. También podrían considerarse como salidas a la evaporación y al flujo subsuperficial, sin embargo, estos procesos son muy pequeños comparados con el caudal que ocurre durante la tormenta (Mejía, s.f.).

Figura 2

La Cuenca como Sistema Hidrológico



Nota. Reproducido de *Hidrología aplicada*, Mejía, s.f.

2.2.2. *Parámetros Geomorfológicos de una Cuenca*

2.2.2.1. **Parámetros de Forma**

- **Tamaño de la cuenca**

El tamaño de una cuenca se determina según el área que esta abarca, propiedad más importante, pues permite determinar el potencial de escorrentía que se pueda generar en una superficie expuesta a la precipitación, debido al efecto de flujo superficial que pudiera generar. La clasificación de la cuenca basada en función de su área se muestra en la siguiente tabla. (Viramontes et al., 2007)

Tabla 1*Clasificación de cuencas por superficie*

Tamaño de la cuenca (Km ²)	Descripción
Menos de 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	
500 a 2500	Intemedia Pequeña
2500 a 5000	Intermedia Grande
más de 5000	Grande Muy Grande

Nota. Adaptado de *Morfometría de la cuenca*, Viramontes et al., 2007.

- **Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius (Cc)**

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de una circunferencia; sus resultados están basados en la clasificación de Campos (1992), mostrados en la Tabla 2. Cuánto más cercano esté el índice a la unidad, la cuenca será más circular y por tanto más compacta, y en la medida que aumenta, la cuenca adquiere una forma más oval. (Viramontes et al., 2007)

La fórmula de Gravelius, está dada por:

$$Cc = 0.282 \frac{Pc}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Donde:

Cc = Coeficiente de compacidad.

A = Área de la cuenca.

Pc = Perímetro de la cuenca.

Tabla 2*Formas de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad*

Clase de Forma	Índice de Compacidad (Cc)	Forma de la Cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26 - 1.50	Oval-redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 a más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Nota. Adaptado de *Morfometría de la cuenca*, Viramontes et al., 2007.

Es un indicador de la forma de la cuenca, cuando $C_c > 1$ la cuenca es alargada y los caudales picos durante una tormenta no ocurrirán rápido (Reyes, 2017).

- **Razón de Elongación (Re)**

Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma. La fórmula es la propuesta por Shumm (1956):

$$Re = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{Lc} \quad (2)$$

Donde:

Re = Relación de elongación.

Lc = Longitud del cauce principal de la cuenca.

A = Área.

Es un indicador de la forma de la cuenca, cuando $Re \leq 1$ la cuenca es alargada (Reyes, 2017).

- **Factor de Forma (F)**

Este factor fue propuesto por Horton (1945) donde relaciona el área de la cuenca y la longitud de la misma. En este sentido, valores inferiores a la unidad indican cuencas alargadas y aquellos cercanos a uno, son redondeadas. Se expresa con la fórmula:

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Donde:

F = Razón de forma de Horton.

A = Área de la cuenca.

L = Longitud del río principal medida en línea recta.

Los valores interpretativos de la relación de forma de Horton, pueden verse en la tabla 3.

Tabla 3*Valores interpretativos del factor de forma*

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
> 0.22	Muy alargada
0.22 - 0.300	Alargada
0.300 - 0.37	Ligeramente Alargada
0.37 - 0.450	Ni alargada ni Ensanchada
0.450 - 0.60	Ligeramente Ensanchada
0.60 - 0.80	Ensanchada
0.80 - 1.20	Muy Ensanchada
> 1.200	Rodeando el Desague

Nota. Adaptado de *Morfometría de cuencas*, Delgadillo y Moreno, s.f.

2.2.2.2. Parámetros de Relieve

- **Pendiente media de la cuenca (J)**

Se calcula como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante; es un índice de la velocidad media de la escorrentía y, por lo tanto, de su poder de arrastre o poder erosivo (Ibáñez et al., 2011).

La fórmula para el cálculo de la pendiente media es:

$$J = 100 \times \frac{(\sum Li)(E)}{A} \quad (4)$$

Donde:

J = Pendiente media de la cuenca (%).

$\sum Li$ = Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km).

E = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).

A = Superficie de la cuenca (Km²).

- **Curva Hipsométrica**

La curva hipsométrica representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca. Se construye llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en km² o en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, generalmente en metros (Coloma, 2015).

2.2.2.3. Red de Drenaje

- **Densidad de Drenaje**

Definida para una cuenca como la longitud media de curso por unidad de superficie, calculándose mediante la expresión:

$$D = \frac{\sum L}{A} \quad (5)$$

Donde:

D = Densidad de drenaje (km-1).

$\sum L$ = Suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (km).

A = Superficie de la cuenca (km²).

Tabla 4

Valores interpretativos de la densidad de drenaje

Densidad de Drenaje (Km/Km ²)	Categoría
< 1	Baja
1 a 2	Moderada
2 a 3	Alta
> 3	Muy Alta

Nota. Adaptado de *Aspectos hidrológicos, subcuencas susceptibles a crecidas, escenarios de riesgo por crecidas*, Delgadillo y Páez, 2008.

Si $0.6 \leq Dd < 3$ km/km² la cuenca es bien drenada.

Los valores altos de la densidad de drenaje indican cuencas con suelos fácilmente erosionables o relativamente impermeables, con pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal (Reyes, 2017).

- **Pendiente media del cauce principal**

Aplicando la ecuación de Chezy para canales abiertos se obtiene la fórmula de Taylor Schwarz:

$$S_L = \left[\frac{\sum_1^n Li}{\sum_1^n \frac{Li}{\sqrt{Si}}} \right]^2 \quad (6)$$

Donde:

S_L = Pendiente media del cauce principal (%).

L_i = Longitud del tramo i .

S_i = Pendiente del tramo i .

Dependiendo de la media del cauce principal, la cuenca se clasifica según la tabla 5.

Tabla 5

Valores para relieve o topografía del terreno

Pendiente en porcentaje	Tipo de terreno
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
Mayor a 50	Muy escarpado

Nota. Adaptado de *Evaluación hidrológica*, Ortiz, 2004.

2.2.3. Uso de suelos

Información publicada por la FAO y UNESCO es un proyecto que se desarrolló en colaboración entre los innumerables científicos de suelo en el mundo, se finalizó tras un esfuerzo de 20 años. Hasta ahora el Mapa Mundial de Suelos ha permanecido como la única visión global de los recursos del suelo. (ANA, 2015, p. 8)

De acuerdo al tipo de Suelo, se asignó el grupo hidrológico de suelo a la pertenece, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6*Reclasificación del Mapa de suelo*

Descripción del Suelo	Simbología	Grupo Hidrológico
Acrisol háplico - Alisol háplico - Lixisol háplico	ACh-ALh-LXh	C
Acrisol háplico - Alisol háplico - Luvisol crómico	ACh-ALh-LVh	C
Arenosol háplico - Solonchak háplico	ARh-ACh	A
Cambisol dístico - Acrisol háplico	CMd-ACh	C
Cambisol dístico - Acrisol háplico - Lixisol háplico	CMd-ACh-LXh	C
Cambisol dístico - Alisol háplico	CMd-ALh	C
Cambisol dístico - Nitisol háplico	CMd-NTh	C
Cambisol éutrico - Phaeozem háplico	CMe-PHh	B
Cambisol éutrico - Vertisol éutrico	CMe-VRe	C
Fluvisol éutrico - Gleysol éutrico	FLe-GLe	B
Fluvisol éutrico - Regosol éutrico	FLe-RGe	B
Gleysol dístico - Cambisol dístico	GLd-CMd	B
Gleysol dístico - Histosol fibrico	GLd-SHf	D
Gleysol dístico - Lixisol háplico - Fluvisol dístico	GLd-LXh-FLd	A
Leptosol dístico - Afloramiento lítico	LPd-R	B
Leptosol dístico - Andosol mbrico - Afloramiento lítico	LPd-ANu-R	B
Leptosol dístico - Andosol vítrico	LPd-ANz	B
Leptosol dístico - Cambisol dístico - Regosol dístico	LPd-CMd-RGd	B
Leptosol dístico - Regosol dístico - Afloramiento lítico	LPd-RGd-R	B
Leptosol éutrico - Afloramiento lítico	Lpe-R	B
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico	LPe-CMe	C
Leptosol éutrico - Cambisol éutrico - Regosol éutrico	Lpe-CMe-RGe	B
Leptosol éutrico - Kastanozem háplico - Afloramiento lítico	Lpe-KSh-R	B
Leptosol éutrico - Regosol éutrico - Afloramiento lítico	Lpe-RGe-R	B
Leptosol lítico - Afloramiento lítico	LPq-R	B
Lixisol háplico - Gleysol dístico	LXh-GLd	B
Luvisol crómico - Cambisol éutrico	LVx-CMe	C
Regosol dístico - Afloramiento lítico	RGd-R	B
Regosol dístico - Cambisol dístico	RGd-CMd	C
Regosol éutrico - Andosol móllico	RGe-ANm	C
Regosol éutrico - Calcisol háplico	RGe-CLh	C
Regosol éutrico - Cambisol éutrico	RGe-CMe	C
Solonchak háplico - Léptosol éutrico	SCh-LPe	A

Nota. Adaptado de *Generación del mapa temático de curva número (CN)*, ANA, 2015.

2.2.4. Cobertura vegetal

El Ministerio del Ambiente, MINAM, como ente encargado de conducir el proceso de inventario y evaluación nacional integrada de los recursos naturales y de los servicios ambientales, ha elaborado el Mapa de Cobertura Vegetal del Perú, el cual constituye una herramienta de gestión del patrimonio natural y a la vez de soporte en la implementación de la Política Nacional del Ambiente. (ANA, 2015, p. 6)

De acuerdo al tipo de cobertura y uso del suelo se asigna un código de reclasificación para cada uno, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7

Reclasificación del Mapa de cobertura

Descripción de Coberturas	Reclasificación
Cuerpos de agua	1
Nevados	2
Centros poblados	3
Cultivos/Áreas intervenidas	4
Matorral arbustivo abierto	5
Pradera en zona de clima frío	6
Sabana de árboles leñosos	7
Sabana hidromorfica	8
Selva lluviosa tropical	9
Selva lluviosa tropical con bambúes	10
Selva temporal de hojas anchas	11
Selva hidrolítica	12
Desierto en zona de clima árido	13

Nota. Reproducido de *Generación del mapa temático de curva número (CN)*, ANA, 2015.

2.2.5. Curvas I-D-F

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio (MTC, s.f.).

Se expresa como:

$$i = \frac{P}{T_d} \quad (7)$$

Donde:

P= profundidad de lluvia (mm)

T_d = duración, dada usualmente en horas.

La frecuencia se expresa en función del período de retorno, T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

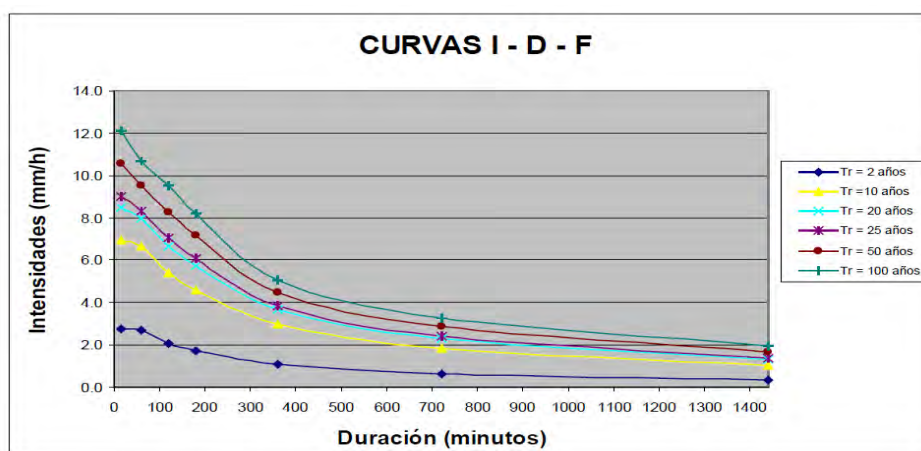
Las curvas intensidad – duración – frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno. (MTC, s.f.)

Para determinar estas curvas IDF se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año, con el fin de realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los hietogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un año y de estos hietogramas elegir la lluvia correspondiente a la hora más lluviosa, a las dos horas más lluviosas, a las tres horas y así sucesivamente. (MTC, s.f.)

Cada serie se somete a un análisis de frecuencia, asociando modelos probabilísticas.

Figura 3

Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para lluvia máxima



Nota. Reproducido de *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje* (p.35), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, s.f.

Para el caso de duraciones de tormenta menores a 1 hora, o no se cuente con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dick Peschke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. (MTC, s.f.)

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad (8)$$

Donde:

P_d = precipitación total (mm)

d = duración en minutos

P_{24h} = precipitación máxima en 24 horas (mm), para el periodo de diseño

Las intensidades máximas para diferentes periodos de duración serán:

$$I_{máxD} = \left(\frac{60 \times P_d}{D} \right) \text{ mm/hr} \quad (9)$$

El tiempo de retorno según el orden de trazado de Weibull será:

$$TR = \frac{N + 1}{m} \text{ años} \quad (10)$$

Donde:

N : número de años de registro

m : orden decreciente de los datos

Mediante regresión múltiple se calculan los parámetros a , b y c de la ecuación:

$$I = \frac{aT^b}{D^c} \quad (11)$$

2.2.6. Modelo digital de elevación (DEM)

Un modelo digital de elevaciones es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno. Un terreno real puede describirse de forma genérica como una función bivariable continua $z = \zeta(x,y)$ donde z representa la altitud del terreno en el punto de coordenadas (x,y) y ζ es una función que relaciona la variable con su localización geográfica. En un modelo digital de elevación se aplica la función anterior sobre un dominio espacial concreto, D . En consecuencia, un DEM puede describirse genéricamente como $DEM = (D, \zeta)$. (Felicísimo, 2004, p. 2)

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados (SIG).

El Modelo de Elevación Digital (DEM) puede ser descargado de la página del MINAM con resolución de 30 x 30 m. http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx

Como otra opción se puede usar un DEM de mayor resolución (12.50 x 12.50 m) proporcionados por la NASA, usando el siguiente link:

<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>

2.2.7. *Sistema de Modelación Hidrológica (HEC-HMS)*

El Sistema de Modelación Hidrológica (HEC-HMS) está diseñado para simular los procesos hidrológicos completos de sistemas de cuencas dendríticas (Coloma, 2015).

El HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) es un programa de simulación hidrológica tipo evento, lineal y semidistribuido, desarrollado para estimar las hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas (caudales máximos y tiempos al pico) a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando para ello algunos de los métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escorrentía directa que han alcanzado cierta popularidad en los Estados Unidos y por extensión en nuestro país. (Vilcanchi, 2016)

El programa trabaja con tres módulos básicos que definen en su conjunto el proyecto de simulación de la cuenca (Pacheco, 2011).

- **Modelo de Cuenca**

El modelo de cuenca es utilizado para representar la parte física de la cuenca. El usuario desarrolla un modelo de cuenca agregando y conectando elementos hidrológicos. Los elementos hidrológicos usan modelos matemáticos para describir los procesos físicos en la cuenca (Coloma, 2015).

Tabla 8*Descripción de los elementos hidrológicos en el modelo HMS*

Elemento Hidrológico	Descripción
subcuencas	La subcuenca se utiliza para representar la cuenca física. Dada la precipitación, el flujo de salida del elemento de la subcuenca se calcula restando las pérdidas por precipitación, calculando la escorrentía superficial y sumando el flujo base.
fuente	El elemento fuente se utiliza para introducir el caudal en el modelo de cuenca. El elemento de origen no tiene flujo de entrada. El flujo de salida del elemento de origen lo define el usuario.
Sumidero	El sumidero se utiliza para representar la salida de la cuenca física. El flujo de entrada al sumidero puede provenir de uno o varios elementos aguas arriba. No hay salida del fregadero.
reservorio	El embalse se utiliza para modelar la detención y atenuación de un hidrograma causado por un embalse o estanque de detención. El flujo de entrada al elemento del depósito puede provenir de uno o varios elementos aguas arriba. El flujo de salida del depósito se puede calcular usando uno de los tres métodos de enrutamiento.
Alcánzar	El alcance se utiliza para transmitir el caudal en el modelo de cuenca. El flujo de entrada al tramo puede provenir de uno o varios elementos aguas arriba. El flujo de salida del tramo se calcula teniendo en cuenta la traducción y la atenuación. Las pérdidas de canal se pueden incluir opcionalmente en el enrutamiento.
Unión	El cruce se usa para combinar el caudal de los elementos ubicados aguas arriba del cruce. El flujo de entrada al cruce puede provenir de uno o varios elementos aguas arriba. El flujo de salida se calcula sumando todos los flujos de entrada.
Desviacion	El desvío se utiliza para modelar el flujo de agua que sale del canal principal. El flujo de entrada al desvío puede provenir de uno o varios elementos aguas arriba. El flujo de salida del elemento de desvío consiste en flujo desviado y flujo no desviado. El flujo desviado se calcula utilizando la entrada del usuario. Tanto los flujos desviados como los no desviados se pueden conectar a elementos hidrológicos aguas abajo del elemento de desviación.

Nota. Adaptado de *manual de usuario HEC-HMS*, USACE, 2022.

En el caso de las subcuencas, existen muchos modelos matemáticos para determinar las pérdidas de precipitación, transformar el exceso en caudal añadir el gasto base. En este manual nos referiremos como métodos para expresar los diferentes métodos matemáticos. En la tabla 9 se presenta la lista de los métodos disponibles para las subcuencas y los canales.

Tabla 9*Métodos para los cálculos en las subcuencas y los canales*

Elemento	Tipo de cálculo	Método
Subcuenca	Pérdida por infiltración	Déficit y razón constante (DC)
		Exponencial
		Geen y Ampt
		DC por grilla
		SCS CN por grilla
		Inicial y razón constante
		Número de curva (NC) del SCS
	Esguerrimiento en la cuenca	Smith Paralange
		Conteo de humedad del suelo (SMA)
		Hidrograma unitario de Clark
		Onda cinemática
		Clark modificado
		Hidrograma unitario del SCS
		Hidrograma unitario de Snyder
Curva S especificada por el usuario		
Flujo base	Hidrograma unitario especificado por el usuario	
	Recesión delimitada	
	Mensualmente constante	
	Reserborio lineal	
	Aproximación no lineal de Boussinesq	
	Recesión	
	Tránsito	
Canal	Onda cinemática	
	Retraso	
	Puls modificado	
	Muskingum	
	Muskingum-Cunge	
	"STRADDLE STAGGER"	
Pérdidas/Ganancias	Constante	
	Percolación	

Nota. Reproducido de *manual de usuario HEC-HMS*, USACE, 2022.

- **Modelo de Meteorológico**

El modelo meteorológico consiste en datos meteorológicos e información requerida para procesarlos, requiere de un hietograma (Pachac, 2014). Calcula la precipitación requerida en una subcuenca. Se puede utilizar precipitación puntual o por grillas, tiene la capacidad de modelar precipitación sólida y líquida junto con evapotranspiración (Coloma, 2015).

Tabla 10*Descripción de los modelos meteorológicos*

Métodos para la precipitación	Descripción
Frecuencia de las tormentas (Frequency Storm)	Este método es utilizado para desarrollar un evento de precipitación en el cual el valor de la precipitación para diferentes duraciones tiene una probabilidad de excedencia existente.
Estaciones por peso (Gage Weights)	Este método permite asignar pesos a las diferentes estaciones definidas por el usuario.
Precipitación por grilla (Gridded Precipitation)	Este método permite el uso de precipitación por grilla, tal como puede ser la proveniente de un radar meteorológico.
Inverso de la distancia (Inverse Distance)	Este método calcula el promedio en la subcuenca aplicando la ecuación del inverso de la distancia al cuadrado para las estaciones definidas por el usuario.
Tormenta del SCS (SCS Storm)	Este método aplica una distribución específica del SCS a una tormenta con una duración total de 24 horas.
Hietograma especificado (Specified Hictograph)	En este método el usuario introduce el hietograma para la subcuenca.
Tormenta estándar de proyecto (Standard Project Storm)	Este método aplica una distribución en el tiempo a un valor de precipitación dado.

Nota. Reproducido de *manual de usuario HEC-HMS*, USACE, 2022.

- **Especificaciones de control**

En el que se incluye la fecha y hora de inicio y fin de la simulación e intervalo de tiempo para el cálculo del hidrograma de escurrimiento. Las especificaciones de control se refieren al tiempo de duración de la simulación, incluyendo también fecha y hora de comienzo y fin del proyecto e intervalo de cálculo. El intervalo de tiempo define el intervalo de cálculo del programa, este intervalo debe ser pequeño, si es mayor que el 29% del T_{lag} (tiempo de retardo) de la cuenca, la corrida del software se interrumpe. (Pacheco, 2011).

2.2.7.1. Método del Número de Curva del SCS

Este método fue desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos; tiene ventajas sobre el método racional, pues se aplica a cuencas medianas como también a cuencas pequeñas. Su principal aplicación es la estimación de las cantidades de escurrimiento tanto en el estudio de avenidas máximas, como en el caso del cálculo de aportaciones líquidas. (Villon, 2002, p. 263)

El nombre del método deriva de una serie de curvas, cada una de las cuales lleva el número N, que varía de 1 a 100. Un número de curva N=100,

indica que toda la lluvia escurre, y un número $N=1$, indica que toda la lluvia se infiltra; por lo que los números de curvas representan coeficientes de escorrentía. (Villon, 2002, p. 263)

Este método es utilizado para estimar la escorrentía total a partir de datos de precipitación y otros parámetros de las cuencas de drenaje.

La ecuación principal del método, está dada por la ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (12)$$

Donde:

Q = escorrentía total acumulada

P = Precipitación

S = infiltración potencial máxima

La infiltración potencial máxima (S), está en función del número de curva N, mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2540}{N} - 25.4 \text{ (cm)} \quad (13)$$

Sustituyendo (8) en (7) tenemos:

$$Q = \frac{[N(P + 5.08) - 508]^2}{N[N(P - 20.32) + 2032]} \quad (14)$$

Donde:

Q = escorrentía total acumulada, en cm

P = Precipitación de la tormenta, en cm

N = número de curva

En la ecuación anterior debe cumplir que:

$$N(P + 5.08) - 508 > 0, \quad P > \frac{508}{N} - 5.08 \quad (15)$$

El SCS presenta la tabla 11, la cual permite determinar el número de curva “N” para diferentes prácticas agrícolas, diferentes condiciones hidrológicas y grupo hidrológico de suelos.

Tabla 11*Numero de Curva N*

Uso de la Tierra	Cobertura		Número de Curva			
	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
	Curvas de nivel y en terrazas	pobre	66	74	80	82
	Curvas de nivel y en terrazas	buena	62	71	78	81
Pequeños granos	Surcos rectos	pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y en terrazas	pobre	61	72	79	82
	Curvas de nivel y en terrazas	buena	59	70	78	81
Sembrios 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
	Curvas de nivel y en terrazas	pobre	63	73	80	83
	Curvas 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
		pobre	45	66	77	83
Bosques		regular	36	60	73	79
		buena	25	55	70	77
Patios		--	59	74	82	86
Caminos, Incluy. derecha vía	Cieno	--	72	82	87	89
	Superficie firme	--	74	84	90	92

Nota. Adaptado de *Hidrología*, Villon, 2002.

a) Condición hidrológica

La condición hidrológica se refiere a la capacidad de la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo que se encuentra en función de la cobertura vegetal.

Tabla 12

Condición hidrológica

Cobertura Vegetal	Condición Hidrológica
> 75% del área	buena
Entre 50% y 75% del área	regular
< 50% del área	pobre

Nota. Adaptado de *Hidrología*, Villon, 2002.

b) Grupo hidrológico de suelo

GRUPO A: (Bajo potencial de escurrimiento). Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojadas y consisten principalmente de arenas y gravas profundas y bien graduadas. Estos suelos sostienen altas velocidades de transmisión.

GRUPO B: Suelos con moderadas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos arenosos manos profundas que los del grupo A y con drenaje medio, conteniendo valores intermedios de texturas finas a gruesos.

GRUPO C: Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas fines. Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.

GRUPO D: (Alto potencial de escurrimiento). Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con estratos arcillosos cerca de su superficie o bien sobre un horizonte impermeable.

c) Uso de la tierra y tratamiento

El uso de la tierra es la cobertura de la cuenca e incluye toda clase de vegetación, escombros, pajonales, desmontes, así como las superficies de agua (lagos, pantanos, etc.) y superficies impermeables (carreteras, cubiertas).

El tratamiento de la tierra se aplica sobre todo a los usos agrícolas de la tierra e incluye las prácticas mecánicas tales como sistemas de bordos,

curvas de nivel, terraplenado y ejecución de prácticas para el control de erosión y rotación de cultivos.

El uso de la tierra y las clases de tratamiento se obtienen rápidamente ya sea por observación o por medición de la densidad y magnitud de escombros y cultivos en áreas representativas.

El método SCS distingue tres clases de tierras según su uso y tratamiento, estas son:

- Tierras cultivadas
- Tierras cubiertas de pastos o hierbas
- Tierras cubiertas de bosques y arbustos

2.2.7.2. Sub modelo de transformación lluvia-escorrentamiento.

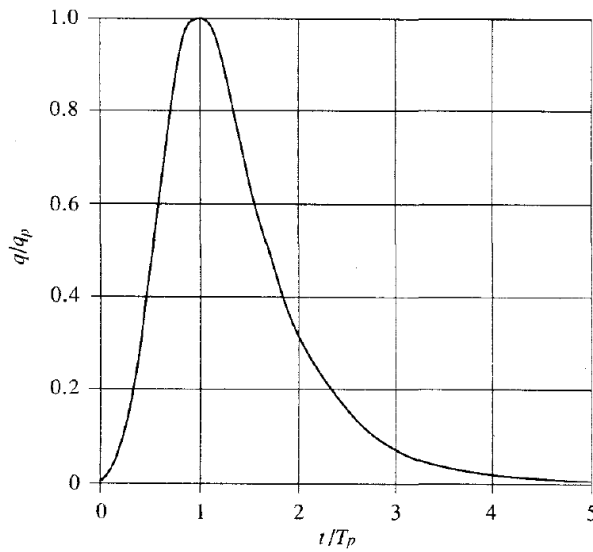
- **Hidrograma Unitario (HU) del SCS**

El Servicio de Conservación del Suelo de los Estados Unidos (SCS) propone un método de hidrograma unitario paramétrico. El método se basa en los promedios del hidrograma unitario derivado de la lluvia y el escurrimiento medido para un gran número de cuencas agrícolas pequeñas a todo lo largo de los EE. UU (Chow et al., 2000).

El método del hidrograma unitario del SCS se basa en un hidrograma pico adimensional (Ver Figura 4). Este hidrograma adimensional expresa la descarga del hidrograma unitario (q_t) como una proporción en la descarga pico del hidrograma (q_p) para cualquier tiempo t . (Chow et al., 2000).

Figura 4

Hidrograma unitario del SCS



Nota. Reproducido de *Hidrología Aplicada*, Chow et al., 2000.

Las investigaciones del SCS sugieren que el pico del hidrograma unitario y el tiempo del pico T_p del hidrograma están relacionados por:

$$q_p = C \times \frac{A}{T_p} \times P_e \quad (16)$$

Donde:

A = área de la cuenca

C = constante de conversión (2.08 en sistema Internacional y 484 en el sistema inglés)

T_p = tiempo pico (hr).

P_e = exceso de precipitación o escorrentía directa

El tiempo pico (también conocido como el tiempo de subida) es relacionado con la duración de la unidad de precipitación en exceso como:

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \quad (17)$$

Donde:

Δt = Duración de la precipitación en exceso (la cuál es también el intervalo de cálculo en el Hec-HMS).

t_{lag} : Tiempo de retardo, definido como la diferencia entre el tiempo del centro de masa de exceso de lluvia y el pico del hidrograma unitario.

El t_{lag} del hidrograma unitario del SCS puede ser estimado por vía de la calibración. Para las cuencas no calibradas, el SCS sugiere que el tiempo lag del hidrograma puede estar relacionado con el tiempo de concentración de la cuenca (t_c), (Chow et al., 2000) como:

$$t_{lag} = 0.6 \times t_c \quad (18)$$

Donde:

t_c : Tiempo de concentración de la lluvia.

El exceso de precipitación o es correntía directa (P_e) está dado por la siguiente expresión:

$$P_e = \frac{\left(P - \frac{5080}{N} + 50.8\right)^2}{\left(P + \frac{20320}{N} - 203.2\right)} \quad (19)$$

Donde:

P: precipitación en mm

N: número de curva

- **Tiempo de concentración**

El tiempo de retardo (t_{lag}) es un dato que requiere el HEC HMS 4.9 y está en función del tiempo de concentración, el tiempo de concentración se calculó con diversas fórmulas para seleccionar el valor adecuado. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración en horas (t_c):

- **Fórmula de la ecuación de retardo SCS**

$$t_c = \frac{155.21}{60} \times \frac{L^{0.8} \times \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{1900 \times S^{0.5}} \quad (20)$$

Donde:

L: Longitud de escurrimiento superficial (m)

CN: Número de curva del SCS

S: pendiente de la cuenca (%)

- **Fórmula de Kirpich**

$$t_c = 0.06628 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (21)$$

Donde:

L: Longitud de escurrimiento superficial (km)

S: Pendiente de la cuenca (m/m).

▪ **Fórmula de Hathaway**

$$t_c = 0.606 \times \frac{(L \times n)^{0.467}}{S^{0.234}} \quad (22)$$

Dónde:

L: Longitud del cauce principal (km)

n: Factor de rugosidad

S: Pendiente de la cuenca (m/m).

▪ **Fórmula de US Corp of Engineers**

$$t_c = 0.3 \times \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}} \quad (23)$$

Dónde:

L: Longitud del cauce principal (km)

S: Pendiente de la cuenca (m/m).

▪ **Fórmula de Rowe**

$$t_c = \left(\frac{0.86 \times L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (24)$$

Dónde:

L: Longitud del cauce principal (km)

H: Desnivel total del cauce principal (m)

▪ **Fórmula del Forest Resources Division, FAO**

$$t_c = \frac{L^{1.15}}{15 \times H^{0.38}} \quad (25)$$

Dónde:

L: Longitud del cauce principal (km)

H: Desnivel total del cauce principal (km)

▪ **Fórmula de Bassó**

$$t_c = 0.067 \times \frac{L^{1.155}}{H^{0.385}} \quad (26)$$

Dónde:

L: Longitud del cauce principal (km)

H: Desnivel total del cauce principal (km)

▪ **Fórmula de Ven Te Chow**

$$t_c = 0.005 \times \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64} \quad (27)$$

Dónde:

L: Longitud del cauce principal (m)

S: Desnivel total del cauce principal (%)

▪ **Fórmula basada en la velocidad de la onda de avenida**

$$t_c = \frac{L}{V_w} \quad (28)$$

$$V_w = 72 \times \left(\frac{H}{L} \right)^{0.60} \quad (29)$$

Dónde:

L: Longitud del cauce principal (km)

V_w: Velocidad de la onda de avenidas (km/h)

H: Desnivel total del cauce principal (km)

2.2.7.3. Tránsito en cauces.

El tránsito del flujo en cauces es un proceso de cálculos del hidrograma de salida hacia el final aguas abajo del cauce, dado el hidrograma de ingreso al inicio del tramo aguas arriba. (Torbisco, 2006).

El tránsito de los caudales a través de ríos y embalses es otro de los puntos críticos de la simulación con el programa HEC-HMS. En la Tabla 13 se resume el tipo de información necesaria para calcular el tránsito (Pacheco, 2011).

Tabla 13*Tránsito de los caudales a través de canales y embalses*

Método	Tipo	Información requerida
Muskingum	Hidrológico, empírico	1. Factor de tiempo de viaje K (h), constante para todo el tramo. 2. Factor adimensional de ponderación del amortiguamiento o retardo (entre 0 y 0,5). 3. Número de subdivisiones para los tramos.
Puls modificado	Hidrológico, semiempírico	1. Número de subdivisiones para cada tramo. 2. Condición inicial de flujo (entradas = salidas o definición del caudal de salida). 3. tabla de valores del almacenamiento (en miles de m^3) en función de la descarga (m^3/s).
Muskingum Cunge	Hidrológico, semiempírico	1. Tipo de sección transversal (prismática o circular). 2. Longitud del tramo del canal (m) 3. Pendiente de la línea de energía en el tramo. 4. Ancho del fondo (m). 5. Coeficiente de rugosidad n de Manning (si se trabaja con el método M-C de 8 puntos, entonces se definen los valores de los coeficientes de rugosidad para las dos márgenes y el fondo en 8
Onda cinemática	Hidráulico, teórico	1. Tipo de sección transversal (prismática, trapezoidal o 2. Longitud del tramo del canal (m). 3. Pendiente de la línea de energía en el tramo. 4. Ancho del fondo (m). 5. Talud lateral de la sección transversal ($xH: IV$). 6. Coeficiente de rugosidad de Manning. 7. Número mínimo de tramos o subdivisiones para realizar los

Nota. Reproducido de *Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la Región Oriental de Cuba*, Pacheco, 2011.

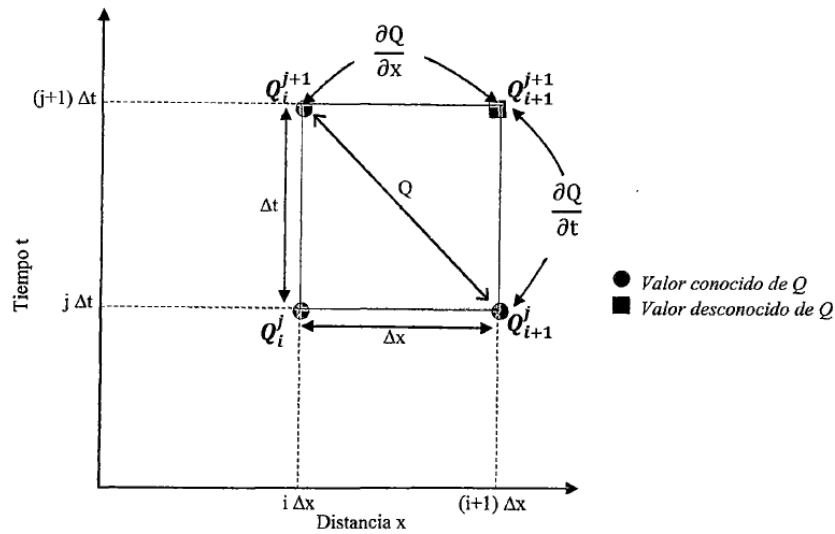
Método de tránsito: onda cinemática (cinematic wave)

La solución de las ecuaciones de onda cinemática especifica la distribución del flujo como una función de la distancia x a lo largo del canal y del tiempo t .

La figura 5 muestra la caja de diferencias finitas para la solución de la ecuación de onda cinemática lineal.

Figura 5

Caja de diferencias finitas para la solución de la ecuación de onda cinemática lineal.



Nota. Reproducido de *Hidrología Aplicada*, Chow et al., 2000.

De la Figura 5 se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x} \quad (30)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta t} \quad (31)$$

$$Q = \frac{Q_i^{j+1} + Q_{i+1}^j}{2} \quad (32)$$

La solución puede obtenerse numéricamente utilizando aproximaciones de diferencias finitas con la ecuación:

$$Q_{i+1}^{j+1} = \frac{\left[\frac{\Delta t}{\Delta x} Q_i^{j+1} + \alpha \beta Q_{i+1}^j \left(\frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} + \Delta t (q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j) \right]}{\left[\frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha \beta \left(\frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right]} \quad (33)$$

Donde esta ecuación es una combinación entre la ecuación de continuidad y momentum de la onda cinemática para producir una única variable dependiente ecuación anterior. El objetivo de la solución numérica es resolver esta ecuación para $Q(x,t)$ en cada uno de los puntos de la malla $x-t$, dados unos parámetros de canal α y β (Ven Te Chow, 2000).

$$\beta = 0.60 \quad (34)$$

$$\alpha = \left(\frac{nB^{\frac{2}{3}}}{1.49S_0^{\frac{1}{2}}} \right)^{\beta} \quad (35)$$

El flujo lateral $q(t)$ y las condiciones iniciales y de frontera. En particular, el propósito de la solución es determinar el hidrograma de salida $Q(L,t)$ (Torbisco, 2006).

2.2.8. Sistema de Modelación Hidráulico (FLO-2D)

2.2.8.1. Fluidos no-Newtonianos

Un fluido es una sustancia que se deforma continuamente por esfuerzos cortantes o tangenciales, ofreciendo una pequeña o nula resistencia a estos esfuerzos. Los fluidos se pueden clasificar en newtonianos y no newtonianos de acuerdo a la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, a esta relación se le conoce como viscosidad. (Castillo, 2006). Cuando la viscosidad no es proporcional se les denomina fluidos no newtonianos.

Los flujos no newtonianos cuando son independientes del tiempo se clasifican de acuerdo a:

- **Fluido Pseudoplástico**

En los fluidos pseudoplásticos la viscosidad aparente disminuye con el aumento de la velocidad de deformación. Ejemplos de fluidos de pseudoplásticos son: algunos tipos de pintura, sangre, etc.

- **Fluido Dilatante**

En los fluidos dilatantes, por el contrario, la viscosidad aparente aumenta con el incremento de la velocidad de deformación. Ejemplos son la arena mojada o la harina de maíz mezclada con agua.

- **Fluido Bingham plástico**

Este es un fluido que se comporta como sólido cuando un esfuerzo de corte muy pequeño es aplicado. Estos deben exceder un valor umbral conocido como esfuerzo de cedencia o límite de fluencia para comenzar a fluir, mostrando una relación lineal entre el esfuerzo y la relación de deformación.

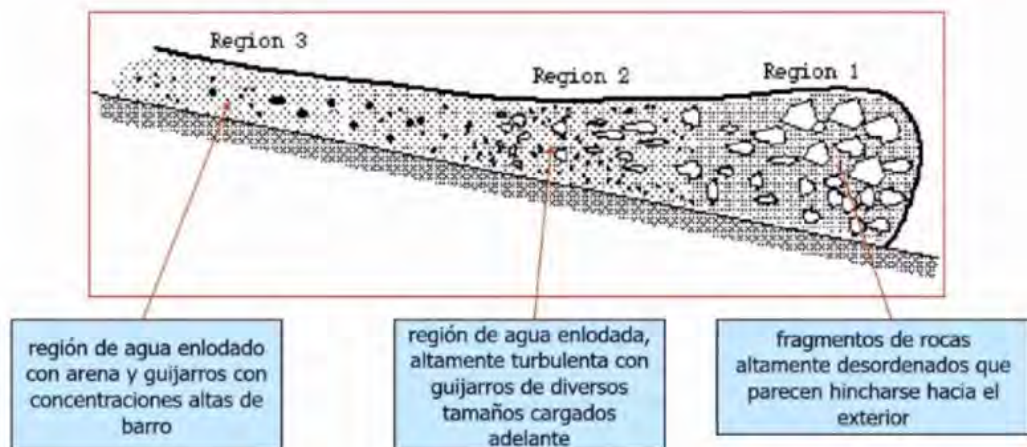
Algunos ejemplos son la pasta dental, el ketchup, etc. (Gardea y Villegas, 2008).

2.2.8.2. Composición de flujo de escombros

La composición de los flujos de escombros varía enormemente debido a la dimensión de sus partículas que, cambian desde materiales finos hasta cantos rodados suspendidos en una matriz viscosa. Asimismo, de ser un flujo de múltiples fases de granos desordenados con agua y aire mezclados entre sí. Por consiguiente, entre los principales elementos tenemos: la matriz fina (partículas de arcilla) y los granos gruesos y el agua. (Banda, 2015, pág.13)

Figura 6

Composición de flujo de escombros



Nota. Adaptado de *Aplicación de un modelo numérico de flujos de escombros y lodo en una quebrada en el Perú*, Castillo, 2006.

2.2.8.3. Descripción del modelo FLO-2D

Como manifiesta Castillo (2006) el movimiento de un fluido tan complejo como el que forma los aludes torrenciales no puede representarse por medio de los métodos que se aplican comúnmente para fluidos como el agua. Esto se debe a que la alta concentración de materia sólida en los aludes torrenciales hace que estos fluidos se comportan como fluidos no-newtonianos, en los que es necesario que actúe un esfuerzo superior a un esfuerzo crítico dado, para que el fluido se ponga en movimiento. Viceversa, si el esfuerzo actuante es inferior al esfuerzo crítico el fluido se detiene.

El modelo bidimensional de diferencias finitas FLO-2D (O'Brien) simula flujo de fluidos no-newtonianos, como aludes torrenciales, en conos de deyección. El modelo permite simular flujo en topografías complejas, tales como áreas urbanizadas y planicies de inundación, así como el intercambio de fluido entre los canales y la planicie de inundación. Puede modelarse flujo de agua, flujo hiperconcentrado de sedimentos, flujo de barro y alud torrencial (flujo de barro). Como datos de entrada se requiere la topografía digital del terreno, la geometría del canal, valores estimados de la rugosidad del canal y de la planicie de inundación, hidrogramas de entrada (líquidos y sólidos), precipitación y propiedades reológicas de la mezcla agua-sedimento (O'Brien, 2003).

2.2.8.4. Ecuaciones del modelo FLO-2D

- **Ecuación de Continuidad**

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hV_x}{\partial x} + \frac{\partial hV_y}{\partial y} = i \quad (36)$$

Dónde:

h: profundidad del flujo

V_x y V_y : componentes de la velocidad media

t: tiempo

i: intensidad de lluvia efectiva (i=0 si el dato de entrada es el caudal o un hidrograma)

- **Ecuación de Movimiento**

$$S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_x}{\partial y} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t} \quad (37)$$

$$S_{fy} = S_{oy} - \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_y}{\partial y} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_y}{\partial t} \quad (38)$$

Dónde:

g: aceleración de la gravedad

S_f = pendiente de fricción

S_o = pendiente del lecho

Navarro (2006) indica que la condición de borde aguas arriba es el hidrograma de entrada (INFLOW) y la condición de borde aguas abajo es el flujo de salida (OUTFLOW).

2.2.8.5. Solución numérica

Navarro (2006) describe la solución numérica:

La forma diferencial de las ecuaciones de continuidad y de momentum en el modelo FLO-2D es resuelto mediante un esquema central de diferencias finitas. Además, el modelo emplea para el cálculo de la velocidad la ecuación de onda difusiva o la ecuación de onda dinámica.

En métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales parciales, los cálculos se llevan a cabo en una malla localizada en plano x-t. La malla x-t es una red de puntos definida al tomar incrementos de distancia de longitud Δx e incrementos de tiempo de duración Δt . Los esquemas numéricos transforman las ecuaciones diferenciales parciales en un conjunto de ecuaciones algebraicas de diferencias finitas.

Para la solución del método de diferencias finitas, el FLO-2D emplea un esquema explícito, que consiste en un esquema simple que requiere de valores pequeños de Δx y Δt para la convergencia del procedimiento numérico.

Para la estabilidad numérica de los cálculos, una condición necesaria pero no suficiente para la estabilidad de un esquema explícito es la condición de Courant-Friedrich-Lewy (CFL). El paso de tiempo Δt es limitado por:

$$\Delta t = C \frac{\Delta x}{(v + c)} \quad (39)$$

Dónde:

C: número de Courant ($0.3 < C < 1.0$). El número de Courant marca el límite superior del intervalo de tiempo utilizado por ciertos algoritmos.

Δx : ancho del elemento de la malla cuadrada

v: velocidad promedio de la sección transversal calculada

c: celeridad de la onda calculada

Para el tránsito de onda dinámica, otro criterio de estabilidad numérica aplicado en el modelo es el de Ponce y Theurer (1982). Este criterio está en función de la pendiente del lecho, la descarga y el tamaño del elemento de grilla. El paso de tiempo es limitado por:

$$\Delta t = \frac{\zeta S_o \Delta X^2}{q_o} \quad (40)$$

Los pasos de tiempo Δt generalmente varían de 0.1 segundo a 60 segundos. El modelo comienza con un paso de tiempo mínimo y lo aumenta hasta que uno de los criterios de estabilidad numérica sea excedido, entonces el paso de tiempo es disminuido. Si los criterios de estabilidad continúan siendo excedidos, entonces el paso de tiempo es disminuido hasta que el paso de tiempo mínimo sea alcanzado. Los pasos de tiempo son una función de la descarga del flujo para un elemento de grilla y de su tamaño. (O'Brien, 2000)

2.2.8.6. Razonamiento de FLO-2D

La topografía de la superficie se discretiza en una malla formada por celdas o elementos cuadrados de tamaño uniforme, a cada elemento se le asigna una posición (elevación o cota de terreno), un coeficiente de rugosidad (n de Manning) y factores de reducción del flujo que atraviesa la celda (Oviedo, 2009).

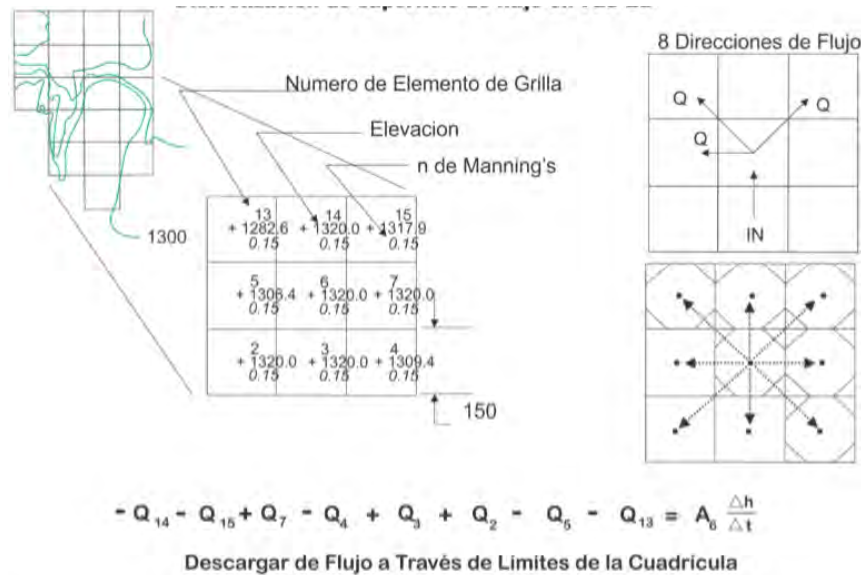
Valdivia (2021) el cálculo hidráulico de cada elemento de grilla empieza con una estimación de la profundidad del flujo en la frontera del elemento de grilla. La profundidad estimada del flujo es un promedio de las profundidades de flujo en los dos elementos de grilla que comparten descarga en las direcciones del flujo. Existen ocho posibles direcciones: cuatro direcciones de la brújula (norte, este, sur y oeste) y cuatro direcciones diagonales (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

El FLO-2D solucionará ya sea la ecuación de onda difusiva o la ecuación de onda dinámica completa para computar la velocidad. La ecuación de Manning es luego aplicada en una dirección usando el promedio de la pendiente de la superficie de agua para calcular la velocidad. Si la ecuación de onda difusiva es seleccionada, la velocidad es entonces calculada para todas las ocho direcciones del flujo en cada elemento de grilla. Si la opción de onda

dinámica completa es aplicada, la velocidad de onda difusiva calculada es utilizada como primera aproximación en el método de segundo orden de Newton-Raphson de tangentes para determinar las raíces de la ecuación de onda dinámica completa, el cual es una ecuación diferencial parcial de segundo orden, no lineal (Castillo,2006).

Figura 7

Discretización de superficie en FLO-2D



Nota. Descarga del flujo a través de los elementos de grilla en planta. Adaptado de *manual de usuario FLO-2D*, O'Brien, 2018.

Navarro (2006) indica que el algoritmo de solución incorpora los siguientes pasos donde cada elemento de grilla posee un único valor de rugosidad, elevación y profundidad del flujo:

- El promedio de los valores de rugosidad y geometría del flujo entre dos elementos de grilla son calculados.
- La profundidad del flujo “d” para el cálculo a través de la frontera de grilla para el siguiente paso de tiempo (i+1) es estimado de los pasos de tiempo previos “i” usando una función lineal (el promedio de la profundidad del flujo entre dos elementos).

$$d_x^{i+1} = d_x^i + d_{x+1}^i \quad (41)$$

- c) La velocidad es calculada usando la ecuación de onda difusiva como primera aproximación. La única variable no conocida en la ecuación de onda difusiva es la velocidad.
- d) Si la ecuación de onda dinámica completa es seleccionada por el usuario, la velocidad de onda difusiva prevista para ese paso de tiempo es usado como un dato inicial en la solución de Newton-Raphson. Se hace nota que para flujos de sedimentos hiperconcentrados, como flujos de lodo y escombros, el cálculo de la velocidad incluye los términos adicionales de viscosidad y esfuerzo de cedencia.
- e) La descarga Q a través de la frontera de la planicie de inundación (o entre dos elementos de canal) es calculado multiplicando la velocidad por el área transversal del flujo.
- f) El incremento de descarga para el paso de tiempo a través de las 8 fronteras es sumado.

$$\Delta Q_x^{i+1} = Q_n + Q_e + Q_s + Q_w + Q_{ne} + Q_{se} + Q_{sw} + Q_{nw} \quad (42)$$

- g) La variación en volumen es distribuida sobre el área de almacenamiento disponible dentro del elemento de grilla o canal para determinar el incremento en la profundidad del flujo.

$$\Delta d_x^{i+1} = \frac{\Delta Q_x^{i+1} \Delta t}{\text{Área}} \quad (43)$$

- h) Donde ΔQ_x es el delta de la descarga en las ocho direcciones de la planicie de inundación para el elemento de grilla y para el paso de tiempo Δt entre el tiempo “i” e “i+1”.
- i) El criterio de estabilidad numérica es luego chequeado para la nueva profundidad del flujo del elemento de grilla. Si cualquier criterio de estabilidad es excedido, el tiempo de simulación es reseteado para el tiempo previo y el incremento del paso del tiempo es reducido.
- j) La simulación prosigue incrementándose con el paso de tiempo hasta que el criterio de estabilidad sea excedido.

2.2.8.7. Modelo reológico

FLO- 2D transita flujos de sedimentos hiperconcentrados (flujos de lodo y escombros) como un fluido continuo, prediciendo el movimiento del fluido viscoso. Para flujos de lodo (mudflows), el movimiento de la matriz fluida es gobernado por la concentración de sedimentos. Un modelo cuadrático reológico prediciendo la viscosidad y el esfuerzo de cedencia como una función de la concentración de sedimentos es empleado y los volúmenes del sedimento son monitoreados a través del sistema (O'Brien, 2000).

O'Brien y Julien (1988), Julien y Lan (1991), investigaron flujos de lodo con altas concentraciones de sedimento fino en la matriz fluida. Estos estudios mostraron que los flujos de lodo se comportan como los fluidos Bingham con bajas tasas de corte. En matrices fluidas con bajas concentraciones de sedimento, los esfuerzos turbulentos dominan en el flujo. Altas concentraciones de partículas gruesas combinadas con bajas concentraciones de partículas finas son requeridas para generar esfuerzos dispersivos. El modelo cuadrático de esfuerzo al corte propuesto por O'Brien y Julien (1985) describe el régimen continuo del flujo viscoso a flujo turbulento/dispersivo.

Navarro (2006) para transitar flujos de lodo, el comportamiento reológico del flujo debe ser tratado como un continuo con componentes de agua y sedimento mezclados. Los flujos de sedimento hiperconcentrado como lodo y flujos de escombros envuelven la interacción entre fluidos complejos y procesos de sedimentos; turbulencia, esfuerzos viscosos, cambio de momento de la partícula sedimento fluido, arrastre de partículas y colisión de partículas de sedimento. La cohesión fina del sedimento controla el comportamiento no Newtoniano de la matriz fluida. Esta cohesión contribuye al esfuerzo de cedencia el cual debe ser excedido por una fuerza aplicada para iniciar el movimiento de fluido.

Para grandes tasas de esfuerzo al corte tal como podría ocurrir en abanicos aluviales pronunciados, los esfuerzos turbulentos pueden ser generados. En un flujo turbulento, un incremento de la componente de esfuerzo al corte, del esfuerzo dispersivo, puede provenir de la colisión de partículas de sedimento bajo grandes tasas de deformación del flujo. Los esfuerzos

dispersivos ocurren cuando las partículas grandes del sedimento dominan el flujo y el porcentaje de sedimento fino cohesivo (limos y arcillas) es pequeño. Los esfuerzos cortantes en flujos de sedimento hiperconcentrados, incluyendo los descritos como flujos de escombros, flujos de lodo e inundaciones de lodo, pueden ser calculados de la suma de cinco componentes de esfuerzos al corte (O'Brien y Julien, 1985).

$$\tau = \tau_c + \tau_{mc} + \tau_v + \tau_t + \tau_d \quad (44)$$

donde:

τ : esfuerzo cortante total en flujos hiperconcentrados

τ_c : esfuerzo límite cohesivo

τ_{mc} : esfuerzo de Mohr-Coulomb

τ_v : esfuerzo cortante viscoso

τ_t : esfuerzo cortante turbulento

τ_d : esfuerzo cortante dispersivo

Cuando escribimos en términos de tasas de deformación (dv/dy) el siguiente modelo cuadrático reológico puede ser desarrollado:

$$\tau = \tau_y + \eta \left(\frac{dv}{dy} \right) + C \left(\frac{dv}{dy} \right)^2 \quad (45)$$

donde:

$$\tau_y = \tau_c + \tau_{mc} \quad (46)$$

$$C = \rho_m l^2 + a_i \rho_s \lambda^2 d_s^2 \quad (47)$$

η : viscosidad dinámica de la mezcla

$\tau_{mc} = \rho_s \tan \phi$ dependen de la presión intergranular p_s y del ángulo de reposo ϕ del material

C: coeficiente de esfuerzos cortantes inerciales, el cual depende de la densidad de masa de la mezcla ρ_m , de la longitud de Prandtl l_m , del tamaño del sedimento d_s , de la concentración volumétrica de sedimentos C_v , y de la densidad de masa del sedimento ρ_s .

La longitud l_m es usualmente dado como una función de la distancia desde el borde "y" y la constante de Von Karman "k". Como una primera

aproximación, puede ser determinada por $l_m \approx kh$, donde h es la profundidad del flujo y $k=0.4$. El coeficiente ai propuesto por Takashi es de 0.01.

Bagnold definió la concentración de sedimento lineal λ como:

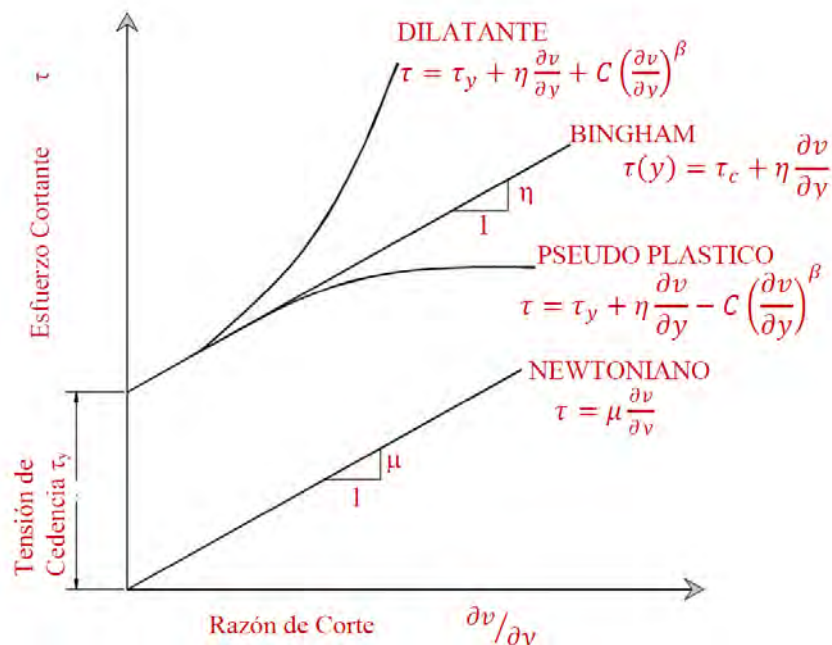
$$\frac{1}{\lambda} = \left(\frac{C_m}{C_v}\right)^{1/3} - 1 \quad (48)$$

En el cual la concentración máxima de partículas de sedimento C_m es aproximadamente 0.615.

Los primeros dos términos de esfuerzos en la ecuación de esfuerzos cortantes son referidos a los cortantes de Bingham y representa los esfuerzos de resistencia internos del fluido Bingham. La suma del esfuerzo de cedencia y los esfuerzos viscosos define los esfuerzos cortantes de un fluido cohesivo, de sedimento hiperconcentrado en un régimen de flujo viscoso. El último término es la suma de los esfuerzos cortantes dispersivos y turbulentos, el cual es una función de cuadrado de la gradiente de velocidad (O'Brien, 1993).

Figura 8

Modelo de deformación del fluido



Nota. Adaptado de *manual de usuario FLO-2D*, O'Brien, 2018.

Un modelo de flujos de lodo que incorpora solo los esfuerzos de Bingham e ignora los esfuerzos inerciales asume que la simulación de flujos de lodo es viscosa. Esta suposición no es generalmente aplicable porque todas las

inundaciones de lodo (mud floods) y algunos flujos de lodo (mudflows), son turbulentos con velocidades tal como 8 m/s. Incluso flujos de lodo con concentraciones hasta 40% por volumen pueden ser turbulentos (O'Brien, 1986).

Dependiendo de las propiedades de la matriz fluida, la viscosidad y esfuerzos de cedencia en altas concentraciones de sedimento pueden todavía ser relativamente bajos comparados a esfuerzos turbulentos asociados a altas velocidades. Si el flujo es controlado principalmente por esfuerzos viscosos, resultarán velocidades inferiores. Inversamente, si la viscosidad y el esfuerzo de cedencia son pequeños, los esfuerzos turbulentos dominarán y las velocidades serán superiores (Castillo, 2006).

De la ecuación (45), Julien & Lan (1991) propusieron una formulación adimensional del modelo reológico cuadrático como sigue:

$$\tau^* = 1 + (1 + T_d^*)a_i D_v^* \quad (49)$$

En donde los tres parámetros adimensionales τ^* , D_v^* y T_d^* son definidos como:

- a) Esfuerzo cortante en exceso adimensional

$$\tau^* = \left(\frac{\tau - \tau_y}{\eta du/dy} \right) \quad (50)$$

Si $\tau^*=1$, la mezcla se comporta como un fluido del tipo Bingham.

- b) Tasa dispersivo- viscoso adimensional

$$D_v^* = \frac{\rho_s \lambda^2 d_s^2}{\eta} \left(\frac{du}{dy} \right) \quad (51)$$

Si D_v^* es grande, el flujo será dispersivo, si D_v^* es pequeño será viscoso.

- c) Tasa dispersivo- viscoso adimensional

$$T_d^* = \frac{\rho_m l_m^2}{a_i \rho_s \lambda^2 d_s^2} \quad (52)$$

Si T_d^* es grande el flujo será turbulento; si T_d^* es pequeño será dispersivo.

Para relacionar los parámetros adimensionales a la clasificación de flujos de sedimento hiperconcentrados, las siguientes líneas son sugeridas:

- Las avenidas de lodo (mud flood) ocurren cuando los esfuerzos cortantes turbulentos son dominantes, dados por $Dv^* > 400$ y $Td^* > 1$.
- Los flujos de lodo (mudflow) ocurren cuando los esfuerzos de cedencia y viscosos son dominantes, dados por $Dv^* < 30$.
- Los flujos de escombros (debris flow) o flujos granulares ocurren cuando los esfuerzos dispersivos son dominantes, dados por $Dv^* > 400$ y $Td^* < 1$.

Un régimen de transición existe en el rango de los parámetros $30 < Dv^* < 400$.

En el modelo FLO-2D utiliza lo establecido por Meyer – Peter y Muller (1948) y Einstein (1950), por analogía, la relación de esfuerzo de corte es la profundidad integrada y es reescrito en la siguiente forma como una pendiente de dimensiones:

$$S_f = S_y + S_v + S_{td} \quad (53)$$

Donde:

S_f : Pendiente de fricción total

S_y : Pendiente positiva (yield slope)

S_v : Pendiente viscosa

S_{td} : Pendiente turbulenta dispersiva

La pendiente de viscosidad puede ser escrito como:

$$S_v = \frac{K\eta}{8\gamma_m} \frac{V}{h^2} \quad (54)$$

donde:

γ_m : Peso específico de la mezcla de sedimentos

La resistencia del parámetro K para flujo laminar.

Tabla 14*Parámetros de resistencia K del flujo laminar*

Superficie	Rango de K
Concreto/asfalto	24 – 108
Arena escasa	30 – 120
Superficie gradual	90 – 400
Arcilla escasa – suelo d	100 - 500
Poca vegetación	1,000 - 4,000
Hierba corta de praderæ	3,000 - 10,000
Césped de hierba añil	7,000 - 50,000
1 Woolhiser (1975)	

Nota. Adaptado de *Manual del usuario FLO-2D*, O'Brien y Julien, 1988.

La pendiente del esfuerzo turbulento- dispersivo, puede ser escrito como:

$$S_{td} = \frac{\eta_{td}^2 V^2}{h^{4/3}} \quad (55)$$

Donde la resistencia del flujo η_{td} de las componentes de esfuerzos cortantes turbulentos y dispersivo, son una función exponencial de la concentración de sedimentos y el coeficiente de Manning.

En concentraciones muy altas, el esfuerzo dispersivo alcanzado por el contacto de las partículas de sedimento incrementa la resistencia de flujo η_{td} por la transferencia de flujo de impulso a las fronteras. Para estimar este incremento en la resistencia del flujo, el flujo de resistencia convencional turbulento η_t es incrementado por una función exponencial de la concentración de sedimentos C_v (O'Brien & Julien, 1985).

$$\eta_{td} = n_t b e^{m C_v} \quad (56)$$

Siendo b un coeficiente (0.0538) y m un exponente (6.0896).

Las componentes de las pendientes de fricción son entonces combinadas en la siguiente forma:

$$S_f = \frac{\tau_y}{\gamma_m h} + \frac{K \eta V}{8 \gamma_m h^2} + \frac{\eta_{td}^2 V^2}{h^{4/3}} \quad (57)$$

Se ha formulado una solución de ecuación cuadrática a la ecuación de pendiente de fricción en el modelo Flo-2D para estimar la velocidad para el uso en la ecuación de momento.

2.2.8.8. Medición de los parámetros reológicos

O'Brien y Julien (1988) realizaron un análisis de laboratorio de muestras recolectadas de depósitos naturales de flujos de lodo en Colorado Rocky Mountain cerca de las ciudades de Aspen y Glenwood Springs. Las propiedades de las muestras de los flujos de lodo en términos de distribución del tamaño de sedimento y contenido de arcilla son dadas en la tabla 15. Las muestras con alto contenido de arcilla fueron ensayadas para determinar el límite líquido y el índice plástico. La matriz fluida compuesta de sedimentos finos (solo limos y arcillas) fue preparada para ensayarse en un viscosímetro; de 10 a 15 mediciones de esfuerzos cortantes versus tasa de deformación fue realizado para cada concentración. La concentración volumétrica fue variando añadiendo agua después de cada ensayo. Finalmente, de los resultados se concluyó que la viscosidad (η) y el esfuerzo de cedencia (τ_y) se incrementan potencialmente con la concentración de sedimentos (Cv).

$$\eta = \alpha_1 e^{\beta_1 C_v} \quad (58)$$

$$\tau_y = \alpha_2 e^{\beta_2 C_v} \quad (59)$$

donde:

α_1 y β_1 : Coeficientes empíricos definidos por experimentos de laboratorio.

Cv : Concentración volumétrica de sedimentos.

Tabla 15

Propiedades de las matrices de flujos de lodo (partículas finas: limo y arcilla)

Muestra	Distribución del tamaño de sedimento				Límite Líquido	Índice plástico
	Arcilla (%)	D16 (mm)	D50 (mm)	D84 (mm)		
Glenwood original	4.8	0.010	0.034	0.062	-	-
Glenwood muestra 1	6.8	0.009	0.023	0.050	-	-
Glenwood muestra 2	3.0	0.016	35.000	0.061	-	-
Glenwood muestra 3	4.8	0.011	0.025	0.053	-	-
Glenwood muestra 4	7.6	0.001	0.018	0.032	-	-
Aspen pit 1	31.3	0.001	0.011	0.032	0.32	0.11
Aspen natural soil	27.0	0.001	0.012	0.028	0.25	0.06
Aspen mine fill	27.8	0.001	0.013	0.030	0.24	0.06
Aspen natura soil source	31.6	0.001	0.016	0.039	-	-
Aspen mine fill source	25.2	0.001	0.018	0.061	-	-

Nota. Adaptado de *manual del usuario FLO-2D*, O'Brien y Julien, 1988.

Tabla 16

Esfuerzo de cedencia y viscosidad en función de la concentración volumétrica de sedimentos C_v

Muestra	$\tau_y = \alpha e^{\beta C_v}$		$\eta = \alpha e^{\beta C_v}$	
	α	β	α	β
Relaciones encontradas en campo				
Aspen pit 1	0.181	25.7	0.036	22.1
Aspen pit 4	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 natural soil source	0.0383	19.6	0.000495	27.1
Aspen mine fill source	0.291	14.3	0.000201	33.1
Glenwood muestra 1	0.0345	20.1	0.00283	23.0
Glenwood muestra 2	0.0765	16.9	0.0648	6.2
Glenwood muestra 3	0.000707	29.8	0.00632	19.9
Glenwood muestra 4	0.00172	29.5	0.000602	33.1
Relaciones encontradas en literatura				
Iida (1938)	-	-	0.0000373	36.6
Dai et al. (1980)	2.6	17.48	0.0075	14.39
Kang and Zhang (1980)	1.75	7.82	0.0405	8.29
Qian et al. (1980)	0.00136	21.2	-	-
	0.05	15.48	-	-
Chien and Ma (1958)	0.0588	19.1 - 32.7	-	-
Fie (1981)	0.166	25.6	-	-
	0.0047	22.2	-	-

Nota. Adaptado de *manual del usuario FLO-2D*, O'Brien y Julien, 1988.

2.2.8.9. Concentraciones volumétricas de sedimentos C_v

Para cada evento de flujo de escombros, se debe estimar un valor de C_v en el tiempo partiendo de valores cercano a 0.2 y aumentando progresivamente de 0.35 a 0.45, dependiendo del tipo de sedimento encontrado en la cuenca. Valores cercanos a 0.45 se utilizan si la cuenca produce flujo de lodos y escombros. La ubicación del pico de C_v es minutos antes del pico del hidrograma líquido (Celi y Tanta, 2019).

Una clasificación propuesta por O'Brien en su manual de FLO-2D se observa en la siguiente tabla:

Tabla 17*Comportamiento del flujo en función de la concentración de sedimentos C_v*

Descripción del tipo de flujo	Concentración de sedimentos		Características del flujo
	En volumen	En peso	
Deslizamientos	0.65 – 0.80	0.83 – 0.91	No hay flujo: falla por deslizamiento de bloques.
	0.55 – 0.65	0.76 – 0.83	Derrumbe de bloques con deformación interna durante el deslizamiento. movimiento paulatino del terreno antes de fallar.
Flujos de lodo (mudflows)	0.48 – 0.55	0.72 – 0.76	Flujo evidente; deslizamiento lento sostenido por el flujo de lodo; deformación plástica bajo su propio peso; cohesivo; no se expande en la superficie.
	0.45 – 0.48	0.69 – 0.72	Flujo se extiende sobre la superficie; flujo cohesivo; algo de mezcla.
	0.40 – 0.45	0.65 – 0.69	El flujo se mezcla fácilmente; muestra las propiedades fluidas en la deformación; distribuido en la superficie horizontal pero mantiene una superficie fluida inclinada; partículas grandes se depositan (peñones); aparecen ondas pero se disipan rápidamente.
Inundaciones de lodo (Mud Flood)	0.35 – 0.40	0.59 – 0.65	Deposición marcada de gravas y cantos rodados; se expande casi completamente sobre la superficie horizontal; aparece la superficie líquida con dos fases del fluido; las olas viajan en la superficie.
	0.30 – 0.35	0.54 – 0.59	Separación del agua en la superficie; las olas viajan fácilmente; la mayoría de las arenas y gravas se han sedimentado y se mueven como arrastre de fondo.
	0.20 – 0.30	0.41 – 0.54	Se distinguen claramente las olas y ondas; todas las partículas descansando en el fondo en condición inmóvil.
Inundaciones de agua	< 0.20	< 0.41	Inundación de agua con carga suspendida convencional y arrastre de fondo.

Nota. Adaptado de *manual del usuario FLO-2D*, O'Brien y Julien, 1988.

En el caso de la mayoría de los flujos de tipo lodoso tienden diferentes formas de desarrollo distintos al de una avenida. El comportamiento de este tipo de flujo empieza con la fluidez de agua limpia (escorrentía) en la quebrada, debido a la lluvia y llega hasta el vértice del abanico. Este viene seguido por ondas de lodo y escombros con altas concentraciones (alrededor de 40% a 50% con respecto al flujo). Cuando el pico de la avenida llega, la concentración de sedimento suele decrecer a 30% por volumen (Castillo y Quisca, 2007).

Palomino y Mauricio (2019) mencionan que hay varias relaciones importantes de concentración de sedimento que ayudan a definir los flujos de lodo y escombros. Estas relaciones describen la concentración de sedimentos por volumen, la concentración de sedimentos por peso, la densidad del sedimento, la densidad de la mezcla del flujo de lodo y el factor de aumento (BF). La concentración de sedimento por volumen C_v es dado por:

$$C_v = \frac{\text{volumen del sedimento}}{\text{volumen de agua + sedimento}} \quad (60)$$

La concentración volumétrica es descrita como concentración de sedimentos por peso, C_w , por:

$$C_v = \frac{C_w \gamma}{\gamma_s - C_w(\gamma_s - \gamma)} \quad (61)$$

Donde:

γ : Peso específico del agua

γ_s : Peso específico del sedimento

El peso específico de la mezcla de flujo de lodo, γ_m es una función de la concentración de sedimento por volumen:

$$\gamma_m = \gamma + C_v(\gamma_s - \gamma) \quad (62)$$

Similarmente la densidad de la mezcla del flujo de lodo o mudflows, ρ_m , es dado por:

$$\rho_m = \rho + C_v(\rho_s - \rho) \quad (63)$$

$$\rho_m = \frac{\gamma_m}{g} \quad (64)$$

donde:

g : Aceleración de la gravedad

Se puede calcular el hidrograma total de la mezcla que se forma de la unión de agua más los sedimentos que son transportados por el flujo a través de la fórmula de Bulking propuesto por O'Brien (2006) que se puede observar en la ecuación siguiente:

$$BF = \frac{1}{(1 - C_v)} \quad (65)$$

Caudal total (líquido + sólido):

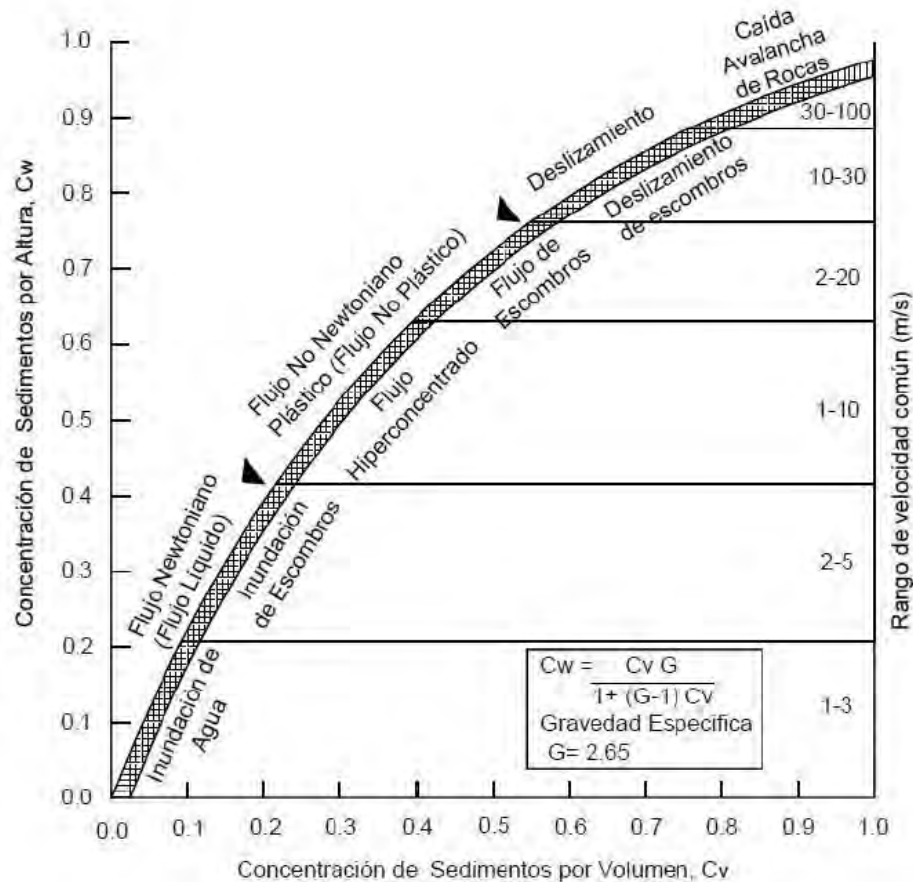
$$Q_t = Q_l \times BF \quad (66)$$

2.2.8.10. Relación entre flujos hiperconcentrados con C y Cv

O'Brien (2000), menciona que existe una relación entre concentración de sedimentos y la velocidad, y estos flujos se pueden clasificar como se muestra en la siguiente figura.

Figura 9

Clasificación de los deslizamientos y flujos de acuerdo con la velocidad y concentración de sedimentos



Nota. Adaptado de *manual de usuario FLO-2D*, O'Brien, 2018.

2.2.8.11. Componentes del Modelo Numérico FLO-2D

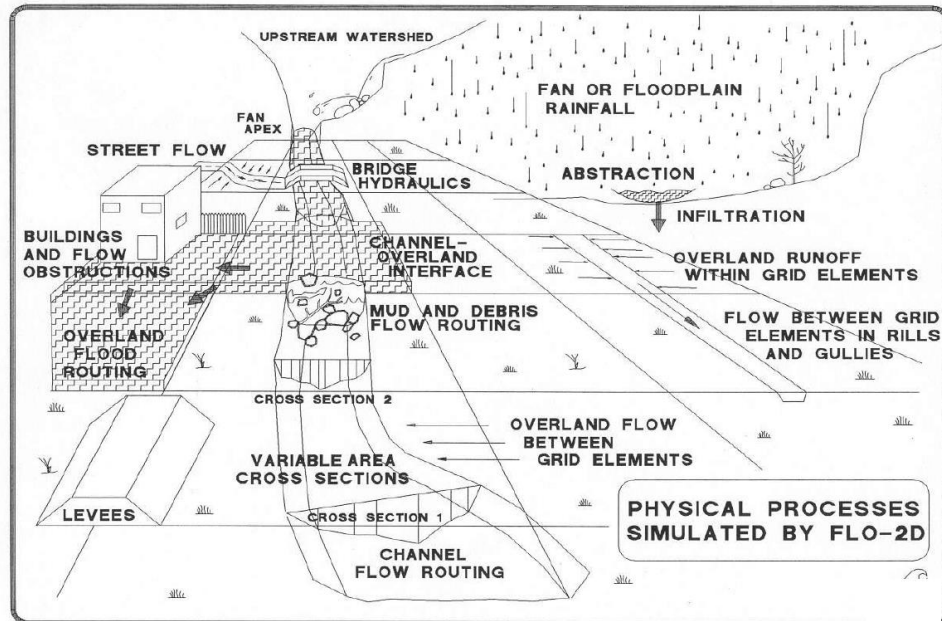
FLO-2D es un modelo numérico hidráulico bidimensional que para flujos no newtonianos a través de la solución del modelo cuadrático reológico de O'Brien y Julien, el cual se resuelve una vez es determinado los valores de viscosidad dinámica y esfuerzo de cedencia que son variables en función de la concentración volumétrica de sedimentos.

Este modelo permite la simulación de flujos hiperconcentrados. El modelo se construye considerando los siguientes componentes: infiltración, canales, diques, edificaciones y calles.

A continuación, se muestran los diferentes componentes hidráulicos que pueden ser simulados en el modelo FLO-2D.

Figura 10

Procesos físicos simulados por FLO-2D



Nota. Tomado de *manual de usuario FLO-2D*, O'Brien, 2018.

2.2.8.8. Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad representa la resistencia a al flujo de agua en cauces y llanuras de inundación. La selección de un valor adecuado de “n” de Manning, tiene relación directa con la precisión de los cálculos de perfiles hidráulicos ya que es uno de los parámetros principales que interviene en la calibración del modelo hidráulico de un canal abierto (Solano & Vintimilla, 2013).

En la tabla 18 se presenta una lista de valores den de Manning para cauces de diferentes clases. Para cada tipo de cauce se muestran los valores mínimos, normal y máximo de "n" de Manning.

Tabla 18

Coefficiente de rugosidad “n” de Manning típico

Tipo de cauce y descripción	Valor "n"		
	Mínimo	Normal	Máximo
D. Cauces naturales menores (ancho superior, a nivel de crecida, menor que 30 m)			
D1) Cauces en planicie			
1) Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos.	0.025	0.030	0.033
2) Igual que arriba pero más piedras y pastos.	0.030	0.035	0.040
3) Limpio, curvado, algunos pozos y bancos.	0.033	0.040	0.045
4) Igual que arriba pero algunos pastos y piedras.	0.035	0.045	0.050
5) Igual que arriba, niveles más bajos, pendiente y secciones más inefectivas.	0.040	0.048	0.055
6) Igual que 4, pero más piedras.	0.045	0.050	0.060
7) Tramos sucios, con pastos y pozos profundos.	0.050	0.070	0.080
8) Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorrido de la crecida con mucha madera o arbustos bajos.	0.075	0.100	0.150
D2) Cauces de montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas y sumergidos para niveles altos.			
1) Fondo: grava, cantos rodado y algunas rocas.	0.030	0.040	0.050
2) Cantos rodado y algunas rocas	0.040	0.050	0.070
E) Cauces con planicie de crecidas			
1) Pastos sin arbustos			
Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
Pastos altos	0.030	0.035	0.050
2) Áreas cultivadas			
Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
Cultivos maduros alineados	0.025	0.035	0.045
Campo de cultivos maduros	0.030	0.040	0.050
3) Arbustos			
Arbustos escasos, muchos pastos	0.035	0.050	0.070
Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
Arbustos medianos a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
Arbustos medianos a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
4) Árboles			
Cauces densos, en verano y rectos	0.110	0.150	0.200
Tierra clara con ramas, sin brotes	0.030	0.040	0.050
Igual que arriba pero con gran crecimiento de brotes	0.050	0.060	0.080
Grupos grandes de madera, algunos árboles caídos, poco crecimiento inferior y nivel de la inundación por debajo de las rama	0.080	0.100	0.120
Igual que arriba, pero con el nivel de inundación alcanzando las ramas	0.100	0.120	0.160
F) Cursos de agua importantes (Ancho superior, a nivel de inundación, mayor que 30 m). Los valores de n son menores que los de los cursos menores de descripción similar, ya que los bancos ofrecen			
1) Sección regular sin rocas y arbustos	0.025	-	0.060
2) Sección irregular y áspera	0.035	-	0.100

Nota. Adaptado de *Hidrología aplicada*, Ven te Chow, 2000.

Cuando los lechos de los cauces naturales están constituidos por material pedregoso, donde el sedimento es representado por un diámetro medio, para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning se recomienda el uso de la ecuación de Strickler (Pachac, 2015).

- Strickler

$$n = 0.064d_{50}^{1/6} \quad (52)$$

2.2.9. Peligro por inundación pluvial

2.2.9.1. Peligrosidad

Es la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con una intensidad específica, la peligrosidad puede ser de origen natural (geológico, hidrológico o atmosférico) o, también, de origen tecnológico o provocado por el hombre. (Martínez y Castrillón, 2014).

2.2.9.2. Niveles de Peligrosidad

A partir de los criterios para clasificar la peligrosidad por inundación se han desarrollado diferentes metodologías para la elaboración de los mapas de peligrosidad por inundación. Estas metodologías generalmente se basan en la determinación de valores límites para la profundidad del agua, la velocidad del flujo o una combinación de estos dos parámetros. Además, tienen en cuenta la frecuencia de los eventos en términos de los periodos de retorno. (Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI, 2011)

2.2.9.3. Nivel de intensidad

La intensidad y los efectos potenciales de las inundaciones dependen de varios aspectos, no sólo de aspectos meteorológicos, sino también de las características propias del terreno, como son los tipos y usos del suelo, el tipo y la distribución de la vegetación, la litología, las características de la red de drenaje, magnitud de las pendientes de la cuenca, obras realizadas en los cauces, entre otros aspectos. (INDECI, 2011)

- Inundaciones estáticas: se considera la profundidad o altura de flujo.
- Inundaciones dinámicas: se recomienda utilizar el producto de la velocidad por la profundidad de flujo.

Tabla 19

*Intensidades para inundaciones de acuerdo a la Profundidad o profundidad*Velocidad*

Nivel de intensidad	Profundidad de flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x Velocidad del flujo (m ² /s) (inundaciones dinámicas)
Muy alta	H > 1.50 m.	HxV > 1.50 m ² /s.
Alta	0.50 m < H < 1.50 m.	0.50 m ² /s < HxV < 1.50 m ² /s.
Media	0.25 m < H < 0.50 m.	0.25 m ² /s < HxV < 0.50 m ² /s.
Baja	H < 0.25 m.	HxV < 0.25 m ² /s.

Nota. Adaptado de Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales INDECI, 2011.

Tabla 20

*Nivel de intensidades de acuerdo a la Profundidad y profundidad*Velocidad*

Nivel de Intensidad	Rangos
Muy Alta	0,75 < NI ≤ 1
Alta	0,50 < NI ≤ 0,75
Media	0,25 < NI ≤ 0,50
Baja	0 < NI ≤ 0,25

NI = Nivel de Intensidad

Nota. Tomado de Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales INDECI, 2011.

Tabla 21

Categoría del peligro de inundación por velocidad de corrientes

Topografía	Categoría Corriente		Velocidad Corriente m/seg
En zonas llanas, valles	Débil	Lenta	≤ 0.50
	Mediano		> 0.50 a 1.00
	Rápido	Rápidas	1 a 2
	Muy rápido		> 2
De montaña	Débil		≤ 2
	Mediano		> 2 y ≤ 4
	Rápido		> 4 y ≤ 6
	Muy rápido		> 6

Nota. Tomado del Informe técnico “El riesgo de inundación por intensas lluvias en la cuenca Guamá”, Leyva, 2012.

2.2.9.4. Frecuencia de recurrencia o periodo de retorno de la inundación

La frecuencia de ocurrencia o recurrencia de inundaciones o cada cuanto se inunda una determinada zona dependerá esencialmente de la frecuencia de precipitaciones excepcionalmente fuertes. (INDECI, 2011)

Tabla 22

Periodos de retorno o probabilidad de ocurrencia

Niveles de frecuencia	Periodo de retorno en años (Tr)
Muy alta	$1 < T < 5$ años
Alta	$5 < T < 15$ años
Media	$15 < T < 50$ años
Baja	$50 < T < 200$ años o mas

Nota. Adaptado de Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales INDECI, 2011.

Tabla 23

Nivel de frecuencia

Frecuencia	Rangos
Muy Alta	$0,75 < F \leq 1$
Alta	$0,50 < F \leq 0,75$
Media	$0,25 < F \leq 0,50$
Baja	$0 < F \leq 0,25$

F = Frecuencia

Nota.

Tomado de Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales INDECI, 2011.

2.2.9.5. Determinación del nivel de Peligrosidad

El peligro está en función de la probabilidad de la ocurrencia del fenómeno y de su intensidad. La intensidad a su vez puede definirse en función de la profundidad y la velocidad del agua, así como la duración de las inundaciones. (INDECI, 2011)

*Nivel de Peligrosidad = f(Intensidad * Probabilidad de ocurrencia)*

Donde:

Intensidad: $f(\text{Profundidad de agua, duración, velocidad})$

Probabilidad: $f(\text{precipitación, tormentas máximas})$

Tabla 24

Nivel de peligrosidad ante inundaciones pluviales

Intensidad	Muy Alta	Peligro Medio 0,25	Peligro Alto 0,5	Peligro Muy Alto 0,75	Peligro Muy Alto 1
	Alta	Peligro Bajo 0,19	Peligro Medio 0,38	Peligro Alto 0,56	Peligro Muy Alto 0,75
	Media	Peligro Bajo 0,13	Peligro Medio 0,25	Peligro Medio 0,38	Peligro Alto 0,5
	Baja	Peligro Bajo 0,06	Peligro Bajo 0,13	Peligro Bajo 0,19	Peligro Medio 0,25
		Baja	Medio	Alta	Muy Alto
		Frecuencia (años)			

Nivel de Peligrosidad	Rangos
Peligro Muy Alto	0,75 < NP ≤ 1
Peligro Alto	0,50 < NP ≤ 0,75
Peligro Medio	0,25 < NP ≤ 0,50
Peligro Bajo	0 < NP ≤ 0,25

NP = Nivel de Peligrosidad

Nota. Tomado de Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales INDECI, 2011.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Avenida o Crecida

Caudal muy grande de escorrentía superficial que sobrepasan la capacidad de transporte del canal generando la inundación de tierras aledañas (Mejía, s.f.).

Cuenca hidrológica

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido (Villón, 2004).

Esfuerzo de Cedencia (Yield Stress)

Esta variable es muy importante que se define como el mínimo esfuerzo de corte que hay que aplicar a una muestra para que este empiece a fluir o a ceder, es decir el valor que se tiene que superar para garantizar movimiento. Este término se utiliza tanto para flujo hiperconcentrados para relaves mineros y huaycos (CIDHMA, s.f.).

Flujos Hiperconcentrados

Los flujos hiperconcentrados son una mezcla de sedimentos y agua que discurren en un cauce. En el Perú son conocidos como “huaycos” y son causadas en general por las lluvias estacionales de enero a marzo, a lo largo de todo el territorio peruano (Huancara & Cutire, 2019).

Inundación

Se considera una inundación al flujo o el cubrimiento temporal de la superficie terrestre por agua que se encuentra fuera de los límites normales de confinamiento. Las inundaciones generalmente son consecuencia directa de fenómenos hidrometeorológicos, por el exceso de agua (precipitación) concentrada en escurrimientos superficiales o por acumulación en terrenos planos, ocasionada por falta o insuficiencia de drenaje, aunque en muchas ocasiones son inducidas por la acción del hombre. (Aguamarket, 2002).

El número de curva (NC)

Es un índice de la potencialidad de producir escorrentía de una cuenca y es inversamente proporcional a la máxima capacidad de retención de la misma. Un $NC=100$ representa una máxima capacidad de retención S igual a cero, esto es un terreno totalmente impermeable. Un $NC=0$ representa una capacidad de retención infinita, esto es un terreno permeable e insaturable (Pachac, 2015).

Periodo de retorno

Es el intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud x , puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. Representa el inverso de la frecuencia (Villón, 2004).

Precipitación efectiva

El exceso de precipitación o precipitación efectiva (P_e), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de

fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca, bajo la suposición de flujo superficial en lámina de agua (Solano & Vintimilla, 2013).

Sistemas de información geográfica (SIG)

Conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato (Brenes, 2011).

Tiempo de concentración

Se denomina tiempo de concentración, al tiempo transcurrido, desde que una gota de agua cae, en el punto más alejado de la cuenca hasta que llega a la salida de ésta (estación de aforo). Este tiempo es función de ciertas características geográficas y topográficas de la cuenca (Villón, 2004).

Viscosidad Dinámica

La viscosidad dinámica es una medida de la tenacidad o resistencia a la fluencia de un fluido (este último entendido como una sustancia líquida y fluida). Cuanto mayor sea la viscosidad, más denso (menos fluido) será el fluido; por otro lado, cuanto menor sea la viscosidad, más fluido será (CIDHMA, s.f.).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

Mediante la modelización hidrológico e hidráulico de las avenidas máximas se ha determinado las áreas inundables en la subcuenca Milagros, Yungay, Ancash.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Según los parámetros geomorfológicos de la subcuenca Milagros, esta se caracteriza por ser muy pequeña, casi redonda, ensanchada, densidad de drenaje alta y con pendiente de cause accidentado.

- Según los parámetros reológicos del cauce principal de la subcuenca Milagros, esta se caracteriza por estar constituido de gravas con cantos rodados.
- El caudal máximo mediante la modelización hidrológica con software especializado, para periodos de retomo de 50, 100, 200, 500 y 1000 años es de 69.8, 71.42, 77.45, 84.18 y 93.45 m³/s respectivamente.
- El nivel máximo de inundación en el caserío de Cañasbamba mediante la modelización hidráulica con software especializado es de 2.50m.

2.5. VARIABLES

A. *Dependiente*

Y: Áreas inundables (Has).

B. *Independiente*

X1: Modelización Hidrológica

Se ha realizado con el software especializado HEC-HMS 4.9.

X2: Modelización Hidráulica

Se ha realizado con el software especializado FLO-2D

2.5.1. Operacionalización de Variable

Tabla 15

Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES							
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	FUENTE
VARIABLE INDEPENDIENTE							
X1: Modelización Hidrológico	Es un método matemático que sirve para representar los diferentes procesos involucrados en la distribución de la lluvia y la generación de caudales en una determinada cuenca (Vilcanchi, 2016).	Se obtendrá la modelización hidrológica a través de un software libre en el mercado.	Modelización con software especializado HEC-HMS 4.9	Avenida Máximo	m ³ /s	Software	Campo gabinete -
X2: Modelización Hidráulico	Consiste en intentar conocer los valores que toman las variables hidráulicas (profundidad hidráulica, velocidades, caudal, etc.) a partir de la resolución por métodos numéricos de unas ecuaciones obtenidas con una serie de hipótesis. (Bernat, 2012).	Se obtendrá la modelización hidráulica a través de un software libre en el mercado.	Modelización con software especializado FLOD – 2D	Profundidad Máximo Velocidad Máximo	m. m/s	Software	Campo gabinete -
VARIABLE DEPENDIENTE							
Y: Áreas Inundables	Sumersión temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que es habitual en una zona determinada. (Trigoso, 2018).	Se obtendrá las áreas inundables del caserío de Cañasbamba.	Aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG).	Áreas inundadas	Has	Software	Gabinete

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. *Enfoque de la Investigación*

Cuantitativo: Según Sampieri, Collado & Lucio (2010) el enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

3.1.2. *Tipo de Investigación*

Aplicada: Según Ccanto (2014) las investigaciones aplicadas son aquellas que se desarrollan con la finalidad de resolver problemas de la práctica o de la producción; busca descubrir o validar los métodos, técnicas, instrumentos o materiales que optimicen los procesos.

3.1.3. *Alcance de Investigación*

Descriptivo: Según Sampieri, Collado & Lucio (2014) buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

3.2. MÉTODO DE INVESTIGACION

Deductivo: Según Sampieri, Collado & Lucio (2014) se aplica la lógica deductiva de lo general a lo particular (de las leyes y teoría a los datos), que comienza con la teoría, y de ésta se derivan expresiones lógicas denominadas “hipótesis” que el investigador somete a prueba.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACION

3.3.1. *Tipo de Diseño de investigación*

No Experimental: Son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos (Hernández, et al., 2014).

Transversal: Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Hernández, et al., 2014).

3.3.2. *Plan de Recolección de Datos*

- **Información Cartográfica e Imágenes Satelitales**

Como fuente cartográfica se utilizaron:

- Cartas nacionales: 19-h (Yungay), elaborados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) de escala 1:100 000.
- Imágenes satelitales (DEM) descargados de la página web de la NASA del satélite Alos Palsar, esta imagen ASTER GDEM está en formato GeoTIFF con resolución espacial de 12.5 x 12.5 metros.
- Mapa de uso de suelos elaborado por la FAO y UNESCO.
- Mapa de cobertura vegetal elaborado por el Ministerio del Ambiente (MINAM).
- Ortofoto georeferenciado de la zona de estudio descargado con el software SAS Planet del Google Earth.

Se empleo el ArcMap 10.8 para delimitar la cuenca de aporte y calcular sus parámetros geomorfológicos. Los parámetros de entrada para el modelo

hidrológico precipitación-escorrentía del HEC-HMS fue el hietograma de precipitación y como salida se obtuvo el hidrograma unitario de caudales máximos.

- **Información Topográfica**

Para el cauce de la quebrada Milagros se realizó el levantamiento topográfico con estación total y para las posibles áreas de inundación se realizó el levantamiento topográfico con Dron. Se ha tomado como punto geodésico de referencia GPS-13 (jun-2017) que se encuentra en el puente milagros ubicado en la carretera longitudinal PN3 Huaraz-Caraz, aguas debajo de la subcuenca.

- **Información Hidrometeorológica**

La información pluviométrica utilizada en el estudio fue obtenida del SENAMHI. Las estaciones Meteorológicas más cercanas a la Subcuenca Milagros son: Yungay, Recuay, Sihuas, Pomabamba, Cajamarquilla y Pariacoto, donde se solicitarán el registro histórico de los 20 últimos años (2000 al 2019) de las variables meteorológicas precipitación máx. en 24 horas, precipitación total mensual, humedad relativa media mensual y temperatura media mensual.

- **Información reológica**

Se extrajeron en total 12 muestras suelos del cauce de la subcuenca Milagros (parte central, margen derecho y margen izquierdo), de las cuales 9 muestras de aguas arriba y 3 muestras de aguas bajo del puente Cañasbamba. Luego fueron llevados al laboratorio 3R Geoingeniería S.A.C. para sus respectivos ensayos granulométricos.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. *Tamaño Poblacional*

Según Arias (2006) la población está delimitada por elementos con características comunes envueltos en el problema de investigación y los objetivos de estudio, dada esta definición se tendrá como población a las subcuencas de la Cuenca del Santa.

3.4.2. *Tamaño Muestral*

Según Sampieri, Collado, & Lucio (2014) las muestra que no dependen de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación en donde las elecciones de los elementos dependen de los objetivos de estudio son las muestras no probabilísticas, además; según Ccanto (2010), si la población es pequeña y se puede acceder a ella sin restricciones, entonces se podrá trabajar con toda la población, bajo esta justificación la muestra para la presente investigación estará representada por la Subcuenca Milagros.

3.4.3. *Unidad de Análisis*

Cauce principal y área de deyección de la sub cuenca Milagros.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTO(S) DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. *Hidrología*

Se solicito al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) la información de las precipitaciones máximas de 24 horas de las estaciones meteorológica: Yungay, Recuay, Sihuas, Pomabamba, Cajamarquilla y Pariacoto.

3.5.2. *Hidráulica*

Comprendió en realizar el levantamiento topográfico del cauce y las posibles áreas de inundación de la subcuenca Milagros para conocer su relieve.

Inspección visual de las rugosidades del cauce y la zona propenso a inundación.

Toma de muestra de suelo del cauce de la subcuenca Milagros para su ensayo granulométrico en laboratorio, la cual permitió determinar el coeficiente de rugosidad de Manning.

Se midieron las alturas máximas del nivel de agua producido durante el fenómeno del niño 2017. Esta información nos sirvió para validad nuestro modelo.

3.5.3. *Materiales, Equipos y Programas de Cómputo*

✓ **Materiales y herramientas:**

- Pico
- Lampa
- Costal
- Pizarra acrílica
- ✓ **Equipos:**
 - GPS portátil
 - Estación total
 - Dron
 - Wincha de 50 m
 - Cámara fotográfica
 - Laptop personal Intel Core i 7
 - Impresora
- ✓ **Programas de cómputo:**
 - Microsoft Office 2019 (Excel, PowerPoint y Word)
 - Google Earth Pro
 - SAS Planet
 - AutoCAD Civil 3D 2022
 - HEC-HMS 4.9
 - Hidrognomon 4
 - ArcMap 10.8
 - QGIS 13.18.2
 - GDS FLO-2D Pro
 - Mapper Pro
- ✓ **Materiales de Escritorio:**
 - Libretas de apunte
 - Lapiceros
 - Papel bond A4

3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

3.6.1. Modelamiento Hidrológico

- **Determinación de los Parámetros Geomorfológicos de la Subcuenca Milagros**

En el software ArcMap 10.8 se procedió a cargar el Modelo Digital de Elevación (DEM) y las cartas nacionales 19-H, con la herramienta Hydrology y la extensión Archydro se ha realizado la delimitación de la subcuenca para determinar: área y perímetro, cantidad y longitud de los ríos, altitudes y longitud del cauce principal. (Ver mapa MA-01)

Con la ecuación (1) se ha determinado Coeficiente de compacidad. (Cc).

Con la ecuación (2) se ha determinado Razón de Elongación (Re).

Con la ecuación (3) se determinó el factor de forma (F).

Con la ecuación (4) se ha determinado la pendiente media de la cuenca (J).

Con la ecuación (5) se halló la densidad de drenaje (D).

Con la fórmula de Taylor Schwarz (6) se determinó la pendiente media del cauce principal. (Ver anexo A)

La elevación media de la subcuenca se ha determinado mediante la curva Hipsométrica. (Ver anexo B)

Los resultados de los parámetros geomorfológicos de la subcuenca Milagros se muestran en la Tabla 25.

- **Cálculo del Número de Curva y Abstracción Inicial**

El número de curva (CN) se ha determinado con la ayuda del software ArcMap 10.8, cuya información de entrada fue el mapa de tipo de suelos y mapa de cobertura vegetal teniendo como resultado el mapa de número de curva. (Ver mapa MA-03)

La abstracción inicial (I_a) representa todas las pérdidas antes que comience la escorrentía. Asimismo, es altamente variable, sin embargo, con información de muchas pequeñas cuencas agrícolas ha sido aproximada por la siguiente ecuación empírica: $I_a=0.2S$

La retención potencial máxima (S) se ha calculado con la ecuación (13).

- **Análisis de la Precipitación Máxima de 24 horas y Caudal Máximo**

Los datos de precipitaciones máxima de 24 horas obtenidas de la SENAMHI fueron desde los años 2000 al 2019. (Ver anexo C)

Se realizó el análisis de datos dudosos de los datos de precipitaciones máximas de 24 horas de las estaciones antes mencionadas. (Ver anexo D)

Se realizó la Pruebas de Bondad y Ajuste Esmirnov-Kolmogorov de los datos de precipitaciones máximas de 24 horas con el software Hidrognomon 4 para determinar a qué distribución probabilística más se ajustan. (Ver anexo E)

Se determinó las precipitaciones máximas para los diferentes periodos de retorno (50, 100, 200, 500, 1000 años) con la distribución probabilística que más se ajustaron los datos con la ayuda del software Hidrognomon 4. (Ver anexo F)

Como no se cuenta con una estación meteorológica en la subcuenca Milagros se ha procedido a regionalizar para obtener la precipitación máxima para diferentes periodos de retorno para la zona de interés. (Ver anexo G y H) y (Ver mapas MA-04 al 08)

- **Elaboración de Hietogramas**

Se determinó las tormentas de diseño para diferentes periodos de duración y periodos de retorno en función de la precipitación máxima diaria - modelo de Dick Peschke para la subcuenca Milagros. (Ver anexo I)

Se calcularon las intensidades máximas de precipitación (mm/hr) para diferentes duraciones y tiempos de retorno; y se elaboró la curva Intensidad – Duración – Frecuencia. (Ver anexo J)

Finalmente se realizaron los hietogramas de diseño para los diferentes periodos de retorno. (Ver anexo K)

- **Cálculo del Tiempo de Concentración y de Retardo**

El tiempo de retardo (t_{lag}) es un dato que requiere el HEC HMS 4.9 y está en función del tiempo de concentración como se muestra en la ecuación (18), el tiempo de concentración se han determinado con las ecuaciones (20) al (29). (Ver anexo L)

- **Cálculo del Caudal con el HEC-HMS 4.9**

En el HEC-HMS 4.9 se creó un nuevo proyecto. Para visualizar el esquema de la subcuenca Milagros se procedió a cargar el archivo shape de la delimitación.

Figura 11

Modelo hidrológico de la subcuenca en el HEC-HMS



Nota. Tomado del HEC-HMS 4.9, 2023.

Se ha procedió a crear el modelo de la subcuenca donde se ingresaron la siguiente información: área de la subcuenca, método de perdida SCS número de curva, método de transformación SCS hidrograma unitario, abstracción inicial, número de curva (CN) y el tiempo de retardo.

Para los diferentes periodos de retorno se crea el modelo meteorológico donde se ingresaron la siguiente información del tipo de la precipitación para este caso hietogramas.

En el control de especificación se establecieron los tiempos de inicio y fin que analizara el programa.

En los datos de serie - tiempo se ingresaron los valores del hietograma para los diferentes tiempos de retorno para la sub cuenca Milagros.

Finalmente se procede a correr el programa donde se obtendrá como resultado el hidrograma unitario y caudal máximo para diferentes tiempos de retorno. ([Ver anexo M](#))

3.6.2. Modelamiento hidráulico

- **Procesamiento del levantamiento topográfico**

Con la información obtenida del levantamiento topográfico se procedió a crear las curvas de nivel del cauce y las posibles áreas propensas a la inundación con software AutoCAD Civil 3D 2022. Una vez obtenido la superficie del terreno se exporto como imagen DEM para su posterior uso en el QGIS. (Ver mapa MA-02)

- **Cálculo de Rugosidad**

Para la estimación del coeficiente de rugosidad "n" de Manning de las posibles áreas de inundación se ha realizado mediante la visualización directa en campo y Google Earth Pro, delimitando las áreas con diferentes rugosidades tomando como referencia la tabla 18. (Ver mapa MA-09)

Para el cálculo del coeficiente de rugosidad del cauce se realizará mediante la observación visual y la ecuación de Strickler. (Ver anexo N)

- **Simulación Hidráulico**

- **Creación del modelo hidráulico en el QGIS:**

En el QGIS 13.18.2 se crea el modelo FLO-2D donde siguen los siguientes procesos: agregar capas DEM y Ortofoto, definición del Dominio Computacional, creación de Malla, definición de altura a la Malla, definición de Condiciones de Contorno, condición de ingreso, condición de salida, esquematización de las condiciones de contorno, Ingreso del Hidrograma de Avenidas (Q_{\max}) y el Concentración Volumétrica (CV), creación de la capa de n de Manning, asignación de n Manning a la malla, ingreso de viviendas y muros en el Modelo, asignar viviendas, asignar muros e ingreso de los Parámetros Reológicos (esfuerzo de cedencia (τ_y) y viscosidad (η) y gravedad específica). (Ver anexo P)

- **Exportación del modelo para GDS del FLO-2D**

Para poder correr el modelo es necesario realizar algunas configuraciones globales para luego ser exportadas. (Ver anexo P)

- **Ejecución del modelo en el GDS del FLOD-2D**

Se carga el modelo exportado del QGIS al GDS y se procede a realizar el modelamiento de los diferentes periodos de retorno. (Ver anexo P)

- **Visualización de resultados del modelamiento en Mapper Pro**

Al finalizar la corrida del modelo se ejecutó Mapper Pro que es un complemento del FLO-2D para poder visualizar mapas de velocidades máximas, profundidades máximas de inundación, secciones transversales, etc. Al visualizar los diferentes mapas automáticamente se crean archivos shape que luego fueron trabajados en el ArcMap 10.8 para crear mapas de profundidades máximas, velocidades máximas y peligro ante inundación para los diferentes periodos de retorno. (Ver mapas MA-10 al 29)

3.6.3. *Validación de la información*

Se ha validado el modelamiento hidráulico tomando como indicador las profundidades máximas de la inundación alcanzadas en el huayco ocurrido en febrero del 2017. Se ha elegido cuatro secciones del cauce que no han sufrido cambios en su topografía donde se observan las huellas de la altura que alcanzó el huayco del 2017, de acuerdo a las mediciones en campo y los resultados obtenidos del modelamiento, las profundidades de inundación que más se ajustan son para un periodo de retorno de 100 años. (Ver tabla 37)

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS

4.1.1. *Parámetros geomorfológicos de la subcuenca Milagros*

Tabla 25

Parámetros geomorfológicos de la subcuenca Milagros

Parámetros Geomorfológicos					Subcuenca Milagros
SUPERFICIE TOTAL DE LA SUBCUENCA				Km ²	8.46
PERÍMETRO				Km	12.09
RELACION DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad			1.17
		FACTOR DE FORMA	Longitud (// al curso mas largo)		Km
	Ancho Medio		Km	2.01	
	Factor de Forma			0.48	
	Razon de elongación			0.74	
	RECTANGULO EQUIVALENTE		Lado Mayor	Km	3.84
			Lado Menor	Km	2.20
SISTEMA DE DRENAJE	GRADO DE RAMIFICACION	LONGITUD TOTAL	ORDEN 1	Km	7.22
			ORDEN 2	Km	1.91
			ORDEN 3	Km	0.51
			ORDEN 4	Km	-----
			ORDEN 5	Km	-----
	NUMERO DE RIOS PARA LOS DIFERENTES GRADOS DE RAMIFICACION		ORDEN 1		3
			ORDEN 2		1
			ORDEN 3		1
			ORDEN 4		-----
			ORDEN 5		-----
	Longitud Total de los Rios de Diferentes Grados			Km	9.64
	Numero de Rios para los diferentes Grados				5.00
	Longitud de Rio Principal			Km	4.41
Densidad de Drenaje			Km/Km ²	1.14	
Longitud de Flujo de Superficie				0.72	
Extension Media para los diferentes Grados			Km	0.22	
Frecuencia de los Rios			r/Km ²	0.59	
Desnivel Total de la Cuenca				Km	1.26
Altitud media de la Cuenca				m.s.n.m.	2900
Pendiente de la Cuenca				%	32.83
Pendiente Media del Cauce Principal				%	20.62

4.1.2. *Parámetros reológicos del cauce principal de la subcuenca Milagros*

Tabla 26

Parámetros reológicos del cauce principal de la subcuenca Milagros

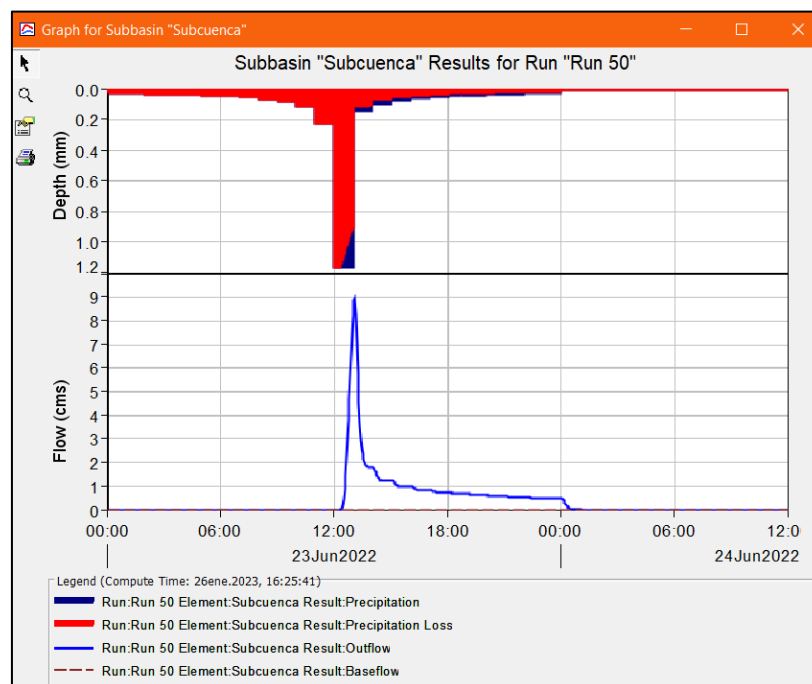
Parámetros	Valor	Unidad
Gravedad específica de suelo (Gs)	2.65	---
Resistencia al flujo laminar (K)	0.00	---
Concentración volumétrica de sedimentos (Cv)	0.35	---
Fuente	Glenwood sample 3	
Viscosidad dinámica (η)	0.67	Pa.s.
	α	0.00632
	β	19.90
Esfuerzo de cedencia (τ_y)	2.39	Pa
	α	0.000707
	β	29.80
Comportamiento de flujo	Inundaciones de barro	

4.1.3. *Modelización hidrológica con HEC-HMS 4.9 para la obtención de caudales máximos en diferentes periodos de retorno*

- **Caudal máximo para TR = 50 años**

Figura 12

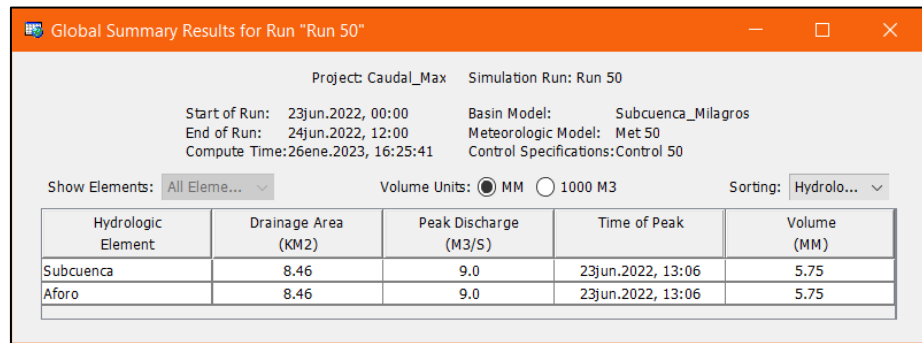
Hidrograma de avenida máxima para TR = 50 años



Nota. Tomado de HEC-HMS 4.9, 2023.

Tabla 27

Resumen de resultados del modelamiento hidrológico para TR = 50 años



Global Summary Results for Run "Run 50"

Project: Caudal_Max Simulation Run: Run 50

Start of Run: 23Jun.2022, 00:00 Basin Model: Subcuenca_Milagros
End of Run: 24Jun.2022, 12:00 Meteorologic Model: Met 50
Compute Time: 26ene.2023, 16:25:41 Control Specifications: Control 50

Show Elements: All Eleme... Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrolo...

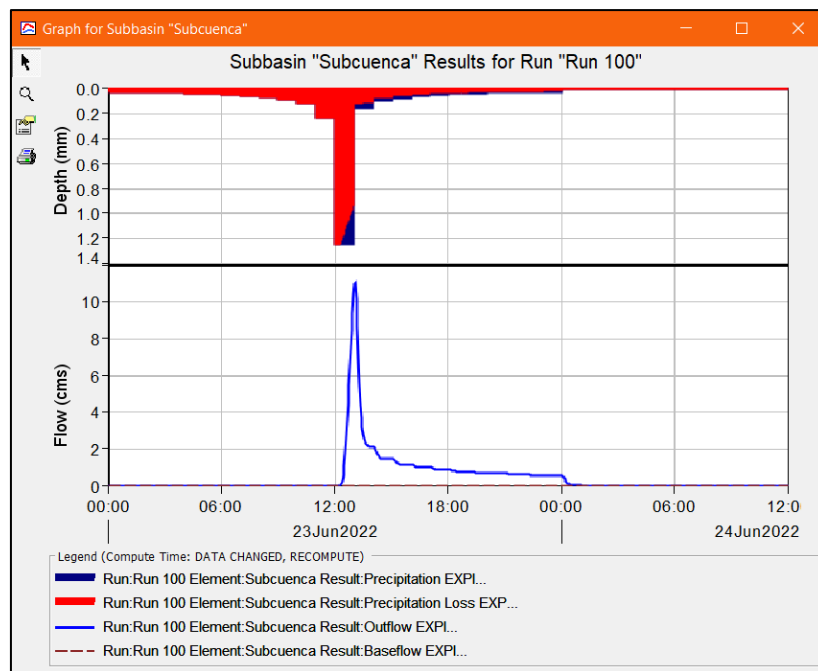
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	8.46	9.0	23Jun.2022, 13:06	5.75
Aforo	8.46	9.0	23Jun.2022, 13:06	5.75

Nota. Tomado de HEC-HMS 4.9, 2023.

- **Caudal máximo para TR = 100 años**

Figura 13

Hidrograma de avenida máxima para TR = 100 años



Nota. Tomado de HEC-HMS 4.9, 2023.

Tabla 28

Resumen de resultados del modelamiento hidrológico para TR = 100 años

Global Summary Results for Run "Run 100"

Project: Caudal_Max Simulation Run: Run 100

Start of Run: 23jun.2022, 00:00 Basin Model: Subcuenca_Milagros
End of Run: 24jun.2022, 12:00 Meteorologic Model: Met 100
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 100

Show Elements: All Eleme... Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrolo...

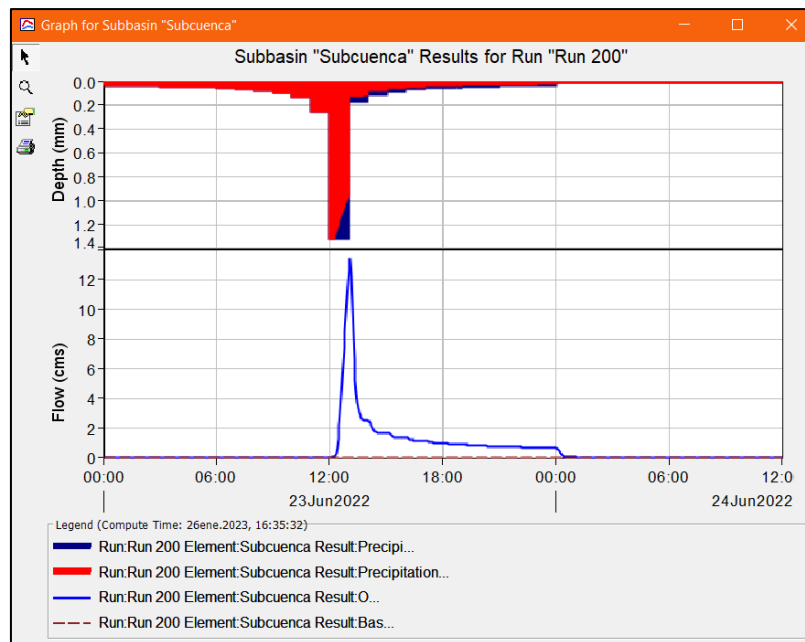
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	8.46	11.0	23jun.2022, 13:06	6.98
Aforo	8.46	11.0	23jun.2022, 13:06	6.98

Nota. Tomado de HEC-HMS 4.9, 2023.

- **Caudal máximo para TR = 200 años**

Figura 14

Hidrograma de avenida máxima para TR = 200 años



Nota. Tomado de HEC-HMS 4.9, 2023.

Tabla 29

Resumen de resultados del modelamiento hidrológico para TR = 200 años

Global Summary Results for Run "Run 200"

Project: Caudal_Max Simulation Run: Run 200

Start of Run: 23Jun.2022, 00:00 Basin Model: Subcuenca_Milagros
End of Run: 24Jun.2022, 12:00 Meteorologic Model: Met 200
Compute Time: 26ene.2023, 16:35:32 Control Specifications: Control 200

Show Elements: All Eleme... Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrolo...

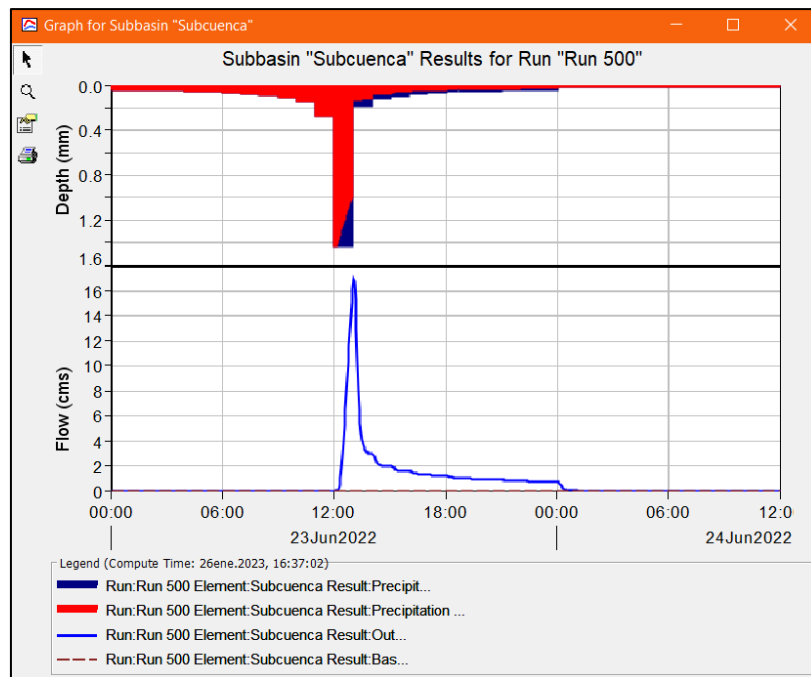
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	8.46	13.4	23Jun.2022, 13:03	8.37
Aforo	8.46	13.4	23Jun.2022, 13:03	8.37

Nota. Tomado de HEC-HMS 4.9, 2023.

- **Caudal máximo para TR = 500 años**

Figura 15

Hidrograma de avenida máxima para TR = 500 años



Nota. Tomado de HEC-HMS 4.9, 2023.

Tabla 30

Resumen de resultados del modelamiento hidrológico para TR = 500 años

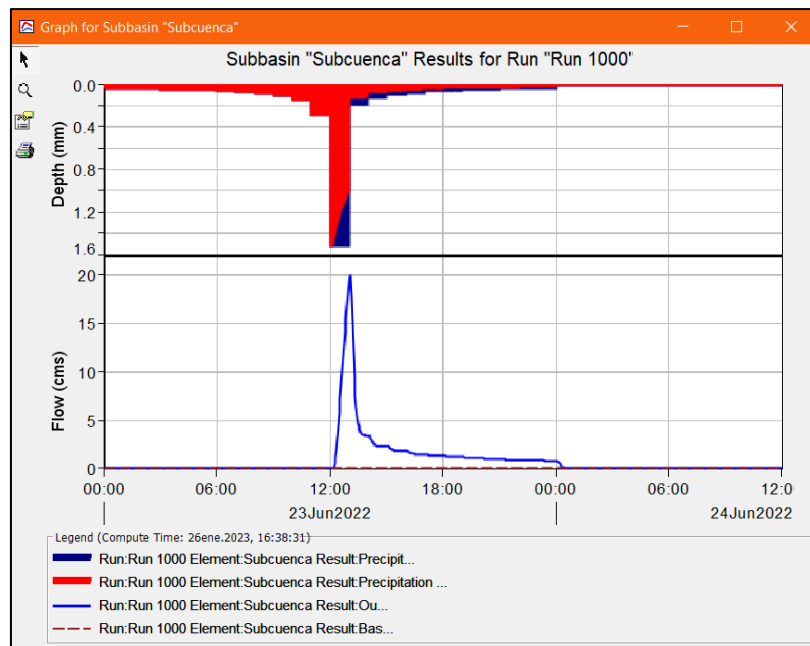
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	8.46	16.9	23jun.2022, 13:03	10.52
Aforo	8.46	16.9	23jun.2022, 13:03	10.52

Nota. Tomado de HEC-HMS 4.9, 2023.

- **Caudal máximo para TR = 1000 años**

Figura 16

Hidrograma de avenida máxima para TR = 1000 años



Nota. Tomado de HEC-HMS 4.9, 2023.

Tabla 31

Resumen de resultados del modelamiento hidrológico para TR = 1000 años

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	8.46	20.0	23jun.2022, 13:03	12.38
Aforo	8.46	20.0	23jun.2022, 13:03	12.38

Nota. Tomado de HEC-HMS 4.9, 2023.

4.1.4. Modelización hidráulica con FLO-2D Pro para la obtención de niveles de profundidades y velocidades máximas de inundación

- Nivel (profundidad) máxima - Velocidad máxima - Área de inundación TR = 50 años

Tabla 32

Profundidades, velocidades y áreas de inundación para TR = 50 años

Indicador	Valor	Unidad
Profundidad Máxima (H _{máx.})	1.81	m.
Velocidad a Profundidad Máxima (V)	1.96	m/s
Velocidad Máxima (V _{máx.})	4.38	m/s
Profundidad a Velocidad Máxima (H)	0.63	m.
Área Máxima Inundada	3.43	Has.
Área Máxima Inundada (profundidad > 0.15 m.)	2.41	Has.

Nota. Reproducido de los resultados obtenidos del modelamiento con FLO-2D.

- **Nivel (profundidad) máxima - Velocidad máxima - Área de inundación**
TR = 100 años

Tabla 33

Profundidades, velocidades y áreas de inundación para TR = 100 años

Indicador	Valor	Unidad
Profundidad Máxima (H _{máx.})	2.04	m.
Velocidad a Profundidad Máxima (V)	2.02	m/s
Velocidad Máxima (V _{máx.})	4.68	m/s
Profundidad a Velocidad Máxima (H)	0.70	m.
Área Máxima Inundada	3.80	Has.
Área Máxima Inundada (profundidad > 0.15 m.)	3.05	Has.

Nota. Reproducido de los resultados obtenidos del modelamiento con FLO-2D.

- **Nivel (profundidad) máxima - Velocidad máxima - Área de inundación**
TR = 200 años

Tabla 34

Profundidades, velocidades y áreas de inundación para TR = 200 años

Indicador	Valor	Unidad
Profundidad Máxima (H _{máx.})	2.18	m.
Velocidad a Profundidad Máxima (V)	2.21	m/s
Velocidad Máxima (V _{máx.})	4.93	m/s
Profundidad a Velocidad Máxima (H)	0.78	m.
Área Máxima Inundada	4.13	Has.
Área Máxima Inundada (profundidad > 0.15 m.)	3.43	Has.

Nota. Reproducido de los resultados obtenidos del modelamiento con FLO-2D.

- **Nivel (profundidad) máxima - Velocidad máxima - Área de inundación**
TR = 500 años

Tabla 35

Profundidades, velocidades y áreas de inundación para TR = 500 años

Indicador	Valor	Unidad
Profundidad Máxima (H _{máx.})	2.35	m.
Velocidad a Profundidad Máxima (V)	2.30	m/s
Velocidad Máxima (V _{máx.})	5.21	m/s
Profundidad a Velocidad Máxima (H)	0.88	m.
Área Máxima Inundada	4.60	Has.
Área Máxima Inundada (profundidad > 0.15 m.)	3.96	Has.

Nota. Reproducido de los resultados obtenidos del modelamiento con FLO-2D.

- **Nivel (profundidad) máxima - Velocidad máxima - Área de inundación**
TR = 1000 años

Tabla 36

Profundidades, velocidades y áreas de inundación para TR = 1000 años

Indicador	Valor	Unidad
Profundidad Máxima (H _{máx.})	2.50	m.
Velocidad a Profundidad Máxima (V)	3.00	m/s
Velocidad Máxima (V _{máx.})	5.43	m/s
Profundidad a Velocidad Máxima (H)	1.20	m.
Área Máxima Inundada	5.23	Has.
Área Máxima Inundada (profundidad > 0.15 m.)	4.46	Has.

Nota. Reproducido de los resultados obtenidos del modelamiento con FLO-2D.

4.1.5. Validación del modelo hidráulico

Tabla 37

Comparación de profundidades de inundación de los diferentes tiempos de retorno y el huayco ocurrido en el año 2017

Sección	Margen	Profundidad alcanzado 2017 (m)	Profundidad TR=50 años (m)	Profundidad TR=100 años (m)	Profundidad TR=200 años (m)	Profundidad TR=500 años (m)	Profundidad TR=1000 años (m)
1-1	Margen derecho	0.92	0.70	0.85	1.05	1.30	1.80
	Margen izquierdo	0.97	0.80	1.00	1.10	1.40	1.60
2-2	Margen derecho	0.78	0.60	0.75	1.00	1.50	1.70
	Margen izquierdo	0.83	0.75	1.00	1.10	1.50	1.60
3-3	Margen derecho	0.79	0.70	0.85	1.00	1.25	1.70
	Margen izquierdo	0.98	0.80	1.20	1.35	1.50	2.00
4-4	Margen derecho	1.14	1.00	1.20	1.50	2.10	2.50
	Margen izquierdo	0.96	0.80	0.90	1.20	2.05	2.40

Nota. Reproducido de los datos de campo y resultados obtenidos del modelamiento con FLO-2D.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. *Parámetros geomorfológicos de la subcuenca Milagros*

El área (A) de la subcuenca Milagros es igual a 8.46 km², de acuerdo a la tabla 1 se clasifica como una cuenca muy pequeña.

El coeficiente de compacidad (Cc) es igual a 1.17, de acuerdo a la tabla 2 la forma de la subcuenca milagros es Casi redonda a oval-redonda. Como $Cc > 1$ reduce la probabilidad que toda su área se cubierta en su totalidad por una tormenta y los caudales picos no ocurrirán rápido.

La subcuenca presenta una razón de elongación (Re) igual a 0.74, siendo menor a 1 lo que indica que es una cuenca alargada.

El factor de forma (F) es igual a 0.48, según la tabla 3 podemos deducir que es una cuenca ligeramente ensanchada.

La pendiente media de la cuenca (J) es igual a 32.83%, es un parámetro muy importante para la velocidad media de la escorrentía y, por lo tanto, de su poder de arrastre o poder erosivo.

La altitud media de la subcuenca Milagros es igual a 2900 m.s.n.m. tal como se muestra en la curva hipsométrica.

La densidad de drenaje (D) es igual a 1.14, y de acuerdo a la tabla 4 tiene un drenaje moderado, no susceptible a erosionarse.

La pendiente media del cauce principal es igual a 20.62% en tal sentido el tipo de terreno es accidentado de acuerdo a la tabla 5.

4.2.2. *Parámetros reológicos del cauce principal de la subcuenca Milagros*

De acuerdo a los resultados del análisis granulométrico el suelo del cauce principal de la subcuenca Milagros se caracteriza por ser grava mal graduada con arena, en tal sentido estos tipos tienen una gravedad específica (Gs) de 2,65.

La resistencia al flujo laminar (K) es igual a cero, porque en el modelamiento hidráulico con FLO-2D se está considerando que el análisis lo realice de acuerdo al coeficiente de rugosidad de Manning asignado a las diferentes áreas de la zona de estudio.

La concentración volumétrica de sedimentos (C_v) que contiene el flujo es igual a 0.35, de acuerdo a la tabla 17 podemos indicar que el tipo de flujo es de inundación de lodo o barro, cuya característica del flujo es la separación del agua en la superficie; las olas viajan fácilmente, la mayoría de las arenas y gravas se sedimentan y se mueven como arrastre de fondo.

El promedio de finos del suelo presente el cauce principal es de 3.10%, y de acuerdo a la tabla 15 se ha utilizado la fuente Glenwood Sample 3 por ser la que mejor se ha ajusta al modelo. La viscosidad dinámica es igual a 0.67 Pa.s. y el esfuerzo de cedencia igual a 2.39 Pa. calculados de acuerdo a la tabla 16.

4.2.3. Modelización hidrológica con HEC-HMS 4.9 para la obtención de caudales máximos en diferentes periodos de retorno

El tiempo de concentración promedio (T_r) de la tormenta en la subcuenca Milagros es igual a 0.337 horas, lo cual indica que la gota de lluvia desde su encharcamiento en el punto más distante hasta llegar al punto de interés es de 20.22 minutos.

La subcuenca Milagros presenta un número de curva (CN) ponderado igual a 68.87, su mayor área está cubierta por pastizales y es de condición hidrológica regular y de grupo hidrológica B de acuerdo a la tabla 11.

Se observa que el caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años es igual a 9.00 m³/seg, presentándose este caudal pico a los 1.10 horas de haberse saturado el suelo e iniciado la escorrentía superficial debido a la tormenta, tal como se muestra en la figura 12.

Se observa que el caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años es igual a 11.00 m³/seg, presentándose este caudal pico a los 1.05 horas

de haberse saturado el suelo e iniciado la escorrentía superficial debido a la tormenta, tal como se muestra en la figura 13.

Se observa que el caudal máximo para un periodo de retorno de 200 años es igual a $13.40 \text{ m}^3/\text{seg}$, presentándose este caudal pico a los 1.05 horas de haberse saturado el suelo e iniciado la escorrentía superficial debido a la tormenta, tal como se muestra en la figura 14.

Se observa que el caudal máximo para un periodo de retorno de 500 años es igual a $16.90 \text{ m}^3/\text{seg}$, presentándose este caudal pico a los 1.05 horas de haberse saturado el suelo e iniciado la escorrentía superficial debido a la tormenta, tal como se muestra en la figura 15.

Se observa que el caudal máximo para un periodo de retorno de 1000 años es igual a $20.00 \text{ m}^3/\text{seg}$, presentándose este caudal pico a los 1.05 horas de haberse saturado el suelo e iniciado la escorrentía superficial debido a la tormenta, tal como se muestra en la figura 16.

4.2.4. Modelización hidráulica con FLO-2D para la obtención de niveles de profundidades y velocidades máximas de inundación

Se tienen las velocidades máximas de flujo de inundación igual a 4.38, 4.68, 4.93, 5.21 y 5.43 m/seg para los tiempos de retorno de 50, 100, 200, 500 y 1000 años respectivamente, y de acuerdo a la figura 9 se puede deducir que el flujo es flujo hiperconcentrado (flujo no Newtoniano). De acuerdo a la tabla 21 la categoría de peligro por la velocidad es de corriente muy rápida en algunas áreas inundadas.

Se tiene las profundidades máximas 1.81, 2.04, 2.18, 2.35 y 2.50 metros para los tiempos de retorno de 50, 100, 200, 500 y 1000 años respectivamente, y de acuerdo a la tabla 19 se puede deducir que existen áreas expuestas a intensidades de peligros muy altos.

Según la tabla 22 y 23 se puede concluir que de acuerdo al periodo de retorno el nivel de frecuencia que pueda ocurrir una inundación es Baja.

Con los resultados de la intensidad (profundidad y velocidad) y frecuencia (avenidas máximas) y con la ayuda de la tabla 24, se tienen áreas de nivel de peligrosidad.

Para un tiempo de retorno de 50 años las áreas de peligrosidad Baja son zonas de cultivo, márgenes del cauce y edificación de la propiedad de la UNASAM. Las áreas de peligrosidad Media corresponden al cauce principal de la subcuenca milagros.

Para un tiempo de retorno de 100 años las áreas de peligrosidad Baja son zonas de cultivo, tomas de riego, márgenes del cauce y edificación de la propiedad de la UNASAM. Las áreas de peligrosidad Media corresponden al cauce principal de la subcuenca milagros.

Para un tiempo de retorno de 200 años las áreas de peligrosidad Baja son zonas de cultivo, tomas de riego, carretera Huaraz - Caraz, márgenes del cauce y edificación de la propiedad de la UNASAM. Las áreas de peligrosidad Media corresponden al cauce principal de la subcuenca milagros.

Para un tiempo de retorno de 500 años las áreas de peligrosidad Baja son zonas de cultivo, tomas de riego, carretera Huaraz - Caraz y edificación de la propiedad de la UNASAM. Las áreas de peligrosidad Media corresponden al cauce principal de la subcuenca milagros.

Para un tiempo de retorno de 1000 años las áreas de peligrosidad Baja son zonas de cultivo, tomas de riego, carretera Huaraz – Caraz, Centro Educativo Inicial de Cañasbamba y edificación de la propiedad de la UNASAM. Las áreas de peligrosidad Media corresponden al cauce principal de la subcuenca milagros.

4.2.5. Validación del modelo hidráulico

De la medición de marcas dejadas por el huayco del año 2017 en las cuatro secciones de control indican que se asemejan a las profundidades de inundación modeladas para un periodo de retorno de 100 años.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se ha determinado los parámetros geomorfológicos de la subcuenca Milagros, teniendo como área igual a 8.46 km², coeficiente de compacidad igual a 1.17, relación de elongación igual 0.74, factor de forma igual a 0.48, pendiente media de la cuenca 32.83%, altitud media de la cuenca 2900 m.s.n.m., pendiente media del cauce principal 20.62% y densidad de drenaje 1.14 km/km². Lo cual se puede concluir que subcuenca es pequeña de forma ensanchada con poca probabilidad que toda su área sea cubierta por una tormenta, con cauce accidentado y drenaje moderado no susceptible a erosionarse.
- Se ha determinado los parámetros reológicos del cauce principal de la subcuenca Milagros, cuya gravedad específica es 2.65, concentración volumétrica de sedimentos igual a 0.35, viscosidad dinámica es igual a 0.67 Pa.s. y esfuerzo de cedencia es igual 2.39 Pa., este valor indica el esfuerzo de corte mínimo que se debe aplicar para que el flujo empiece a fluir. Se puede concluir que el comportamiento del flujo es de inundación de lodo, cuya característica es la separación del agua en la superficie, las olas viajan fácilmente, la mayoría de las arenas y gravas se sedimentan y se mueven como arrastre de fondo.
- Se ha realizado la modelización hidrológica mediante software HEC-HMS 4.9, cuyos caudales máximos son: 9.00 m³/seg, 11.00 m³/seg, 13.40 m³/seg, 16.90

m³/seg y 20.00 m³/seg para los periodos de retorno de 50 años, 100 años, 200 años, 500 años y 1000 años respectivamente.

- Se ha realizar la modelización hidráulica para flujo hiperconcentrado mediante software FLO-2D, cuyas profundidades máximas de flujo de inundación son: 1.81 m., 2.04 m., 2.18 m., 2.35 m. y 2.50 m. para los periodos de retorno de 50 años, 100 años, 200 años, 500 años y 1000 años respectivamente.
- Se ha determinado el área total de inundación igual a 3.43 Has, 3.80 Has, 4.13 Has, 4.60 Has y 5.23 Has para los periodos de retorno de 50 años, 100 años, 200 años, 500 años y 1000 años respectivamente. De las cuales se puede concluir que áreas de cultivo aguas abajo del puente, tomas de riego, carretera Huaraz – Caraz, edificio de la UNASAM y el centro Educativo Inicial están expuestos a nivel de peligro Bajo; mientras el cauce de la subcuenca Milagros está expuesto a nivel de peligro Medio.
- Se ha realizado la validación de los resultados del modelamiento hidráulico verificando las profundidades del modelo con las marcas encontradas en campo del huayco ocurrido en el año 2017, la cual se puede concluir que el periodo de ocurrencia de esta inundación es de 100 años.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar el levantamiento topográfico con Dron en cuencas pequeñas para obtener modelos digitales de elevación de 0.30 x 0.30 m de pixeles, para que así la topografía de la realidad se asemeje al modelo.
- En cauces de ríos o quebradas menores a 30 metros de ancho se debe trabajar con el software FLO-2D profesional, ya que el básico trabaja con celdas igual o mayor a los 30 metros y no permite el ingreso de los parámetros reológicos.
- Es necesario que las entidades competentes prioricen sus inversiones para la prevenir las inundaciones aguas abajo del puente, mediante obras de encauzamiento, ya que existen áreas de cultivo y edificación de la UNASAM expuestos.
- Las obras hidráulicas en ríos y quebradas que transportan sedimentos en épocas de avenidas se deben diseñar con flujos hiperconcentrados, ya que nos darán un diseño más óptimo y funcional.
- Realizar investigaciones en las diferentes zonas urbanas y rurales expuestas a inundaciones por avenida máximas, para un adecuado ordenamiento territorial.

REFERENCIAS

- Aquise, O. V. (2017). *Aplicación de las ecuaciones de Saint Venant al modelamiento bidimensional de cuencas y ríos* (Tesis de Titulación). Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2015). *Generación del Mapa Temático de Curva Numero (CN)*.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). (s.f.). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*.
- Aguamarket.com, ES. (2002). Diccionario del agua: Inundación (en línea). ES. Disponible en <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=1095&tennino=Inundaci%F3n>
- Banda, M. (2015). *Análisis Comparativo de un Modelo Hidrodinámico Unidimensional para Flujo Newtonianos y no Newtonianos del Río Seco zona urbana Tacna*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna-Perú. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe>
- Brenes, C. (2011). Sistemas de Información Geográfica (en línea). OIRSA, NI. Disponible en <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/sisemasinfgeog.pdf>
- Breña, P. & Jacobo, V. (2006). *Principios y Fundamento de la Hidrología Superficial*. Universidad Autónoma Metropolitana, México. Recuperado de www.uamenlinea.uam.mx
- Ccanto M. G. (2010). *Metodología de la Investigación Científica en Ingeniería Civil*.
- Chow, V., Maidment, D. & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill Interamericana, S. A., New York.
- Delgadillo, A. y Moreno, A. (2011). *Morfometría de cuencas*.

- Delgadillo, A. y Páez, G. (2008). *Aspectos hidrológicos, subcuencas susceptibles a crecidas, escenarios de riesgo por crecidas*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) - Fundación para la Prevención de los Riesgos del estado Mérida (FUNDAPRIS).
- Figueroa, S. (2013). *Estudio del peligro por flujo de detritos y corrientes hiperconcentradas mediante simulación numérica en Flo-2D, caso de estudio: Angangueo, Mich.* (Tesis de grado). Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, México.
http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_U MICH/5182/IIMM-M-2013-0206.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huancara, R. y Cutire, F. (2019). *Simulación de huayco e inundación y propuesta de solución en el anexo de pescadores, distrito de Ocoña, provincia de Camana, departamento de Arequipa.* (Tesis de titulación). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10626>
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2017). Reporte de Estado Situacional de la Emergencia. *Huayco en la Localidad de Cayasbamba*. Secretario Técnico de Defensa Civil de Yungay. Ancash.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2011). Cuaderno técnico N°2. *Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales*. Lima – Perú.
- Leyva M. (2012). Informe técnico. *El riesgo de inundación por intensas lluvias en la cuenca Guamá*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana - Cuba.
- Martínez, D., y Castrillón, D. (2014). *Zonificación de amenazas por inundaciones en las zonas urbana y de expansión del municipio de Jamundí (valle del cauca)*. (Tesis de Pregrado inédita), Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, Colombia.
- Mejía, M. J. (s.f). *Hidrología Aplicada*. Programa de Docencia en Recursos Hídricos, Universidad Agraria la Molina, Lima – Perú.

- Mirzazadeh, P. y Akbari, G. (2012). *A case study of flood dynamic wave simulation in natural waterways using numerical solution of unsteady flows*. CMCE, Comp. Meth. Civil Eng., Vol. 3, 67-77.
- Monsalve, S. G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Alfaomega S. A., Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Muñoz, C. A. (2005). *Hidrología Agroforestal*. Ed. Dirección General de Universidades e Investigación del gobierno de Canarias, ES. Editorial Mundi Prensa. p.p.80-84.
- Naterón, M., García, V., Arrango, I. y Parra, C. (2006). Modelación Hidrológica e Hidráulica Aplicada a Estudios de Inundabilidad en Cauces Naturales Caso de Estudio: Urbanización Río Nima. *Revista de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, núm. 5, pp. 27-38. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Ortiz, V. O. (2004). *Evaluación hidrológica*. Hidrored.
- Oviedo, M. (2009). Geología, Geodinámica y simulación de Flujos FLO 2D en la quebrada de Saphy - Cusco. *Tesis. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*.
- Pacheco, M. R. (2011). *Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la Región Oriental de Cuba* (Tesis de Maestría en Ingeniería Hidráulica). Universidad de Oriente, La Habana, Cuba.
- Paricio, et al., (2018). Susceptibilidad a inundación por flujos torrenciales a partir de la integración del método geomorfológico y de la modelización con FLO-2D, lago Atitlán, Guatemala. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 36(1), 64-89. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57265242006>
- Rafael, J. y Gonzales, M. (2003). Estimación de los volúmenes y caudales máximos que produjeron los aludes torrenciales ocurridos en diciembre de 1999 en cuencas del litoral central del estado Vargas, Venezuela. *Acta científica venezolana*, 54(1), 33-48

- Reyes, R. T. (2017). *Hidrología para Ingenieros*. Huaraz, Perú. Recuperado de <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https%3A%2F%2Fd1.usersdrive.com%2Fcgibin%2Fdl.cgi%2Fcxrh7elkx5b2zvtmosyotwj5elvx4goycsxc3vumq2roxnt32cdfiua%2Fbofya7zcjr4p.pdf&fbclid=IwAR0mbdIIIkzTIawtgM5yNw7kMInZ8f7FmXwkwxPogGglYzl1INZgmmeDybK8>
- Sampieri, H., Collado, F. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6^a ed.). México: McGraw-Hill.
- Talledo, R. y Cardoso, S. (2021). *Generación de mapa de amenaza para disminuir el impacto de daño ocasionado por flujos hiperconcentrados en la quebrada del diablo, distrito Alto de la Alianza, haciendo uso de FLO-2D*. (Tesis de Titulación). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655742>
- United State Army Corps of Engineers, US (USACE). (2015). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS*, Versión 4.9. Hydraulic Reference Manual.
- Valdivia, K. (2021). *Determinación del nivel de riesgo ante ocurrencia de flujo de lodo en la quebrada sin nombre, distrito Sama las Yaras- Tacna*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman, Tacna, Perú. <http://redi.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4343>
- Chow, et al. (2000). *Hidrología Aplicada*. Ed. ME Suarez, CO. Editorial McGraw-Hill.
- Villón, B. M. (2004), *Hidrología*, 4ta Ed. Editorial: Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Viramontes, et al. (2007). Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua. *Artículo científico Medio ambiente y desarrollo sustentable*, 1(3), 21-31. Recuperado de <http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v1n3/data/5-morfometria-de-la-cuenca.pdf>

ANEXOS

Anexo A

Pendiente del cauce principal por el método Taylor Schwarz

Tramo	Longitud (Km.)	Cotas (m.)		Desnivel H (m.)	Li	Si	Li/\sqrt{Si}
1	0.529	2345	2408	63	529.26	0.12	1534.04
2	0.596	2408	2471	63	596.26	0.11	1834.37
3	0.322	2471	2534	63	322.26	0.20	728.86
4	0.463	2534	2597	63	463.26	0.14	1256.24
5	0.246	2597	2660	63	246.26	0.26	486.89
6	0.218	2660	2723	63	218.26	0.29	406.26
7	0.148	2723	2786	63	148.26	0.42	227.45
8	0.129	2786	2849	63	129.26	0.49	185.16
9	0.109	2849	2912	63	109.26	0.58	143.89
10	0.092	2912	2975	63	92.26	0.68	111.65
11	0.099	2975	3039	64	99.26	0.64	123.62
12	0.088	3039	3102	63	88.26	0.71	104.47
13	0.093	3102	3165	63	93.26	0.68	113.47
14	0.123	3165	3228	63	123.26	0.51	172.42
15	0.148	3228	3291	63	148.26	0.42	227.45
16	0.138	3291	3354	63	138.26	0.46	204.83
17	0.094	3354	3417	63	94.26	0.67	115.30
18	0.220	3417	3480	63	220.26	0.29	411.85
19	0.550	3480	3575	95	550.26	0.17	1324.32
				Σ	4410.00	7.83	9712.54

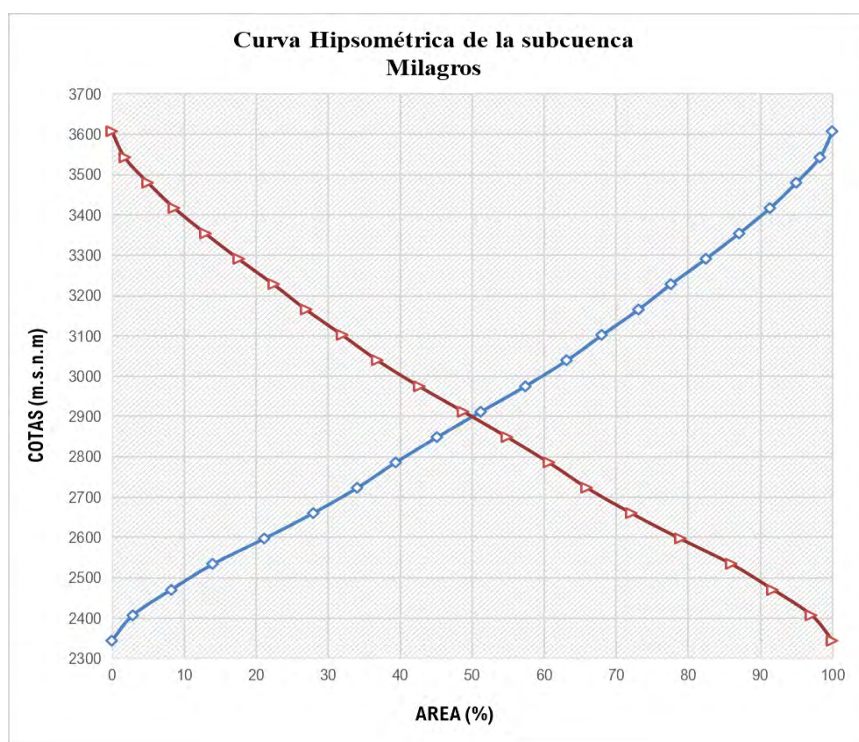
$$S_R = \left[\frac{\sum_{i=1}^n Li}{\sum_{i=1}^n \frac{Li}{\sqrt{Si}}} \right]^2$$

\sqrt{S}	=	0.454
S	=	0.206
S_R	=	206m/Km

Anexo B

Datos para la elaboración de la curva hipsométrica de la subcuenca Milagros

N° áreas	Altitudes (m.s.n.m)		Altitud promedio (m.s.n.m)	Áreas parciales (Km ²)	Área bajo la curva (Km ²)	Área sobre la curva (Km ²)	% área por debajo	% área por encima
1	2345	2408	2376.50	0.248	0.000	8.462	0.00	100.00
2	2408	2471	2439.50	0.450	0.248	8.214	2.93	97.07
3	2471	2534	2502.50	0.486	0.698	7.764	8.25	91.75
4	2534	2597	2565.50	0.603	1.184	7.278	13.99	86.01
5	2597	2660	2628.50	0.573	1.787	6.675	21.11	78.89
6	2660	2723	2691.50	0.521	2.360	6.102	27.89	72.11
7	2723	2786	2754.50	0.448	2.881	5.581	34.04	65.96
8	2786	2849	2817.50	0.490	3.329	5.133	39.34	60.66
9	2849	2912	2880.50	0.513	3.819	4.643	45.13	54.87
10	2912	2975	2943.50	0.522	4.333	4.129	51.20	48.80
11	2975	3039	3007.00	0.487	4.855	3.607	57.37	42.63
12	3039	3102	3070.50	0.414	5.341	3.121	63.12	36.88
13	3102	3165	3133.50	0.426	5.756	2.706	68.02	31.98
14	3165	3228	3196.50	0.383	6.182	2.280	73.05	26.95
15	3228	3291	3259.50	0.412	6.564	1.898	77.57	22.43
16	3291	3354	3322.50	0.388	6.976	1.486	82.44	17.56
17	3354	3417	3385.50	0.365	7.364	1.098	87.03	12.97
18	3417	3480	3448.50	0.309	7.730	0.732	91.34	8.66
19	3480	3543	3511.50	0.276	8.039	0.423	95.00	5.00
20	3543	3607	3575.00	0.147	8.315	0.147	98.26	1.74
21	3607				8.462	0.000	100.00	0.00
suma:				8.46	Km²			



Anexo C

Datos de precipitación máxima de 24 horas de las estaciones meteorológica más cercanas a la zona de estudio

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Cajamarquilla/154108/DZ04 Latitud: 9° 37' 55.36" Dpto: Ancash
Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 44' 28.88" Prov: Huaraz
Escala: mm Altitud: 3286 m.s.n.m. Dist: La Libertad

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24
2000	21.0	19.1	12.5	8.8	6.9	0.0	0.0	0.0	6.2	5.4	5.9	14.1	21.00
2001	11.5	8.3	12.7	6.2	1.5	1.4	0.0	0.0	2.6	6.1	9.4	6.7	12.70
2002	3.9	21.4	13.4	13.0	1.3	0.0	0.0	0.0	4.9	8.0	13.3	7.0	21.40
2003	13.4	11.3	12.1	8.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	3.6	7.8	13.40
2004	6.1	14.6	13.8	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	12.0	8.5	14.60
2005	10.6	8.7	14.4	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.8	14.40
2006	15.5	15.5	16.2	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	13.4	15.4	16.20
2007	13.8	0.6	15.4	17.5	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	12.4	0.0	17.50
2008	16.4	21.4	27.7	21.4	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	17.7	22.4	0.0	27.70
2009	20.7	27.0	29.2	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.4	19.4	16.4	29.20
2010	16.2	17.4	21.4	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	0.0	16.9	24.7	24.70
2011	31.2	19.8	21.8	23.4	4.9	0.0	0.0	6.4	13.4	0.0	18.4	22.0	31.20
2012	22.0	20.8	25.5	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	19.6	14.0	22.0	25.50
2013	9.4	27.0	22.6	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	18.0	19.8	22.8	27.00
2014	17.6	22.2	23.4	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	9.6	22.8	27.2	27.20
2015	20.6	19.2	29.4	18.2	24.6	0.0	0.0	0.0	14.2	19.4	19.6	20.2	29.40
2016	21.2	24.8	28.8	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	7.6	28.80
2017	25.6	25.8	39.5	31.0	0.0	10.6	0.0	0.0	19.4	10.4	10.6	0.0	39.50
2018	23.4	20.2	26.0	20.2	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	12.5	26.00
2019	27.0	41.0	33.0	33.0	9.8	0.0	10.6	0.0	23.2	17.8	20.2	29.6	41.00

Nota. Información alcanzada por el SENAMHI, 2021.

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Pariacoto/150904/DZ04 Latitud: 9° 33' 8.61" Dpto: Ancash
Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 53' 15.41" Prov: Huaraz
Escala: mm Altitud: 1312 m.s.n.m. Dist: Pariacoto

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24
2000	9.6	15.5	12.4	2.5	3.2	0.0	0.0	0.3	0.5	1.4	1.4	10.2	15.50
2001	5.8	9.0	6.7	2.1	1.1	0.0	0.0	0.0	2.1	1.1	0.8	1.3	9.00
2002	0.5	49.1	4.9	6.8	1.2	0.0	0.0	0.0	1.2	2.7	5.7	1.4	49.10
2003	3.3	4.5	11.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	5.8	0.5	2.7	11.70
2004	2.0	6.0	4.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	5.7	5.7	3.8	6.00
2005	9.2	8.7	11.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.4	0.5	2.6	11.70
2006	4.5	11.3	11.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	3.4	11.70
2007	2.6	5.9	7.9	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.8	5.0	7.90
2008	5.2	16.4	16.3	28.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.50
2009	18.0	13.5	7.2	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.2	2.5	18.00
2010	3.6	11.4	3.0	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.8	3.2	3.0	7.0	11.40
2011	4.2	0.0	2.2	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	4.6	4.60
2012	0.5	14.2	10.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	2.0	1.4	3.2	14.20
2013	0.5	14.2	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	14.20
2014	5.4	8.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	9.4	9.40
2015	1.5	4.3	21.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	21.00
2016	2.6	6.2	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	7.80
2017	5.8	32.6	12.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	6.0	2.0	6.4	32.60
2018	12.5	13.3	9.6	3.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	10.5	13.30
2019	13.6	23.6	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.6	0.0	2.6	23.60

Nota. Información alcanzada por el SENAMHI, 2021.

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Pomabamba/000443/DZ04 Latitud: 08° 49' 18.13" Dpto: Ancash
Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 27' 26.4" Prov: Pomabamba
Escala: mm Altitud: 2985 m.s.n.m. Dist: Pomabamba

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24
2000	22.3	28.3	22.4	6.7	10.3	6.2	8.3	9.4	13.8	5.5	21.5	34.8	34.80
2001	31.8	23.4	21.3	14.4	8.1	7.5	7.1	1.1	7.7	13.9	16.2	25.2	31.80
2002	30.6	25.3	34.4	11.8	9.5	7.2	11.4	0.0	10.0	18.0	21.1	23.6	34.40
2003	37.0	22.4	14.2	12.2	7.0	13.2	4.5	10.8	15.0	11.2	23.6	20.2	37.00
2004	32.5	15.6	20.6	11.0	9.5	7.2	11.2	4.1	28.2	25.9	16.4	31.0	32.50
2005	14.5	17.0	13.1	19.6	9.0	0.0	0.0	0.0	13.7	18.3	15.6	13.2	19.60
2006	9.7	15.2	28.3	24.7	14.2	0.0	0.0	1.5	16.6	25.9	14.4	22.0	28.30
2007	12.4	11.7	26.2	20.5	23.3	6.6	1.6	0.0	16.0	28.4	14.1	39.5	39.50
2008	12.6	20.8	14.5	35.1	7.7	25.2	7.8	13.1	11.3	25.8	11.0	13.0	35.10
2009	20.6	14.6	15.2	21.1	15.8	6.7	5.5	8.6	16.3	14.2	27.6	28.8	28.80
2010	23.6	32.0	21.2	18.0	11.0	4.0	0.0	8.0	8.5	21.4	19.6	19.1	32.00
2011	20.0	16.4	18.6	20.0	2.9	0.0	3.6	0.0	23.2	20.6	15.0	25.5	25.50
2012	25.6	23.5	18.5	36.0	17.4	10.6	1.6	8.0	7.4	15.4	17.6	17.8	36.00
2013	23.1	23.9	22.0	12.2	9.9	9.2	8.2	15.0	23.9	18.9	17.1	19.1	23.90
2014	22.7	36.6	19.4	29.0	30.2	0.0	6.2	0.0	12.5	27.2	17.7	31.5	36.60
2015	22.8	26.4	23.0	24.8	31.4	3.0	2.5	8.2	9.2	13.5	37.6	23.0	37.60
2016	35.5	53.6	18.4	26.6	4.2	7.0	0.0	0.0	15.5	38.7	36.8	30.3	53.60
2017	23.2	21.5	19.7	19.4	26.5	24.5	5.0	9.2	7.8	17.0	12.9	26.0	26.50
2018	20.1	20.0	24.0	24.4	16.8	10.6	4.3	12.8	19.4	30.8	18.0	20.5	30.80
2019	26.5	40.5	44.8	14.7	10.7	8.7	5.3	2.8	9.2	19.6	17.4	25.2	44.80

Nota. Información alcanzada por el SENAMHI, 2021.

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Recuay/000441/DZ04 Latitud: 9° 43' 45.1" Dpto: Ancash
Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 27' 13.15" Prov: Recuay
Escala: mm Altitud: 3431 m.s.n.m. Dist: Recuay

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24
2000	16.0	23.0	12.0	12.6	10.3	0.0	0.0	10.2	9.4	7.6	11.4	22.3	23.00
2001	21.8	17.0	20.5	8.9	7.3	13.9	0.0	0.1	21.0	18.6	29.4	24.3	29.40
2002	21.2	21.4	18.1	8.8	6.3	4.2	0.0	0.0	10.3	18.8	38.8	19.3	38.80
2003	17.2	19.4	16.8	16.8	8.1	5.7	3.6	0.0	2.9	12.8	18.0	14.1	19.40
2004	9.0	17.4	21.7	20.5	9.0	2.5	0.8	0.0	11.8	33.7	19.8	27.0	33.70
2005	16.5	13.1	32.4	20.4	12.6	0.0	0.0	3.0	9.3	6.8	21.4	11.7	32.40
2006	20.2	19.0	24.5	20.0	2.9	14.6	2.1	10.5	6.5	17.1	21.5	19.0	24.50
2007	29.0	16.2	33.0	19.6	16.0	2.5	0.0	1.7	2.4	10.0	22.7	9.1	33.00
2008	13.4	15.9	13.2	10.8	2.6	5.6	6.5	3.9	7.5	19.8	9.2	10.9	19.80
2009	23.4	16.5	44.0	31.4	16.6	2.4	0.0	10.5	4.3	20.3	25.7	19.0	44.00
2010	20.5	19.8	25.7	21.1	12.4	4.0	0.7	2.6	10.0	12.8	17.9	22.8	25.70
2011	17.8	16.4	19.9	20.9	16.3	1.2	8.9	3.7	6.1	3.4	11.9	29.5	29.50
2012	38.3	24.1	20.5	20.3	6.6	9.8	0.0	0.0	5.6	13.6	25.3	32.4	38.30
2013	13.0	21.5	31.4	16.4	6.0	1.2	2.0	5.8	7.6	14.2	16.0	26.8	31.40
2014	10.1	29.5	30.4	11.5	11.7	4.7	2.4	2.8	8.7	10.1	22.7	23.7	30.40
2015	22.6	16.6	25.5	14.6	6.9	1.9	2.4	2.5	4.1	10.1	10.3	13.3	25.50
2016	9.3	28.4	16.4	22.5	8.7	0.0	0.0	2.4	12.4	15.4	4.5	18.5	28.40
2017	14.6	18.7	30.0	26.6	16.4	4.4	0.0	3.9	10.0	21.7	15.4	29.9	30.00
2018	18.0	12.7	35.1	33.2	20.0	7.5	0.0	5.2	3.7	18.2	30.5	25.0	35.10
2019	18.2	27.8	15.3	10.4	6.0	6.4	1.6	0.0	6.1	8.2	29.2	27.7	29.20

Nota. Información alcanzada por el SENAMHI, 2021.

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Sihuas/154111/DZ04 Latitud: 08° 34' 0" Dpto: Ancash
Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 39' 0" Prov: Sihuas
Escala: mm Altitud: 2716 m.s.n.m. Dist: Sihuas

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24
2000	16.2	14.0	8.2	17.0	16.4	0.0	0.0	25.2	0.0	16.4	20.1	14.0	25.20
2001	25.8	14.4	20.0	16.7	11.1	5.3	13.5	4.6	9.5	16.8	17.4	19.0	25.80
2002	18.2	17.3	19.4	16.2	10.8	0.0	10.1	0.0	9.6	19.9	25.0	14.9	25.00
2003	11.0	13.9	14.9	20.1	8.9	4.3	0.0	0.0	20.6	18.9	13.9	15.2	20.60
2004	18.4	18.8	30.7	9.6	17.8	5.1	4.5	1.6	10.9	17.5	34.4	22.5	34.40
2005	10.1	10.1	19.0	17.6	0.0	0.0	0.0	5.1	3.9	16.2	12.2	31.8	31.80
2006	20.6	15.7	26.0	12.6	9.8	3.4	0.0	4.6	15.4	21.0	22.5	27.7	27.70
2007	34.3	16.1	17.9	22.7	3.3	0.0	11.5	6.4	14.7	22.1	18.6	18.6	34.30
2008	20.5	19.9	23.6	19.7	5.3	21.0	0.0	2.5	16.5	20.5	16.3	13.2	23.60
2009	25.9	22.6	24.8	18.4	12.1	9.1	9.6	15.4	5.4	28.5	15.3	20.4	28.50
2010	18.0	18.8	20.6	23.2	23.2	11.3	4.5	3.1	7.5	17.9	23.3	18.2	23.30
2011	11.7	14.9	12.3	21.5	9.3	0.0	4.2	3.6	7.5	10.4	18.5	21.7	21.70
2012	34.6	33.5	26.2	18.1	11.4	7.0	0.0	1.3	3.2	18.0	22.5	18.4	34.60
2013	26.9	25.3	15.3	16.6	6.1	7.7	4.5	13.2	8.0	19.9	20.4	19.0	26.90
2014	15.0	32.6	22.8	20.4	12.5	7.2	1.8	0.0	7.0	15.5	13.3	18.2	32.60
2015	27.1	14.2	32.1	12.5	43.8	0.0	3.1	8.5	6.0	12.7	26.2	17.5	43.80
2016	28.8	19.4	12.1	16.0	4.9	5.7	0.0	5.6	9.4	24.5	9.0	25.0	28.80
2017	20.5	34.1	30.5	27.6	15.4	8.1	0.0	3.3	15.4	15.7	20.6	30.9	34.10
2018	18.4	13.6	31.4	21.0	14.9	21.0	3.2	0.0	30.6	23.7	19.3	30.4	31.40
2019	19.1	31.2	39.8	24.5	8.2	2.1	5.1	0.0	18.0	23.7	26.9	27.1	39.80

Nota. Información alcanzada por el SENAMHI, 2021.

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Yungay/000444/DZ04 Latitud: 09° 08' 30.79" Dpto: Ancash
 Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 44' 59.91" Prov: Yungay
 Escala: mm Altitud: 2466 m.s.n.m. Dist: Yungay

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax24
2001	15.8	18.2	24.5	15.2	8.4	2.0	0.0	0.0	4.2	13.6	13.2	6.0	24.46
2002	16.6	12.4	26.6	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3	15.8	17.4	26.60
2003	16.2	12.6	10.6	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	6.2	9.8	16.20
2004	8.9	20.6	15.8	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	15.6	12.8	13.9	20.60
2005	13.9	9.5	13.5	8.4	2.0	0.0	0.0	0.0	10.4	5.6	12.6	12.8	13.90
2006	18.6	16.2	27.6	25.0	0.0	3.4	0.0	2.6	8.5	3.6	10.4	23.2	27.60
2007	8.6	4.0	49.0	21.0	23.0	0.0	0.0	3.1	3.4	12.1	17.5	14.8	49.00
2008	12.0	16.4	22.2	14.0	4.2	12.8	0.0	0.0	1.1	22.1	19.7	10.4	22.20
2009	21.0	13.4	36.5	17.2	11.2	0.0	0.0	1.8	0.0	25.8	14.4	10.2	36.50
2010	10.8	27.0	22.7	12.5	11.3	4.2	0.0	0.0	4.2	8.1	40.2	32.4	40.20
2011	16.2	6.9	26.2	29.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	3.6	14.0	25.4	29.80
2012	18.2	20.0	29.4	12.6	7.3	0.0	0.0	0.0	7.8	13.9	20.5	26.4	29.40
2013	12.2	18.6	17.9	14.6	23.0	0.0	0.0	1.5	1.5	18.3	10.6	17.8	23.00
2014	19.0	31.1	20.9	12.4	10.5	10.4	0.0	0.0	6.7	12.5	12.8	26.0	31.10
2015	31.8	25.1	28.4	10.8	18.4	1.2	1.3	0.0	0.0	18.0	20.7	11.0	31.80
2016	10.9	27.6	21.5	18.9	6.4	0.0	0.0	0.0	15.0	19.3	6.8	19.6	27.60
2017	20.8	20.7	30.8	18.3	9.6	2.3	0.0	0.0	1.8	14.2	9.6	22.4	30.80
2018	22.5	21.6	24.0	19.8	18.9	0.0	0.0	0.0	2.3	14.7	17.4	13.9	24.00
2019	8.9	18.5	16.7	9.6	4.5	1.8	0.8	0.0	6.2	15.4	12.6	21.9	21.90
2020	13.6	15.5	29.8	18.0	11.5	6.4	0.7	1.6	7.5	14.5	23.2	21.1	29.80

Nota. Información alcanzada por el SENAMHI, 2021.

Anexo D

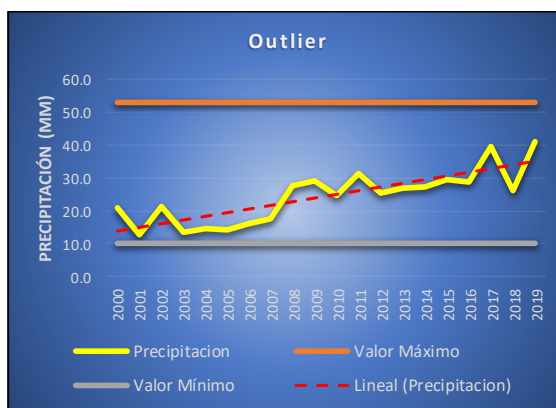
Análisis de los datos dudosos de la precipitación máxima de 24 horas de las estaciones meteorológicas

ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS EN PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Cajamarquilla/154108/DZ04 Latitud: 9° 37' 55.36" Dpto: Ancash
 Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 44' 28.88" Prov: Huaraz
 Escala: mm Altitud: 3286 m.s.n.m. Dist: La Libertad

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax 24hr	Log (P24hr)
2000	21.0	19.1	12.5	8.8	6.9	0.0	0.0	0.0	6.2	5.4	5.9	14.1	21.0	1.32
2001	11.5	8.3	12.7	6.2	1.5	1.4	0.0	0.0	2.6	6.1	9.4	6.7	12.7	1.10
2002	3.9	21.4	13.4	13.0	1.3	0.0	0.0	0.0	4.9	8.0	13.3	7.0	21.4	1.33
2003	13.4	11.3	12.1	8.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	3.6	7.8	13.4	1.13
2004	6.1	14.6	13.8	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	12.0	8.5	14.6	1.16
2005	10.6	8.7	14.4	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.8	14.4	1.16
2006	15.5	15.5	16.2	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	13.4	15.4	16.2	1.21
2007	13.8	0.6	15.4	17.5	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	12.4	0.0	17.5	1.24
2008	16.4	21.4	27.7	21.4	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	17.7	22.4	0.0	27.7	1.44
2009	20.7	27.0	29.2	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.4	19.4	16.4	29.2	1.47
2010	16.2	17.4	21.4	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	0.0	16.9	24.7	24.7	1.39
2011	31.2	19.8	21.8	23.4	4.9	0.0	0.0	6.4	13.4	0.0	18.4	22.0	31.2	1.49
2012	22.0	20.8	25.5	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	19.6	14.0	22.0	25.5	1.41
2013	9.4	27.0	22.6	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	18.0	19.8	22.8	27.0	1.43
2014	17.6	22.2	23.4	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	9.6	22.8	27.2	27.2	1.43
2015	20.6	19.2	29.4	18.2	24.6	0.0	0.0	0.0	14.2	19.4	19.6	20.2	29.4	1.47
2016	21.2	24.8	28.8	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	7.6	28.8	1.46
2017	25.6	25.8	39.5	31.0	0.0	10.6	0.0	0.0	19.4	10.4	10.6	0.0	39.5	1.60
2018	23.4	20.2	26.0	20.2	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	12.5	26.0	1.41
2019	27.0	41.0	33.0	33.0	9.8	0.0	10.6	0.0	23.2	17.8	20.2	29.6	41.0	1.61

Parámetros Estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	20	20
Sumatoria	488.400	27.278
Valor Máximo	41.000	1.613
Valor Mínimo	12.700	1.104
Media	24.420	1.364
Varianza	65.047	0.023
Desviación Estándar	8.065	0.151
Coefficiente Variación	0.330	0.110
Coefficiente de Sesgo	0.316	-0.314
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos:	dudosos altos dudosos bajos



n = 20.00
 Kn = 2.385
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

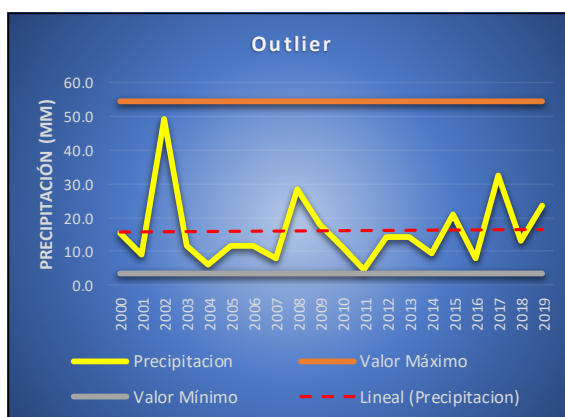
Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)	Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)
$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s$ $x_H = 1.72$	$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s$ $x_L = 1.00$
Precipitación máxima aceptaba	Precipitación mínima aceptaba
$PH = 10^{x_H}$ PH = 52.88 mm	$PL = 10^{x_L}$ PL = 10.10 mm
NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS EN PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Pariacoto/150904/DZ04 Latitud: 9° 33' 8.61" Dpto: Ancash
 Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 53' 15.41" Prov: Huaraz
 Escala: mm Altitud: 1312 m.s.n.m. Dist: Pariacoto

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax 24hr	Log (P24hr)
2000	9.6	15.5	12.4	2.5	3.2	0.0	0.0	0.3	0.5	1.4	1.4	10.2	15.5	1.19
2001	5.8	9.0	6.7	2.1	1.1	0.0	0.0	0.0	2.1	1.1	0.8	1.3	9.0	0.95
2002	0.5	49.1	4.9	6.8	1.2	0.0	0.0	0.0	1.2	2.7	5.7	1.4	49.1	1.69
2003	3.3	4.5	11.7	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	5.8	0.5	2.7	11.7	1.07
2004	2.0	6.0	4.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	5.7	5.7	3.8	6.0	0.78
2005	9.2	8.7	11.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.4	0.5	2.6	11.7	1.07
2006	4.5	11.3	11.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	3.4	11.7	1.07
2007	2.6	5.9	7.9	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.8	5.0	7.9	0.90
2008	5.2	16.4	16.3	28.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.5	1.45
2009	18.0	13.5	7.2	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.2	2.5	18.0	1.26
2010	3.6	11.4	3.0	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.8	3.2	3.0	7.0	11.4	1.06
2011	4.2	0.0	2.2	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	4.6	4.6	0.66
2012	0.5	14.2	10.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	2.0	1.4	3.2	14.2	1.15
2013	0.5	14.2	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	14.2	1.15
2014	5.4	8.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	9.4	9.4	0.97
2015	1.5	4.3	21.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	21.0	1.32
2016	2.6	6.2	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	7.8	0.89
2017	5.8	32.6	12.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	6.0	2.0	6.4	32.6	1.51
2018	12.5	13.3	9.6	3.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	10.5	13.3	1.12
2019	13.6	23.6	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.6	0.0	2.6	23.6	1.37

Parámetros Estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	20	20
Sumatoria	321.200	22.648
Valor Máximo	49.100	1.691
Valor Mínimo	4.600	0.663
Media	16.060	1.132
Varianza	113.691	0.064
Desviación Estándar	10.663	0.252
Coefficiente Variación	0.664	0.223
Coefficiente de Sesgo	1.853	0.365
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos:	dudosos altos
		dudosos bajos



n = 20.00
 Kn = 2.385
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia: 10%)

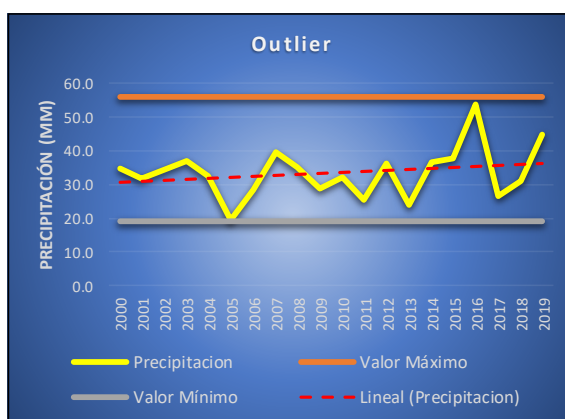
Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)	Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)
$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad x_H = 1.73$	$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad x_L = 0.53$
Precipitación máxima aceptaba	Precipitación mínima aceptaba
PH = 10 ^{xH} PH = 54.18 mm	PL = 10 ^{xL} PL = 3.40 mm
NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS EN PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Pomabamba/000443/DZ04 Latitud: 08° 49' 18.13" Dpto: Ancash
 Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 27' 26.4" Prov: Pomabamba
 Escala: mm Altitud: 2985 m.s.n.m. Dist: Pomabamba

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax 24hr	Log (P24hr)
2000	22.3	28.3	22.4	6.7	10.3	6.2	8.3	9.4	13.8	5.5	21.5	34.8	34.8	1.54
2001	31.8	23.4	21.3	14.4	8.1	7.5	7.1	1.1	7.7	13.9	16.2	25.2	31.8	1.50
2002	30.6	25.3	34.4	11.8	9.5	7.2	11.4	0.0	10.0	18.0	21.1	23.6	34.4	1.54
2003	37.0	22.4	14.2	12.2	7.0	13.2	4.5	10.8	15.0	11.2	23.6	20.2	37.0	1.57
2004	32.5	15.6	20.6	11.0	9.5	7.2	11.2	4.1	28.2	25.9	16.4	31.0	32.5	1.51
2005	14.5	17.0	13.1	19.6	9.0	0.0	0.0	0.0	13.7	18.3	15.6	13.2	19.6	1.29
2006	9.7	15.2	28.3	24.7	14.2	0.0	0.0	1.5	16.6	25.9	14.4	22.0	28.3	1.45
2007	12.4	11.7	26.2	20.5	23.3	6.6	1.6	0.0	16.0	28.4	14.1	39.5	39.5	1.60
2008	12.6	20.8	14.5	35.1	7.7	25.2	7.8	13.1	11.3	25.8	11.0	13.0	35.1	1.55
2009	20.6	14.6	15.2	21.1	15.8	6.7	5.5	8.6	16.3	14.2	27.6	28.8	28.8	1.46
2010	23.6	32.0	21.2	18.0	11.0	4.0	0.0	8.0	8.5	21.4	19.6	19.1	32.0	1.51
2011	20.0	16.4	18.6	20.0	2.9	0.0	3.6	0.0	23.2	20.6	15.0	25.5	25.5	1.41
2012	25.6	23.5	18.5	36.0	17.4	10.6	1.6	8.0	7.4	15.4	17.6	17.8	36.0	1.56
2013	23.1	23.9	22.0	12.2	9.9	9.2	8.2	15.0	23.9	18.9	17.1	19.1	23.9	1.38
2014	22.7	36.6	19.4	29.0	30.2	0.0	6.2	0.0	12.5	27.2	17.7	31.5	36.6	1.56
2015	22.8	26.4	23.0	24.8	31.4	3.0	2.5	8.2	9.2	13.5	37.6	23.0	37.6	1.58
2016	35.5	53.6	18.4	26.6	4.2	7.0	0.0	0.0	15.5	38.7	36.8	30.3	53.6	1.73
2017	23.2	21.5	19.7	19.4	26.5	24.5	5.0	9.2	7.8	17.0	12.9	26.0	26.5	1.42
2018	20.1	20.0	24.0	24.4	16.8	10.6	4.3	12.8	19.4	30.8	18.0	20.5	30.8	1.49
2019	26.5	40.5	44.8	14.7	10.7	8.7	5.3	2.8	9.2	19.6	17.4	25.2	44.8	1.65

Parámetros Estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	20	20
Sumatoria	669.100	30.283
Valor Máximo	53.600	1.729
Valor Mínimo	19.600	1.292
Media	33.455	1.514
Varianza	56.767	0.009
Desviación Estándar	7.534	0.097
Coefficiente Variación	0.225	0.064
Coefficiente de Sesgo	0.737	-0.135
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos:	dudosos altos dudosos bajos



n = 20.00
 Kn = 2.385
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)	Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)
$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad x_H = 1.75$	$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad x_L = 1.28$
Precipitación máxima aceptaba	Precipitación mínima aceptaba
$PH = 10^{x_H} \quad PH = 55.77 \text{ mm}$	$PL = 10^{x_L} \quad PL = 19.14 \text{ mm}$
NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

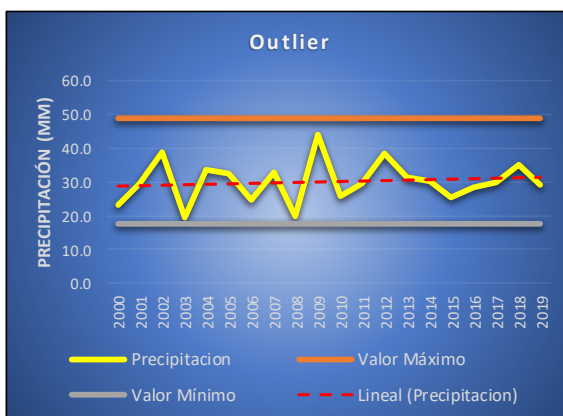


ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS EN PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Recuay/000441/DZ04 Latitud: 9° 43' 45.1" Dpto: Ancash
 Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 27' 13.15" Prov: Recuay
 Escala: mm Altitud: 3431 m.s.n.m. Dist: Recuay

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax 24hr	Log (P24hr)
2000	16.0	23.0	12.0	12.6	10.3	0.0	0.0	10.2	9.4	7.6	11.4	22.3	23.0	1.36
2001	21.8	17.0	20.5	8.9	7.3	13.9	0.0	0.1	21.0	18.6	29.4	24.3	29.4	1.47
2002	21.2	21.4	18.1	8.8	6.3	4.2	0.0	0.0	10.3	18.8	38.8	19.3	38.8	1.59
2003	17.2	19.4	16.8	16.8	8.1	5.7	3.6	0.0	2.9	12.8	18.0	14.1	19.4	1.29
2004	9.0	17.4	21.7	20.5	9.0	2.5	0.8	0.0	11.8	33.7	19.8	27.0	33.7	1.53
2005	16.5	13.1	32.4	20.4	12.6	0.0	0.0	3.0	9.3	6.8	21.4	11.7	32.4	1.51
2006	20.2	19.0	24.5	20.0	2.9	14.6	2.1	10.5	6.5	17.1	21.5	19.0	24.5	1.39
2007	29.0	16.2	33.0	19.6	16.0	2.5	0.0	1.7	2.4	10.0	22.7	9.1	33.0	1.52
2008	13.4	15.9	13.2	10.8	2.6	5.6	6.5	3.9	7.5	19.8	9.2	10.9	19.8	1.30
2009	23.4	16.5	44.0	31.4	16.6	2.4	0.0	10.5	4.3	20.3	25.7	19.0	44.0	1.64
2010	20.5	19.8	25.7	21.1	12.4	4.0	0.7	2.6	10.0	12.8	17.9	22.8	25.7	1.41
2011	17.8	16.4	19.9	20.9	16.3	1.2	8.9	3.7	6.1	3.4	11.9	29.5	29.5	1.47
2012	38.3	24.1	20.5	20.3	6.6	9.8	0.0	0.0	5.6	13.6	25.3	32.4	38.3	1.58
2013	13.0	21.5	31.4	16.4	6.0	1.2	2.0	5.8	7.6	14.2	16.0	26.8	31.4	1.50
2014	10.1	29.5	30.4	11.5	11.7	4.7	2.4	2.8	8.7	10.1	22.7	23.7	30.4	1.48
2015	22.6	16.6	25.5	14.6	6.9	1.9	2.4	2.5	4.1	10.1	10.3	13.3	25.5	1.41
2016	9.3	28.4	16.4	22.5	8.7	0.0	0.0	2.4	12.4	15.4	4.5	18.5	28.4	1.45
2017	14.6	18.7	30.0	26.6	16.4	4.4	0.0	3.9	10.0	21.7	15.4	29.9	30.0	1.48
2018	18.0	12.7	35.1	33.2	20.0	7.5	0.0	5.2	3.7	18.2	30.5	25.0	35.1	1.55
2019	18.2	27.8	15.3	10.4	6.0	6.4	1.6	0.0	6.1	8.2	29.2	27.7	29.2	1.47

Parámetros Estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	20	20
Sumatoria	601.500	29.383
Valor Máximo	44.000	1.643
Valor Mínimo	19.400	1.288
Media	30.075	1.469
Varianza	38.789	0.008
Desviación Estándar	6.228	0.092
Coefficiente Variación	0.207	0.063
Coefficiente de Sesgo	0.271	-0.298
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos:	dudosos altos dudosos bajos



n = 20.00
 Kn = 2.385
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia: 10%)

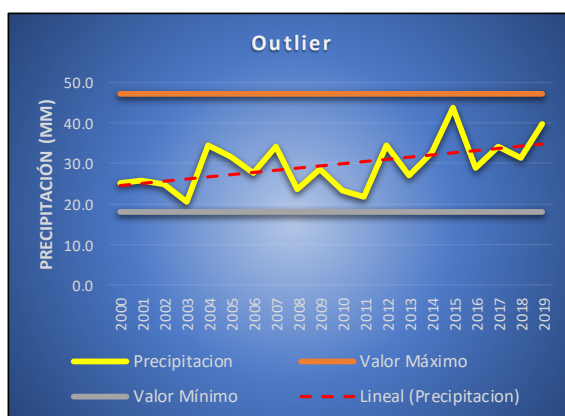
Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)	Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)
$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s$ $x_H = 1.69$	$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s$ $x_L = 1.25$
Precipitación máxima aceptaba	Precipitación mínima aceptaba
$PH = 10^{x_H}$ $PH = 48.78 \text{ mm}$	$PL = 10^{x_L}$ $PL = 17.78 \text{ mm}$
NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS EN PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Sihuas/154111/DZ04 Latitud: 08° 34' 0" Dpto: Ancash
 Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 39' 0" Prov: Sihuas
 Escala: mm Altitud: 2716 m.s.n.m. Dist: Sihuas

Año	Enc	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax 24hr	Log (P24hr)
2000	16.2	14.0	8.2	17.0	16.4	0.0	0.0	25.2	0.0	16.4	20.1	14.0	25.2	1.40
2001	25.8	14.4	20.0	16.7	11.1	5.3	13.5	4.6	9.5	16.8	17.4	19.0	25.8	1.41
2002	18.2	17.3	19.4	16.2	10.8	0.0	10.1	0.0	9.6	19.9	25.0	14.9	25.0	1.40
2003	11.0	13.9	14.9	20.1	8.9	4.3	0.0	0.0	20.6	18.9	13.9	15.2	20.6	1.31
2004	18.4	18.8	30.7	9.6	17.8	5.1	4.5	1.6	10.9	17.5	34.4	22.5	34.4	1.54
2005	10.1	10.1	19.0	17.6	0.0	0.0	0.0	5.1	3.9	16.2	12.2	31.8	31.8	1.50
2006	20.6	15.7	26.0	12.6	9.8	3.4	0.0	4.6	15.4	21.0	22.5	27.7	27.7	1.44
2007	34.3	16.1	17.9	22.7	3.3	0.0	11.5	6.4	14.7	22.1	18.6	18.6	34.3	1.54
2008	20.5	19.9	23.6	19.7	5.3	21.0	0.0	2.5	16.5	20.5	16.3	13.2	23.6	1.37
2009	25.9	22.6	24.8	18.4	12.1	9.1	9.6	15.4	5.4	28.5	15.3	20.4	28.5	1.45
2010	18.0	18.8	20.6	23.2	23.2	11.3	4.5	3.1	7.5	17.9	23.3	18.2	23.3	1.37
2011	11.7	14.9	12.3	21.5	9.3	0.0	4.2	3.6	7.5	10.4	18.5	21.7	21.7	1.34
2012	34.6	33.5	26.2	18.1	11.4	7.0	0.0	1.3	3.2	18.0	22.5	18.4	34.6	1.54
2013	26.9	25.3	15.3	16.6	6.1	7.7	4.5	13.2	8.0	19.9	20.4	19.0	26.9	1.43
2014	15.0	32.6	22.8	20.4	12.5	7.2	1.8	0.0	7.0	15.5	13.3	18.2	32.6	1.51
2015	27.1	14.2	32.1	12.5	43.8	0.0	3.1	8.5	6.0	12.7	26.2	17.5	43.8	1.64
2016	28.8	19.4	12.1	16.0	4.9	5.7	0.0	5.6	9.4	24.5	9.0	25.0	28.8	1.46
2017	20.5	34.1	30.5	27.6	15.4	8.1	0.0	3.3	15.4	15.7	20.6	30.9	34.1	1.53
2018	18.4	13.6	31.4	21.0	14.9	21.0	3.2	0.0	30.6	23.7	19.3	30.4	31.4	1.50
2019	19.1	31.2	39.8	24.5	8.2	2.1	5.1	0.0	18.0	23.7	26.9	27.1	39.8	1.60

Parámetros Estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	20	20
Sumatoria	593.900	29.286
Valor Máximo	43.800	1.641
Valor Mínimo	20.600	1.314
Media	29.695	1.464
Varianza	36.830	0.008
Desviación Estándar	6.069	0.087
Coefficiente Variación	0.204	0.060
Coefficiente de Sesgo	0.587	0.161
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos:	dudosos altos dudosos bajos



n = 20.00
 Kn = 2.385
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

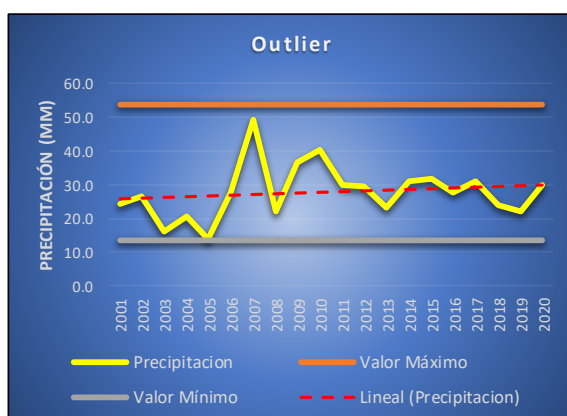
Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)	Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)
$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad x_H = 1.67$	$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad x_L = 1.26$
Precipitación máxima aceptaba	Precipitación mínima aceptaba
$PH = 10^{x_H} \quad PH = 47.05 \text{ mm}$	$PL = 10^{x_L} \quad PL = 18.03 \text{ mm}$
NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS EN PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

Estación: Yungay/000444/DZ04 Latitud: 09° 08' 30.79" Dpto: Ancash
 Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr Longitud: 77° 44' 59.91" Prov: Yungay
 Escala: mm Altitud: 2466 m.s.n.m. Dist: Yungay

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pmax 24hr	Log (P24hr)
2001	15.8	18.2	24.5	15.2	8.4	2.0	0.0	0.0	4.2	13.6	13.2	6.0	24.5	1.39
2002	16.6	12.4	26.6	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3	15.8	17.4	26.6	1.42
2003	16.2	12.6	10.6	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	6.2	9.8	16.2	1.21
2004	8.9	20.6	15.8	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	15.6	12.8	13.9	20.6	1.31
2005	13.9	9.5	13.5	8.4	2.0	0.0	0.0	0.0	10.4	5.6	12.6	12.8	13.9	1.14
2006	18.6	16.2	27.6	25.0	0.0	3.4	0.0	2.6	8.5	3.6	10.4	23.2	27.6	1.44
2007	8.6	4.0	49.0	21.0	23.0	0.0	0.0	3.1	3.4	12.1	17.5	14.8	49.0	1.69
2008	12.0	16.4	22.2	14.0	4.2	12.8	0.0	0.0	1.1	22.1	19.7	10.4	22.2	1.35
2009	21.0	13.4	36.5	17.2	11.2	0.0	0.0	1.8	0.0	25.8	14.4	10.2	36.5	1.56
2010	10.8	27.0	22.7	12.5	11.3	4.2	0.0	0.0	4.2	8.1	40.2	32.4	40.2	1.60
2011	16.2	6.9	26.2	29.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	3.6	14.0	25.4	29.8	1.47
2012	18.2	20.0	29.4	12.6	7.3	0.0	0.0	0.0	7.8	13.9	20.5	26.4	29.4	1.47
2013	12.2	18.6	17.9	14.6	23.0	0.0	0.0	1.5	1.5	18.3	10.6	17.8	23.0	1.36
2014	19.0	31.1	20.9	12.4	10.5	10.4	0.0	0.0	6.7	12.5	12.8	26.0	31.1	1.49
2015	31.8	25.1	28.4	10.8	18.4	1.2	1.3	0.0	0.0	18.0	20.7	11.0	31.8	1.50
2016	10.9	27.6	21.5	18.9	6.4	0.0	0.0	0.0	15.0	19.3	6.8	19.6	27.6	1.44
2017	20.8	20.7	30.8	18.3	9.6	2.3	0.0	0.0	1.8	14.2	9.6	22.4	30.8	1.49
2018	22.5	21.6	24.0	19.8	18.9	0.0	0.0	0.0	2.3	14.7	17.4	13.9	24.0	1.38
2019	8.9	18.5	16.7	9.6	4.5	1.8	0.8	0.0	6.2	15.4	12.6	21.9	21.9	1.34
2020	13.6	15.5	29.8	18.0	11.5	6.4	0.7	1.6	7.5	14.5	23.2	21.1	29.8	1.47

Parámetros Estadísticos	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	20	20
Sumatoria	556.460	28.548
Valor Máximo	49.000	1.690
Valor Mínimo	13.900	1.143
Media	27.823	1.427
Varianza	64.277	0.016
Desviación Estándar	8.017	0.126
Coefficiente Variación	0.288	0.088
Coefficiente de Sesgo	0.789	-0.265
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos:	dudosos altos dudosos bajos



n = 20.00
 Kn = 2.385
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia: 10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)	Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)
$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad x_H = 1.73$	$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad x_L = 1.13$
Precipitación máxima aceptaba	Precipitación mínima aceptaba
PH = 10 ^{xH} PH = 53.47 mm	PL = 10 ^{xL} PL = 13.39 mm
NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA	NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Anexo E

Prueba de bondad y ajuste Esmirnov – Kolmogorov de los datos de precipitación máxima de 24 horas.

Estación Cajamarquilla

PRUEBAS DE BONDAD Y AJUSTE ESMIRNOV-KOLMOGOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for:All d	a=1%	a=5%	a=10%	Attained	DMax
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.83%	0.08653
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.78%	0.08692
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.75%	0.08715
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.26%	0.09027
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.19%	0.09537
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.51%	0.098
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.01%	0.09968
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.43%	0.10151
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.21%	0.10494
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.73%	0.10616
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.69%	0.10626
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.16%	0.10983
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.68%	0.11491
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.67%	0.11494
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.51%	0.11525
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.38%	0.11733
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.19%	0.12901
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.52%	0.14925
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	62.08%	0.15514
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.50%	0.15591
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	53.42%	0.16685
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	34.22%	0.19637
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	33.11%	0.19835
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	24.97%	0.21454
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	24.27%	0.2161
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	24.27%	0.21611
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	20.18%	0.22598

Estación Pariacoto

PRUEBAS DE BONDAD Y AJUSTE ESMIRNOV-KOLMOGOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for:All d	a=1%	a=5%	a=10%	Attained	DMax
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.90%	0.07039
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.50%	0.07983
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.08%	0.08447
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.59%	0.08825
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.27%	0.09021
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.13%	0.09099
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.64%	0.0934
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.62%	0.09349
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.74%	0.09714
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.66%	0.09743
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.37%	0.10168
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.04%	0.10266
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.94%	0.10293
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.97%	0.11236
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.50%	0.11332
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.58%	0.11876
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	84.73%	0.12355
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.86%	0.12801
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.47%	0.1286
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	58.55%	0.15985
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	51.01%	0.1702
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	38.99%	0.18829
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	34.80%	0.19536
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.69%	0.21977
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	20.65%	0.22477
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	10.44%	0.25828
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.84%	0.261

Estación Pomabamba

PRUEBAS DE BONDAD Y AJUSTE ESMIRNOV-KOLMOGOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for: All d	a=1%	a=5%	a=10%	Attained	DMax
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.85%	0.07253
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.76%	0.07498
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.75%	0.07521
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.60%	0.07827
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.59%	0.07849
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.54%	0.07923
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.27%	0.08266
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.92%	0.08586
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.88%	0.08617
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.99%	0.09617
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.90%	0.09652
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.78%	0.097
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.72%	0.10063
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.61%	0.11309
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.06%	0.1161
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.00%	0.11802
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.16%	0.12119
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.25%	0.13041
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.71%	0.13547
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.06%	0.13638
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.28%	0.14019
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	72.75%	0.14092
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	72.71%	0.14097
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	57.85%	0.1608
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	50.85%	0.17042
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	39.73%	0.1871
Pareto	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.49%	0.33656

Estación Recuay

PRUEBAS DE BONDAD Y AJUSTE ESMIRNOV-KOLMOGOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for:All d	a=1%	a=5%	a=10%	Attained	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.98%	0.06318
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.98%	0.06404
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.71%	0.07617
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.69%	0.07667
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.45%	0.08055
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.43%	0.08078
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.33%	0.08204
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.28%	0.08257
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.20%	0.08337
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.16%	0.08378
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.14%	0.08393
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.94%	0.08572
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.29%	0.09011
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.11%	0.10245
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.69%	0.10365
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.83%	0.12007
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.09%	0.12131
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.38%	0.12249
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.73%	0.12669
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.80%	0.12959
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.40%	0.13307
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	56.56%	0.16254
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	55.18%	0.16441
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	48.45%	0.17385
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	46.12%	0.17726
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	34.61%	0.19568
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	30.51%	0.20319

Estación Sihuas

PRUEBAS DE BONDAD Y AJUSTE ESMIRNOV-KOLMOGOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for: All d	a=1%	a=5%	a=10%	Attained	DMax
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.98%	0.063
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.91%	0.06966
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.91%	0.06983
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.82%	0.07326
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.81%	0.0736
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.79%	0.07433
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.74%	0.07554
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.73%	0.07582
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.67%	0.07708
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.38%	0.08141
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.29%	0.08243
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.66%	0.09335
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.36%	0.09466
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.25%	0.0989
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.37%	0.10451
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.26%	0.1048
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.36%	0.10707
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.19%	0.11192
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.59%	0.11313
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.72%	0.13546
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.89%	0.138
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.04%	0.14052
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.52%	0.14526
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.21%	0.14833
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.80%	0.14887
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	65.35%	0.1508
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.36%	0.15211

Estación Yungay

PRUEBAS DE BONDAD Y AJUSTE ESMIRNOV-KOLMOGOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for: All d	a=1%	a=5%	a=10%	Attained	DMax
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.55%	0.07911
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.33%	0.08197
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.28%	0.08257
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.25%	0.08284
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.19%	0.08352
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.16%	0.08376
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.04%	0.08489
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.79%	0.08687
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.41%	0.0894
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.48%	0.09414
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.13%	0.09562
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.05%	0.11611
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.15%	0.11952
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.05%	0.12302
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	84.23%	0.12435
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	83.18%	0.12599
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.12%	0.12911
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.14%	0.13345
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.79%	0.1395
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.61%	0.14245
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.04%	0.14322
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.37%	0.14546
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.64%	0.14908
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.51%	0.15589
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	57.51%	0.16126
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.79%	0.18227
Pareto	ACCEPT	REJECT	REJECT	4.29%	0.2965

Anexo F

Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno

PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Estación:	Cajamarquilla/154108/DZ04	Latitud:	9° 37' 55.36"	Dpto:	Ancash
Parámetro:	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud:	77° 44' 28.88"	Prov:	Huaraz
Escala:	mm	Altitud:	3286 m.s.n.m.	Dist:	La Libertad

Precipitación Máxima Diarias para diferentes Periodos de Retorno Según la Distribución Normal (L-Moments)

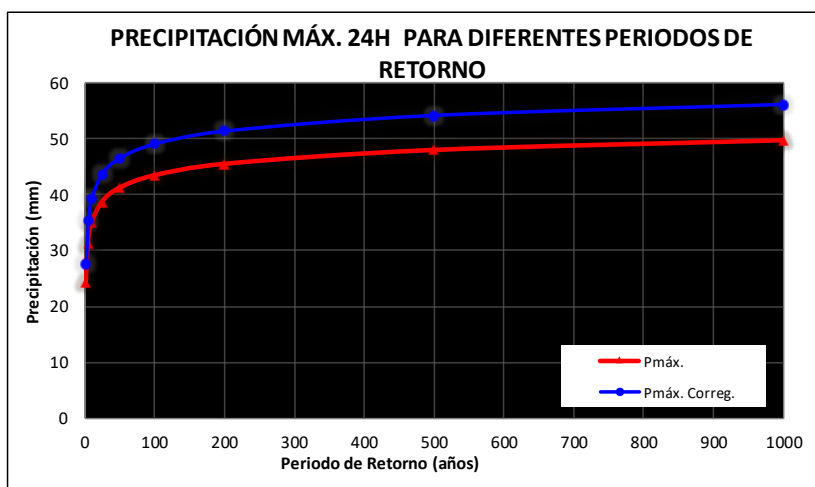
Perido de Reto T (años)	Hydrognomon Pmáx. (mm)	Pmáx. Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	24.42	27.595	0.500
5	31.3047	35.374	0.800
10	34.9035	39.441	0.900
25	38.7412	43.778	0.960
50	41.2204	46.579	0.980
100	43.4503	49.099	0.990
200	45.4912	51.405	0.995
500	47.9643	54.200	0.998
1000	49.6992	56.160	0.999
10000	54.8428	61.972	0.9999

Factor de Ajuste

Número de Intervalo de Observaciones	Relación
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Número de observaciones por día= 1
Factor de ajuste = 1.13

La Organización Meteorológica Mundia, en su Guia de Prácticas Hidrológicas, explica que en estudios de miles de años-estaciones de datos pluviometricos indican que al multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria, para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por es factor de 1.13, se produciran valores que se aproximan mucho a los que se obtendran de un análisis de los máximos reales. Se requieren ajustes menores cuando las cantidades máximas observadas se determinan a partir de dos o más intervalos de observaciones fijos.



PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Estación: Pariacoto/150904/DZ04	Latitud: 9° 33' 8.61"	Dpto: Ancash
Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud: 77° 53' 15.41"	Prov: Huaraz
Escala: mm	Altitud: 1312 m.s.n.m.	Dist: Pariacoto

Precipitación Máxima Diarias para diferentes Periodos de Retorno Según la Distribución Log Pearson III

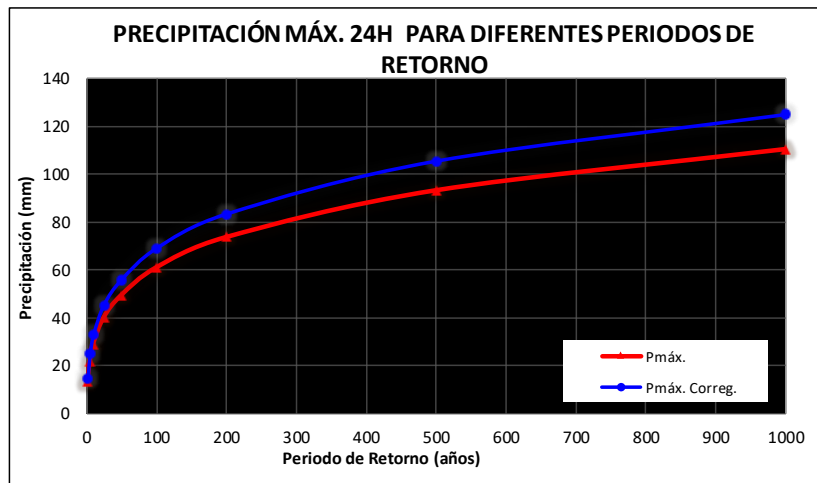
Período de Reto T (años)	Hydrognomon Pmáx. (mm)	Pmáx. Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	13.0937	14.796	0.500
5	21.8242	24.661	0.800
10	29.0963	32.879	0.900
25	40.1733	45.396	0.960
50	49.4219	55.847	0.980
100	61.0623	69.000	0.990
200	73.7947	83.388	0.995
500	93.4396	105.587	0.998
1000	110.738	125.134	0.999
10000	187.136	211.464	0.9999

Factor de Ajuste

Número de Intervalo de Observaciones	Relación
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Número de observaciones por día= 1
Factor de ajuste = 1.13

La Organización Meteorológica Mundial, en su Guía de Prácticas Hidrológicas, explica que en estudios de miles de años-estaciones de datos pluviométricos indican que al multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria, para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por es factor de 1.13, se produzcan valores que se aproximan mucho a los que se obtendrán de un análisis de los máximos reales. Se requieren ajustes menores cuando las cantidades máximas observadas se determinan a partir de dos o más intervalos de observaciones fijos.



PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Estación: Pomabamba/000443/DZ04	Latitud: 08° 49' 18.13"	Dpto: Ancash
Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud: 77° 27' 26.4"	Prov: Pomabamba
Escala: mm	Altitud: 2985 m.s.n.m.	Dist: Pomabamba

Precipitación Máxima Diarias para diferentes Periodos de Retorno Según la Distribución LogNormal

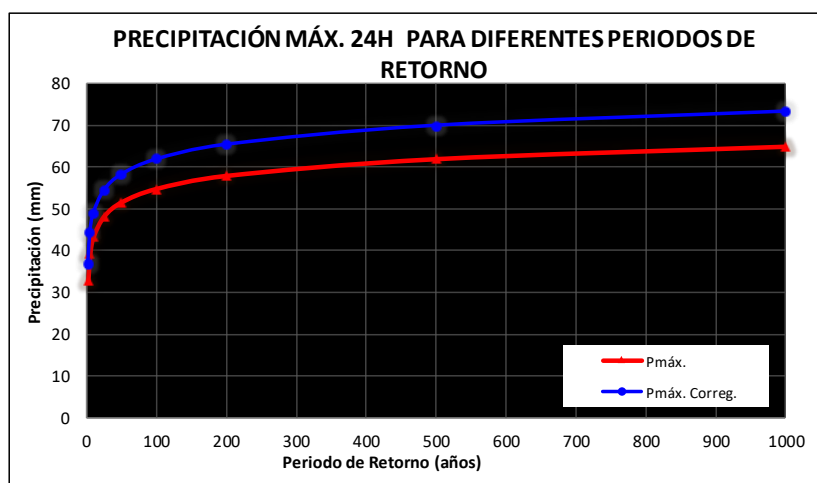
Período de Reto T (años)	Hydrognomon Pmáx. (mm)	Pmáx. Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	32.6376	36.880	0.500
5	39.3567	44.473	0.800
10	43.4026	49.045	0.900
25	48.1763	54.439	0.960
50	51.5359	58.236	0.980
100	54.7574	61.876	0.990
200	57.8819	65.407	0.995
500	61.9082	69.956	0.998
1000	64.8984	73.335	0.999
10000	74.6405	84.344	0.9999

Factor de Ajuste

Número de Intervalo de Observaciones	Relación
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Número de observaciones por día = 1
Factor de ajuste = 1.13

La Organización Meteorológica Mundial, en su Guía de Prácticas Hidrológicas, explica que en estudios de miles de años-estaciones de datos pluviométricos indican que al multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria, para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por el factor de 1.13, se producen valores que se aproximan mucho a los que se obtendrán de un análisis de los máximos reales. Se requieren ajustes menores cuando las cantidades máximas observadas se determinan a partir de dos o más intervalos de observaciones fijos.



PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Estación:	Recuay/000441/DZ04	Latitud:	9° 43' 45.1"	Dpto:	Ancash
Parámetro:	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud:	77° 27' 13.15"	Prov:	Recuay
Escala:	mm	Altitud:	3431 m.s.n.m.	Dist:	Recuay

Precipitación Máxima Diarias para diferentes Periodos de Retorno Según la Distribución Normal

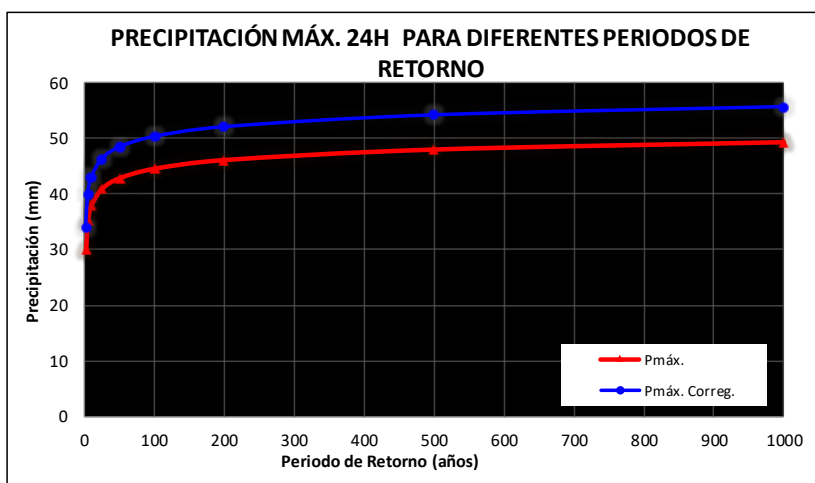
Perido de Reto T (años)	Hydrognomon Pmáx. (mm)	Pmáx. Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	30.075	33.985	0.500
5	35.3167	39.908	0.800
10	38.0566	43.004	0.900
25	40.9785	46.306	0.960
50	42.866	48.439	0.980
100	44.5637	50.357	0.990
200	46.1175	52.113	0.995
500	48.0005	54.241	0.998
1000	49.3213	55.733	0.999
10000	53.2374	60.158	0.9999

Factor de Ajuste

Número de Intervalo de Observaciones	Relación
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Número de observaciones por día= 1
Factor de ajuste = 1.13

La Organización Meteorológica Mundia, en su Guia de Prácticas Hidrológicas, explica que en estudios de miles de años-estaciones de datos pluviometricos indican que al multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria, para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por es factor de 1.13, se produciran valores que se aproximan mucho a los que se obtendran de un análisis de los máximos reales. Se requieren ajustes menores cuando las cantidades máximas observadas se determinan a partir de dos o más intervalos de obsevaciones fijos.



PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Estación: Sihuas/154111/DZ04	Latitud: 08° 34' 0"	Dpto: Ancash
Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud: 77° 39' 0"	Prov: Sihuas
Escala: mm	Altitud: 2716 m.s.n.m.	Dist: Sihuas

Precipitación Máxima Diarias para diferentes Periodos de Retorno Según la Distribución Gamma

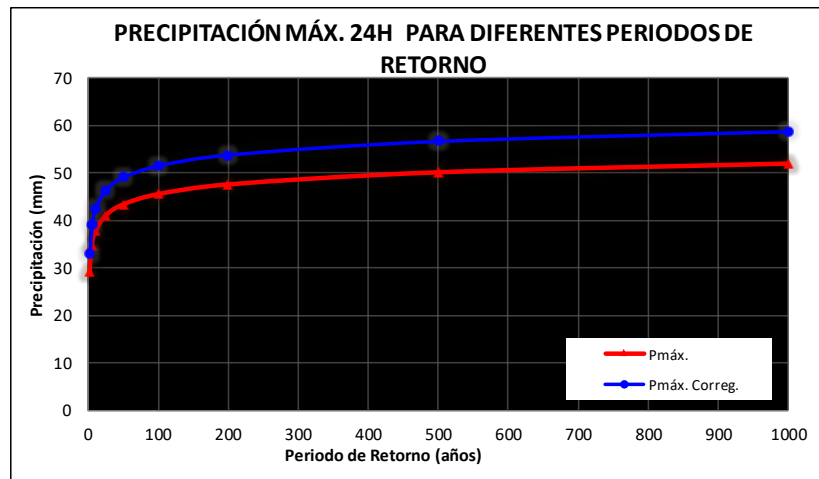
Perido de Reto T (años)	Hydrognomon Pmáx. (mm)	Pmáx. Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	29.2826	33.089	0.500
5	34.6453	39.149	0.800
10	37.6894	42.589	0.900
25	41.1227	46.469	0.960
50	43.445	49.093	0.980
100	45.6047	51.533	0.990
200	47.6408	53.834	0.995
500	50.185	56.709	0.998
1000	52.0204	58.783	0.999
10000	57.7111	65.214	0.9999

Factor de Ajuste

Número de Intervalo de Observaciones	Relación
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Número de observaciones por día= 1
Factor de ajuste = 1.13

La Organización Meteorológica Mundial, en su Guía de Prácticas Hidrológicas, explica que en estudios de miles de años-estaciones de datos pluviométricos indican que al multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria, para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por es factor de 1.13, se produzcan valores que se aproximan mucho a los que se obtendrán de un análisis de los máximos reales. Se requieren ajustes menores cuando las cantidades máximas observadas se determinan a partir de dos o más intervalos de observaciones fijos.



PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA LOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Estación:	Yungay/000444/DZ04	Latitud:	09° 08' 30.79"
Parámetro:	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud:	77° 44' 59.91"
Escala:	mm	Altitud:	2466 m.s.n.m.
		Dpto:	Ancash
		Prov:	Yungay
		Dist:	Yungay

Precipitación Máxima Diarias para diferentes Periodos de Retorno Según la Distribución LogNormal

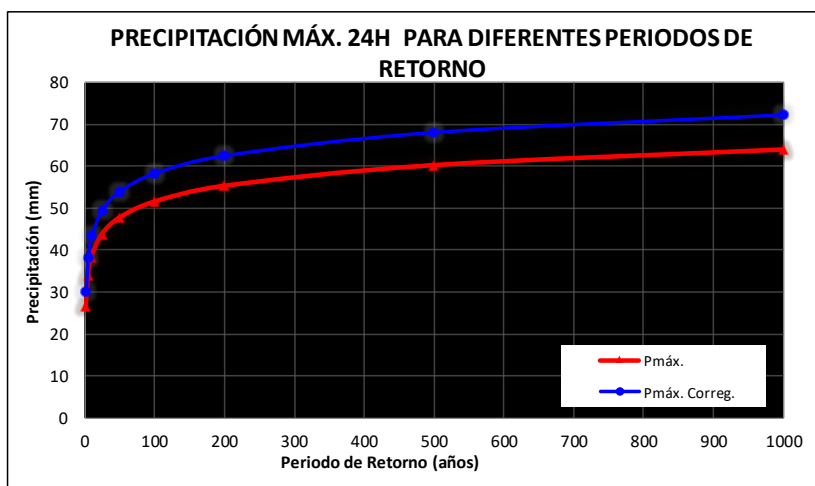
Período de Reto T (años)	Hydrognomon Pmáx. (mm)	Pmáx. Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P
2	26.7375	30.213	0.500
5	33.9104	38.319	0.800
10	38.3958	43.387	0.900
25	43.8345	49.533	0.960
50	47.751	53.959	0.980
100	51.5718	58.276	0.990
200	55.336	62.530	0.995
500	60.2676	68.102	0.998
1000	63.987	72.305	0.999
10000	76.4192	86.354	0.9999

Factor de Ajuste

Número de Intervalo de Observaciones	Relación
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Número de observaciones por día = 1
Factor de ajuste = 1.13

La Organización Meteorológica Mundial, en su Guía de Prácticas Hidrológicas, explica que en estudios de miles de años-estaciones de datos pluviométricos indican que al multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria, para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por el factor de 1.13, se producirán valores que se aproximan mucho a los que se obtendrán de un análisis de los máximos reales. Se requieren ajustes menores cuando las cantidades máximas observadas se determinan a partir de dos o más intervalos de observaciones fijos.

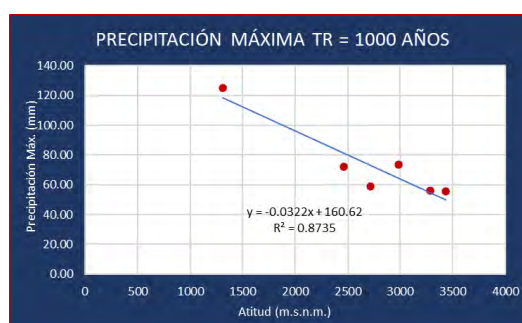
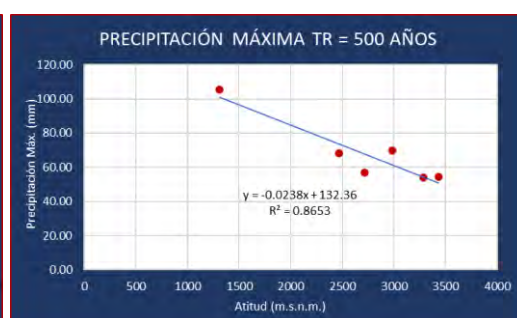
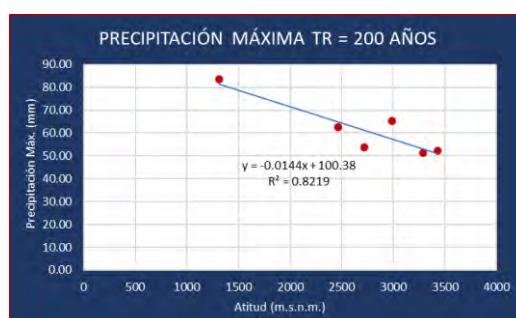
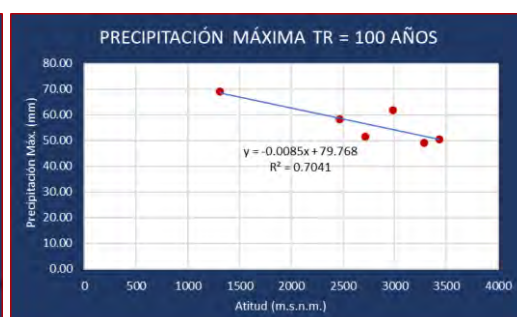
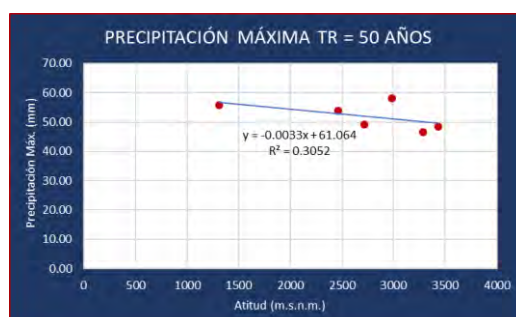


Anexo G

Ecuación de la precipitación máxima en función a la altura para los diferentes tiempos de retorno

REGIONALIZACIÓN DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA DIFERENTES PERIODOS DE

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN TEÓRICA	ALTITUD (M.S.N.M.)	PERIODO DE RETORNO				
			50	100	200	500	1000
Pariacoto	Log Pearson III	1312	55.85	69.00	83.39	105.59	125.13
Yungay	LogNormal	2466	53.96	58.28	62.53	68.10	72.31
Sihuas	Gamma	2716	49.09	51.53	53.83	56.71	58.78
Pomabamba	LogNormal	2985	58.24	61.88	65.41	69.96	73.34
Cajamarquilla	Normal	3286	46.58	49.10	51.41	54.20	56.16
Recuay	Normal	3431	48.44	50.36	52.11	54.24	55.73



Anexo H

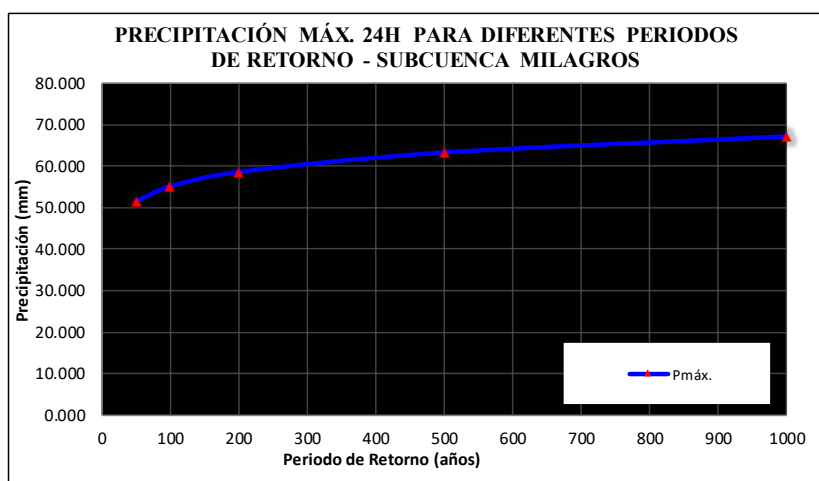
Precipitación máxima de la subcuenca Milagros para los diferentes periodos de retorno

PRECIPITACIONES MÁXIMAS REGIONALIZADA PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Estación: Subcuenca Milagros Latitud: 9° 5' 24" Dpto: Ancash
Parámetro: Precipitación Máxima 24 hr (mm) Longitud: 77° 45' 19" Prov: Yungay
Escala: mm Altitud: 2900 m.s.n.m. Dist: Yungay

Precipitación Máxima Diarias para diferentes Periodos de Retorno Regionalizado

Período de Retorno T (años)	Pmáx. Reg. (mm)	Probabilidad de no excedencia P
50	51.494	0.980
100	55.118	0.990
200	58.620	0.995
500	63.340	0.998
1000	67.240	0.999



Anexo I

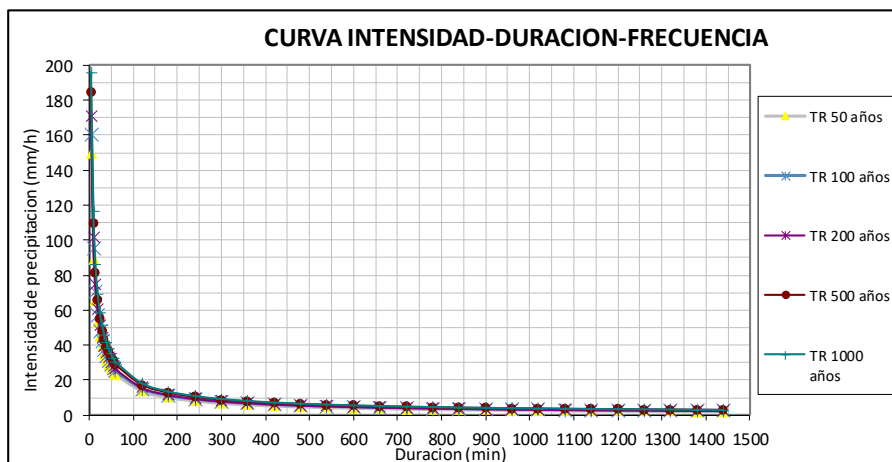
Tormenta de diseño para diferentes periodos de duración y periodos de retorno en función de la precipitación máxima diaria - modelo de Dick Peschke

Duración (Minutos)	Precipitación en 24 horas (mm)				
	51.49	55.12	58.62	63.34	67.24
	Periodo de Retorno (Años)				
	50	100	200	500	1000
5	12.50	13.38	14.23	15.38	16.32
10	14.87	15.91	16.92	18.28	19.41
15	16.45	17.61	18.73	20.24	21.48
20	17.68	18.92	20.12	21.74	23.08
25	18.69	20.01	21.28	22.99	24.41
30	19.56	20.94	22.27	24.06	25.55
35	20.33	21.76	23.15	25.01	26.55
40	21.02	22.50	23.93	25.86	27.45
45	21.65	23.17	24.65	26.63	28.27
50	22.23	23.79	25.30	27.34	29.03
55	22.76	24.37	25.91	28.00	29.73
60	23.27	24.90	26.48	28.62	30.38
120	27.67	29.61	31.50	34.03	36.13
180	30.62	32.77	34.86	37.66	39.98
240	32.90	35.22	37.45	40.47	42.96
300	34.79	37.24	39.60	42.79	45.43
360	36.41	38.97	41.45	44.79	47.55
420	37.84	40.51	43.08	46.55	49.41
480	39.13	41.88	44.54	48.13	51.09
540	40.30	43.13	45.87	49.57	52.62
600	41.37	44.28	47.10	50.89	54.02
660	42.37	45.35	48.23	52.12	55.33
720	43.30	46.35	49.29	53.26	56.54
780	44.18	47.29	50.29	54.34	57.68
840	45.00	48.17	51.23	55.36	58.76
900	45.79	49.01	52.12	56.32	59.79
960	46.53	49.80	52.97	57.23	60.76
1020	47.24	50.57	53.78	58.11	61.69
1080	47.92	51.29	54.55	58.94	62.57
1140	48.57	51.99	55.29	59.75	63.43
1200	49.20	52.66	56.01	60.52	64.24
1260	49.80	53.31	56.70	61.26	65.03
1320	50.39	53.93	57.36	61.98	65.79
1380	50.95	54.53	58.00	62.67	66.53
1440	51.49	55.12	58.62	63.34	67.24

Anexo J

Intensidades máximas de precipitación (mm/hr) para diferentes duraciones y tiempos de retorno subcuena Milagros

Duracion (Horas)	Duración (min)	Periodo de Retorno (Años)				
		50	100	200	500	1000
Intensidad (mm/hr)						
0.083	5	150.00	160.56	170.76	184.51	195.87
0.167	10	89.19	95.47	101.53	109.71	116.46
0.250	15	65.80	70.43	74.91	80.94	85.93
0.333	20	53.03	56.77	60.37	65.23	69.25
0.417	25	44.86	48.02	51.07	55.18	58.58
0.500	30	39.13	41.88	44.54	48.13	51.09
0.583	35	34.86	37.31	39.68	42.87	45.51
0.667	40	31.53	33.75	35.90	38.79	41.18
0.750	45	28.87	30.90	32.86	35.51	37.69
0.833	50	26.67	28.55	30.37	32.81	34.83
0.917	55	24.83	26.58	28.27	30.55	32.43
1.000	60	23.27	24.90	26.48	28.62	30.38
2.000	120	13.83	14.81	15.75	17.02	18.06
3.000	180	10.21	10.92	11.62	12.55	13.33
4.000	240	8.23	8.80	9.36	10.12	10.74
5.000	300	6.96	7.45	7.92	8.56	9.09
6.000	360	6.07	6.50	6.91	7.46	7.92
7.000	420	5.41	5.79	6.15	6.65	7.06
8.000	480	4.89	5.24	5.57	6.02	6.39
9.000	540	4.48	4.79	5.10	5.51	5.85
10.000	600	4.14	4.43	4.71	5.09	5.40
11.000	660	3.85	4.12	4.38	4.74	5.03
12.000	720	3.61	3.86	4.11	4.44	4.71
13.000	780	3.40	3.64	3.87	4.18	4.44
14.000	840	3.21	3.44	3.66	3.95	4.20
15.000	900	3.05	3.27	3.47	3.75	3.99
16.000	960	2.91	3.11	3.31	3.58	3.80
17.000	1020	2.78	2.97	3.16	3.42	3.63
18.000	1080	2.66	2.85	3.03	3.27	3.48
19.000	1140	2.56	2.74	2.91	3.14	3.34
20.000	1200	2.46	2.63	2.80	3.03	3.21
21.000	1260	2.37	2.54	2.70	2.92	3.10
22.000	1320	2.29	2.45	2.61	2.82	2.99
23.000	1380	2.22	2.37	2.52	2.72	2.89
24.000	1440	2.15	2.30	2.44	2.64	2.80



Anexo K

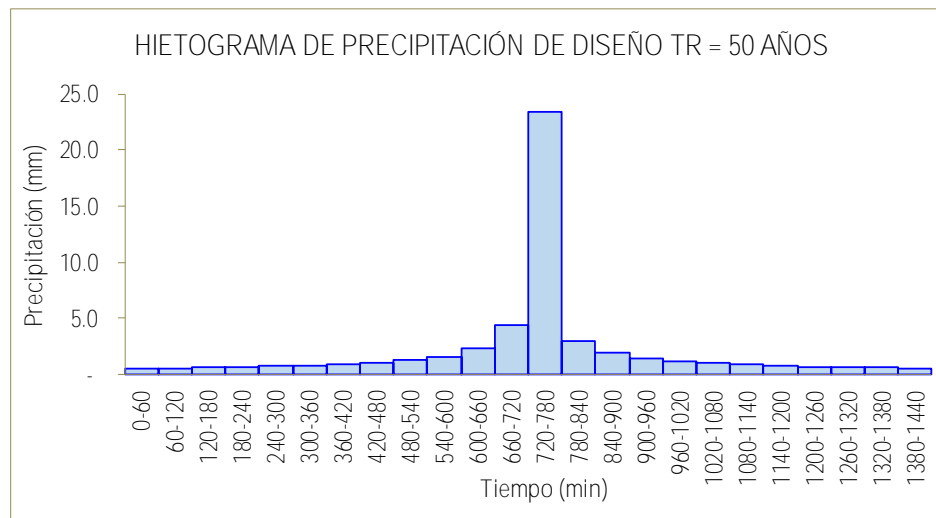
Hietogramas de diseño para los diferentes periodos de retorno

HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO TR=50 AÑOS

$$I = \frac{K \cdot T^m}{n + D \cdot T^n}$$

$K = 356.288$ 0.088
 $T = 50$
 $m = 0.0884$
 $n = 0.750$

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACIÓN	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACIÓN
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	23.355	23.355	23.355	0-60	0.547
120	13.887	27.774	4.419	60-120	0.585
180	10.246	30.737	2.963	120-180	0.629
240	8.257	33.029	2.292	180-240	0.683
300	6.985	34.924	1.895	240-300	0.748
360	6.092	36.552	1.629	300-360	0.829
420	5.427	37.989	1.436	360-420	0.935
480	4.910	39.278	1.290	420-480	1.080
540	4.495	40.452	1.174	480-540	1.290
600	4.153	41.532	1.080	540-600	1.629
660	3.867	42.533	1.001	600-660	2.292
720	3.622	43.468	0.935	660-720	4.419
780	3.411	44.347	0.879	720-780	23.355
840	3.227	45.176	0.829	780-840	2.963
900	3.064	45.962	0.786	840-900	1.895
960	2.919	46.710	0.748	900-960	1.436
1020	2.790	47.423	0.713	960-1020	1.174
1080	2.673	48.106	0.683	1020-1080	1.001
1140	2.566	48.760	0.655	1080-1140	0.879
1200	2.469	49.390	0.629	1140-1200	0.786
1260	2.381	49.996	0.606	1200-1260	0.713
1320	2.299	50.581	0.585	1260-1320	0.655
1380	2.224	51.146	0.565	1320-1380	0.606
1440	2.154	51.693	0.547	1380-1440	0.565



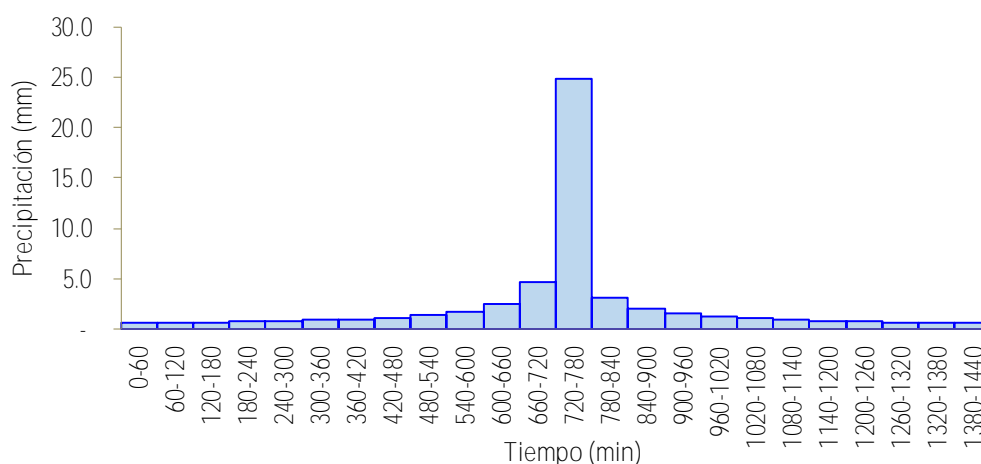
HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO TR=100 AÑOS

$$\begin{aligned}
 K &= 356.288 & 0.088 \\
 T &= 100 \\
 m &= 0.0884 \\
 n &= 0.750
 \end{aligned}
 \qquad
 I = \frac{356.288 \cdot T}{0.750 \cdot D}$$

METODO DEL BLOQUE ALTERNO

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACIÓN	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACIÓN
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	24.831	24.831	24.831	0-60	0.582
120	14.764	29.529	4.698	60-120	0.622
180	10.893	32.679	3.150	120-180	0.669
240	8.779	35.116	2.437	180-240	0.726
300	7.426	37.131	2.015	240-300	0.795
360	6.477	38.862	1.732	300-360	0.882
420	5.770	40.389	1.527	360-420	0.994
480	5.220	41.760	1.371	420-480	1.148
540	4.779	43.008	1.248	480-540	1.371
600	4.416	44.156	1.148	540-600	1.732
660	4.111	45.221	1.065	600-660	2.437
720	3.851	46.215	0.994	660-720	4.698
780	3.627	47.149	0.934	720-780	24.831
840	3.431	48.031	0.882	780-840	3.150
900	3.258	48.867	0.836	840-900	2.015
960	3.104	49.661	0.795	900-960	1.527
1020	2.966	50.420	0.758	960-1020	1.248
1080	2.841	51.146	0.726	1020-1080	1.065
1140	2.729	51.842	0.696	1080-1140	0.934
1200	2.626	52.511	0.669	1140-1200	0.836
1260	2.531	53.155	0.644	1200-1260	0.758
1320	2.444	53.777	0.622	1260-1320	0.696
1380	2.364	54.378	0.601	1320-1380	0.644
1440	2.290	54.959	0.582	1380-1440	0.601

HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO TR = 100 AÑOS

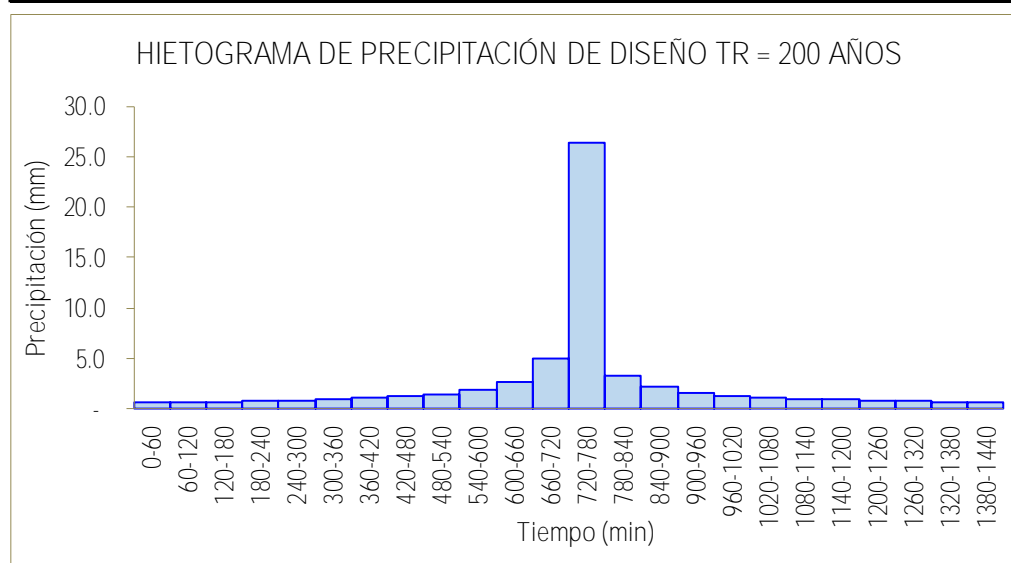


HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO TR=200 AÑOS

$$\begin{aligned}
 K &= 356.288 & 0.088 \\
 T &= 200 \\
 m &= 0.0884 \\
 n &= 0.750
 \end{aligned}
 \qquad
 I = \frac{356.288 \cdot T}{0.750 \cdot D}$$

METODO DEL BLOQUE ALTERNO

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACIÓN	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACIÓN
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	26.400	26.400	26.400	0-60	0.618
120	15.697	31.395	4.995	60-120	0.661
180	11.581	34.744	3.349	120-180	0.711
240	9.334	37.335	2.591	180-240	0.772
300	7.895	39.477	2.142	240-300	0.845
360	6.886	41.318	1.841	300-360	0.937
420	6.134	42.941	1.623	360-420	1.057
480	5.550	44.399	1.458	420-480	1.220
540	5.081	45.726	1.327	480-540	1.458
600	4.695	46.946	1.220	540-600	1.841
660	4.371	48.078	1.132	600-660	2.591
720	4.095	49.136	1.057	660-720	4.995
780	3.856	50.129	0.993	720-780	26.400
840	3.648	51.066	0.937	780-840	3.349
900	3.464	51.955	0.888	840-900	2.142
960	3.300	52.800	0.845	900-960	1.623
1020	3.153	53.606	0.806	960-1020	1.327
1080	3.021	54.377	0.772	1020-1080	1.132
1140	2.901	55.117	0.740	1080-1140	0.993
1200	2.791	55.829	0.711	1140-1200	0.888
1260	2.691	56.514	0.685	1200-1260	0.806
1320	2.599	57.175	0.661	1260-1320	0.740
1380	2.514	57.814	0.639	1320-1380	0.685
1440	2.435	58.432	0.618	1380-1440	0.639



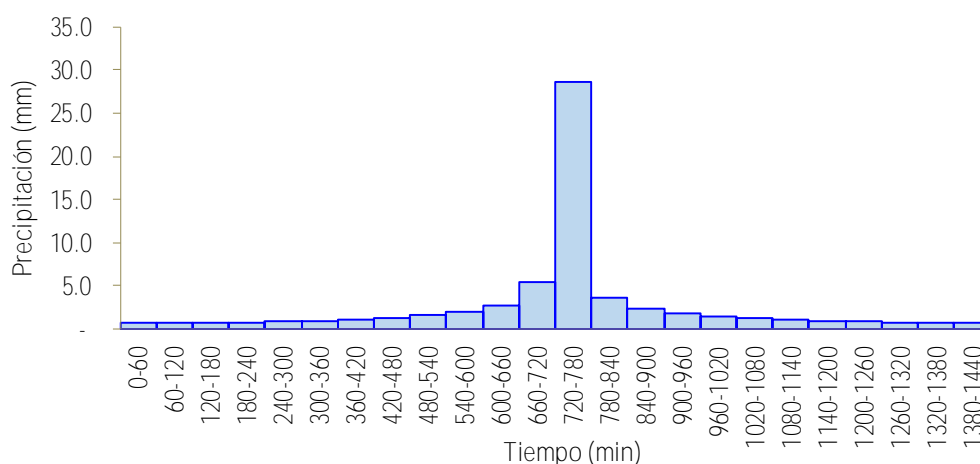
HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO TR=500 AÑOS

$$\begin{aligned}
 K &= 356.288 & 0.088 \\
 T &= 500 \\
 m &= 0.0884 \\
 n &= 0.750
 \end{aligned}
 \qquad
 I = \frac{356.288 \cdot T}{0.750 \cdot D}$$

METODO DEL BLOQUE ALTERNO

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACIÓN	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACIÓN
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	28.627	28.627	28.627	0-60	0.671
120	17.022	34.044	5.416	60-120	0.717
180	12.559	37.676	3.632	120-180	0.771
240	10.121	40.485	2.809	180-240	0.837
300	8.562	42.808	2.323	240-300	0.916
360	7.467	44.804	1.996	300-360	1.016
420	6.652	46.564	1.760	360-420	1.147
480	6.018	48.145	1.581	420-480	1.323
540	5.509	49.584	1.439	480-540	1.581
600	5.091	50.907	1.323	540-600	1.996
660	4.740	52.135	1.228	600-660	2.809
720	4.440	53.281	1.147	660-720	5.416
780	4.181	54.358	1.077	720-780	28.627
840	3.955	55.375	1.016	780-840	3.632
900	3.756	56.338	0.963	840-900	2.323
960	3.578	57.254	0.916	900-960	1.760
1020	3.419	58.129	0.874	960-1020	1.439
1080	3.276	58.965	0.837	1020-1080	1.228
1140	3.146	59.768	0.802	1080-1140	1.077
1200	3.027	60.539	0.771	1140-1200	0.963
1260	2.918	61.282	0.743	1200-1260	0.874
1320	2.818	61.999	0.717	1260-1320	0.802
1380	2.726	62.692	0.693	1320-1380	0.743
1440	2.640	63.362	0.671	1380-1440	0.693

HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO TR = 500 AÑOS



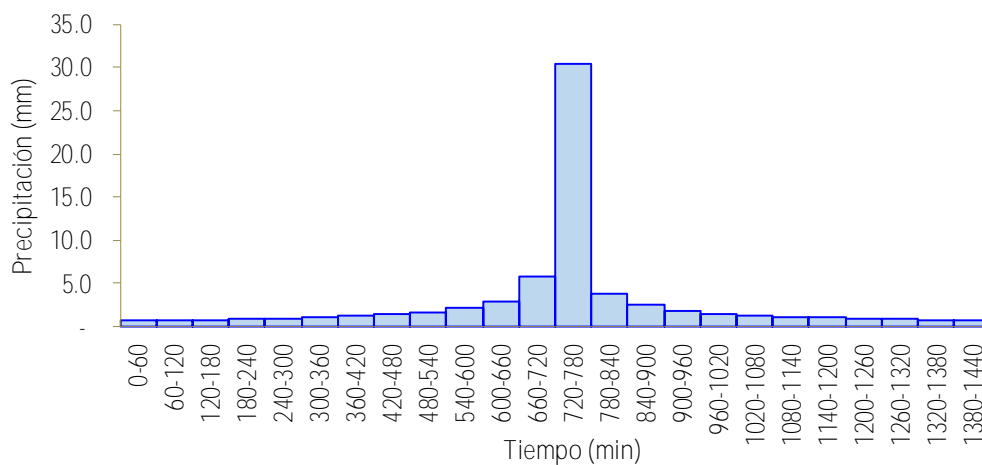
HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO TR=1000 AÑOS

$$\begin{aligned}
 K &= 356.288 & 0.088 \\
 T &= 1000 \\
 m &= 0.0884 \\
 n &= 0.750
 \end{aligned}
 \qquad
 I = \frac{356.288 \cdot T}{0.750 \cdot D}$$

METODO DEL BLOQUE ALTERNO

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACIÓN	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACIÓN
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	30.436	30.436	30.436	0-60	0.713
120	18.097	36.195	5.759	60-120	0.762
180	13.352	40.056	3.861	120-180	0.820
240	10.761	43.043	2.987	180-240	0.889
300	9.103	45.513	2.469	240-300	0.974
360	7.939	47.635	2.122	300-360	1.081
420	7.072	49.507	1.872	360-420	1.219
480	6.398	51.187	1.681	420-480	1.407
540	5.857	52.717	1.530	480-540	1.681
600	5.412	54.124	1.407	540-600	2.122
660	5.039	55.429	1.305	600-660	2.987
720	4.721	56.648	1.219	660-720	5.759
780	4.446	57.793	1.145	720-780	30.436
840	4.205	58.874	1.081	780-840	3.861
900	3.993	59.898	1.024	840-900	2.469
960	3.805	60.872	0.974	900-960	1.872
1020	3.635	61.802	0.930	960-1020	1.530
1080	3.483	62.691	0.889	1020-1080	1.305
1140	3.344	63.545	0.853	1080-1140	1.145
1200	3.218	64.365	0.820	1140-1200	1.024
1260	3.103	65.155	0.790	1200-1260	0.930
1320	2.996	65.917	0.762	1260-1320	0.853
1380	2.898	66.653	0.737	1320-1380	0.790
1440	2.807	67.366	0.713	1380-1440	0.737

HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO TR = 1000 AÑOS



Anexo L

Cálculo de tiempo de concentración

MÉTODO	ECUACIÓN	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Hr)	OBSERVACIÓN
Fórmula de retardo SCS	$t_c = \frac{155.21}{60} \times \frac{L^{0.8} \times \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{1900 \times S^{0.5}}$	0.647	No se considera por estar lejos de los demas valores.
Fórmula de Kirpich	$t_c = 0.06628 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$	0.319	
Fórmula de Hathaway	$t_c = 0.606 \times \frac{(L \times n)^{0.467}}{S^{0.234}}$	0.329	
Fórmula de US Corp of Engineers	$t_c = 0.3 \times \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$	0.477	No se considera por estar lejos de los demas valores.
Fórmula de Rowe	$t_c = \left(\frac{0.86 \times L^3}{H}\right)^{0.385}$	0.339	
Fórmula del Forest Resources Division, FAO	$t_c = \frac{L^{1.15}}{15 \times H^{0.38}}$	0.340	
Fórmula de Bassó	$t_c = 0.067 \times \frac{L^{1.155}}{H^{0.385}}$	0.344	
Fórmula de Ven Te Chow	$t_c = 0.005 \times \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.64}$	0.352	
Fórmula basada en la velocidad de la onda de avenida	$t_c = \frac{L}{V_w}$, $V_w = 72 \times \left(\frac{H}{L}\right)^{0.60}$	0.132	No se considera por estar lejos de los demas valores.
Tiempo de concentración promedio (Hr.)		0.337	

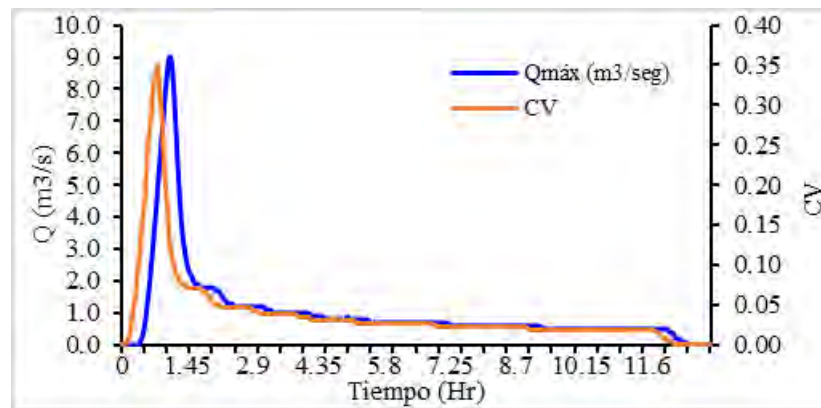
Anexo M

Datos del hidrograma de salida del modelamiento hidrológico y coeficiente de concentración volumétrica considerado para el modelamiento hidráulico

Tr = 50 años								
Tiempo (Hr.)	Qmáx (m3/seg)	CV						
0.00	0.00	0.00	3.25	1.10	0.04	6.50	0.70	0.03
0.05	0.00	0.00	3.30	1.10	0.04	6.55	0.70	0.03
0.10	0.00	0.00	3.35	1.00	0.04	6.60	0.70	0.03
0.15	0.00	0.01	3.40	1.00	0.04	6.65	0.70	0.03
0.20	0.00	0.02	3.45	1.00	0.04	6.70	0.70	0.03
0.25	0.00	0.04	3.50	1.00	0.04	6.75	0.70	0.03
0.30	0.00	0.06	3.55	1.00	0.04	6.80	0.70	0.03
0.35	0.00	0.09	3.60	1.00	0.04	6.85	0.70	0.03
0.40	0.00	0.12	3.65	1.00	0.04	6.90	0.70	0.03
0.45	0.20	0.15	3.70	1.00	0.04	6.95	0.70	0.02
0.50	0.40	0.18	3.75	1.00	0.04	7.00	0.70	0.02
0.55	0.90	0.22	3.80	1.00	0.04	7.05	0.70	0.02
0.60	1.50	0.25	3.85	1.00	0.04	7.10	0.70	0.02
0.65	2.20	0.29	3.90	1.00	0.04	7.15	0.70	0.02
0.70	3.00	0.32	3.95	1.00	0.04	7.20	0.70	0.02
0.75	3.80	0.35	4.00	1.00	0.04	7.25	0.60	0.02
0.80	4.70	0.35	4.05	1.00	0.04	7.30	0.60	0.02
0.85	5.60	0.32	4.10	1.00	0.04	7.35	0.60	0.02
0.90	6.50	0.28	4.15	1.00	0.04	7.40	0.60	0.02
0.95	7.40	0.22	4.20	0.90	0.03	7.45	0.60	0.02
1.00	8.20	0.18	4.25	0.90	0.03	7.50	0.60	0.02
1.05	8.90	0.14	4.30	0.90	0.03	7.55	0.60	0.02
1.10	9.00	0.12	4.35	0.90	0.03	7.60	0.60	0.02
1.15	8.30	0.10	4.40	0.90	0.03	7.65	0.60	0.02
1.20	7.10	0.09	4.45	0.90	0.03	7.70	0.60	0.02
1.25	5.70	0.09	4.50	0.80	0.03	7.75	0.60	0.02
1.30	4.50	0.08	4.55	0.80	0.03	7.80	0.60	0.02
1.35	3.60	0.07	4.60	0.80	0.03	7.85	0.60	0.02
1.40	3.00	0.07	4.65	0.80	0.03	7.90	0.60	0.02
1.45	2.60	0.07	4.70	0.80	0.04	7.95	0.60	0.02
1.50	2.30	0.07	4.75	0.80	0.03	8.00	0.60	0.02
1.55	2.20	0.07	4.80	0.80	0.03	8.05	0.60	0.02
1.60	2.00	0.07	4.85	0.80	0.03	8.10	0.60	0.02
1.65	1.90	0.07	4.90	0.80	0.03	8.15	0.60	0.02
1.70	1.90	0.07	4.95	0.80	0.03	8.20	0.60	0.02
1.75	1.80	0.07	5.00	0.90	0.03	8.25	0.60	0.02
1.80	1.80	0.07	5.05	0.80	0.03	8.30	0.60	0.02
1.85	1.80	0.07	5.10	0.80	0.03	8.35	0.60	0.02
1.90	1.80	0.06	5.15	0.80	0.03	8.40	0.60	0.02
1.95	1.80	0.06	5.20	0.80	0.03	8.45	0.60	0.02
2.00	1.80	0.05	5.25	0.80	0.03	8.50	0.60	0.02
2.05	1.80	0.05	5.30	0.80	0.03	8.55	0.60	0.02
2.10	1.70	0.05	5.35	0.80	0.03	8.60	0.60	0.02
2.15	1.70	0.05	5.40	0.80	0.03	8.65	0.60	0.02
2.20	1.60	0.05	5.45	0.80	0.03	8.70	0.60	0.02
2.25	1.50	0.05	5.50	0.70	0.03	8.75	0.60	0.02
2.30	1.40	0.05	5.55	0.70	0.03	8.80	0.60	0.02
2.35	1.30	0.05	5.60	0.70	0.03	8.85	0.60	0.02
2.40	1.30	0.05	5.65	0.70	0.03	8.90	0.60	0.02
2.45	1.30	0.05	5.70	0.70	0.03	8.95	0.60	0.02
2.50	1.20	0.05	5.75	0.70	0.03	9.00	0.60	0.02
2.55	1.20	0.05	5.80	0.70	0.03	9.05	0.60	0.02
2.60	1.20	0.05	5.85	0.70	0.03	9.10	0.60	0.02
2.65	1.20	0.05	5.90	0.70	0.03	9.15	0.60	0.02
2.70	1.20	0.05	5.95	0.70	0.03	9.20	0.60	0.02
2.75	1.20	0.05	6.00	0.70	0.03	9.25	0.60	0.02
2.80	1.20	0.05	6.05	0.70	0.03	9.30	0.50	0.02
2.85	1.20	0.05	6.10	0.70	0.03	9.35	0.50	0.02
2.90	1.20	0.04	6.15	0.70	0.03	9.40	0.50	0.02
2.95	1.20	0.04	6.20	0.70	0.03	9.45	0.50	0.02
3.00	1.20	0.04	6.25	0.70	0.03	9.50	0.50	0.02
3.05	1.20	0.04	6.30	0.70	0.03	9.55	0.50	0.02
3.10	1.20	0.04	6.35	0.70	0.03	9.60	0.50	0.02
3.15	1.20	0.04	6.40	0.70	0.03	9.65	0.50	0.02
3.20	1.10	0.04	6.45	0.70	0.03	9.70	0.50	0.02

Continuación ...

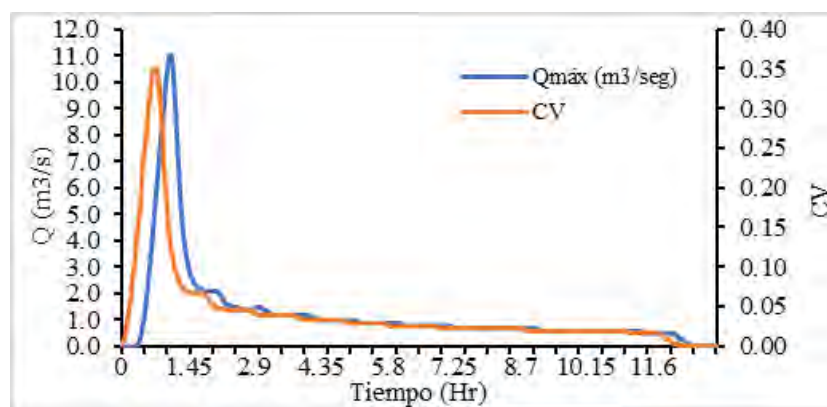
9.75	0.50	0.02	11.40	0.50	0.02
9.80	0.50	0.02	11.45	0.50	0.02
9.85	0.50	0.02	11.50	0.50	0.02
9.90	0.50	0.02	11.55	0.50	0.02
9.95	0.50	0.02	11.60	0.50	0.02
10.00	0.50	0.02	11.65	0.50	0.02
10.05	0.50	0.02	11.70	0.50	0.02
10.10	0.50	0.02	11.75	0.50	0.02
10.15	0.50	0.02	11.80	0.50	0.02
10.20	0.50	0.02	11.85	0.50	0.02
10.25	0.50	0.02	11.90	0.50	0.01
10.30	0.50	0.02	11.95	0.50	0.01
10.35	0.50	0.02	12.00	0.50	0.01
10.40	0.50	0.02	12.05	0.50	0.00
10.45	0.50	0.02	12.10	0.40	0.00
10.50	0.50	0.02	12.15	0.40	0.00
10.55	0.50	0.02	12.20	0.30	0.00
10.60	0.50	0.02	12.25	0.20	0.00
10.65	0.50	0.02	12.30	0.20	0.00
10.70	0.50	0.02	12.35	0.10	0.00
10.75	0.50	0.02	12.40	0.10	0.00
10.80	0.50	0.02	12.45	0.10	0.00
10.85	0.50	0.02	12.50	0.00	0.00
10.90	0.50	0.02	12.55	0.00	0.00
10.95	0.50	0.02	12.60	0.00	0.00
11.00	0.50	0.02	12.65	0.00	0.00
11.05	0.50	0.02	12.70	0.00	0.00
11.10	0.50	0.02	12.75	0.00	0.00
11.15	0.50	0.02	12.80	0.00	0.00
11.20	0.50	0.02	12.85	0.00	0.00
11.25	0.50	0.02	12.90	0.00	0.00
11.30	0.50	0.02	12.95	0.00	0.00
11.35	0.50	0.02	13.00	0.00	0.00



Tr = 100 años								
Tiempo (Hr.)	Qmáx (m3/seg)	CV						
0.00	0.00	0.00	3.25	1.30	0.04	6.50	0.80	0.03
0.05	0.00	0.01	3.30	1.20	0.04	6.55	0.80	0.03
0.10	0.00	0.02	3.35	1.20	0.04	6.60	0.80	0.03
0.15	0.00	0.04	3.40	1.20	0.04	6.65	0.80	0.03
0.20	0.00	0.06	3.45	1.20	0.04	6.70	0.80	0.03
0.25	0.00	0.08	3.50	1.20	0.04	6.75	0.80	0.03
0.30	0.00	0.11	3.55	1.20	0.04	6.80	0.80	0.03
0.35	0.10	0.14	3.60	1.20	0.04	6.85	0.80	0.03
0.40	0.20	0.18	3.65	1.20	0.04	6.90	0.80	0.03
0.45	0.60	0.21	3.70	1.20	0.04	6.95	0.80	0.02
0.50	1.10	0.24	3.75	1.20	0.04	7.00	0.80	0.02
0.55	1.80	0.27	3.80	1.20	0.04	7.05	0.80	0.02
0.60	2.60	0.30	3.85	1.20	0.04	7.10	0.80	0.02
0.65	3.50	0.33	3.90	1.20	0.04	7.15	0.80	0.02
0.70	4.50	0.35	3.95	1.20	0.04	7.20	0.80	0.02
0.75	5.50	0.35	4.00	1.20	0.03	7.25	0.70	0.02
0.80	6.50	0.35	4.05	1.20	0.03	7.30	0.70	0.02
0.85	7.50	0.32	4.10	1.20	0.03	7.35	0.70	0.02
0.90	8.40	0.27	4.15	1.10	0.03	7.40	0.70	0.02
0.95	9.40	0.22	4.20	1.10	0.03	7.45	0.70	0.02
1.00	10.30	0.18	4.25	1.10	0.03	7.50	0.70	0.02
1.05	11.00	0.14	4.30	1.00	0.03	7.55	0.70	0.02
1.10	11.00	0.12	4.35	1.00	0.03	7.60	0.70	0.02
1.15	10.10	0.10	4.40	1.00	0.03	7.65	0.70	0.02
1.20	8.60	0.09	4.45	1.00	0.03	7.70	0.70	0.02
1.25	7.00	0.08	4.50	1.00	0.03	7.75	0.70	0.02
1.30	5.50	0.08	4.55	1.00	0.03	7.80	0.70	0.02
1.35	4.40	0.07	4.60	1.00	0.03	7.85	0.70	0.02
1.40	3.70	0.07	4.65	1.00	0.03	7.90	0.70	0.02
1.45	3.20	0.07	4.70	1.00	0.03	7.95	0.70	0.02
1.50	2.80	0.07	4.75	1.00	0.03	8.00	0.70	0.02
1.55	2.60	0.07	4.80	1.00	0.03	8.05	0.70	0.02
1.60	2.40	0.07	4.85	1.00	0.03	8.10	0.70	0.02
1.65	2.30	0.07	4.90	1.00	0.03	8.15	0.70	0.02
1.70	2.20	0.07	4.95	1.00	0.03	8.20	0.70	0.02
1.75	2.20	0.07	5.00	1.00	0.03	8.25	0.70	0.02
1.80	2.10	0.07	5.05	1.00	0.03	8.30	0.70	0.02
1.85	2.10	0.06	5.10	1.00	0.03	8.35	0.70	0.02
1.90	2.10	0.06	5.15	1.00	0.03	8.40	0.70	0.02
1.95	2.10	0.05	5.20	0.90	0.03	8.45	0.70	0.02
2.00	2.10	0.05	5.25	0.90	0.03	8.50	0.70	0.02
2.05	2.10	0.05	5.30	0.90	0.03	8.55	0.70	0.02
2.10	2.10	0.05	5.35	0.90	0.03	8.60	0.70	0.02
2.15	2.00	0.05	5.40	0.90	0.03	8.65	0.70	0.02
2.20	1.90	0.05	5.45	0.90	0.03	8.70	0.70	0.02
2.25	1.70	0.05	5.50	0.90	0.03	8.75	0.70	0.02
2.30	1.60	0.04	5.55	0.90	0.03	8.80	0.70	0.02
2.35	1.60	0.04	5.60	0.90	0.03	8.85	0.70	0.02
2.40	1.50	0.04	5.65	0.90	0.03	8.90	0.70	0.02
2.45	1.50	0.04	5.70	0.90	0.03	8.95	0.70	0.02
2.50	1.50	0.04	5.75	0.90	0.03	9.00	0.70	0.02
2.55	1.50	0.04	5.80	0.90	0.03	9.05	0.70	0.02
2.60	1.40	0.04	5.85	0.90	0.03	9.10	0.70	0.02
2.65	1.40	0.05	5.90	0.90	0.03	9.15	0.60	0.02
2.70	1.40	0.05	5.95	0.90	0.03	9.20	0.60	0.02
2.75	1.40	0.05	6.00	0.90	0.03	9.25	0.60	0.02
2.80	1.40	0.04	6.05	0.90	0.03	9.30	0.60	0.02
2.85	1.40	0.04	6.10	0.90	0.03	9.35	0.60	0.02
2.90	1.40	0.04	6.15	0.80	0.03	9.40	0.60	0.02
2.95	1.50	0.04	6.20	0.80	0.03	9.45	0.60	0.02
3.00	1.50	0.04	6.25	0.80	0.03	9.50	0.60	0.02
3.05	1.50	0.04	6.30	0.80	0.03	9.55	0.60	0.02
3.10	1.40	0.04	6.35	0.80	0.03	9.60	0.60	0.02
3.15	1.40	0.04	6.40	0.80	0.03	9.65	0.60	0.02
3.20	1.30	0.04	6.45	0.80	0.03	9.70	0.60	0.02

Continuación ...

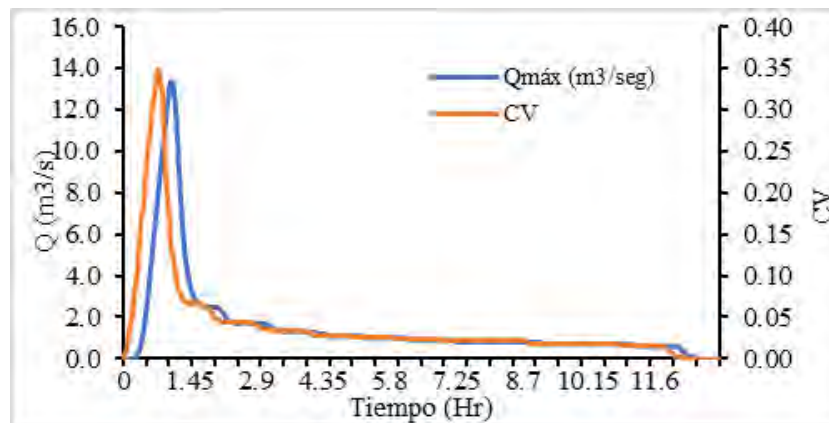
9.75	0.60	0.02	11.40	0.50	0.02
9.80	0.60	0.02	11.45	0.50	0.02
9.85	0.60	0.02	11.50	0.50	0.02
9.90	0.60	0.02	11.55	0.50	0.02
9.95	0.60	0.02	11.60	0.50	0.02
10.00	0.60	0.02	11.65	0.50	0.02
10.05	0.60	0.02	11.70	0.50	0.02
10.10	0.60	0.02	11.75	0.50	0.02
10.15	0.60	0.02	11.80	0.50	0.02
10.20	0.60	0.02	11.85	0.50	0.01
10.25	0.60	0.02	11.90	0.50	0.01
10.30	0.60	0.02	11.95	0.50	0.01
10.35	0.60	0.02	12.00	0.50	0.01
10.40	0.60	0.02	12.05	0.50	0.00
10.45	0.60	0.02	12.10	0.50	0.00
10.50	0.60	0.02	12.15	0.40	0.00
10.55	0.60	0.02	12.20	0.30	0.00
10.60	0.60	0.02	12.25	0.30	0.00
10.65	0.60	0.02	12.30	0.20	0.00
10.70	0.60	0.02	12.35	0.10	0.00
10.75	0.60	0.02	12.40	0.10	0.00
10.80	0.60	0.02	12.45	0.10	0.00
10.85	0.60	0.02	12.50	0.00	0.00
10.90	0.60	0.02	12.55	0.00	0.00
10.95	0.60	0.02	12.60	0.00	0.00
11.00	0.60	0.02	12.65	0.00	0.00
11.05	0.60	0.02	12.70	0.00	0.00
11.10	0.60	0.02	12.75	0.00	0.00
11.15	0.60	0.02	12.80	0.00	0.00
11.20	0.60	0.02	12.85	0.00	0.00
11.25	0.60	0.02	12.90	0.00	0.00
11.30	0.60	0.02	12.95	0.00	0.00
11.35	0.60	0.02	13.00	0.00	0.00



Tr = 200 años									
Tiempo (Hr.)	Qmáx (m3/seg)	CV							
0.00	0.00	0.00	3.25	1.50	0.03	6.50	0.90	0.02	
0.05	0.00	0.01	3.30	1.40	0.03	6.55	0.90	0.02	
0.10	0.00	0.02	3.35	1.40	0.03	6.60	0.90	0.02	
0.15	0.00	0.03	3.40	1.40	0.03	6.65	0.90	0.02	
0.20	0.00	0.05	3.45	1.40	0.03	6.70	0.90	0.02	
0.25	0.00	0.08	3.50	1.30	0.03	6.75	0.90	0.02	
0.30	0.10	0.11	3.55	1.30	0.03	6.80	0.90	0.02	
0.35	0.30	0.14	3.60	1.30	0.03	6.85	0.90	0.02	
0.40	0.70	0.16	3.65	1.30	0.03	6.90	0.90	0.02	
0.45	1.30	0.19	3.70	1.30	0.03	6.95	0.90	0.02	
0.50	2.10	0.22	3.75	1.30	0.03	7.00	0.90	0.02	
0.55	3.00	0.25	3.80	1.30	0.03	7.05	0.90	0.02	
0.60	4.10	0.28	3.85	1.30	0.03	7.10	0.90	0.02	
0.65	5.20	0.31	3.90	1.30	0.03	7.15	0.90	0.02	
0.70	6.30	0.33	3.95	1.30	0.03	7.20	0.90	0.02	
0.75	7.40	0.35	4.00	1.30	0.03	7.25	0.80	0.02	
0.80	8.50	0.35	4.05	1.30	0.03	7.30	0.80	0.02	
0.85	9.60	0.32	4.10	1.30	0.03	7.35	0.80	0.02	
0.90	10.60	0.27	4.15	1.30	0.03	7.40	0.80	0.02	
0.95	11.70	0.22	4.20	1.30	0.03	7.45	0.80	0.02	
1.00	12.70	0.17	4.25	1.20	0.03	7.50	0.80	0.02	
1.05	13.40	0.14	4.30	1.20	0.03	7.55	0.80	0.02	
1.10	13.30	0.11	4.35	1.20	0.03	7.60	0.80	0.02	
1.15	12.20	0.10	4.40	1.20	0.03	7.65	0.80	0.02	
1.20	10.40	0.09	4.45	1.10	0.03	7.70	0.80	0.02	
1.25	8.40	0.08	4.50	1.10	0.03	7.75	0.80	0.02	
1.30	6.60	0.07	4.55	1.10	0.03	7.80	0.80	0.02	
1.35	5.20	0.07	4.60	1.10	0.03	7.85	0.80	0.02	
1.40	4.40	0.07	4.65	1.10	0.03	7.90	0.80	0.02	
1.45	3.80	0.07	4.70	1.10	0.03	7.95	0.80	0.02	
1.50	3.30	0.07	4.75	1.10	0.03	8.00	0.80	0.02	
1.55	3.00	0.07	4.80	1.10	0.03	8.05	0.80	0.02	
1.60	2.80	0.07	4.85	1.10	0.03	8.10	0.80	0.02	
1.65	2.70	0.07	4.90	1.10	0.03	8.15	0.80	0.02	
1.70	2.60	0.07	4.95	1.10	0.03	8.20	0.80	0.02	
1.75	2.50	0.07	5.00	1.10	0.03	8.25	0.80	0.02	
1.80	2.50	0.06	5.05	1.10	0.03	8.30	0.80	0.02	
1.85	2.50	0.06	5.10	1.10	0.03	8.35	0.80	0.02	
1.90	2.50	0.06	5.15	1.10	0.03	8.40	0.80	0.02	
1.95	2.50	0.05	5.20	1.10	0.03	8.45	0.80	0.02	
2.00	2.50	0.05	5.25	1.10	0.03	8.50	0.80	0.02	
2.05	2.50	0.05	5.30	1.00	0.03	8.55	0.80	0.02	
2.10	2.40	0.05	5.35	1.00	0.03	8.60	0.80	0.02	
2.15	2.30	0.04	5.40	1.00	0.03	8.65	0.80	0.02	
2.20	2.20	0.04	5.45	1.00	0.03	8.70	0.80	0.02	
2.25	2.00	0.04	5.50	1.00	0.03	8.75	0.80	0.02	
2.30	1.90	0.04	5.55	1.00	0.03	8.80	0.80	0.02	
2.35	1.80	0.04	5.60	1.00	0.03	8.85	0.80	0.02	
2.40	1.80	0.04	5.65	1.00	0.03	8.90	0.80	0.02	
2.45	1.70	0.04	5.70	1.00	0.03	8.95	0.80	0.02	
2.50	1.70	0.04	5.75	1.00	0.03	9.00	0.80	0.02	
2.55	1.70	0.04	5.80	1.00	0.03	9.05	0.80	0.02	
2.60	1.70	0.04	5.85	1.00	0.03	9.10	0.80	0.02	
2.65	1.70	0.04	5.90	1.00	0.03	9.15	0.70	0.02	
2.70	1.70	0.04	5.95	1.00	0.02	9.20	0.70	0.02	
2.75	1.70	0.04	6.00	1.00	0.02	9.25	0.70	0.02	
2.80	1.70	0.04	6.05	1.00	0.02	9.30	0.70	0.02	
2.85	1.70	0.04	6.10	1.00	0.02	9.35	0.70	0.02	
2.90	1.70	0.04	6.15	1.00	0.02	9.40	0.70	0.02	
2.95	1.70	0.04	6.20	1.00	0.02	9.45	0.70	0.02	
3.00	1.70	0.04	6.25	0.90	0.02	9.50	0.70	0.02	
3.05	1.70	0.04	6.30	0.90	0.02	9.55	0.70	0.02	
3.10	1.70	0.04	6.35	0.90	0.02	9.60	0.70	0.02	
3.15	1.60	0.04	6.40	0.90	0.02	9.65	0.70	0.02	
3.20	1.60	0.03	6.45	0.90	0.02	9.70	0.70	0.02	

Continuación ...

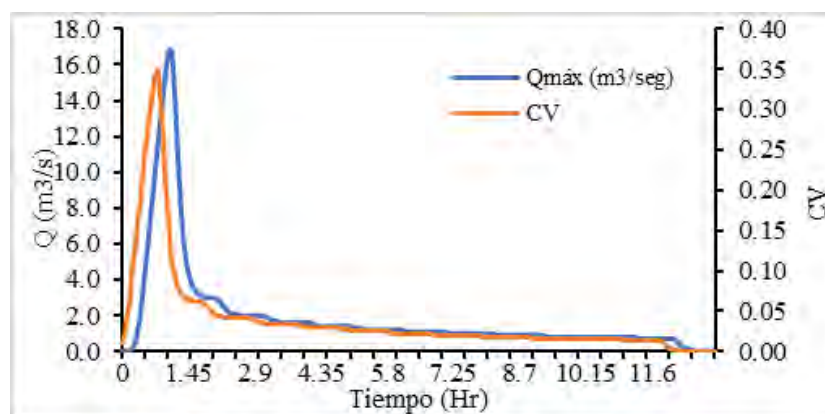
9.75	0.70	0.02	11.40	0.60	0.02
9.80	0.70	0.02	11.45	0.60	0.02
9.85	0.70	0.02	11.50	0.60	0.02
9.90	0.70	0.02	11.55	0.60	0.02
9.95	0.70	0.02	11.60	0.60	0.02
10.00	0.70	0.02	11.65	0.60	0.02
10.05	0.70	0.02	11.70	0.60	0.02
10.10	0.70	0.02	11.75	0.60	0.02
10.15	0.70	0.02	11.80	0.60	0.02
10.20	0.70	0.02	11.85	0.60	0.01
10.25	0.70	0.02	11.90	0.60	0.01
10.30	0.70	0.02	11.95	0.60	0.01
10.35	0.70	0.02	12.00	0.60	0.01
10.40	0.70	0.02	12.05	0.60	0.00
10.45	0.70	0.02	12.10	0.60	0.00
10.50	0.70	0.02	12.15	0.50	0.00
10.55	0.70	0.02	12.20	0.40	0.00
10.60	0.70	0.02	12.25	0.30	0.00
10.65	0.70	0.02	12.30	0.20	0.00
10.70	0.70	0.02	12.35	0.10	0.00
10.75	0.70	0.02	12.40	0.10	0.00
10.80	0.70	0.02	12.45	0.10	0.00
10.85	0.70	0.02	12.50	0.00	0.00
10.90	0.70	0.02	12.55	0.00	0.00
10.95	0.70	0.02	12.60	0.00	0.00
11.00	0.70	0.02	12.65	0.00	0.00
11.05	0.70	0.02	12.70	0.00	0.00
11.10	0.70	0.02	12.75	0.00	0.00
11.15	0.70	0.02	12.80	0.00	0.00
11.20	0.60	0.02	12.85	0.00	0.00
11.25	0.60	0.02	12.90	0.00	0.00
11.30	0.60	0.02	12.95	0.00	0.00
11.35	0.60	0.02	13.00	0.00	0.00



Tr = 500 años								
Tiempo (Hr.)	Qmáx (m3/seg)	CV						
0.00	0.00	0.01	3.25	1.80	0.03	6.50	1.10	0.02
0.05	0.00	0.02	3.30	1.70	0.03	6.55	1.10	0.02
0.10	0.00	0.04	3.35	1.70	0.03	6.60	1.10	0.02
0.15	0.00	0.06	3.40	1.70	0.03	6.65	1.10	0.02
0.20	0.00	0.08	3.45	1.60	0.03	6.70	1.10	0.02
0.25	0.20	0.11	3.50	1.60	0.03	6.75	1.10	0.02
0.30	0.50	0.13	3.55	1.60	0.03	6.80	1.10	0.02
0.35	1.00	0.16	3.60	1.60	0.03	6.85	1.10	0.02
0.40	1.80	0.19	3.65	1.60	0.03	6.90	1.10	0.02
0.45	2.80	0.21	3.70	1.60	0.03	6.95	1.10	0.02
0.50	4.00	0.24	3.75	1.60	0.03	7.00	1.10	0.02
0.55	5.20	0.27	3.80	1.60	0.03	7.05	1.10	0.02
0.60	6.50	0.29	3.85	1.60	0.03	7.10	1.10	0.02
0.65	7.80	0.31	3.90	1.60	0.03	7.15	1.00	0.02
0.70	9.00	0.34	3.95	1.60	0.03	7.20	1.00	0.02
0.75	10.30	0.35	4.00	1.60	0.03	7.25	1.00	0.02
0.80	11.50	0.35	4.05	1.60	0.03	7.30	1.00	0.02
0.85	12.80	0.32	4.10	1.60	0.03	7.35	1.00	0.02
0.90	13.90	0.27	4.15	1.60	0.03	7.40	1.00	0.02
0.95	15.10	0.22	4.20	1.50	0.03	7.45	1.00	0.02
1.00	16.20	0.17	4.25	1.50	0.03	7.50	1.00	0.02
1.05	16.90	0.13	4.30	1.40	0.03	7.55	1.00	0.02
1.10	16.80	0.11	4.35	1.40	0.03	7.60	1.00	0.02
1.15	15.30	0.10	4.40	1.40	0.03	7.65	1.00	0.02
1.20	12.90	0.08	4.45	1.40	0.03	7.70	1.00	0.02
1.25	10.40	0.08	4.50	1.40	0.03	7.75	1.00	0.02
1.30	8.20	0.07	4.55	1.40	0.03	7.80	1.00	0.02
1.35	6.50	0.07	4.60	1.40	0.03	7.85	1.00	0.02
1.40	5.40	0.07	4.65	1.40	0.03	7.90	1.00	0.02
1.45	4.60	0.06	4.70	1.40	0.03	7.95	1.00	0.02
1.50	4.10	0.06	4.75	1.40	0.03	8.00	1.00	0.02
1.55	3.70	0.06	4.80	1.40	0.03	8.05	1.00	0.02
1.60	3.50	0.06	4.85	1.40	0.03	8.10	1.00	0.02
1.65	3.30	0.06	4.90	1.40	0.03	8.15	1.00	0.02
1.70	3.20	0.06	4.95	1.40	0.03	8.20	0.90	0.02
1.75	3.10	0.06	5.00	1.40	0.02	8.25	0.90	0.02
1.80	3.10	0.06	5.05	1.40	0.02	8.30	0.90	0.02
1.85	3.00	0.06	5.10	1.30	0.02	8.35	0.90	0.02
1.90	3.00	0.05	5.15	1.30	0.02	8.40	0.90	0.02
1.95	3.00	0.05	5.20	1.30	0.02	8.45	0.90	0.02
2.00	3.00	0.05	5.25	1.30	0.02	8.50	0.90	0.02
2.05	3.00	0.05	5.30	1.20	0.02	8.55	0.90	0.02
2.10	2.90	0.04	5.35	1.20	0.02	8.60	0.90	0.02
2.15	2.80	0.04	5.40	1.20	0.02	8.65	0.90	0.02
2.20	2.60	0.04	5.45	1.20	0.02	8.70	0.90	0.02
2.25	2.50	0.04	5.50	1.20	0.02	8.75	0.90	0.02
2.30	2.30	0.04	5.55	1.20	0.02	8.80	0.90	0.02
2.35	2.20	0.04	5.60	1.20	0.02	8.85	0.90	0.02
2.40	2.10	0.04	5.65	1.20	0.02	8.90	0.90	0.02
2.45	2.10	0.04	5.70	1.20	0.02	8.95	0.90	0.02
2.50	2.10	0.04	5.75	1.20	0.02	9.00	0.90	0.02
2.55	2.00	0.04	5.80	1.20	0.02	9.05	0.90	0.02
2.60	2.00	0.04	5.85	1.20	0.02	9.10	0.90	0.02
2.65	2.00	0.04	5.90	1.20	0.02	9.15	0.90	0.02
2.70	2.00	0.04	5.95	1.20	0.02	9.20	0.90	0.02
2.75	2.00	0.04	6.00	1.20	0.02	9.25	0.90	0.02
2.80	2.00	0.04	6.05	1.20	0.02	9.30	0.80	0.02
2.85	2.00	0.04	6.10	1.20	0.02	9.35	0.80	0.02
2.90	2.00	0.04	6.15	1.20	0.02	9.40	0.80	0.02
2.95	2.00	0.04	6.20	1.10	0.02	9.45	0.80	0.02
3.00	2.00	0.04	6.25	1.10	0.02	9.50	0.80	0.02
3.05	2.00	0.04	6.30	1.10	0.02	9.55	0.80	0.02
3.10	2.00	0.04	6.35	1.10	0.02	9.60	0.80	0.02
3.15	1.90	0.03	6.40	1.10	0.02	9.65	0.80	0.02
3.20	1.90	0.03	6.45	1.10	0.02	9.70	0.80	0.02

Continuación ...

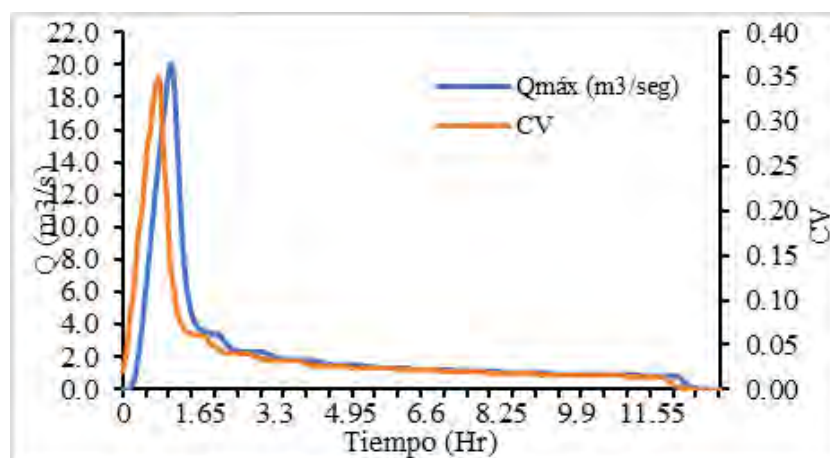
9.75	0.80	0.02	11.40	0.70	0.01
9.80	0.80	0.02	11.45	0.70	0.01
9.85	0.80	0.02	11.50	0.70	0.01
9.90	0.80	0.02	11.55	0.70	0.01
9.95	0.80	0.02	11.60	0.70	0.01
10.00	0.80	0.02	11.65	0.70	0.01
10.05	0.80	0.02	11.70	0.70	0.01
10.10	0.80	0.02	11.75	0.70	0.01
10.15	0.80	0.02	11.80	0.70	0.01
10.20	0.80	0.02	11.85	0.70	0.01
10.25	0.80	0.02	11.90	0.70	0.01
10.30	0.80	0.02	11.95	0.70	0.01
10.35	0.80	0.02	12.00	0.70	0.00
10.40	0.80	0.02	12.05	0.70	0.00
10.45	0.80	0.02	12.10	0.70	0.00
10.50	0.80	0.02	12.15	0.60	0.00
10.55	0.80	0.02	12.20	0.50	0.00
10.60	0.80	0.02	12.25	0.30	0.00
10.65	0.80	0.02	12.30	0.20	0.00
10.70	0.80	0.02	12.35	0.20	0.00
10.75	0.80	0.02	12.40	0.10	0.00
10.80	0.80	0.02	12.45	0.10	0.00
10.85	0.80	0.02	12.50	0.10	0.00
10.90	0.80	0.02	12.55	0.00	0.00
10.95	0.80	0.02	12.60	0.00	0.00
11.00	0.80	0.01	12.65	0.00	0.00
11.05	0.80	0.01	12.70	0.00	0.00
11.10	0.80	0.01	12.75	0.00	0.00
11.15	0.80	0.01	12.80	0.00	0.00
11.20	0.80	0.01	12.85	0.00	0.00
11.25	0.80	0.01	12.90	0.00	0.00
11.30	0.70	0.01	12.95	0.00	0.00
11.35	0.70	0.01	13.00	0.00	0.00



Tr = 1000 años								
Tiempo (Hr.)	Qmáx (m3/seg)	CV						
0.00	0.00	0.02	3.25	2.10	0.03	6.50	1.20	0.02
0.05	0.00	0.04	3.30	2.00	0.03	6.55	1.20	0.02
0.10	0.00	0.05	3.35	1.90	0.03	6.60	1.20	0.02
0.15	0.00	0.08	3.40	1.90	0.03	6.65	1.20	0.02
0.20	0.20	0.10	3.45	1.90	0.03	6.70	1.20	0.02
0.25	0.50	0.13	3.50	1.80	0.03	6.75	1.20	0.02
0.30	1.10	0.15	3.55	1.80	0.03	6.80	1.20	0.02
0.35	2.00	0.18	3.60	1.80	0.03	6.85	1.20	0.02
0.40	3.10	0.20	3.65	1.80	0.03	6.90	1.20	0.02
0.45	4.40	0.23	3.70	1.80	0.03	6.95	1.20	0.02
0.50	5.80	0.25	3.75	1.80	0.03	7.00	1.20	0.02
0.55	7.20	0.27	3.80	1.80	0.03	7.05	1.20	0.02
0.60	8.60	0.29	3.85	1.80	0.03	7.10	1.20	0.02
0.65	10.10	0.32	3.90	1.80	0.03	7.15	1.20	0.02
0.70	11.50	0.34	3.95	1.80	0.03	7.20	1.20	0.02
0.75	12.90	0.35	4.00	1.80	0.03	7.25	1.10	0.02
0.80	14.20	0.34	4.05	1.80	0.03	7.30	1.10	0.02
0.85	15.50	0.31	4.10	1.80	0.03	7.35	1.10	0.02
0.90	16.80	0.26	4.15	1.80	0.03	7.40	1.10	0.02
0.95	18.00	0.21	4.20	1.70	0.03	7.45	1.10	0.02
1.00	19.20	0.17	4.25	1.70	0.03	7.50	1.10	0.02
1.05	20.00	0.13	4.30	1.60	0.03	7.55	1.10	0.02
1.10	19.70	0.11	4.35	1.60	0.03	7.60	1.10	0.02
1.15	17.90	0.09	4.40	1.60	0.03	7.65	1.10	0.02
1.20	15.10	0.08	4.45	1.60	0.03	7.70	1.10	0.02
1.25	12.20	0.08	4.50	1.50	0.03	7.75	1.10	0.02
1.30	9.50	0.07	4.55	1.50	0.03	7.80	1.10	0.02
1.35	7.60	0.07	4.60	1.50	0.03	7.85	1.10	0.02
1.40	6.30	0.06	4.65	1.50	0.03	7.90	1.10	0.02
1.45	5.40	0.06	4.70	1.50	0.03	7.95	1.10	0.02
1.50	4.70	0.06	4.75	1.50	0.03	8.00	1.10	0.02
1.55	4.30	0.06	4.80	1.50	0.03	8.05	1.10	0.02
1.60	4.00	0.06	4.85	1.50	0.03	8.10	1.10	0.02
1.65	3.80	0.06	4.90	1.50	0.03	8.15	1.10	0.02
1.70	3.70	0.06	4.95	1.50	0.02	8.20	1.10	0.02
1.75	3.60	0.06	5.00	1.50	0.02	8.25	1.00	0.02
1.80	3.50	0.06	5.05	1.50	0.02	8.30	1.00	0.02
1.85	3.50	0.06	5.10	1.50	0.02	8.35	1.00	0.02
1.90	3.50	0.05	5.15	1.50	0.02	8.40	1.00	0.02
1.95	3.40	0.05	5.20	1.50	0.02	8.45	1.00	0.02
2.00	3.40	0.05	5.25	1.40	0.02	8.50	1.00	0.02
2.05	3.40	0.04	5.30	1.40	0.02	8.55	1.00	0.02
2.10	3.40	0.04	5.35	1.40	0.02	8.60	1.00	0.02
2.15	3.20	0.04	5.40	1.40	0.02	8.65	1.00	0.02
2.20	3.00	0.04	5.45	1.40	0.02	8.70	1.00	0.02
2.25	2.80	0.04	5.50	1.40	0.02	8.75	1.00	0.02
2.30	2.70	0.04	5.55	1.30	0.02	8.80	1.00	0.02
2.35	2.50	0.04	5.60	1.30	0.02	8.85	1.00	0.02
2.40	2.50	0.04	5.65	1.30	0.02	8.90	1.00	0.02
2.45	2.40	0.04	5.70	1.30	0.02	8.95	1.00	0.02
2.50	2.40	0.04	5.75	1.30	0.02	9.00	1.00	0.02
2.55	2.30	0.04	5.80	1.30	0.02	9.05	1.00	0.02
2.60	2.30	0.04	5.85	1.30	0.02	9.10	1.00	0.02
2.65	2.30	0.04	5.90	1.30	0.02	9.15	1.00	0.02
2.70	2.30	0.04	5.95	1.30	0.02	9.20	1.00	0.02
2.75	2.30	0.04	6.00	1.30	0.02	9.25	1.00	0.02
2.80	2.30	0.04	6.05	1.30	0.02	9.30	1.00	0.02
2.85	2.30	0.04	6.10	1.30	0.02	9.35	1.00	0.02
2.90	2.30	0.04	6.15	1.30	0.02	9.40	0.90	0.02
2.95	2.30	0.04	6.20	1.30	0.02	9.45	0.90	0.02
3.00	2.30	0.04	6.25	1.30	0.02	9.50	0.90	0.02
3.05	2.30	0.03	6.30	1.20	0.02	9.55	0.90	0.02
3.10	2.30	0.03	6.35	1.20	0.02	9.60	0.90	0.02
3.15	2.20	0.03	6.40	1.20	0.02	9.65	0.90	0.02
3.20	2.10	0.03	6.45	1.20	0.02	9.70	0.90	0.02

Continuación ...

9.75	0.90	0.02	11.40	0.80	0.01
9.80	0.90	0.02	11.45	0.80	0.01
9.85	0.90	0.02	11.50	0.80	0.01
9.90	0.90	0.02	11.55	0.80	0.01
9.95	0.90	0.02	11.60	0.80	0.01
10.00	0.90	0.02	11.65	0.80	0.01
10.05	0.90	0.02	11.70	0.80	0.01
10.10	0.90	0.02	11.75	0.80	0.01
10.15	0.90	0.02	11.80	0.80	0.01
10.20	0.90	0.02	11.85	0.80	0.01
10.25	0.90	0.02	11.90	0.80	0.01
10.30	0.90	0.02	11.95	0.80	0.01
10.35	0.90	0.02	12.00	0.80	0.01
10.40	0.90	0.02	12.05	0.80	0.00
10.45	0.90	0.02	12.10	0.80	0.00
10.50	0.90	0.02	12.15	0.70	0.00
10.55	0.90	0.02	12.20	0.50	0.00
10.60	0.90	0.02	12.25	0.40	0.00
10.65	0.90	0.02	12.30	0.30	0.00
10.70	0.90	0.02	12.35	0.20	0.00
10.75	0.90	0.02	12.40	0.10	0.00
10.80	0.90	0.02	12.45	0.10	0.00
10.85	0.90	0.02	12.50	0.10	0.00
10.90	0.90	0.02	12.55	0.00	0.00
10.95	0.90	0.02	12.60	0.00	0.00
11.00	0.90	0.01	12.65	0.00	0.00
11.05	0.90	0.01	12.70	0.00	0.00
11.10	0.90	0.01	12.75	0.00	0.00
11.15	0.90	0.01	12.80	0.00	0.00
11.20	0.90	0.01	12.85	0.00	0.00
11.25	0.90	0.01	12.90	0.00	0.00
11.30	0.80	0.01	12.95	0.00	0.00
11.35	0.80	0.01	13.00	0.00	0.00



Anexo N

Cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning del cauce de la subcuena

Milagros - ecuación Strickler

Muestra	% Grava	% Arena	% Finos	D16 (mm)	D50 (mm)	D84 (mm)	Clasificación SUCS	Descripción
M01-D	54.72	42.74	2.54	0.72	6.71	36.51	GP	Grava mal graduada con arena
M01-C	69.37	27.82	2.81	1.28	18.31	68.84	GP	Grava mal graduada con arena
M01-I	61.49	31.84	6.67	0.50	14.45	64.16	GP-GM	Grava mal graduada con limo y arena
M02-D	69.58	27.76	2.65	0.79	28.86	54.94	GP	Grava mal graduada con arena
M02-C	59.28	39.13	1.60	0.64	7.72	27.41	GP	Grava mal graduada con arena
M02-I	71.27	25.88	2.85	0.88	25.68	45.64	GP	Grava mal graduada con arena
M03-D	50.25	47.38	2.36	0.56	4.96	40.24	GP	Grava mal graduada con arena
M03-C	67.65	29.95	2.39	1.25	15.07	76.20	GP	Grava mal graduada con arena
M03-I	65.62	30.38	4.00	0.63	13.64	36.96	GP	Grava mal graduada con arena
M04-D	64.97	32.36	2.67	0.59	18.76	46.85	GP	Grava mal graduada con arena
M04-C	43.73	53.84	2.42	0.53	3.05	36.53	SP	Areana mal graduada con grava
M04-I	27.18	70.49	2.33	0.46	1.62	9.42	SP	Areana mal graduada con grava
Prom. Aguas Arriba	63.25	33.65	3.10	0.81	15.04	50.10	GP	Grava mal graduada con arena
Prom. Aguas Abajo	45.29	52.23	2.47	0.53	7.81	30.93	SP	Areana mal graduada con grava
Coefficiente de rugosidad de Manning - Strickler								
Tramo Aguas arriba del Puente			0.035					
Tramo Aguas arriba del Puente			0.030					

Nota. Datos tomados del análisis granulométrico, 2022.

Anexo O

Resultados del análisis granulométrico



3R GEOINGENIERÍA S.A.C.
LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
 Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica
 RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006



SOLICITA : REVELO SÁNCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022*	MUESTRA : M01-D
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

INFORME N° 273-2022-3R-LG

PESO INICIAL SECO : 4,450.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 2.54
 PESO LAVADO SECO : 4,340.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

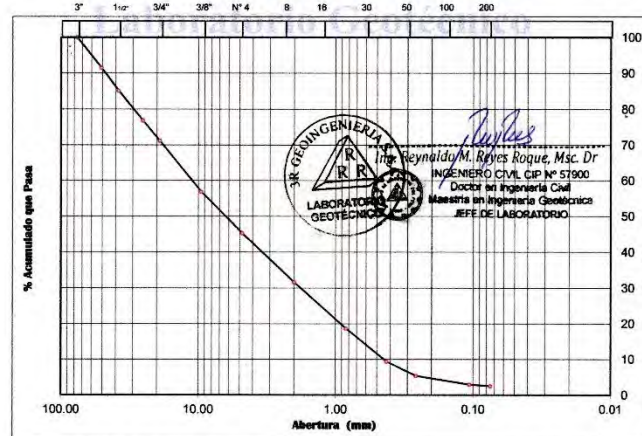
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa	Resumen de datos
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 3 : 100.00
2"	50.800	376.80	8.47	8.47	91.53	% que pasa N° 4 : 45.28
1 1/2"	38.100	284.90	6.40	14.87	85.13	% que pasa N° 200 : 2.54
1"	25.400	368.40	8.28	23.15	76.85	L.L. : ---
3/4"	19.050	250.70	5.63	28.78	71.22	L.P. : ---
3/8"	9.525	637.50	14.33	43.11	56.89	D10 : 0.430
No 4	4.780	516.90	11.62	54.72	45.28	D30 : 1.840
No 10	2.000	605.80	13.61	68.34	31.66	D60 : 10.900
No 20	0.840	576.00	12.94	81.28	18.72	Cu : 0.04
No 40	0.426	414.40	9.31	90.59	9.41	Cc : 0.72
No 60	0.260	178.40	4.01	94.60	5.40	w (%) : ---
No 140	0.106	108.50	2.44	97.04	2.96	GRAVA (%) : 54.72
No 200	0.075	18.70	0.42	97.46	2.54	ARENA (%) : 42.74
> No 200	0.000	3.00	0.07	97.53	2.47	FINOS (%) : 2.54
TOTAL		4,340.00	97.53			



REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871



GRAVA ARENA FINOS



GRAVA (%) = 54.72 ARENA (%) = 42.74 FINOS (%) = 2.54

Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.
 INGENIERO CIVIL, CIP N° 57900
 Doctor en Ingeniería Civil
 Maestría en Ingeniería Geotécnica
 JEFE DE LABORATORIO

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabaylo
 Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
 e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com ☎ 954 709 070 3R Geoingeniería SAC





3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006



SOLICITA : REVELO SÁNCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022*	MUESTRA : M01-C
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

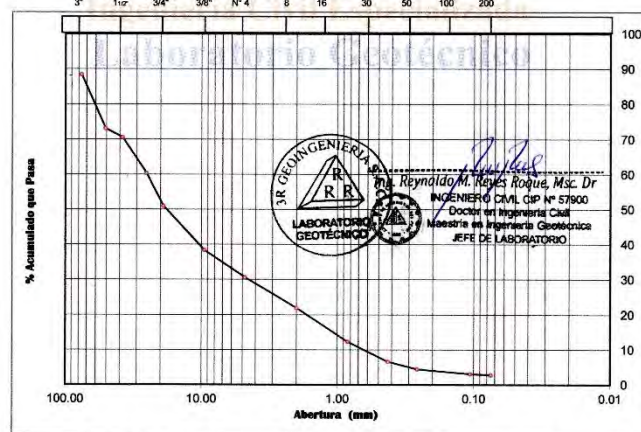
CLASIFICACION ASTM D-422

INFORME N° 273-2022-3R-LG

PESO INICIAL SECO : 5,127.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 2.81
PESO LAVADO SECO : 4,987.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 11.55

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa	Resumen de datos
3"	76.200	592.40	11.55	11.55	88.45	% que pasa N° 3 : 88.45
2"	50.800	786.90	15.35	26.90	73.10	% que pasa N° 4 : 30.63
1 1/2"	38.100	129.90	2.53	29.44	70.56	% que pasa N° 200 : 2.81
1"	25.400	522.30	10.19	39.62	60.38	L.L. ---
3/4"	19.050	481.70	9.40	49.02	50.98	L.P. ---
3/8"	9.525	646.60	12.61	61.63	38.37	IP ---
No 4	4.780	396.90	7.74	69.37	30.63	D10 : 0.610
No 10	2.000	445.00	8.68	78.05	21.95	D30 : 4.450
No 20	0.840	491.20	9.58	87.63	12.37	D60 : 28.100
No 40	0.426	295.60	5.77	93.40	6.60	Cu : 0.02
No 60	0.260	109.50	2.14	95.53	4.47	Cc : 1.24
No 140	0.106	69.50	1.36	96.89	3.11	w (%) ---
No 200	0.075	15.60	0.30	97.19	2.81	GRAVA (%) : 69.37
> No 200	0.000	3.90	0.08	97.27	2.73	ARENA (%) : 27.82
TOTAL		4,987.00	97.27			FINOS (%) : 2.81

GRAVA ARENA FINOS



GRAVA (%) = 69.37 ARENA (%) = 27.82 FINOS (%) = 2.81

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N° 00131871



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carayillo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC





3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006



SOLICITA : REVELO SÁNCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022*	MUESTRA : M01-I
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

INFORME N° 273-2022-3R-LG

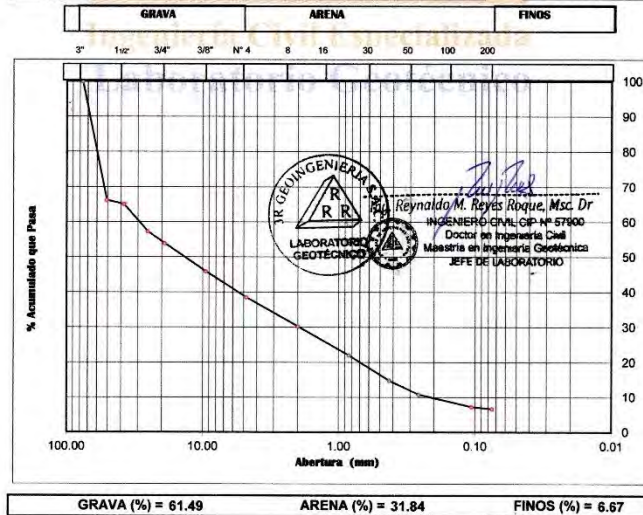
PESO INICIAL SECO :	5,925.00 grs	% QUE PASA MALLA No 200 :	6.67
PESO LAVADO SECO :	5,530.00 grs	% RETENIDO MALLA 3" :	0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	1,999.50	33.75	33.75	66.25
1 1/2"	38.100	66.20	1.12	34.86	65.14
1"	25.400	464.80	7.84	42.71	57.29
3/4"	19.050	202.80	3.42	46.13	53.87
3/8"	9.525	474.30	8.01	54.14	45.86
No 4	4.780	435.60	7.35	61.49	38.51
No 10	2.000	489.00	8.25	69.74	30.26
No 20	0.840	489.00	8.25	77.99	22.01
No 40	0.426	427.10	7.21	85.20	14.80
No 60	0.260	237.00	4.00	89.20	10.80
No 140	0.106	209.60	3.54	92.74	7.26
No 200	0.075	35.00	0.59	93.33	6.67
> No 200	0.000	0.10	0.00	93.33	6.67
TOTAL		5,530.00	107.86		

Resumen de datos	
% que pasa N° 3	100.00
% que pasa N° 4	38.51
% que pasa N° 200	6.67
L.L.	---
L.P.	---
I.P.	---
D10	0.210
D30	1.950
D60	29.600
Cu	0.01
Cc	0.61
w (%)	---
GRAVA (%)	61.49
ARENA (%)	31.84
FINOS (%)	6.67



REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871



3R GEOINGENIERÍA S.A.C.
LABORATORIO GEOTECNICO
 Reynaldo M. Reyes Roque, Msc. Dr.
 INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
 Doctor en Ingeniería Civil
 Maestría en Ingeniería Geotécnica
 JEFE DE LABORATORIO

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabaylo
 Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
 e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC





3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006



SOLICITA : REVELO SÁNCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022*	MUESTRA : M02-D
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

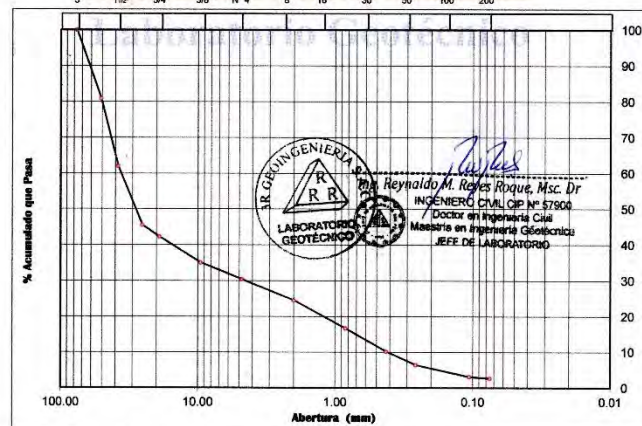
INFORME N° 273-2022-3R-LG

PESO INICIAL SECO : 5,631.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 2.65
PESO LAVADO SECO : 5,485.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa	Resumen de datos
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 3 : 100.00
2"	50.800	1,076.40	19.12	19.12	80.88	% que pasa N° 4 : 30.42
1 1/2"	38.100	1,061.30	18.85	37.96	62.04	% que pasa N° 200 : 2.65
1"	25.400	931.30	16.54	54.50	45.50	L.L. : ---
3/4"	19.050	180.90	3.21	57.71	42.29	L.P. : ---
3/8"	9.525	408.50	7.25	64.97	35.03	IP. : ---
No 4	4.780	259.90	4.62	69.58	30.42	D10 : 0.520
No 10	2.000	328.60	5.84	75.42	24.58	D30 : 4.440
No 20	0.840	441.20	7.84	83.26	16.74	D60 : 37.100
No 40	0.426	367.30	6.52	89.78	10.22	Cu : 0.01
No 60	0.260	213.70	3.80	93.57	6.43	Cc : 1.02
No 140	0.106	186.30	3.31	96.88	3.12	w (%) : ---
No 200	0.075	26.30	0.47	97.35	2.65	GRAVA (%) : 69.58
> No 200	0.000	3.30	-0.06	97.41	2.59	ARENA (%) : 27.76
TOTAL		5,485.00	97.41			FINOS (%) : 2.65



GRAVA ARENA FINOS



GRAVA (%) = 69.58 ARENA (%) = 27.76 FINOS (%) = 2.65

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carayillo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-mail: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
 Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica
 RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006



SOLICITA : REVELO SÁNCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022*	MUESTRA : M02-C
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

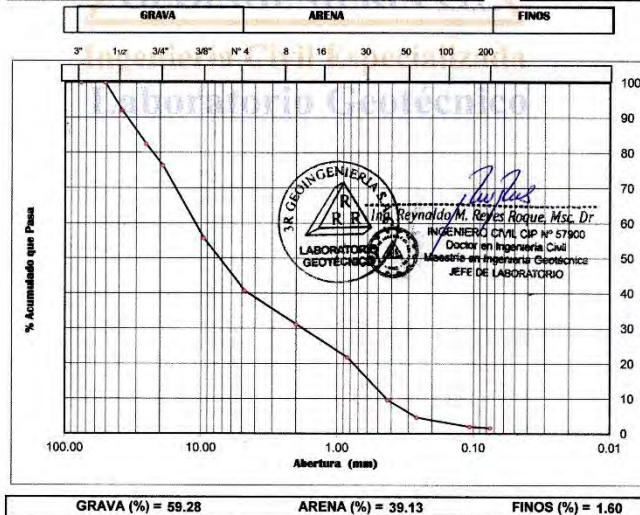
INFORME N° 273-2022-3R-LG

PESO INICIAL SECO : 3,890.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 1.60
 PESO LAVADO SECO : 3,831.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa	Resumen de datos
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 3 : 100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 4 : 40.72
1 1/2"	38.100	309.30	7.95	7.95	92.05	% que pasa N° 200 : 1.60
1"	25.400	372.00	9.56	17.51	82.49	L.L. : ---
3/4"	19.050	239.40	6.15	23.67	76.33	L.P. : ---
3/8"	9.525	803.00	20.64	44.31	55.69	I.P. : ---
No 4	4.780	582.10	14.96	59.28	40.72	D10 : 0.420
No 10	2.000	371.10	9.54	68.81	31.19	D30 : 1.830
No 20	0.840	364.70	9.38	78.19	21.81	D60 : 11.600
No 40	0.426	473.70	12.18	90.37	9.63	Cu : 0.04
No 60	0.260	195.00	5.01	95.38	4.62	Cc : 0.69
No 140	0.106	102.60	2.64	98.02	1.98	w (%) : ---
No 200	0.075	15.00	0.39	98.40	1.60	GRAVA (%) : 59.28
> No 200	0.000	3.10	0.08	98.48	1.52	ARENA (%) : 39.13
TOTAL		3,831.00	98.48			FINOS (%) : 1.60



REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N° 00131871



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M127 - Urb Los Ficus - Carabaylo
 Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
 e-mail: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC





3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
 Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica
 RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006



SOLICITA : REVELO SÁNCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022	MUESTRA : M02-1
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

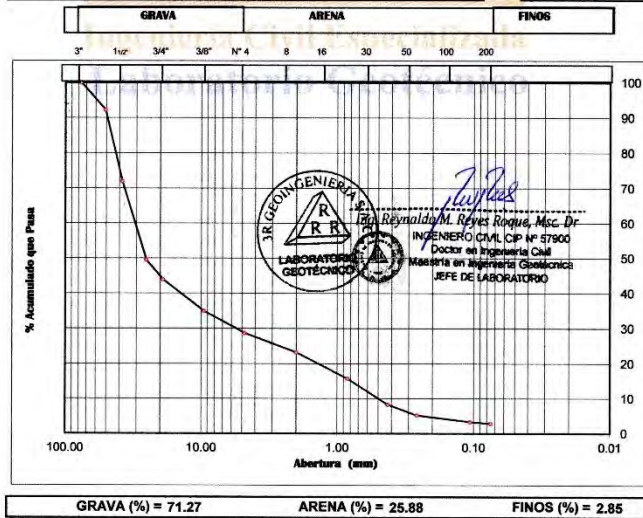
INFORME N° 273-2022-3R-LG

PESO INICIAL SECO : 5,586.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 2.85
 PESO LAVADO SECO : 5,427.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa	Resumen de datos
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 3 : 100.00
2"	50.800	434.30	7.77	7.77	92.23	% que pasa N° 4 : 28.73
1 1/2"	38.100	1,131.10	20.25	28.02	71.98	% que pasa N° 200 : 2.85
1"	25.400	1,254.90	22.47	50.49	49.51	L.L. ---
3/4"	19.050	314.60	5.63	56.12	43.88	L.P. ---
3/8"	9.525	502.00	8.99	65.11	34.89	D10 : 0.490
No 4	4.780	344.30	6.16	71.27	28.73	D30 : 5.220
No 10	2.000	306.70	5.49	76.76	23.24	D60 : 30.060
No 20	0.840	418.80	7.50	84.26	15.74	Cu : 0.02
No 40	0.426	417.10	7.47	91.73	8.27	Cc : 1.85
No 60	0.260	171.70	3.07	94.80	5.20	w (%) ---
No 140	0.106	103.10	1.85	96.65	3.35	GRAVA (%) : 71.27
No 200	0.075	28.10	0.50	97.15	2.85	ARENA (%) : 25.88
> No 200	0.000	0.30	0.01	97.15	2.85	FINOS (%) : 2.85
TOTAL		5,427.00	139.51			



REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N° 00131871



Reynaldo M. Reyes Riquelme, Msc. Dr.
 INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
 Doctor en Ingeniería Civil
 Maestría en Ingeniería Geotécnica
 JEFE DE LABORATORIO

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabaylo
 Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
 e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com ☎ 954 709 070 f 3R Geoingeniería SAC





SOLICITA : REVELO SÁNCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022*	MUESTRA : M03-D
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

INFORME N° 273-2022-3R-LG

PESO INICIAL SECO : 4,570.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 2.36
PESO LAVADO SECO : 4,464.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

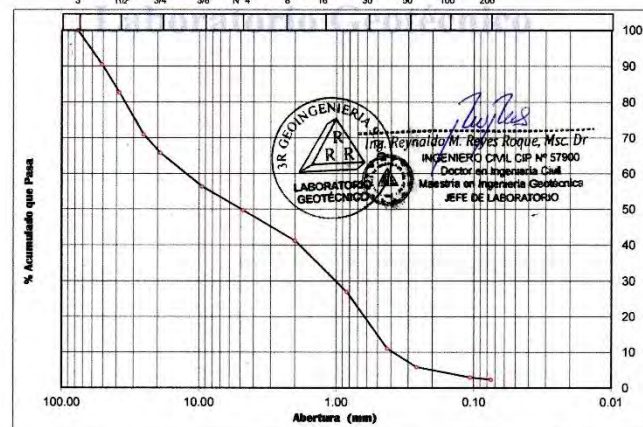
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que	Resumen de datos
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 3 : 100.00
2"	50.800	436.30	9.55	9.55	90.45	% que pasa N° 4 : 49.75
1 1/2"	38.100	354.80	7.76	17.31	82.69	% que pasa N° 200 : 2.36
1"	25.400	533.80	11.68	28.99	71.01	L.L. : ---
3/4"	19.050	236.80	5.18	34.17	65.83	L.P. : ---
3/8"	9.525	431.90	9.45	43.62	56.38	D10 : 0.390
No 4	4.780	303.00	6.63	50.25	49.75	D30 : 1.020
No 10	2.000	388.60	8.50	58.76	41.24	D60 : 12.100
No 20	0.840	652.30	14.27	73.03	26.97	Cu : 0.03
No 40	0.426	728.60	15.94	88.97	11.03	Cc : 0.22
No 60	0.260	236.90	5.18	94.16	5.84	w (%) : ---
No 140	0.106	131.70	2.88	97.04	2.96	GRAVA (%) : 50.25
No 200	0.075	27.30	0.60	97.64	2.36	ARENA (%) : 47.38
> No 200	0.000	2.00	0.04	97.68	2.32	FINOS (%) : 2.36
TOTAL		4,464.00	97.68			



REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N° 00131871



GRAVA ARENA FINOS



GRAVA (%) = 50.25 ARENA (%) = 47.38 FINOS (%) = 2.36

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M I27 - Urb Los Ficus - Carabaylo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



SOLICITA : REVELO SÁNCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022	MUESTRA : M03-C
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
CLASIFICACION ASTM D-422

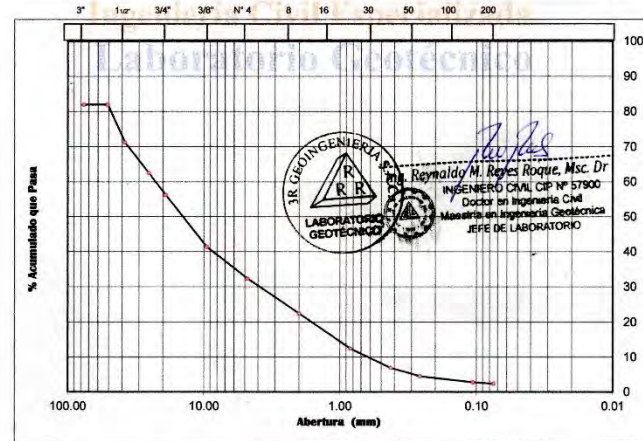
INFORME N° 273-2022-3R-LG

PESO INICIAL SECO : 5.641.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 2.39
PESO LAVADO SECO : 5.510.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 18.07

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa	Resumen de datos
3"	76.200	1.019.40	18.07	18.07	81.93	% que pasa N° 3 : 81.93
2"	50.800	0.00	0.00	18.07	81.93	% que pasa N° 4 : 32.35
1 1/2"	38.100	604.00	10.71	28.78	71.22	% que pasa N° 200 : 2.39
1"	25.400	490.50	8.70	37.47	62.53	L.L. : ---
3/4"	19.050	356.60	6.32	43.80	56.20	L.P. : ---
3/8"	9.525	836.70	14.83	58.63	41.37	I.P. : ---
No 4	4.780	509.00	9.02	67.65	32.35	D10 : 0.610
No 10	2.000	556.80	9.87	77.52	22.48	D30 : 3.800
No 20	0.840	564.30	10.00	87.53	12.47	D60 : 21.180
No 40	0.426	313.70	5.56	93.09	6.91	Cu : 0.03
No 60	0.260	136.70	2.42	95.51	4.49	Cc : 1.12
No 140	0.106	96.40	1.71	97.22	2.78	w (%) : ---
No 200	0.075	21.80	0.39	97.61	2.39	GRAVA (%) : 67.65
> No 200	0.000	4.10	0.07	97.68	2.32	ARENA (%) : 29.95
TOTAL		5.510.00	97.68			FINOS (%) : 2.39



GRAVA ARENA FINOS



GRAVA (%) = 67.65 ARENA (%) = 29.95 FINOS (%) = 2.39

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N° 00131871



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M I27 - Urb Los Ficus - Carabaylo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC



3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006



SOLICITA : REVELO SANCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022*	MUESTRA : M03-I
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

INFORME N° 273-2022-3R-LG

PESO INICIAL SECO : 5,557.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 4.00
PESO LAVADO SECO : 5,337.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

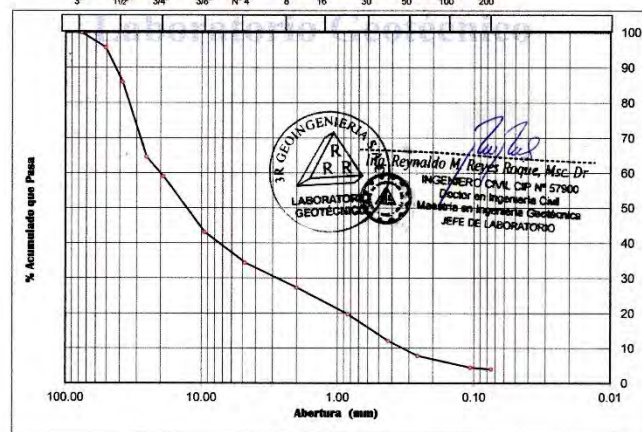
Tamices ASTM	Apertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa	Resumen de datos
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 3 : 100.00
2"	50.800	236.50	4.26	4.26	95.74	% que pasa N° 4 : 34.38
1 1/2"	38.100	546.70	9.84	14.09	85.91	L.L. : ---
1"	25.400	1,181.40	21.26	35.35	64.65	L.P. : ---
3/4"	19.050	310.10	5.58	40.93	59.07	D10 : 0.320
3/8"	9.525	886.40	15.95	56.89	43.11	D30 : 2.710
No 4	4.780	485.50	8.74	65.62	34.38	D60 : 19.200
No 10	2.000	389.00	7.00	72.62	27.38	Cu : 0.02
No 20	0.840	420.80	7.57	80.19	19.81	Cc : 1.20
No 40	0.426	425.80	7.66	87.86	12.14	w (%) : ---
No 60	0.260	237.70	4.28	92.13	7.87	GRAVA (%) : 65.62
No 140	0.106	187.70	3.38	95.51	4.49	ARENA (%) : 30.38
No 200	0.075	27.20	0.49	96.00	4.00	FINOS (%) : 4.00
> No 200	0.000	2.20	0.04	96.04	3.96	
TOTAL		5,337.00	94.61			



REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N° 00131871



GRAVA ARENA FINOS



GRAVA (%) = 65.62 ARENA (%) = 30.38 FINOS (%) = 4.00

3R GEOINGENIERÍA S.A.C.
LABORATORIO GEOTECNICO
Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, M.Sc. Dr.
INGENIERO CIVIL CIP N° 57960
Docente en Ingeniería Civil
Magister en Ingeniería Geotécnica
JEFE DE LABORATORIO

Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabaylo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC





3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
 Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica
 RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006



SOLICITA : REVELO SÁNCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022*	MUESTRA : M04-D
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACION ASTM D-422

INFORME N° 273-2022-3R-LG

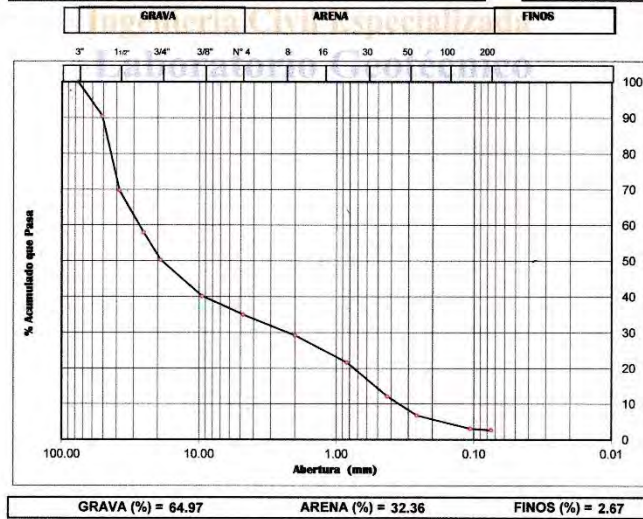
PESO INICIAL SECO : 5,414.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 2.67
 PESO LAVADO SECO : 5,272.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	517.50	9.56	9.56	90.44
1 1/2"	38.100	1,121.10	20.71	30.27	69.73
1"	25.400	638.90	11.80	42.07	57.93
3/4"	19.050	412.70	7.62	49.69	50.31
3/8"	9.525	547.10	10.11	59.79	40.21
No 4	4.780	280.40	5.18	64.97	35.03
No 10	2.000	312.90	5.78	70.75	29.25
No 20	0.840	408.20	7.54	78.29	21.71
No 40	0.426	520.70	9.62	87.91	12.09
No 60	0.260	287.20	5.30	93.22	6.78
No 140	0.106	200.00	3.69	96.91	3.09
No 200	0.075	22.70	0.42	97.33	2.67
> No 200	0.000	2.60	0.05	97.38	2.62
TOTAL		5,272.00	97.38		

Resumen de datos	
% que pasa N° 200	100.00
% que pasa N° 4	35.03
% que pasa N° 200	2.67
L.L.	----
L.P.	----
L.P.	----
D10	0.340
D30	2.180
D60	27.300
Cu	0.01
Cc	0.51
w (%)	---
GRAVA (%)	64.97
ARENA (%)	32.36
FINOS (%)	2.67



REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N° 00131871



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabaylo
 Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
 e-m@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC





3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica
RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006



SOLICITA : REVELO SÁNCHEZ GERARDO MÁXIMO PROYECTO : *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO. YUNGAY, ANCASH - 2022*	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS MUESTRA : M04-C FECHA : 02 DE JULIO DE 2022
---	--

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
CLASIFICACION ASTM D-422

INFORME N° 273-2022-3R-LG

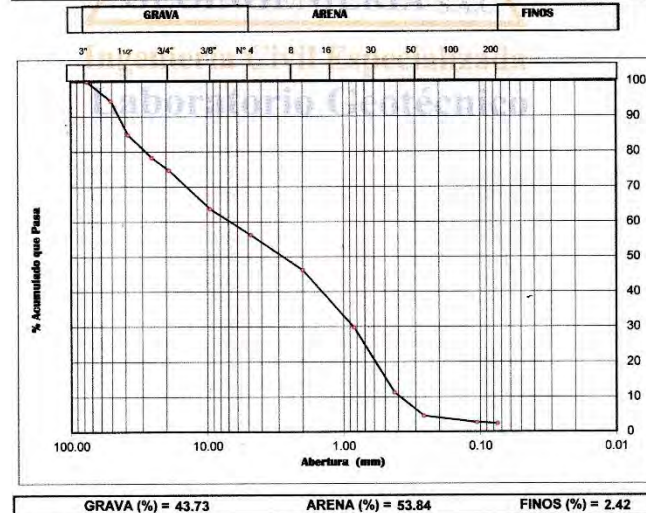
PESO INICIAL SECO : 5,205.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 2.42
 PESO LAVADO SECO : 5,081.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	287.10	5.52	5.52	94.48
1 1/2"	38.100	503.80	9.68	15.20	84.80
1"	25.400	337.20	6.48	21.67	78.33
3/4"	19.050	190.30	3.66	25.33	74.67
3/8"	9.525	568.70	10.93	36.26	63.74
No 4	4.780	389.20	7.48	43.73	56.27
No 10	2.000	524.30	10.07	53.81	46.19
No 20	0.840	853.30	16.39	70.20	29.80
No 40	0.426	964.10	18.52	88.72	11.28
No 60	0.260	349.00	6.71	95.43	4.57
No 140	0.106	97.90	1.88	97.31	2.69
No 200	0.075	14.00	0.27	97.58	2.42
> No 200	0.000	2.10	0.04	97.62	2.38
TOTAL		5,081.00	97.62		

Resumen de datos	
% que pasa N° 3	100.00
% que pasa N° 4	56.27
% que pasa N° 200	2.42
L.L.	---
L.P.	---
I.P.	---
D10	0.390
D30	3.910
D60	6.700
Cu	0.06
Cc	5.85
w (%)	---
GRAVA (%)	43.73
ARENA (%)	53.84
FINOS (%)	2.42



REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabaylo
 Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
 e-mail: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeingenieria.com 954 709 070 3R Geingenieria SAC





3R GEOINGENIERÍA S.A.C.

LABORATORIO GEOTECNICO Y ENSAYO DE MATERIALES

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos, Consultoría en Ingeniería Geotécnica Sísmica

RUC N° 20408092524 - RNP/OSCE: Consultor de Obras N° C39006



SOLICITA : REVELO SANCHEZ GERARDO MÁXIMO	UBICACIÓN : QUEBRADA MILAGROS
PROYECTO : *DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS INUNDABLES PROVOCADA POR LA AVENIDA MÁXIMA DE LA SUB CUENCA MILAGROS, MEDIANTE MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRÁULICO, YUNGAY, ANCASH - 2022*	MUESTRA : M04-I
	FECHA : 02 DE JULIO DE 2022

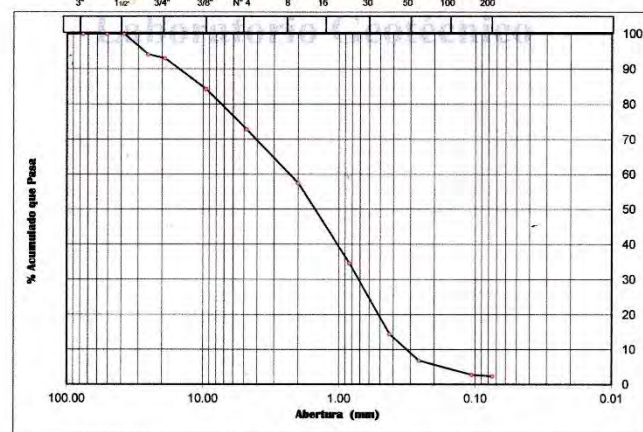
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
CLASIFICACION ASTM D-422

INFORME N° 273-2022-3R-LG

PESO INICIAL SECO : 3,496.00 grs % QUE PASA MALLA No 200 : 2.33
PESO LAVADO SECO : 3,416.00 grs % RETENIDO MALLA 3" : 0.00

Tamices ASTM	Apertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa	Resumen de datos
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 3 : 100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 4 : 72.82
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% que pasa N° 200 : 2.33
1"	25.400	205.30	5.87	5.87	94.13	L.L. ---
3/4"	19.050	38.60	1.10	6.98	93.02	L.P. ---
3/8"	9.525	306.20	8.76	15.74	84.26	D10 0.310
No 4	4.780	400.00	11.44	27.18	72.82	D30 0.710
No 10	2.000	536.20	15.34	42.51	57.49	D60 2.250
No 20	0.840	799.90	22.88	65.39	34.61	Cu 0.14
No 40	0.426	704.20	20.14	85.54	14.46	Cc 0.72
No 60	0.260	265.90	7.61	93.14	6.86	w (%) ---
No 140	0.106	143.30	4.10	97.24	2.76	GRAVA (%) 27.18
No 200	0.075	15.00	0.43	97.67	2.33	ARENA (%) 70.49
> No 200	0.000	1.40	0.04	97.71	2.29	FINOS (%) 2.33
TOTAL		3,416.00	65.63			

GRAVA ARENA FINOS



GRAVA (%) = 27.18 ARENA (%) = 70.49 FINOS (%) = 2.33

REGISTRO INDECOPI CERTIFICADO N°00131871



Oficina Lima: Jr. Principios Mz. CC4 L26 - Oficina 501 Edificio Real - Urb. Pro - Los Olivos / Laboratorio: Calle K Mz. M 127 - Urb Los Ficus - Carabaylo
Oficina y Laboratorio Huaraz: Jr. Recuay N° 470 esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Urb. Centenario - Independencia
e-mail: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.3rgeoingenieria.com 954 709 070 3R Geoingeniería SAC




Anexo P

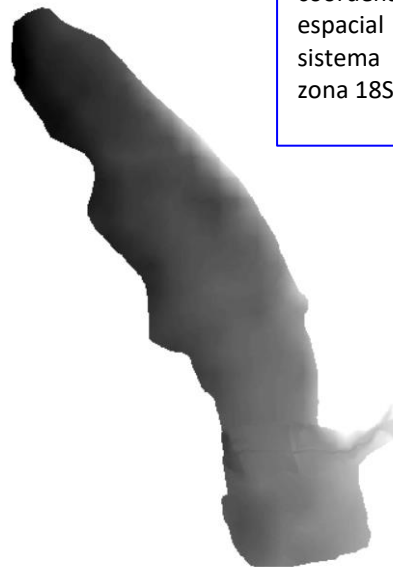
Procedimiento para el modelamiento hidráulico de flujos hiperconcentrados con FLO-2D

I. REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN

1.1. Obtención del Modelo Digital de Elevación (DEM)

La obtención del Modelo de Elevación Digital (DEM) de la zona de estudio debe ser mediante el levantamiento topográfico con estación total y/o dron, porque se necesita imágenes de alta resolución para el modelamiento hidráulico.

 DTM_CAÑASBAMBA.asc



DTM_CAÑASBAMBA se encuentran en formato .ASC con coordenadas UTM, con resolución espacial de 0.30x0.30 m. en sistema de referencia WGS84 zona 18S.



Nota:

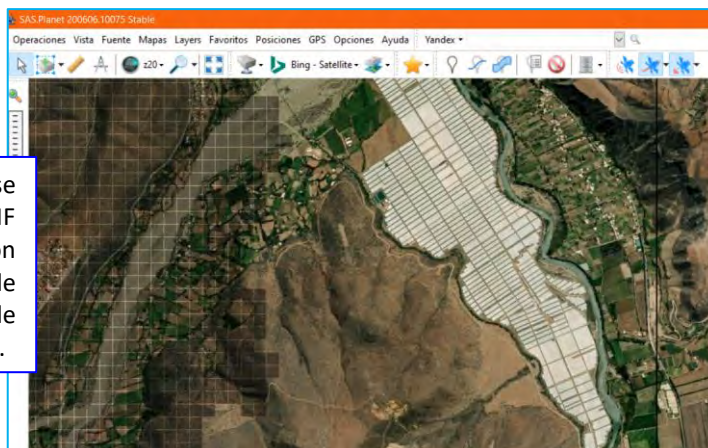
Se recomienda que las imágenes DEM sean de 0.20x0.20m a 0.50x0.50 m. de acuerdo a las características del cauce.

1.2. Obtención de Ortofoto de la Zona de estudio

Se puede obtener mediante el levantamiento topográfico con Dron o imágenes satelitales de alta resolución descargados con el software SAS Planet.

ORTOFOTOCAÑASBAM

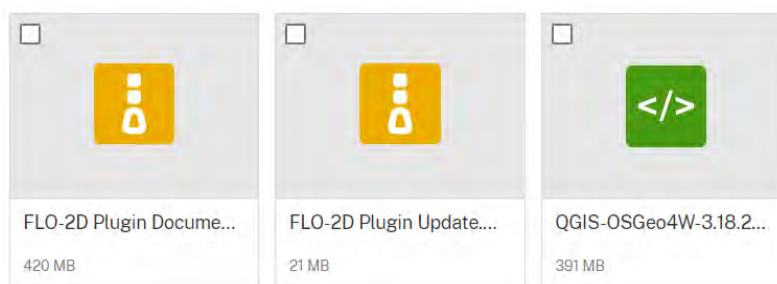
ORTOFOTOCAÑASBAM se encuentran en formato .TIF con coordenadas UTM, con resolución espacial de 0.30x0.30 m. en sistema de referencia WGS84 zona 18S.



1.3. Obtención del Complemento (PLUGIN) FLO_2D

En el siguiente enlace se puede obtener el complemento (FLO-2D Plugin Update), documentación (FLO-2D Plugin Documentation Installer) e instalador del QGIS (QGIS-OSGeo4W-3.18.2-1-Setup-x86_64).

<https://flo-2d.sharefile.com/share/view/s01eb833dc4ce4afdb780826c3285d885>



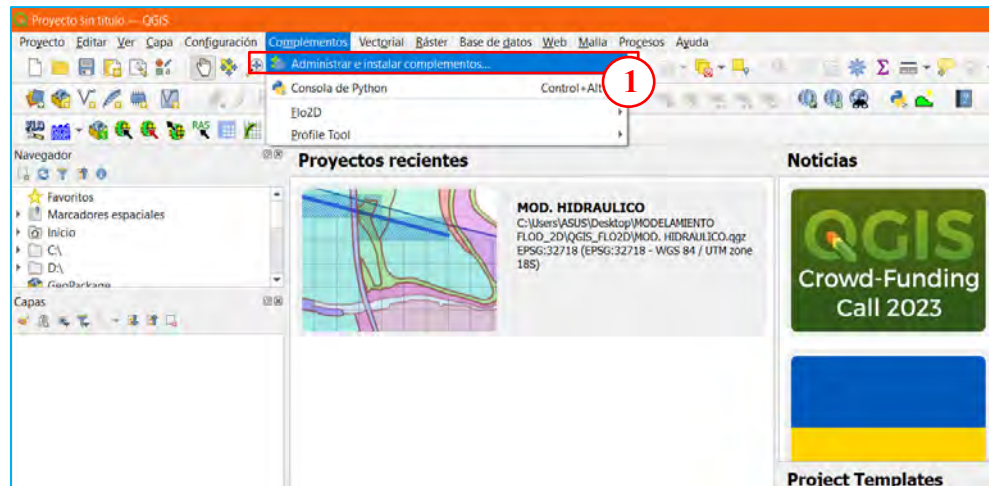
Lo cual es necesario descargar los tres archivos e instalar la documentación y el QGIS.

1.4. Instalación del Complemento (PLUGIN) FLO_2D en QGIS

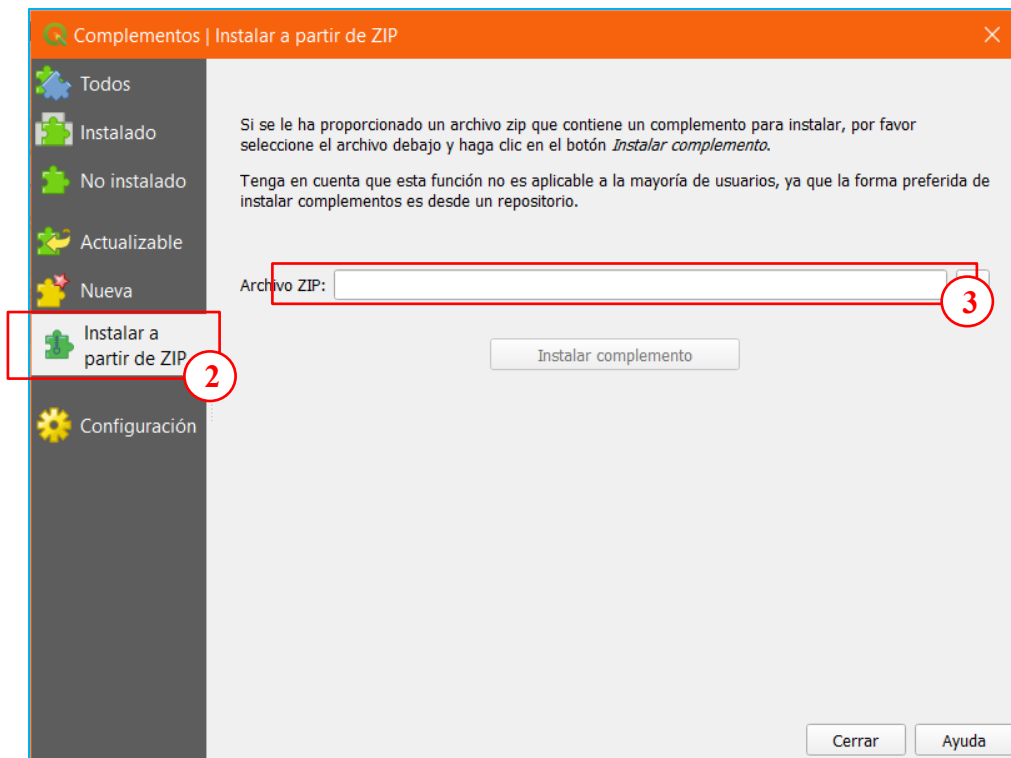
Iniciar el programa QGIS Desktop 3.18.2 with GRASS 7.8.5 desde el escritorio.



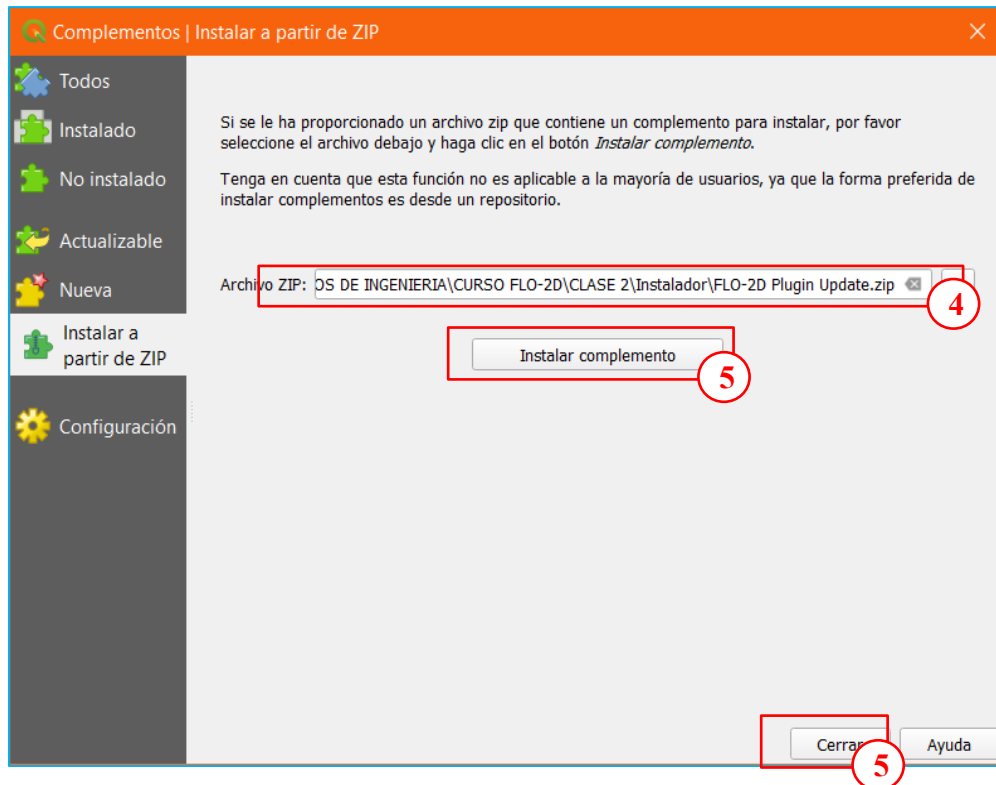
En el QGIS seleccionar la opción **Complementos/administrar e instalar complementos...**



Seleccionar la opción Instalar a partir de ZIP.



Cargar el archivo ZIP (FLO-2D Plugin Update) descargado en el ítem 1.3.

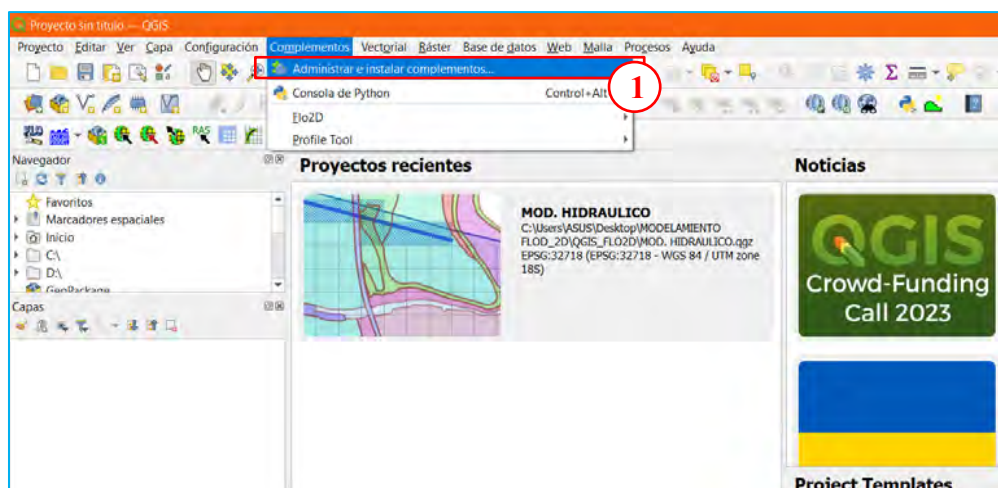


Al cerrar la ventana aparecerá automáticamente la barra de herramientas del complemento FLO2D en el QGIS.

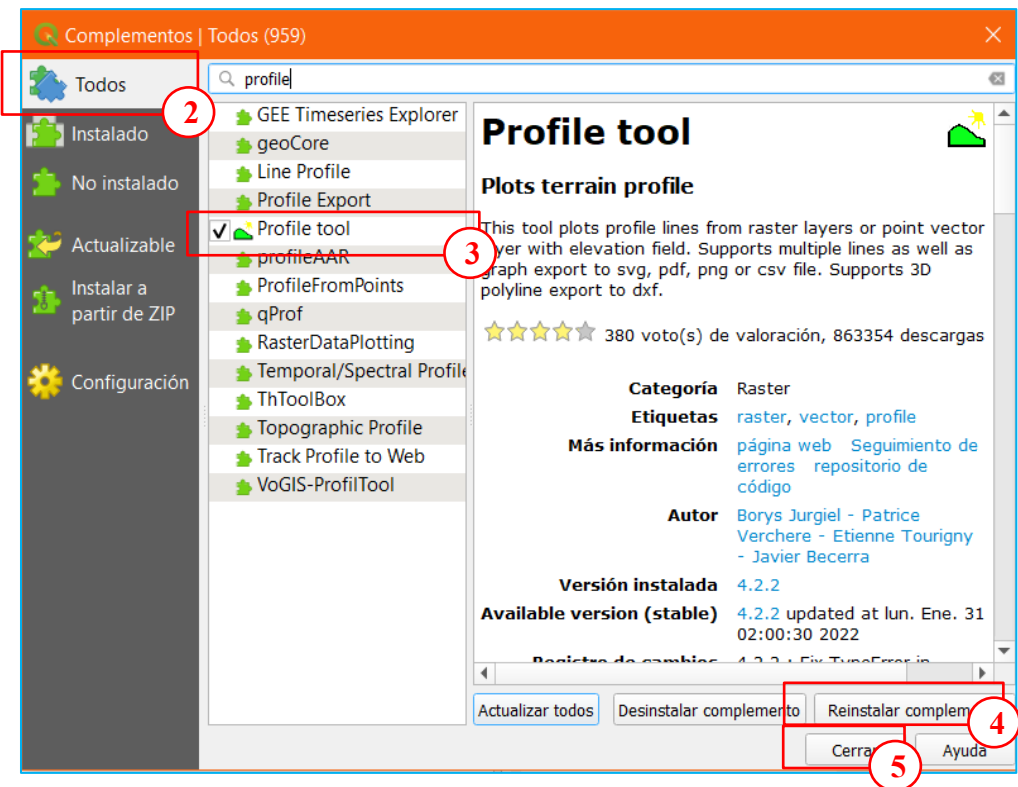


1.5. Complemento Adicionales en QGIS

En el QGIS seleccionar la opción **Complementos/administrar e instalar complementos...**



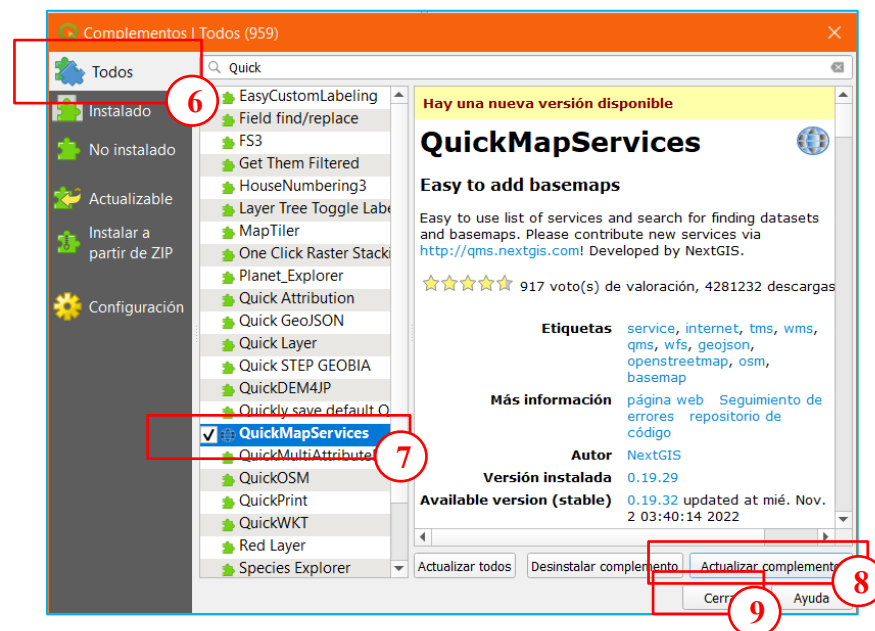
Seleccionar **Todos/Profile tool/instalar complemento/cerrar**. Este complemento se utiliza para ver los perfiles y secciones del terreno.



Al cerrar la ventana aparecerá automáticamente en la barra de herramientas el complemento *Terrain profile*.



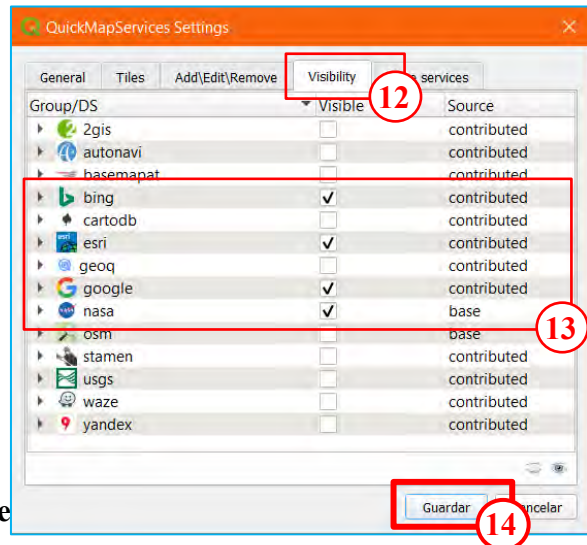
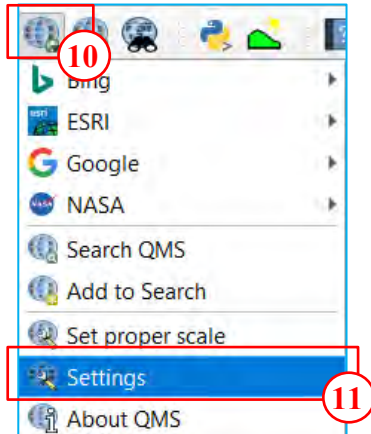
Seleccionar *Todos/QuickMapServices/instalar complemento/cerrar*. Este complemento sirve para visualizar imágenes satelitales.



Al cerrar la ventana aparecerá automáticamente en la barra de herramientas el complemento *QuickMapServices*.

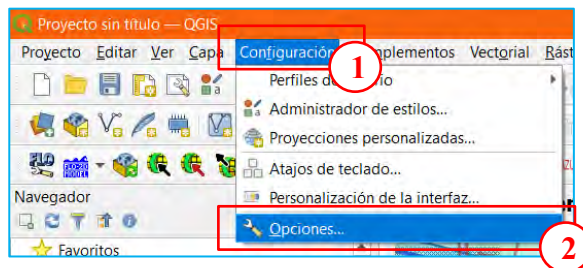


Para configurar las opciones de donde se quiere tomar las imágenes satelitales seleccionar **QuickMapServices/Settings/Visibility**. **Seleccionar las fuentes de imágenes/Guardar**.

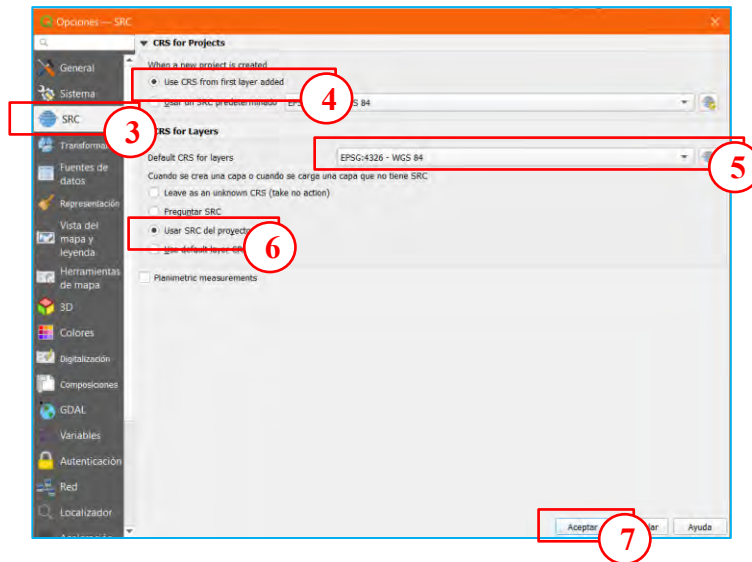


1.6. Configuración del Sistema de

Ingresar a **Configuración/Opciones...**



En la ventana de Opciones ingresar en SRC y seleccionar las opciones **CRS for Projects** y **CRS for Layers**.

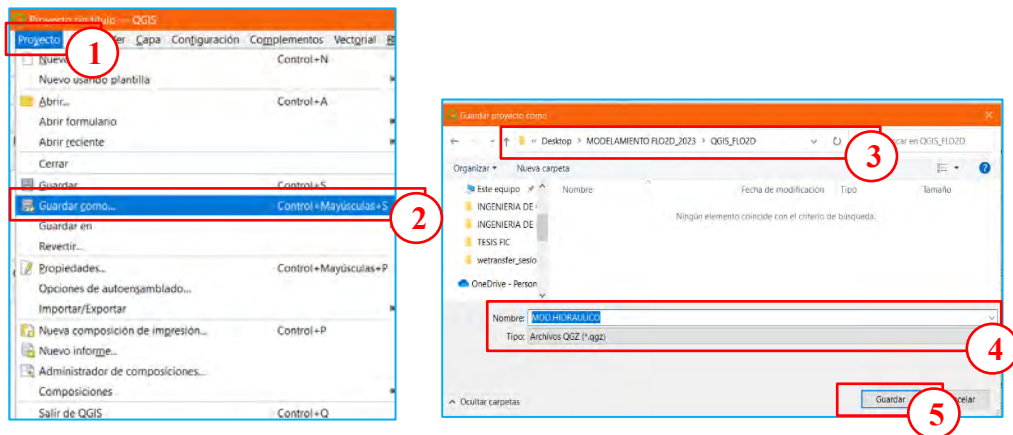


II. CREACIÓN DEL MODELO EN QGIS

Para realizar el modelamiento de flujo de lodos el modelo se crea en el QGIS con la ayuda de los complementos, para luego ser exportado al GDS del FL_O2D.

2.1. Guardar Proyecto

Ingresar en *Proyecto/Guardar como ...*, seleccionar la ruta donde se guardará y poner el nombre del proyecto.

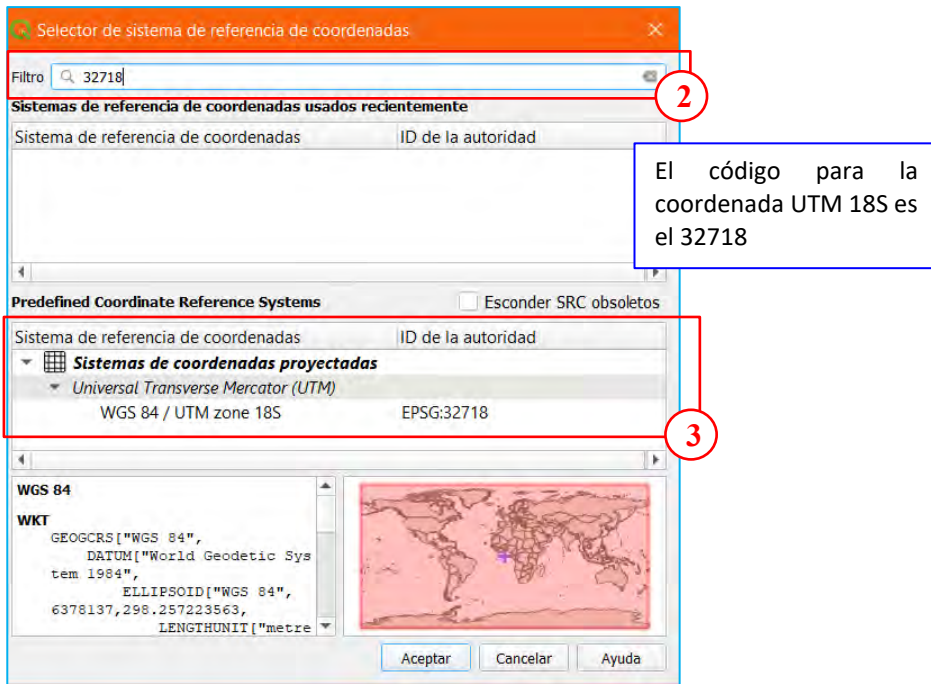


2.2. Creación del Modelo FLO_2D en QGIS

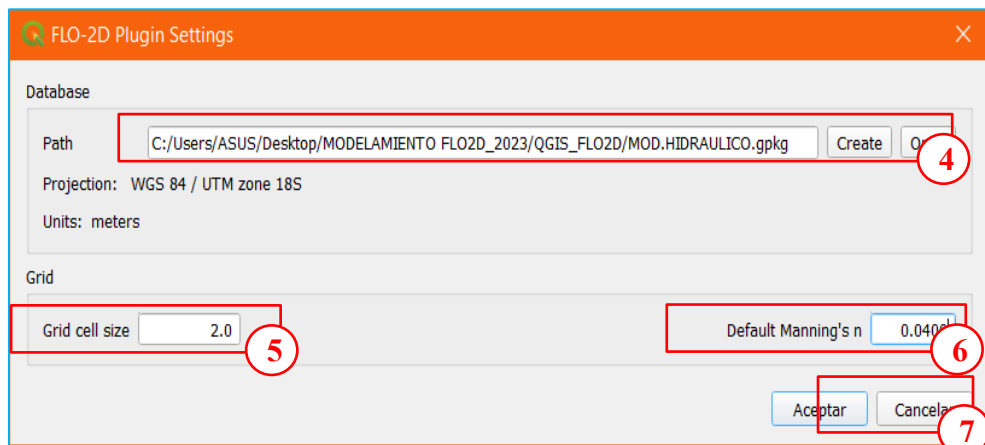
Ingresar a la barra de herramientas del complemento de FLO2D en QGIS seleccionar el icono *FLO Settings*.



Crear el archivo FLO2D (con el mismo nombre del QGIS) en la misma ruta donde se ha guardado el proyecto QGIS (MOD.HIDRAULICO). Al momento de crear el archivo aparece la siguiente ventana:

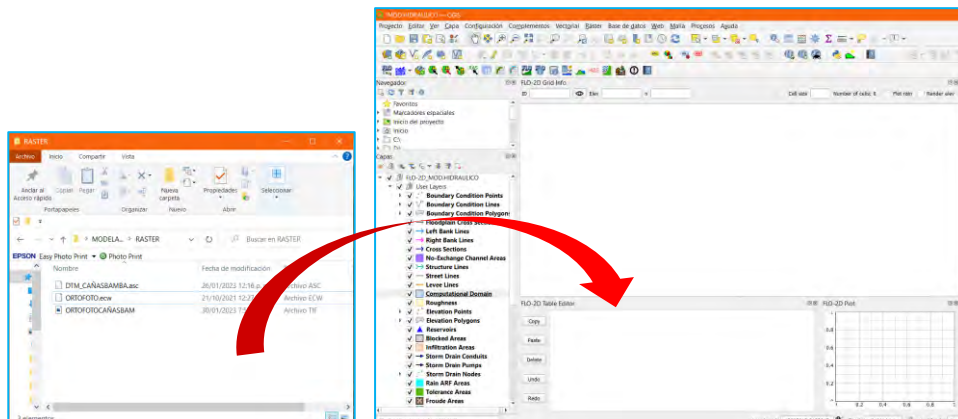


Una vez creado el archivo FLO2D, ingresar el tamaño de grilla y el número de Manning preliminares.

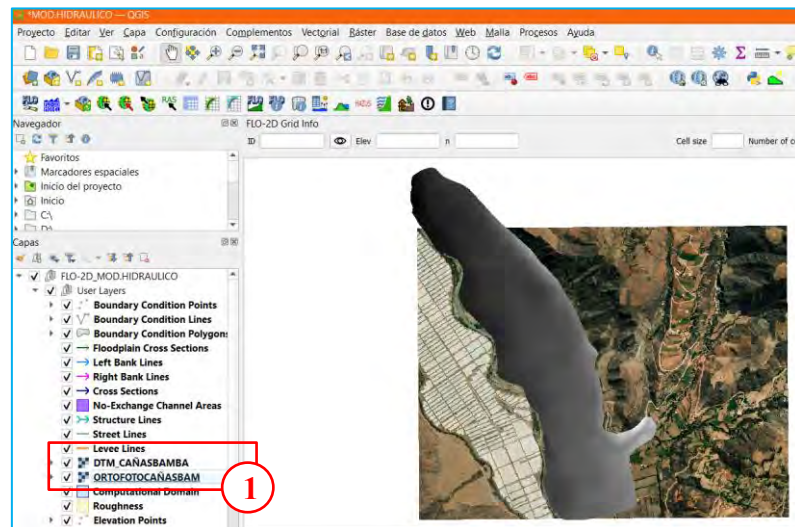


2.3. Agregar capas DEM y Ortofoto

Desde la carpeta donde se encuentran los archivos DTM y la ortofoto arrastrar a la ventana del QGIS.

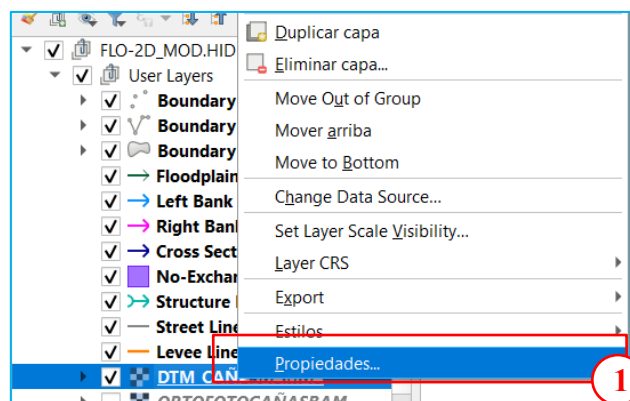


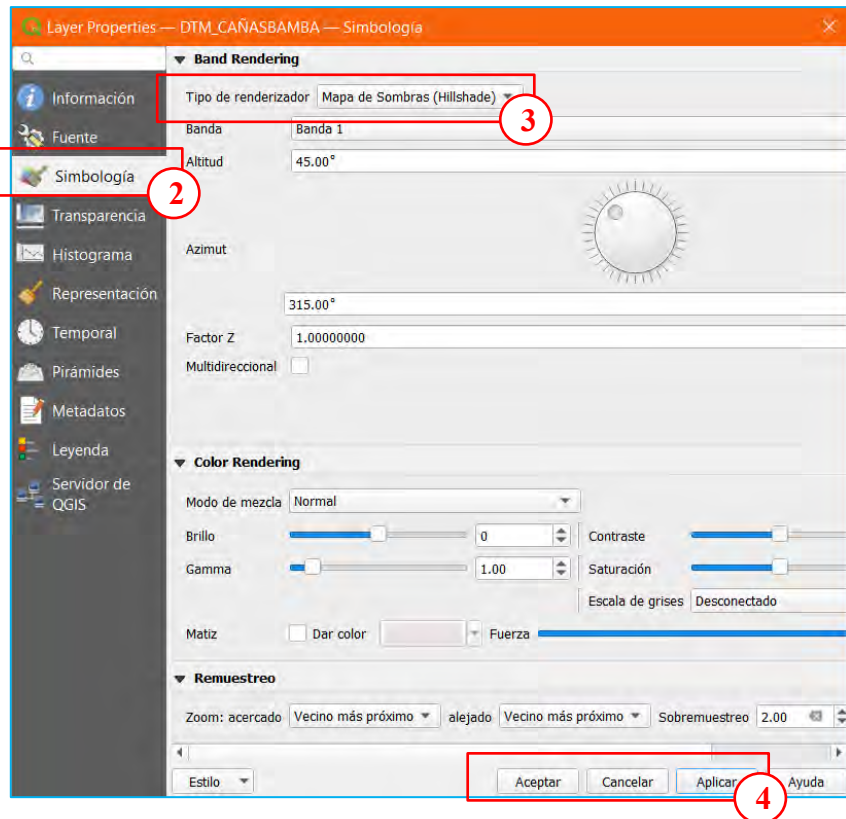
Se habrá agregado en el *User Layers* las capas de *DTM_CAÑASBAMBA* y *ORTOFOTOCAÑASBAM*.



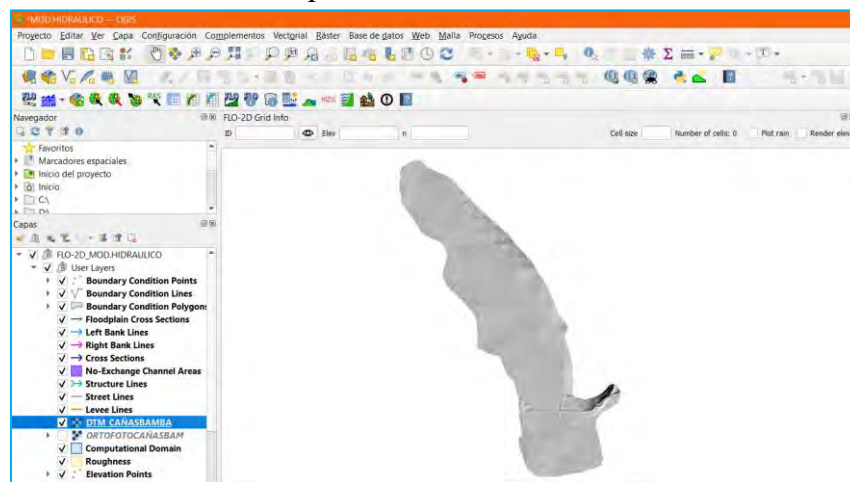
Para una mejor visualización de la topografía se procede a cambiar a mapa de sombras de la siguiente manera.

Seleccionar el *DTM/Propiedades/Simbología/Tipo de Renderizador/Mapa de Sombras/Aplicar/Aceptar*.





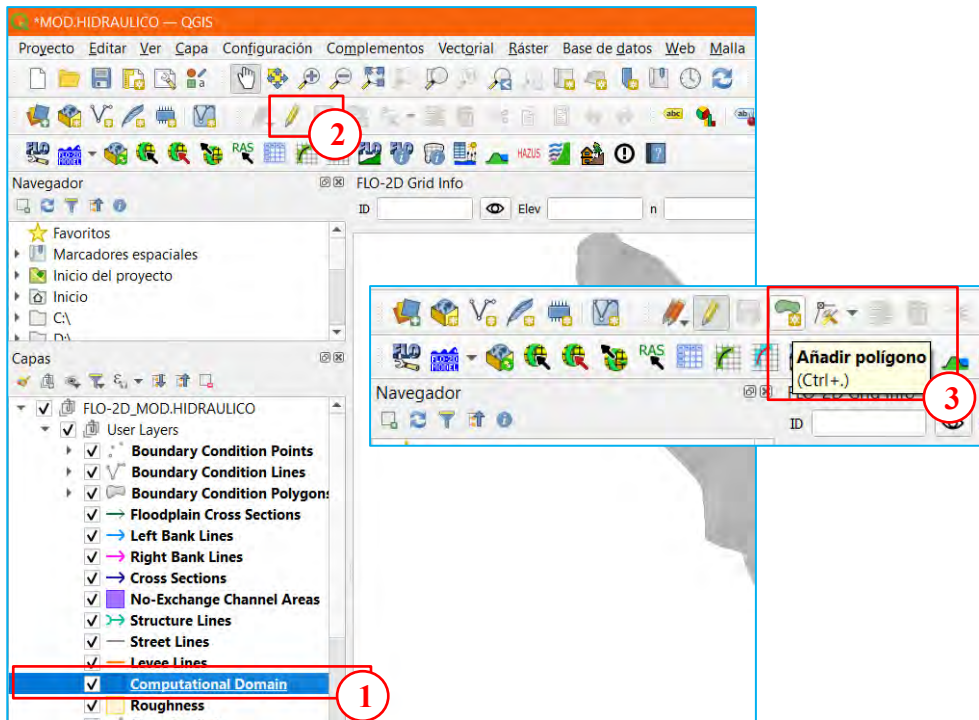
Automáticamente cambiara la presentación del DTM.



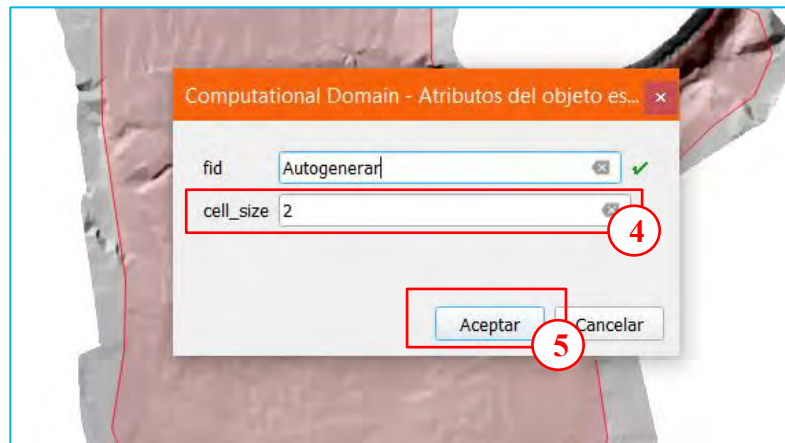
2.4. Definición del Dominio Computacional

Mediante esta capa se definirá el área de trabajo o posible área donde puede ocurrir la inundación.

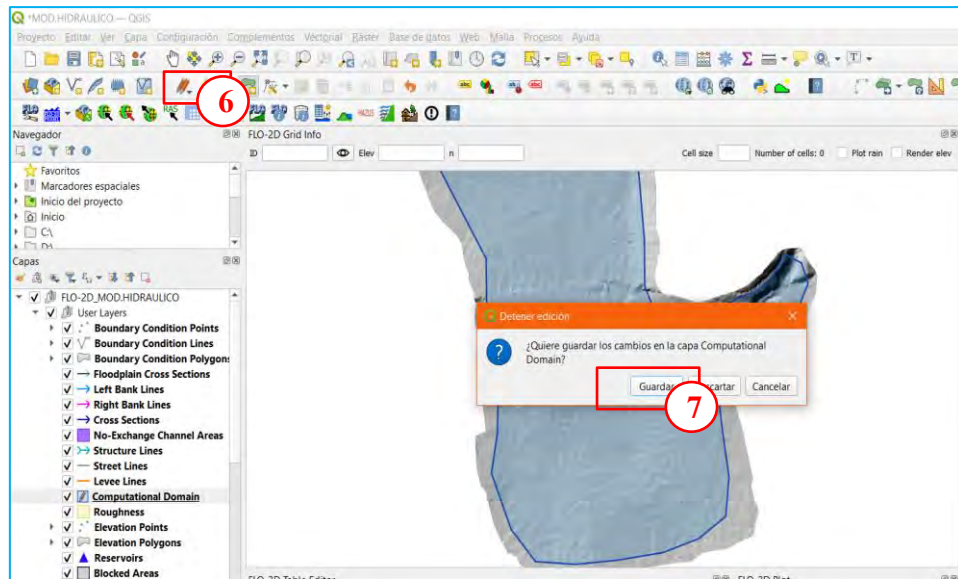
Seleccionar *Computational Domain/Conmutar Edición/Añadir Polígono*. Se procede a dibujar el área de trabajo.



Una vez terminado la edición botón derecho y aparecerá la siguiente ventana, donde se ingresará el tamaño de celda.

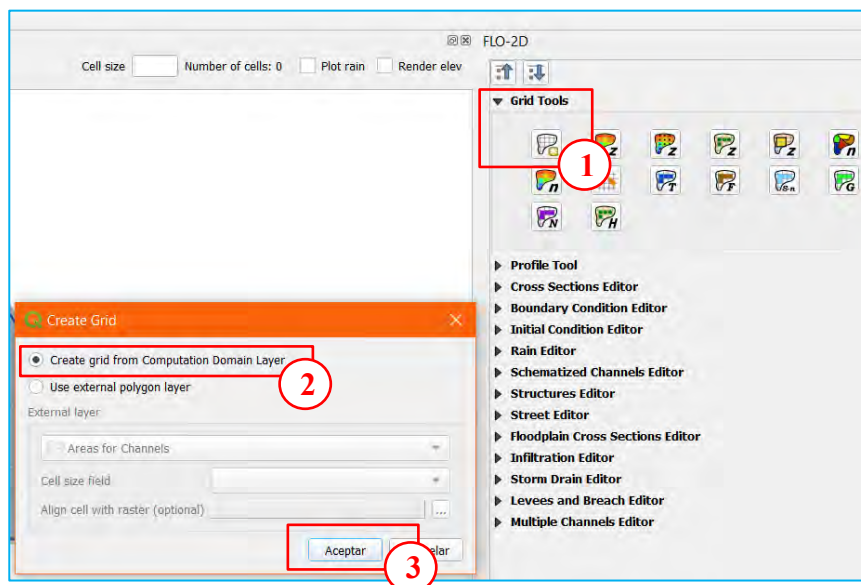


Para guardar seleccionar el icono *Commutar Edición/Guardar*.

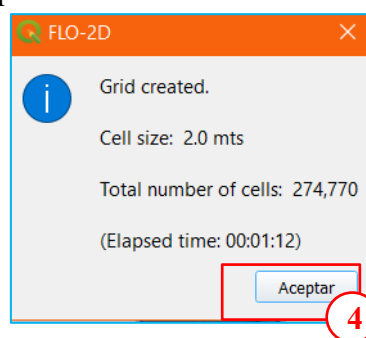


2.5. Creación de Malla

Seleccionar *Computational Domain/Grid Tools/Creáre Grid/Create grid from Computation Donain Layer/Aceptar*.

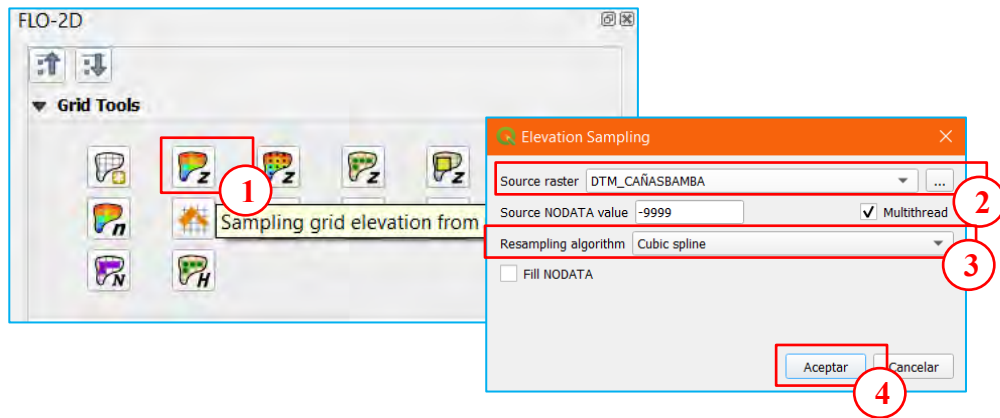


Al aceptar aparecerá un mensaje indicando el tamaño de celdas, número total de celdas y tiempo que duro el proceso de creación de la malla.



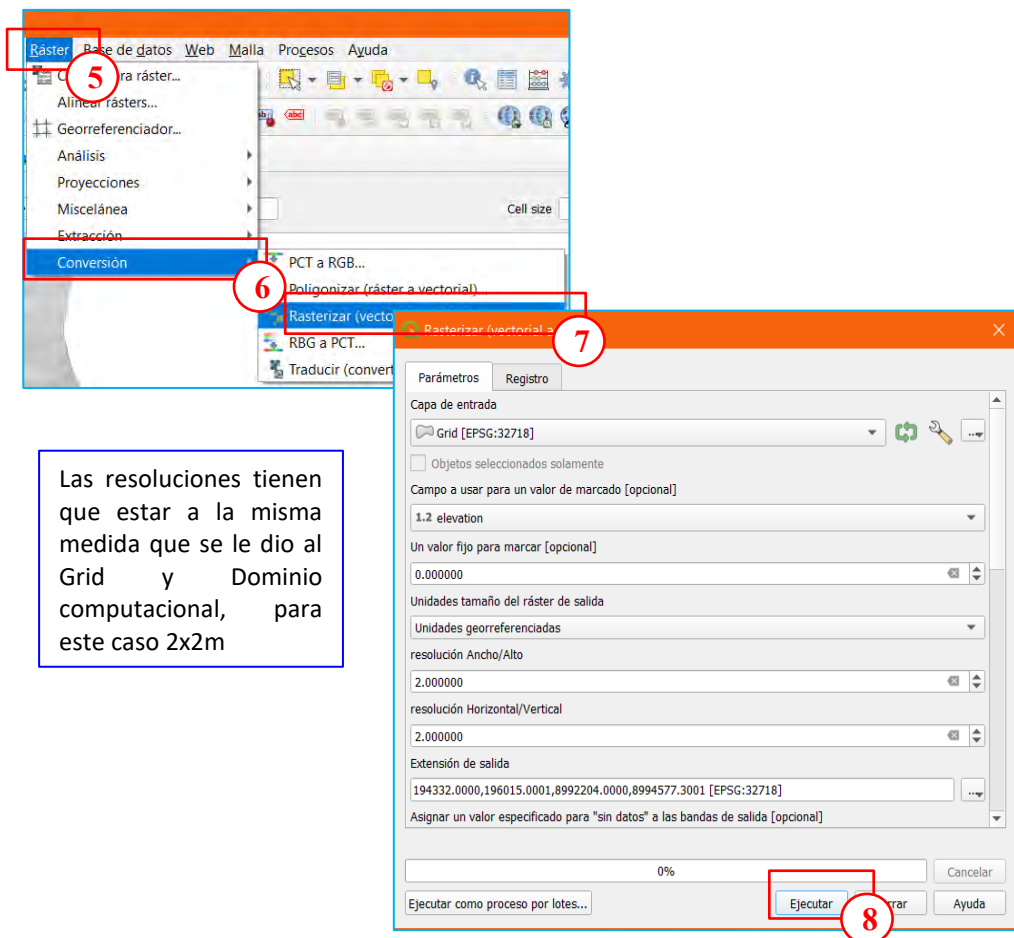
2.6. Definición de altura a la Malla

Seleccionar *Sampling grid elevation from raster layer*. En Source raster seleccionar el DTM, en Source NODATA value ingresar -9999, seleccionar Multithread, en Resampling algorithm seleccionar el método de interpolación de los datos.

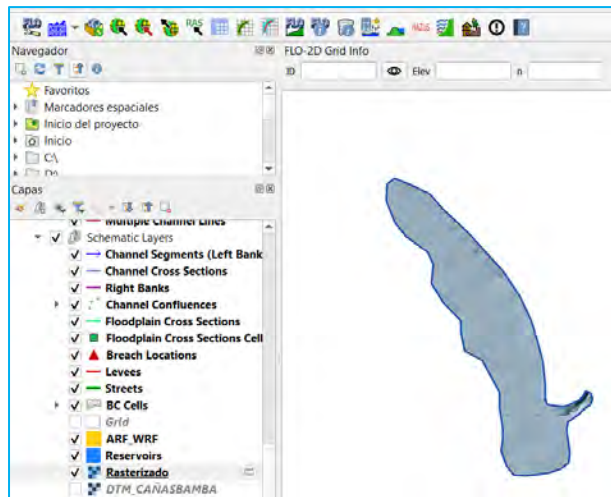


Para visualizar las secciones del DTM y la malla, se procede a rasterizar la malla de la siguiente forma.

Seleccionar la opción *Raster/Conversion/Rasterizar/Parametros*.



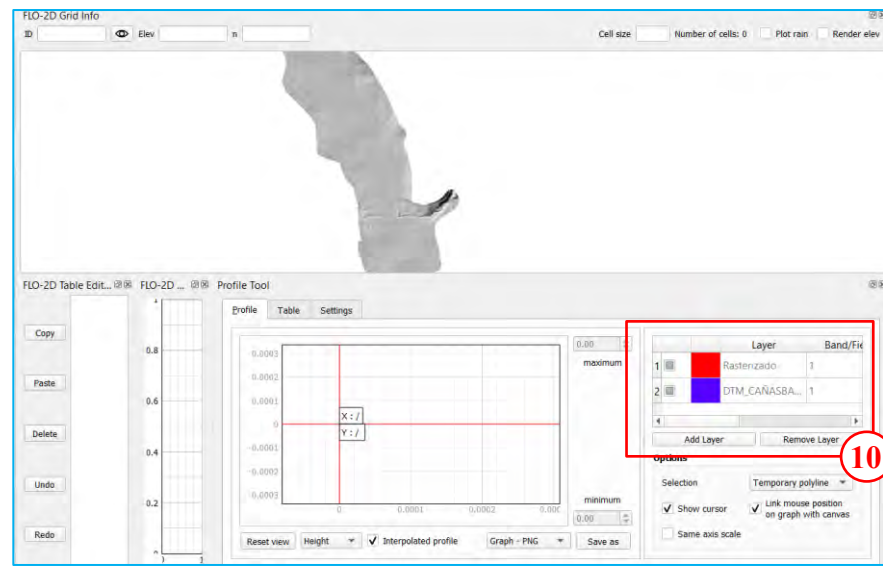
La capa rasterizada se procede a cambiarlo en mapa de sombras para una mejor visualización y comparara con el DTM.



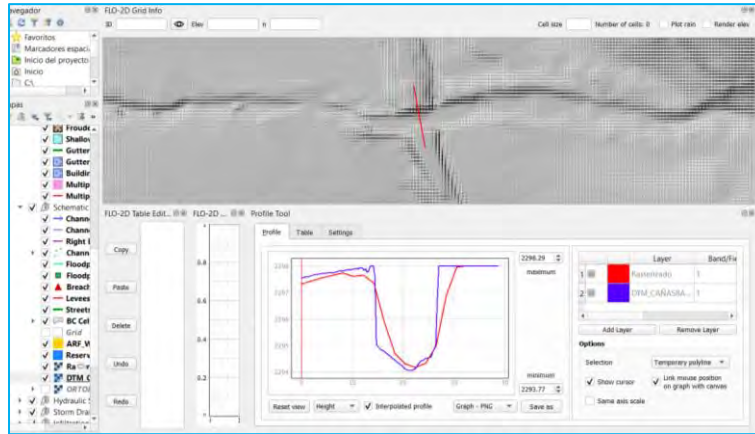
Nota: Esta es la topografía que va utilizar el FLO2D para el análisis. Para verificar la topografía de la malla y el DTM se procede a seleccionar la siguiente opción **Terrain profile**.



En la ventana inferior agregar las capas Rasterizado y DTM_CAÑASBAMBA.



Seleccionar una sección donde se quiere visualizar la topografía y se puede comparar si el método de interpolación seleccionado es el adecuado. Si la variación es demasiado se debe volver a dar la elevación de la malla con otro método de interpolación que mejor se ajuste al DTM.



2.7. Definición de Condiciones de Contorno

2.7.1. Condición de ingreso

Se debe tener en cuenta la siguiente recomendación del autor para que el programa procese de la forma adecuada y rápida:

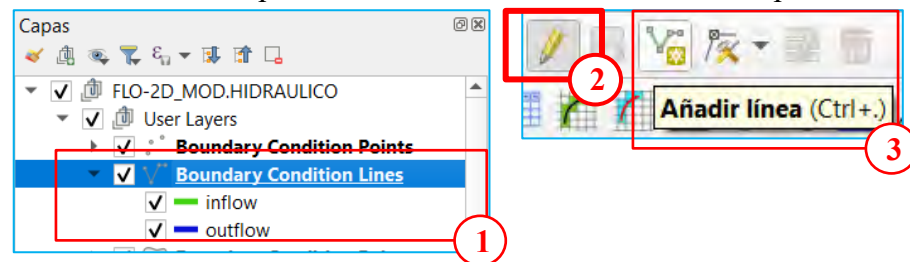
$$\frac{Q_{pico}}{\text{Área}_{grilla}} < 3 \frac{m^3/seg}{m^2}$$

Para el presente se tiene un caudal máximo de 20 m³/seg para un Tr = 1000 años, y el área de la malla es 2x2 = 4 m².

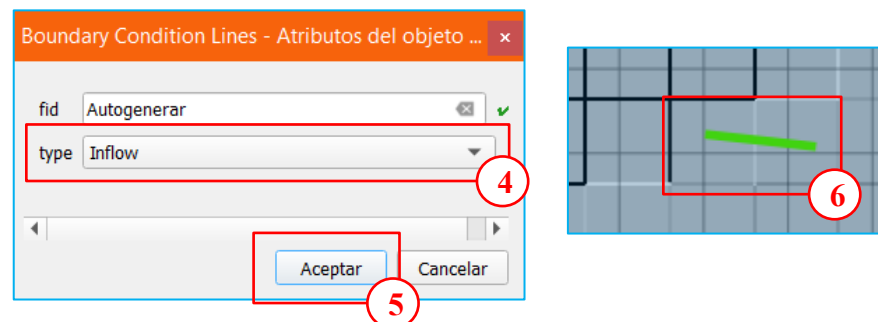
$$\frac{20}{4} = 5 < 3 \frac{m^3/seg}{m^2}, \text{no cumple}$$

Se seleccionará 10 m³/seg para cada grilla, por lo tanto, la condición de ingreso se hará en dos grillas.

En la ventana de capas seleccionar condición de contorno tipo línea.

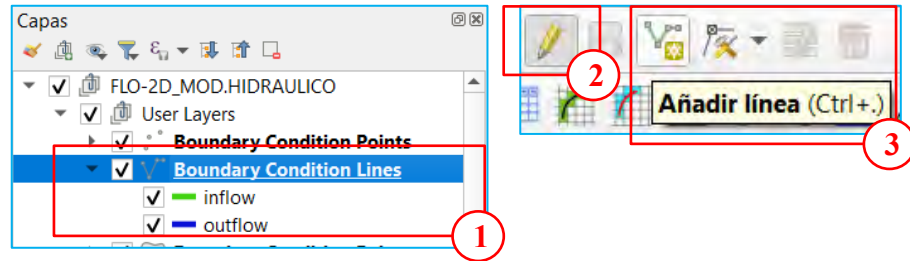


Se dibuja la línea de ingreso que contenga dos grillas, luego botón derecho y aparecerá la siguiente ventana.

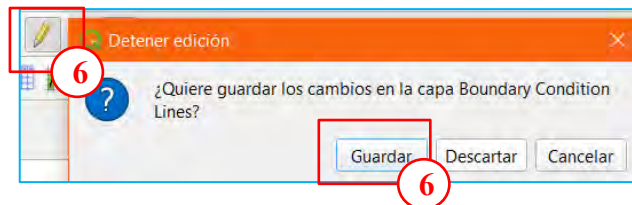
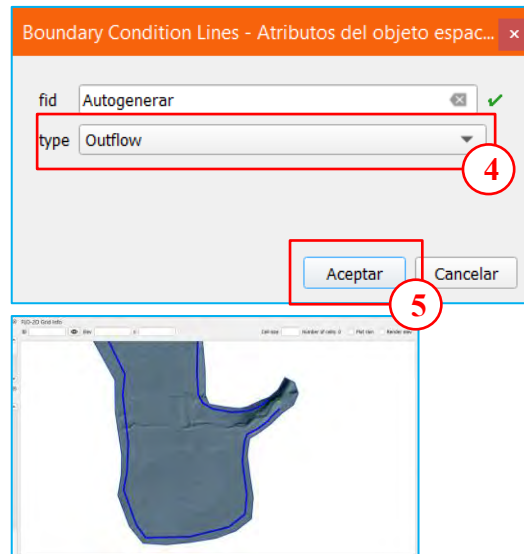


2.7.2. Condición de salida

En la ventana de capas seleccionar condición de contorno tipo línea.

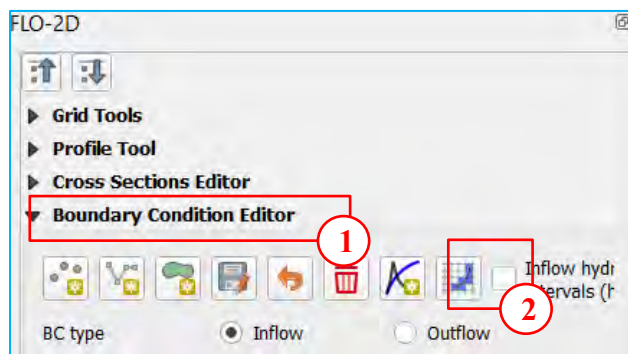


Se dibuja la línea de ingreso que contenga dos grillas, luego botón derecho y aparecerá la siguiente ventana.

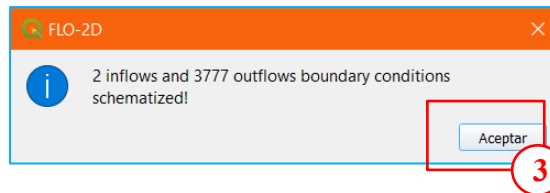


2.7.3. Esquematización de las condiciones de contorno

Seleccionar *Boundary Condition Editor/Schematize Boundary Condition*.

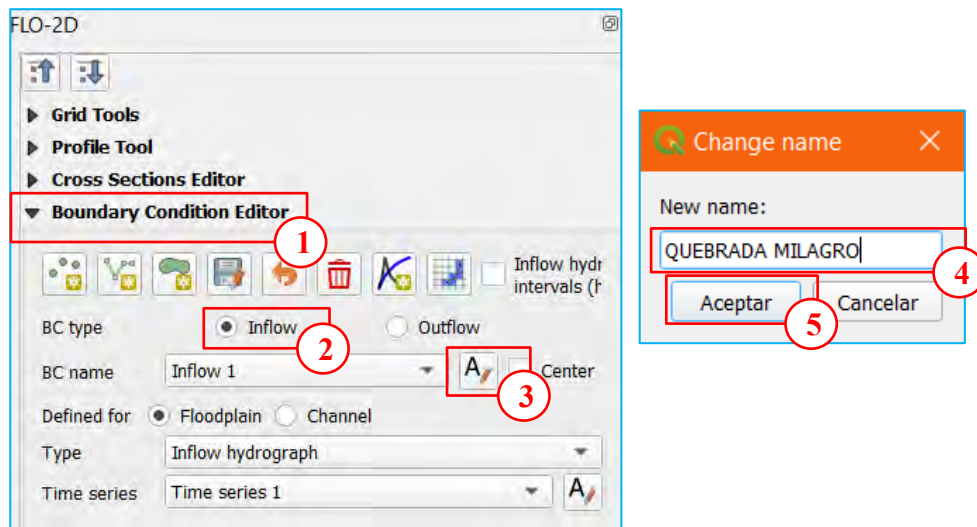


Seguidamente aparecerá un mensaje donde indica la cantidad de grillas de entrada y salida.

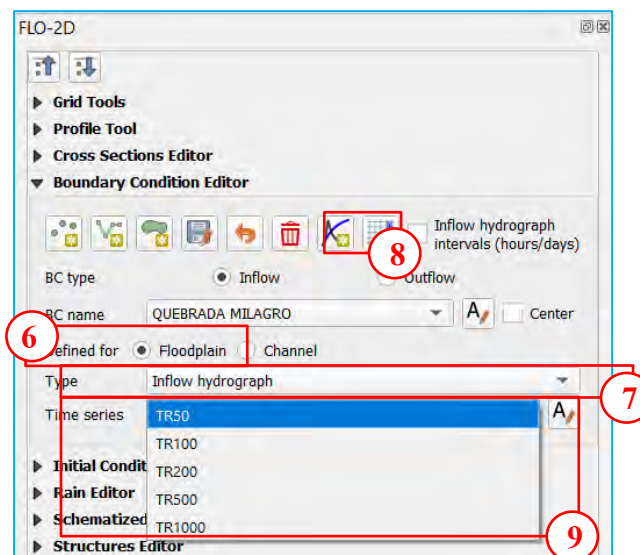


2.8. Ingreso del Hidrograma de Avenidas (Q_{máx.}) y el Concentración Volumétrica (CV)

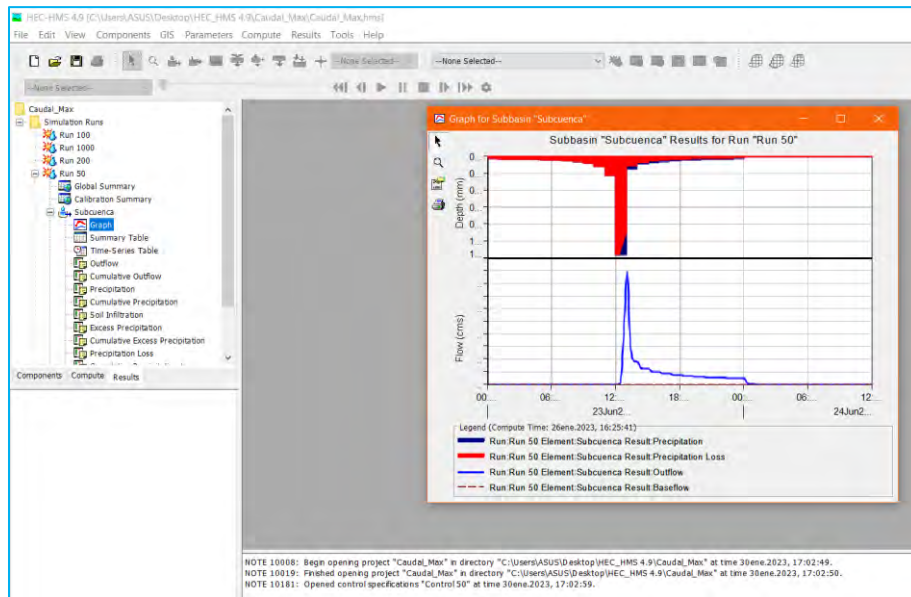
En la opción **Boundary Condition Editor/Inflow/BC name**, poner el nombre del cauce y *Aceptar*.



Seleccionar el tipo de datos de la avenida máxima, en este caso se ingresará el hidrograma para diferentes tiempos de retorno. Para agregar hidrogramas seleccionar el icono de *Add Data Series*.



Las avenidas máximas han sido calculadas para diferentes tiempos de retorno mediante HEC-HMS.



Para el valor del coeficiente volumétrico como un dato inicial se toma de acuerdo a la siguiente tabla.

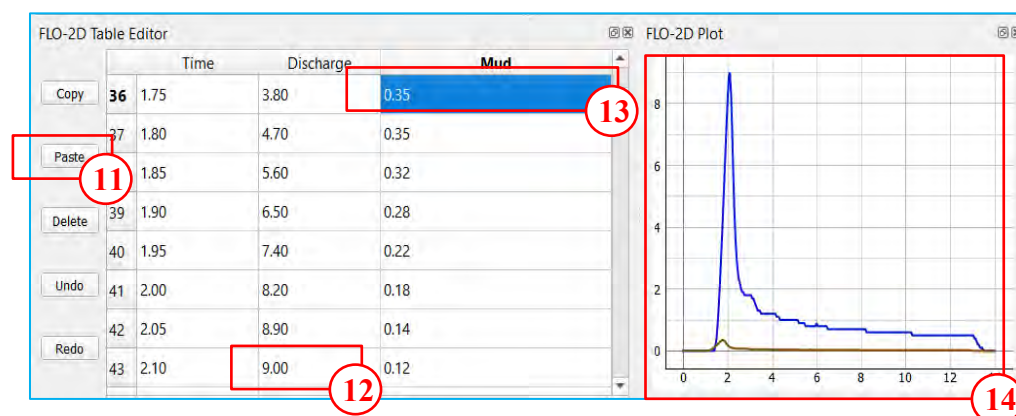
Comportamiento del Flujo en Función de la Concentración de Sedimentos			
	Concentración de Sedimentos		Características del Flujo
	Por Volumen	Por Peso	
Deslizamientos	0.65 – 0.80	0.83 – 0.91	No fluye, falla por deslizamiento en bloque
	0.55 – 0.65	0.76 – 0.83	Deslizamiento en bloque con deformación interna y; reptación previa a la falla.
Flujo de barro	0.48 – 0.55	0.72 – 0.76	Flujo evidente; reptación sostenida de barro; deformación plástica bajo su propio peso; cohesivo; no ocurre esparcimiento sobre una superficie plana
	0.45 – 0.48	0.69 – 0.72	Flujo con esparcimiento sobre superficies planas. Flujo cohesivo; mezcla.
Inundaciones o crecidas de barro	0.40 – 0.45	0.65 – 0.69	Flujo se mezcla fácilmente; deposición de grandes bloques; ocurren ondas pero se disipan rápidamente.
	0.35 – 0.40	0.59 – 0.65	Deposición marcada de gravas y cantos rodados; esparcimiento casi completo en superficies planas; dos fases en superficie con ondas.
	0.30 – 0.35	0.54 – 0.59	Separación del agua en superficie; las ondas viajan fácilmente; arena y grava viaje como carga de fondo
	0.20 – 0.25	0.41 – 0.54	Ondas dominan el movimiento superficial
Inundaciones o crecidas de agua	<0.20	<0.41	Inundación de agua con posibilidad de sedimentos en suspensión o carga de fondo.

Se ha tomado el valor de la CV = 0.35, de acuerdo a lo visto en campo e imágenes de la inundación ocurrida.

Desde la hoja Excel copiar y pegar la información de caudal y CV para los diferentes tiempos de retorno. Ejemplo TR 50 años.

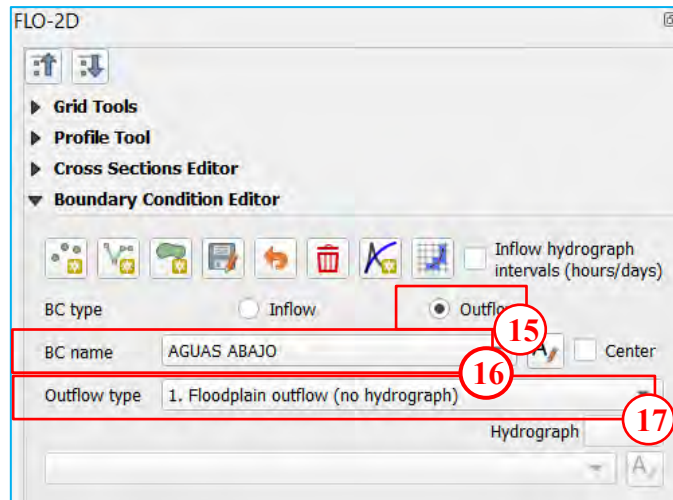
TR 50		
Tiempo	Qmáx	CV
0.00	0.00	0.00
0.05	0.00	0.00
0.10	0.00	0.00
0.15	0.00	0.00
1.70	3.00	0.32
1.75	3.80	0.35
1.80	4.70	0.35
1.85	5.60	0.32
1.90	6.50	0.28
1.95	7.40	0.22
2.00	8.20	0.18
2.05	8.90	0.14
2.10	9.00	0.12
2.15	8.30	0.10
2.20	7.10	0.09
2.25	5.70	0.09
2.30	4.50	0.08
2.35	3.60	0.07
2.40	3.00	0.07
2.45	2.60	0.07
2.50	2.30	0.07
2.55	2.20	0.07
2.60	2.00	0.07
2.65	1.90	0.07

Se selecciona paste y automáticamente se pegarán los datos como se muestra.



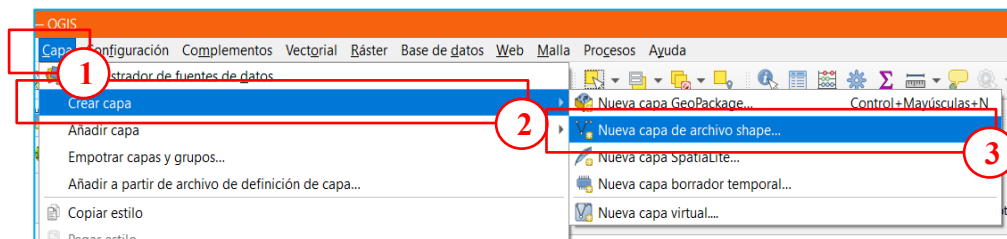
Se muestra el caudal máximo, Cv máximo y los hidrogramas de caudal y CV. El tiempo es en **horas** y el caudal en **m³/seg**.

Dar el nombre a la condición de salida y el tipo de **llanura de inundación**.

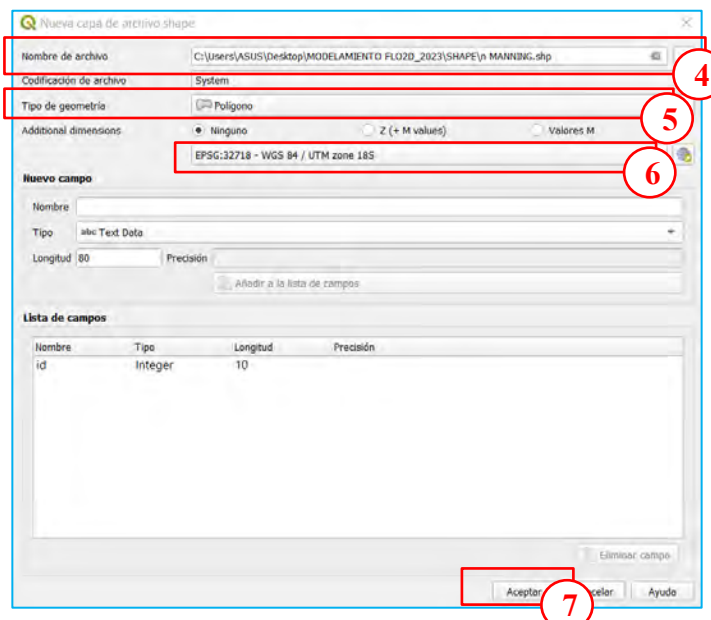


2.9. Creación de la capa de n de Manning

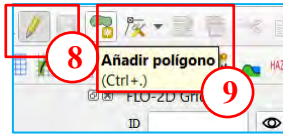
Para crear una nueva capa donde este la información del coeficiente de Manning, se selecciona *Capa/Crear capa/Nueva capa de archivo shape...*



Ingresar el nombre del archivo, geometría tipo polígono, el sistema de coordenadas y aceptar.



Iniciar la creación del polígono seleccionando la capa creada luego *Conmutar edición/Añadir polígono*.



Se procede a dibujar el polígono para cada zona de n Manning diferente.



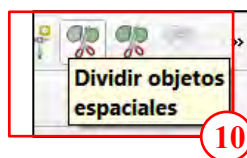
Se puede tomar los siguientes valores de acuerdo a las características de la cobertura y suelo.

Coefficientes de rugosidad "n" de Manning típicos recomendados.

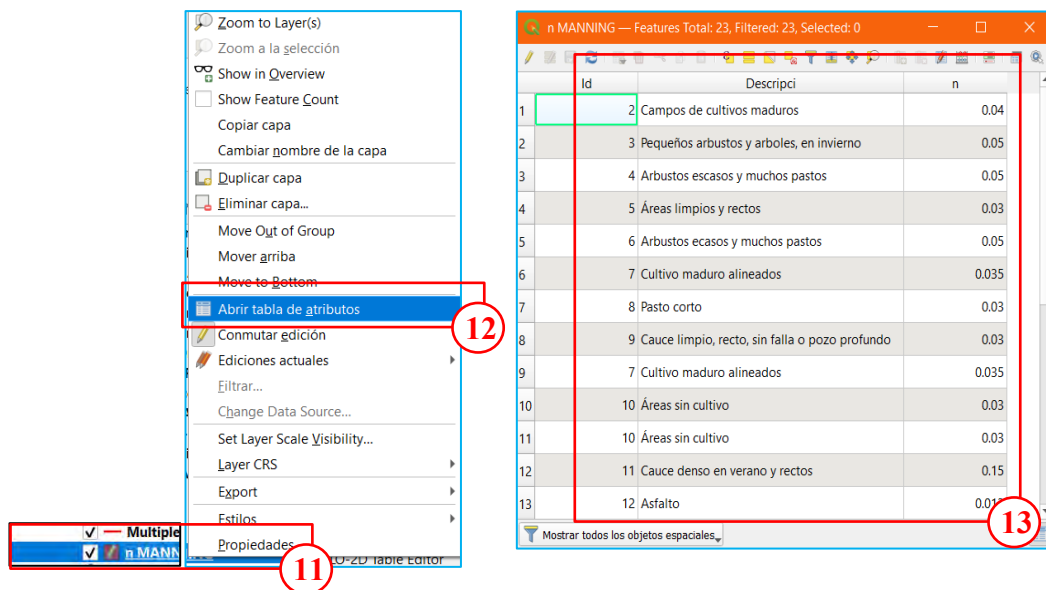
Tipo de cauce y descripción	Valor de "n"		
	Mínimo	Normal	Máximo
D. Cauces naturales menores (ancho superior, a nivel de crecida, menor que 30 m)			
D1) Cauces en planicie			
1) Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2) Igual que arriba pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
3) Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033	0.040	0.045
4) Igual que arriba, pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.050
5) Igual que arriba, niveles más bajos, pendiente y secciones más inefectivas	0.040	0.048	0.055
6) Igual que 4, pero más piedras	0.045	0.050	0.060
7) Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8) Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorrido de la crecida con mucha madera o arbustos bajos	0.075	0.100	0.150
D2) Cauces de montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas y sumergidos para niveles altos			
1) Fondo: grava, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2) Cantos rodado y algunas rocas	0.040	0.050	0.070
E) Cauces con planicie de crecidas			
1) Pastos sin arbustos			
• Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
• Pastos altos	0.030	0.035	0.050
2) Áreas cultivadas			
• Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
• Cultivos maduros alineados	0.025	0.035	0.045
• Campo de cultivos maduros	0.030	0.040	0.050
3) Arbustos			
• Arbustos escasos, muchos pastos	0.035	0.050	0.070
• Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
• Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
• Arbustos medianos a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
• Arbustos medianos a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
4) Árboles			
• Sauces densos, en verano y rectos	0.110	0.150	0.200
• Tierra clara con ramas, sin brotes	0.030	0.040	0.050
• Igual que arriba, pero con gran crecimiento de brotes	0.050	0.060	0.080
• Grupos grandes de madera, algunos árboles caídos, poco crecimiento inferior y nivel de la inundación por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
• Igual que arriba, pero con el nivel de inundación alcanzando las ramas	0.100	0.120	0.160
F) Cursos de agua importantes (Ancho superior, a nivel de inundación, mayor que 30 m). Los valores de n son menores que los de los cursos menores de descripción similar, ya que los bancos ofrecen menor resistencia efectiva.			
1) Sección regular sin rocas y arbustos	0.025	-	0.060
2) Sección irregular y áspera	0.035	-	0.100

Fuente: Ven T. Chow "Hidráulica de Canales Abiertos", McGraw-Hill, 1994 |

Para dividir en zonas el polígono seleccionar la capa de Manning luego **Conmutar edición/Dividir objetos espaciales**.

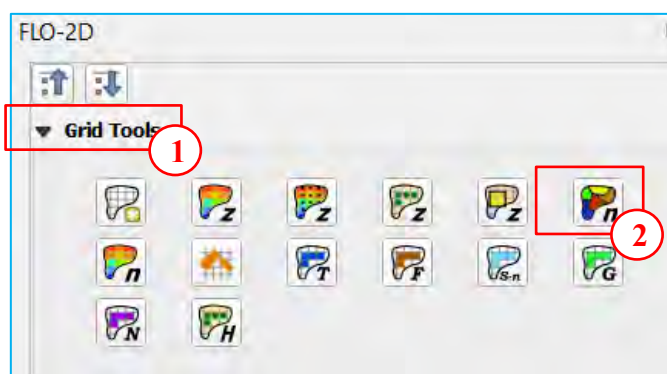


Seleccionar la capa de Manning en la opción de tabla de atributos ingresar los campos de valores de n Manning y su descripción.

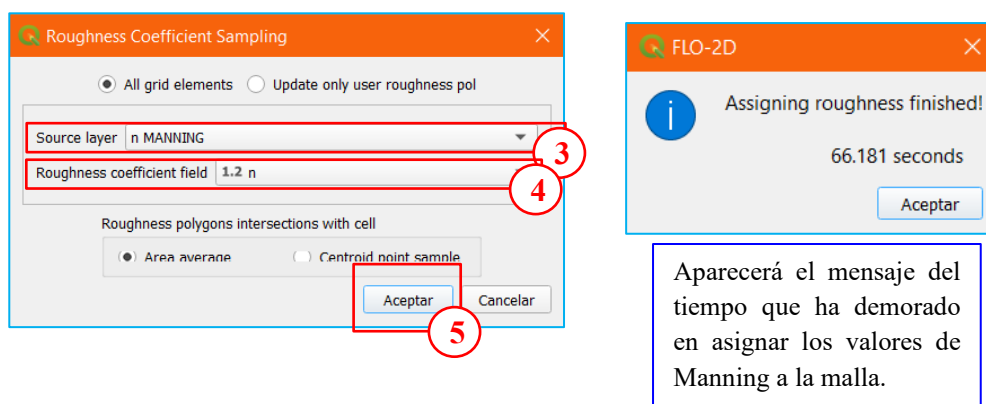


2.10. Asignación de n Manning a la malla

Para la asignación de coeficientes de Manning en el panel de FLO-2D seleccionar **Grid Tools/Sampling roughness**.



En la siguiente ventana seleccionar la capa de n Manning y el campo donde se encuentran los valores.



Aparecerá el mensaje del tiempo que ha demorado en asignar los valores de Manning a la malla.

En la tabla de atributos de **Grid** se debe verificar que cada grilla tenga los valores de Manning y elevación.

fid	n_value	elevation
1	1	2257.8393
2	2	2257.7624
3	3	2257.6855
4	4	2257.6086
5	5	2257.5316
6	6	2257.4547
7	7	2257.3778
8	8	2257.3009
9	9	2257.2182
10	10	2257.0949
11	11	2256.9858
12	12	2259.589

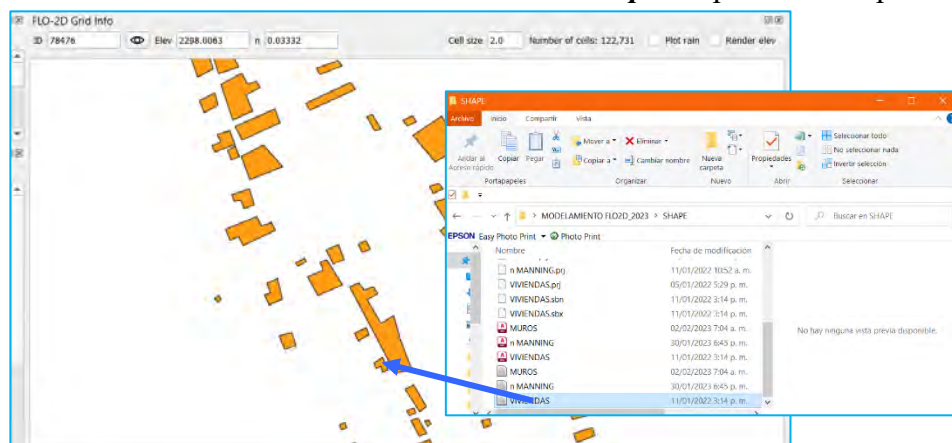
2.11. Ingreso de viviendas y muros en el Modelo

Se requiere datos de las viviendas (polígonos) y muros (polilíneas) en formato vectorial (shape).

MUROS	02/02/2023 7:04 a. m.	AutoCAD Shape S...
VIVIENDAS	11/01/2022 3:14 p. m.	AutoCAD Shape S...

2.11.1. Asignar edificios

1. Arrastre el archivo de forma **VIVIENDAS.shp** al espacio del mapa.

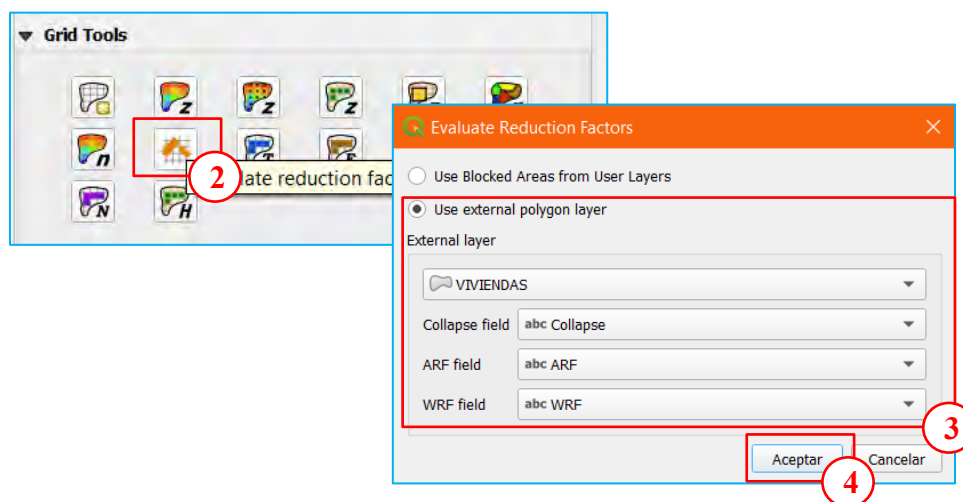


El archivo de forma **VIVIENDAS.shp** necesita 3 campos en la tabla de atributos.

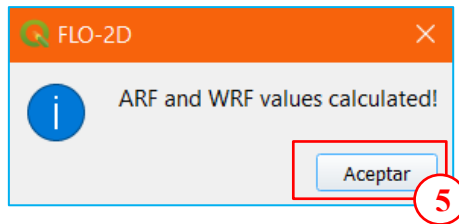
OID_	Name	Shape_Area	Collapse	ARF	WRF	Mod
1	0 V6	4.7225791516e-...	0	1	0	NULL
2	0 V7	3.0033600188e-...	0	1	0	NULL
3	0 V8	2.0050954415e-...	0	1	0	NULL
4	0 V9	1.1848042362e-...	0	1	0	NULL
5	0 V10	1.2596819416e-...	0	1	0	NULL
6	0 V11	1.084467082e-08	0	1	0	NULL

Estos campos representan interruptores para establecer el control de cálculo para cada edificio.

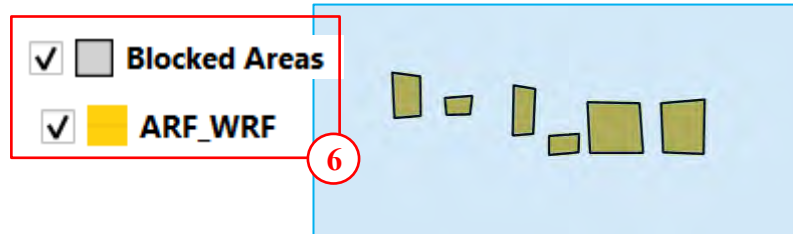
- **Collapse = 0** ignorará la configuración de colapso del edificio.
 - **Collapse = 1** aplicará el control para el colapso del edificio. Si es necesario derrumbar un edificio, busque en el manual de entrada de datos un archivo de datos adicional.
 - **ARF = 0** ignorará el cálculo de ARF.
 - **ARF = 1** calculará el cálculo ARF.
 - **WRF = 0** ignorará el WRF espacialmente variable, pero aplicará una línea T a cualquier celda totalmente bloqueada.
 - **WRF = 1** calculará el WRF espacialmente variable y aplicará una línea T a cualquier celda totalmente bloqueada.
2. Seleccionar el icono de *Calculate reduction factors (ARF y WRF)*, configure los parámetros y en *Aceptar*.



3. Cierra la ventana con *Aceptar*.



4. Las nuevas capas muestran ARF y polígonos de áreas bloqueadas.

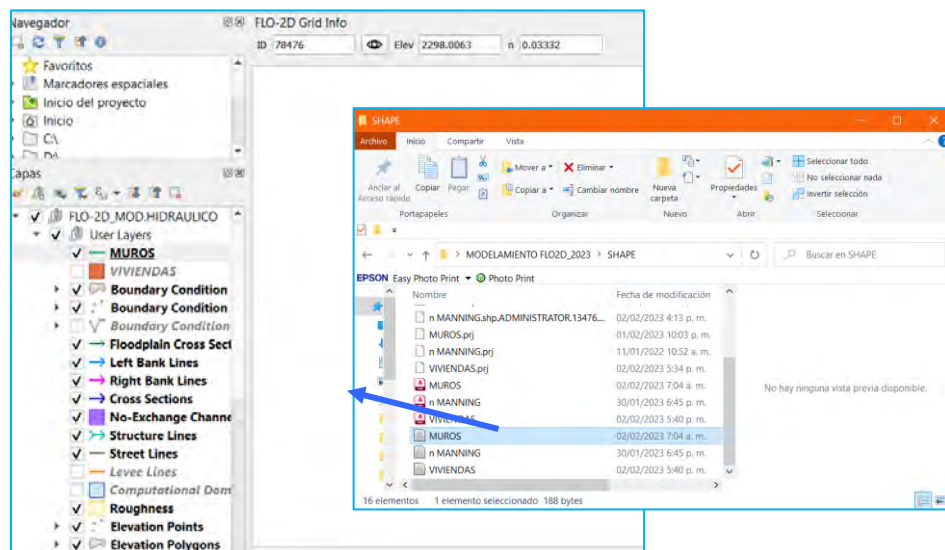


2.11.2. Asignar muros

1. Desmarque viviendas de la capa de usuario y ARF_WRF de la capa de esquema, esto mejorará la velocidad de carga del mapa.

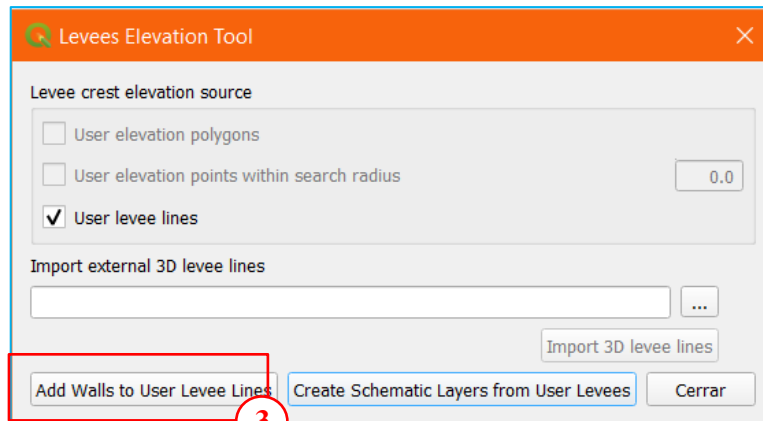


2. Arrastre el archivo *MUROS.shp* al espacio del mapa.

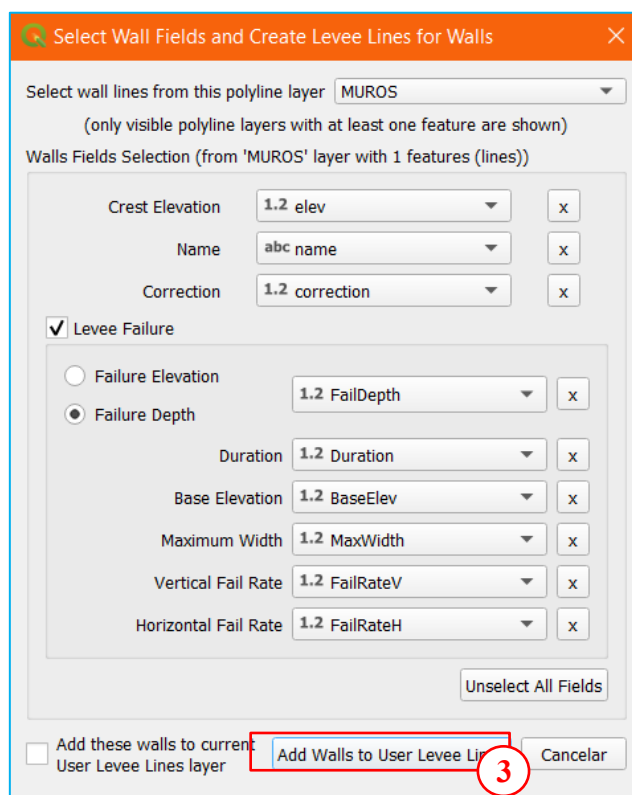


3. Desde la barra de herramientas de FLO-2D haga clic en *Levee Elevation Tool/Add Walls to User Levee Line*.





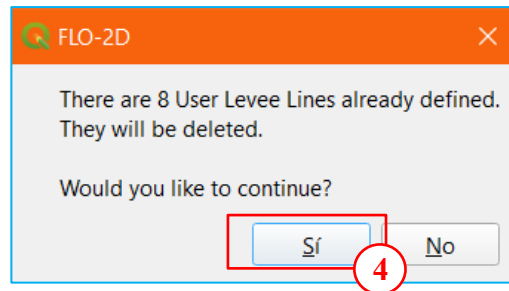
4. Establezca los campos de falla y elevación del muro haciendo clic en **Add Walls to User Levee Line**.



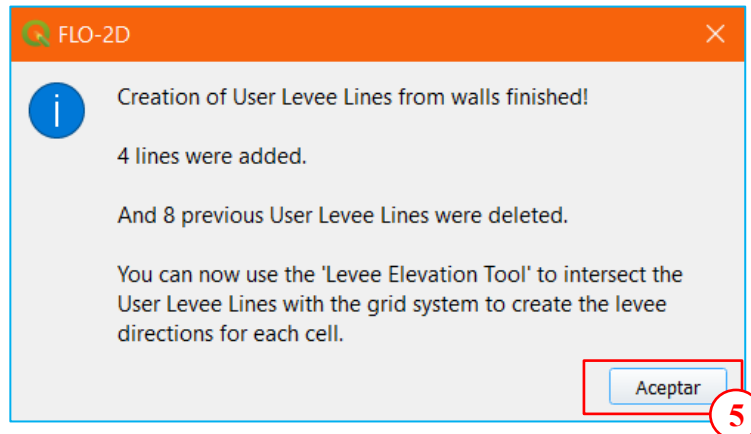
Nota:

Los campos de la capa MUROS deben ser establecidos de acuerdo al tipo como ha mostrado. Se recomienda poner los nombres de los campos a lo mostrado en la imagen anterior.

5. Si cuenta con líneas de diques ya definidas aparecerá un mensaje, hacer clic en Si para eliminarlos.



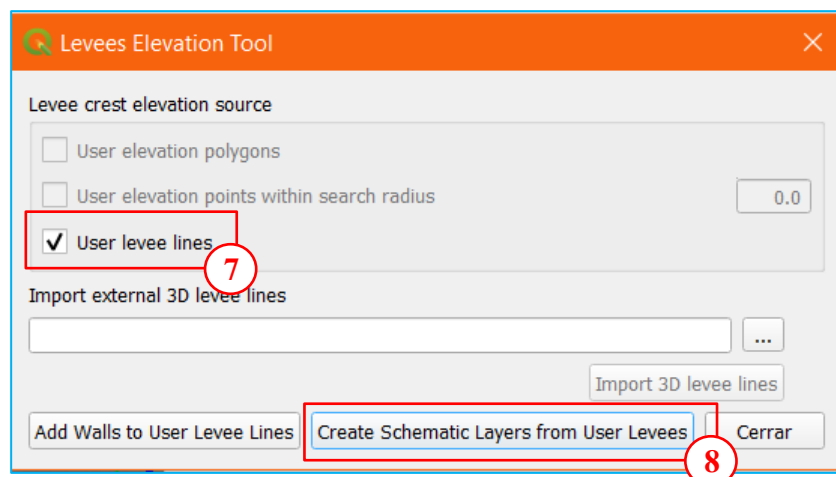
6. Los diques se agregaron a la capa de usuario. Haga clic en *Aceptar*.



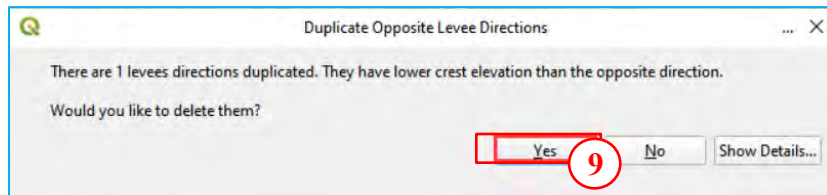
7. Desde la barra de herramientas de FLO-2D haga clic en *Levee Elevation Tool/Add Walls to User Levee Line*.



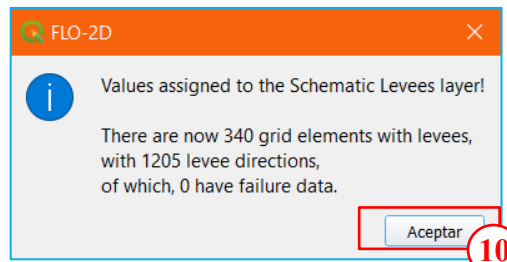
8. Debe estar solamente la opción que se utilizan líneas de dique. Desmarque los polígonos de elevación si está marcado.



9. Si se identificaron diques duplicados. Elimínelos haciendo clic en *Sí*.

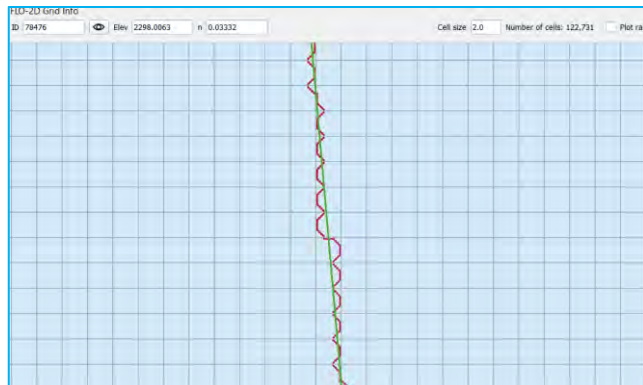


10. Una vez finalizado el proceso, aparecerá la siguiente imagen. Haga clic en Aceptar para cerrarlo.

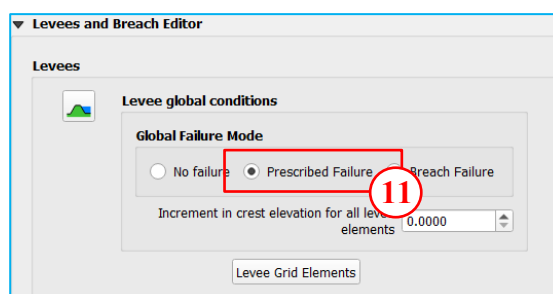


11. Los muros se muestran con marcas de corte rojas. Inspeccionar visualmente puede ayudar a realizar el control de calidad de los datos.

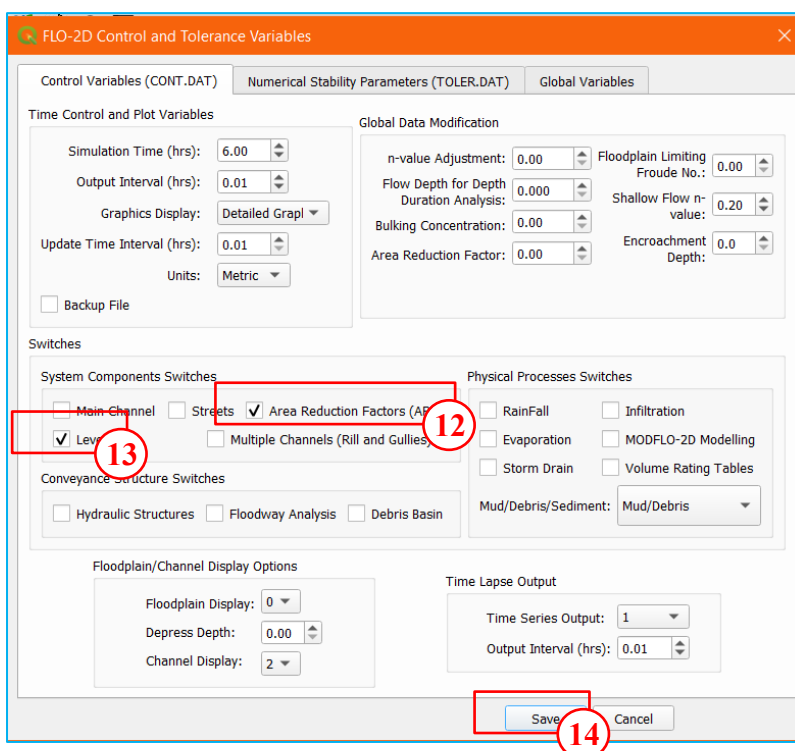
Levees



12. Si se desea analizar la falla de los muros activarlo desde la ventana de editor FLO-2D, *Levees and Breach Editor/Levees/Levees global conditions/Prescribed Failure*.



13. Para la exportación al GDS debe establecer los parámetros de control en la barra de herramientas de FLO-2D.



2.12. Ingreso de los Parámetros Reológicos

En la barra de herramientas del complemento del FLO2D seleccionar **Mud and Sediment Transport**.



La gravedad específica del suelo que se encuentra en el cauce se obtiene del estudio de mecánica de suelos o de tablas.

Tabla 1.4 Gravedad específica de algunos suelos.

Tipo de suelo	G_s
Arena de cuarzo	2.64 - 2.66 (2)
Limo	2.67 - 2.72
Arcilla	2.70 - 2.9
Marga	2.60 - 2.75
Loess	2.65 - 2.73
Turba	1.30 - 1.9

Para un suelo de grava mal graduada con presencia de arena se ha tomado $G_s = 2.65$.

La selección de los coeficientes de viscosidad (η) y esfuerzo de cedencia (τ_y) se ha procedido a tomar una fuente de acuerdo a la siguiente tabla de acuerdo a la cantidad de finos.

Propiedades de las matrices de flujos de lodo (Arcillas + Limos)

Fuente	Distribución del tamaño de sedimento				Límite líquido	Índice plástico
	Arcilla (%)	D ₁₆ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₈₄ (mm)		
Glenwood original	4,8	0,010	0,034	0,062	-	-
Glenwood sample 1	6,8	0,009	0,023	0,050	-	-
Glenwood sample 2	3,0	0,016	0,035	0,061	-	-
Glenwood sample 3	4,8	0,011	0,025	0,053	-	-
Glenwood sample 4	7,6	0,001	0,018	0,032	-	-
Aspen Pit 1	31,3	0,001	0,011	0,032	0,32	0,11
Aspen natural soil	27,0	0,001	0,012	0,028	0,25	0,06
Aspen mine fill	27,8	0,001	0,013	0,030	0,24	0,06
Aspen natural soil source	31,6	0,001	0,016	0,039	-	-
Aspen mine fill source	25,2	0,001	0,018	0,061	-	-

Fuente: O'Brien y Julien (1988), "Laboratory Analysis of mudflow properties"

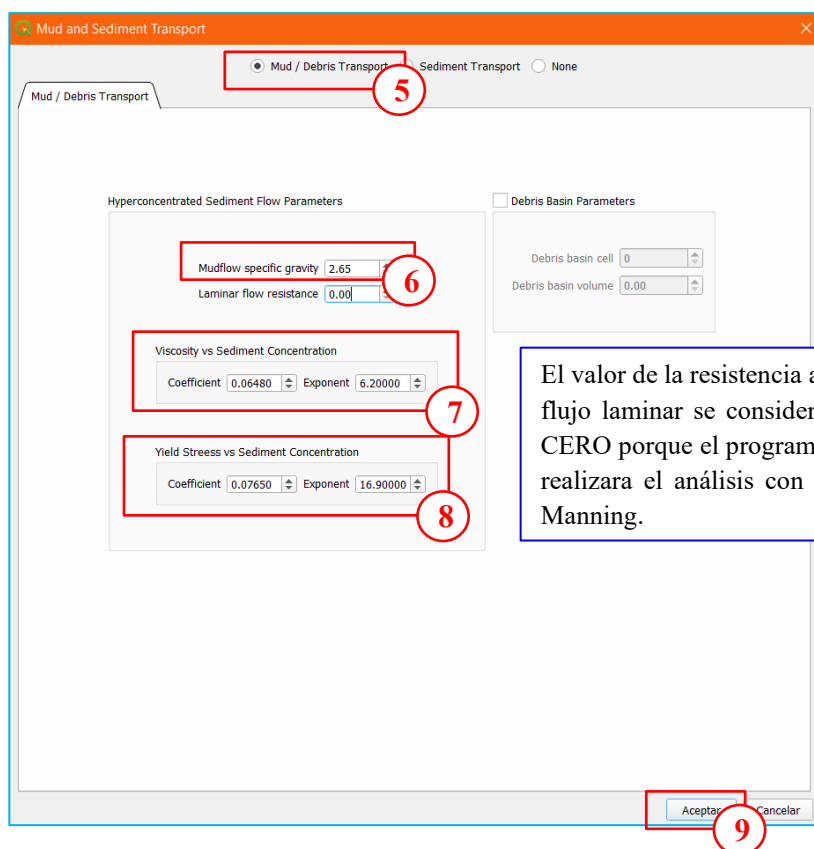
Para el esfuerzo de cedencia $\alpha=0.0765$ y $\beta=16.9$ y para la viscosidad $\alpha=0.0648$ y $\beta=6.20$

Esfuerzo de cedencia y viscosidad en función del CV

Fuente	$\tau_y = \alpha e^{\beta CV}$		$\eta = \alpha e^{\beta CV}$	
	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
Correlaciones disponibles de la literatura:				
Ida (1938)	-	-	0,0000373	36,6
Dai et al. (1980)	2,60	17,48	0,00750	14,39
Kang and Zhang (1980)	1,75	7,82	0,0405	8,29
Qian et al. (1980)	0,00136	21,2	-	-
	0,050	15,48	-	-

Fuente: O'Brien y Julien (1988), "Laboratory Analysis of mudflow properties"

En la ventana de Mud and Sediment Transport ingresar los valores de gravedad específica y los coeficientes de la viscosidad y esfuerzo de cedencia.



III. EXPORTACIÓN DEL MODELO PARA GDS

3.1. Configuraciones Globales del Modelo

En la barra de herramienta del FLO2D seleccionar **Set Control Parameters**.



Simulation Time (hrs): el tiempo de simulación está de acuerdo al hidrograma de avenidas, el tiempo tiene que ser mayor al tiempo del caudal pico.

Output Interval (hrs): el intervalo de salida de los resultados.

Graphics Display: visualizar el grafico (hidrograma) a detalle.

Update Time Interval (hrs): tiempo de intervalo que se va dibujar la inundación, se recomienda mismo tiempo que el Output Interval.

Bulking Concentration: se ingresa el valor del Cv para un análisis con Cv constante y sin considerar los parámetros reológicos.

Surface Detention: altura mínima de la inundación para que el análisis se detenga y no siga con la mancha de inundación.

1) Control de tiempo y visualización de variables

2) Modificaciones globales

3) Control de componentes y estructuras hidráulicas

4) Control de procesos físicos

5) Control de llanura aluvial (floodplain)

6) Control de llanura aluvial (floodplain)

The screenshot shows the 'FLO-2D Control and Tolerance Variables' dialog box with the following sections and controls:

- Control Variables (CONT.DAT):**
 - Time Control and Plot Variables: Simulation Time (6.00), Output Interval (0.01), Graphics Display (Detailed Graph), Update Time Interval (0.01), Units (Metric), Backup File checkbox.
- Numerical Stability Parameters (TOLER.DAT):**
 - Global Data Modification: n-value Adjustment (0.00), Floodplain Froude No. (0.00), Flow Depth for Depth Duration Analysis (0.000), Shallow Flow n-value (0.20), Bulking Concentration (0.00), Encroachment Depth (0.0), Area Reduction Factor (0.00).
- Switches:**
 - System Components Switches: Main Channel, Streets, Area Reduction Factors (ARF) (checked), Trees, Multiple Channels (Rill and Gullies).
 - Conveyance Structure Switches: Hydraulic Structures, Floodway Analysis, Debris Basin.
 - Physical Processes Switches: RainFall, Infiltration, Evaporation, MODFLO-2D Modelling, Storm Drain, Volume Rating Tables.
 - Mud/Debris/Sediment: Mud/Debris dropdown.
- Floodplain/Channel Display Options:** Floodplain Display (0), Depress Depth (0.00), Channel Display (2).
- Time Lapse Output:** Time Series Output (1), Output Interval (0.01).

4

5

6

The screenshot shows the 'FLO-2D Control and Tolerance Variables' dialog box with the following sections and controls:

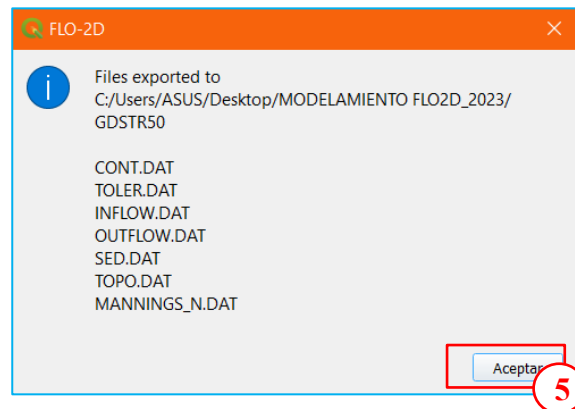
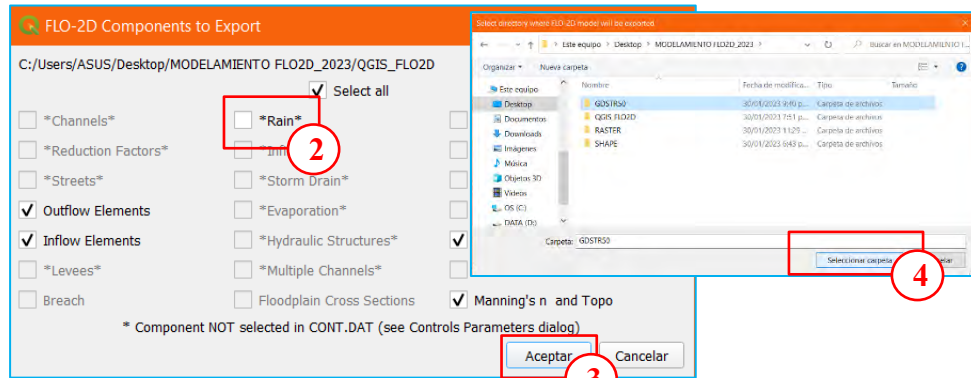
- Numerical Stability Parameters (TOLER.DAT):**
 - Surface Detention: 0.0100
 - Percent Change in Flow Depth: 0.0
 - Dynamic Wave Stability Coefficient: 0.00
- Courant Numbers:**
 - Courant Floodplain: 0.6
 - Channel Courant: 0.6
 - Street Courant: 0.6
 - Change Accelerator Rate: 0.10
- Buttons:** Save, Cancel.

3.2. Exportación del Modelo

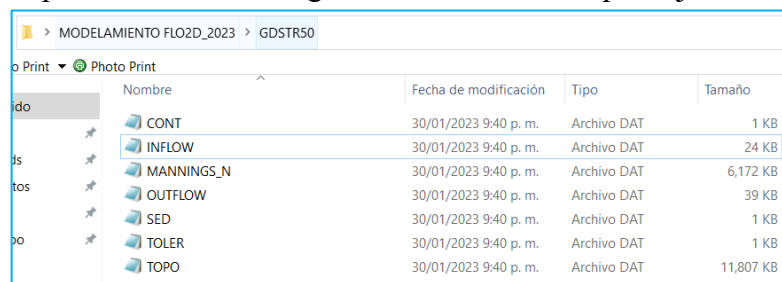
En la barra de herramienta del FLO2D seleccionar **Set Control Parameters**.



En la siguiente ventana deseleccionar **Rain/Aceptar**.



En la carpeta seleccionada se guardarán los archivos para ejecutarlos en el GDS.

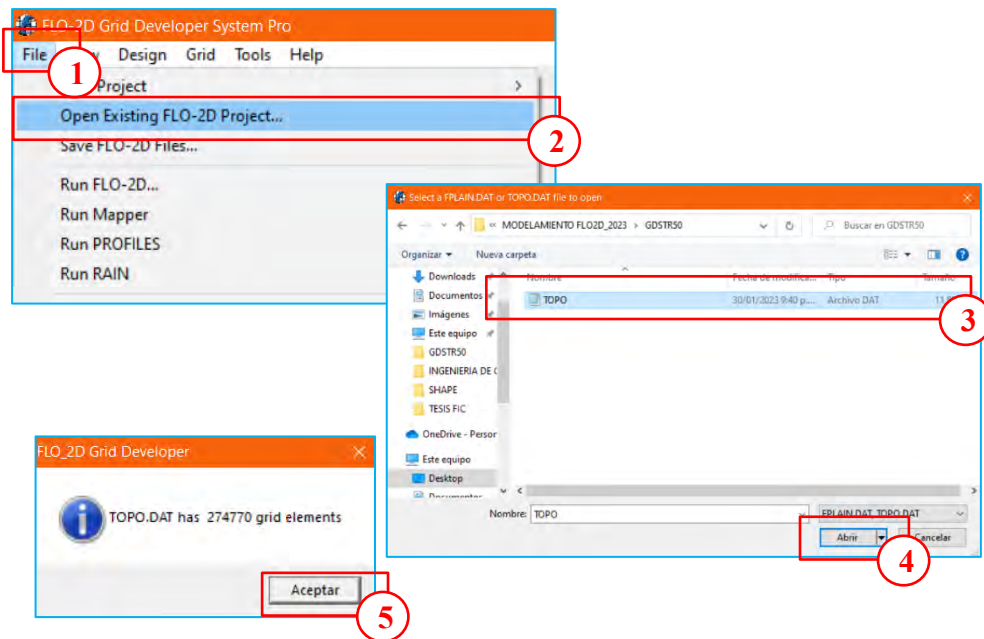


IV. EJECUCIÓN DEL MODELO EN EL GDS

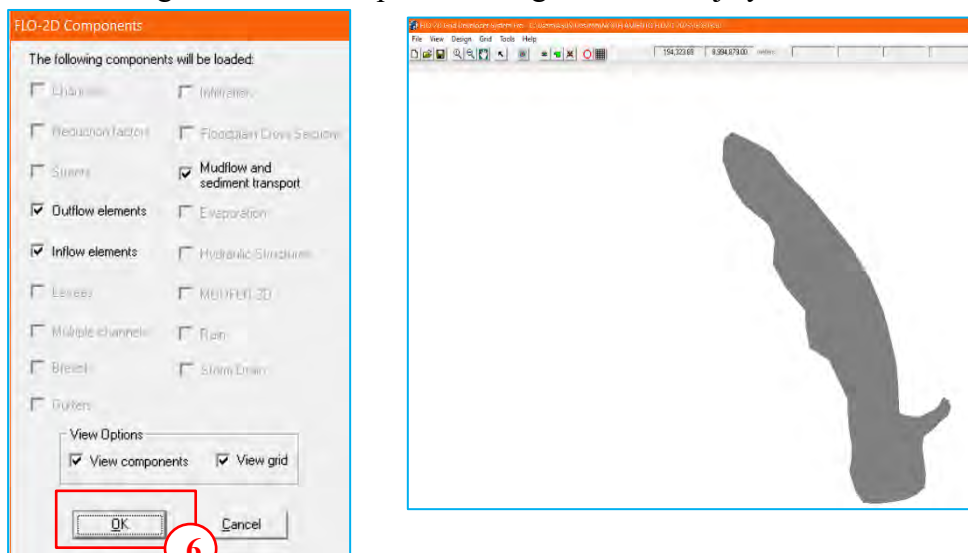
Desde el escritorio ejecutar GDS PRO.



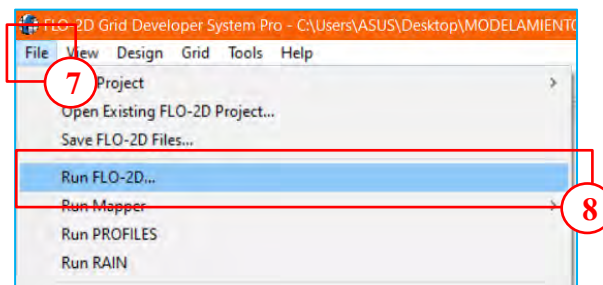
Seleccionar **File/Open Existing FLO-2D Project...**



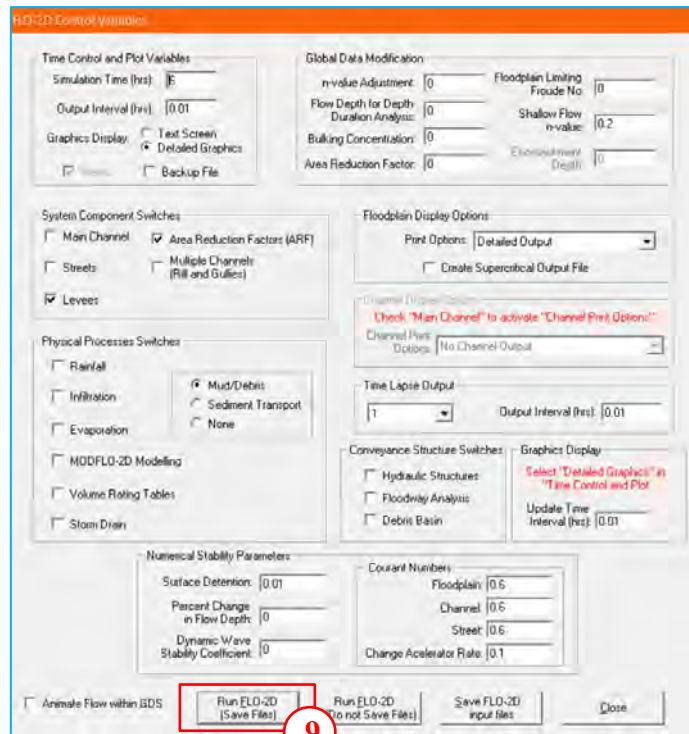
Una vez cargado el modelo aparecerá el siguiente mensaje y darle en **OK**.



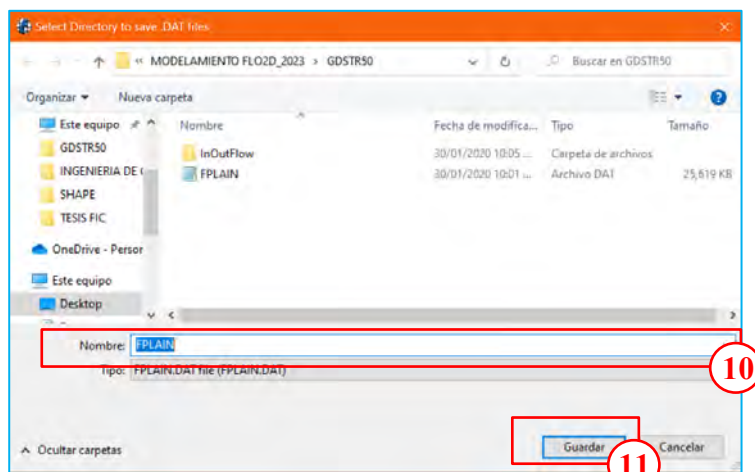
Para correr el programa seleccionar **File/Run FLO-2D**.



Aparecerá la siguiente ventana, hacer clic en **Run FLO-2D (Save Files)**.



Se creará el archivo FPLAIN.DAT, seleccionar **guardar/reemplazar/Ok**.

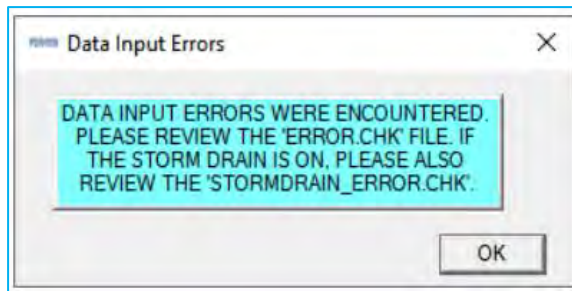


A todos los mensajes darlo **aceptar/Ok** y el programa empezara a correr el modelo, donde se presenta el siguiente mensaje.

```

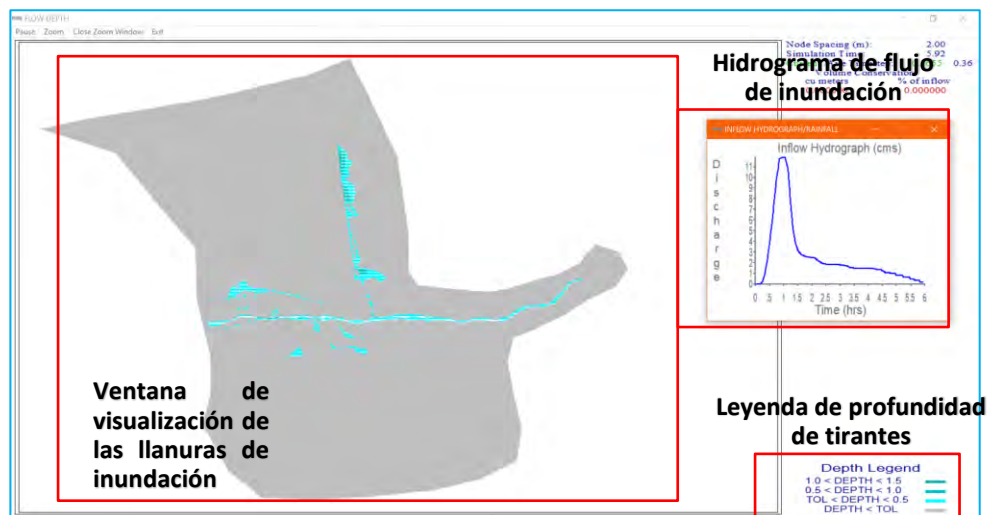
Pro Model - Build No.      21.08.23
(C) COPYRIGHT 2004. ALL RIGHTS RESERVED.
PROFESSIONAL LICENSE.
THIS MODEL CAN BE USED ON ANY COMPUTER
IN THE LICENSED OFFICE OR DEPARTMENT.
IT MAY NOT BE LOADED ON ANY COMPUTERS OUTSIDE THE LICENSED OFFICE.
THIS SOFTWARE IS PROTECTED BY
U. S. COPYRIGHT LAW (TITLE 17 USC).
UNAUTHORIZED REPRODUCTION AND/OR SALES MAY RESULT
IN IMPRISONMENT AND FINES (17 USC 506).
COPYRIGHT INFRINGERS MAY ALSO BE SUBJECT TO CIVIL LIABILITY
  
```

Si aparece un mensaje de error, abra el archivo **ERROR.CHK** desde el directorio del proyecto para corregir los errores. Si no aparece ningún mensaje de error, deje que se ejecute la simulación.



ERROR.CHK

Se mostrará el modelo y el hidrograma de flujo de lodos mientras se va ejecutando para el tiempo establecido.



Al finalizar aparecerá la ventana de mensajes, donde se podrá visualizar el estado de la simulación y las acciones.

Simulation Summary	Status	Action
Overall volume conservation	Excellent	No action necessary
Timestep decreases - numerical stability	Good	No action necessary
Maximum floodplain velocities	Maximum velocities may be high > 3.3 mps	Review maximum velocity plots and VELTIMEFP.OUT
Variation in n-values	Reasonable n-value adjustments	No action necessary

Model Runtime (hours): 2.35352

En la carpeta donde se guardó el modelamiento automáticamente se crearán archivos en formato **OUT**.

File Name	Date/Time	Type	Size
InOutFlow	29/01/2020 10:18 p. m.	Carpeta de archivos	
BASE	29/01/2020 10:30 p. m.	Archivo OUT	836 KB
CADPTS	29/01/2020 10:29 p. m.	Archivo DAT	7 KB
CONT	29/01/2020 10:29 p. m.	Archivo DAT	1 KB
CVFPMAX	29/01/2020 10:30 p. m.	Archivo OUT	10 KB
DEFPF	29/01/2020 10:30 p. m.	Archivo OUT	10 KB
DEPTH	29/01/2020 10:30 p. m.	Archivo OUT	10 KB
DEPTHTOL	29/01/2020 10:30 p. m.	Archivo OUT	9 KB
ERROR.CHK	29/01/2020 10:29 p. m.	Archivo CHK	1 KB
FINALDEP	29/01/2020 10:30 p. m.	Archivo OUT	10 KB
FINALDIR	29/01/2020 10:30 p. m.	Archivo OUT	3 KB
FINALVEL	29/01/2020 10:30 p. m.	Archivo OUT	10 KB
FLOODWAVETIME	29/01/2020 10:30 p. m.	Archivo OUT	26 KB

En el archivo **ERROR.CHK** se muestran los errores que se generaron durante la corrida del modelo.

El resumen de los resultados se encuentra en el archivo **SUMMARY.OUT**, al abrir se visualizará lo siguiente.

```

=====
*****
                                BALANCE DE MASA ENTRADA – VOLUMEN DE SALIDAD
=====
*****
                                * FLUJO DE ENTRADA (M3)
                                AGUA          FLUJO DE AGUA CON
                                             SEDIMENTOS
HIDROGRAMA DE ENTRADA DE AGUA SUPERFICIAL    94878.115    111280.653
-----
=====
*****
                                *** SALIDA SUPERFICIAL (M3)
                                FLUJO SUPERFICIAL          FLUJO DE LODO
VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO EN LLANURAS DE INUNDACIÓN                2606.846
VOLUMEN DE SALIDA DEL HIDROGRAMA DE SALIDA DE LLANURAS DE INUNDACIÓN 108673.807
-----
VOLUMEN DE SALIDA + ALMACENAMIENTO EN LLANURAS DE INUNDACIÓN        111280.653
AGUA ALMACENADA EN LLANURAS DE INUNDACIÓN                          485.383
=====

```

Conociendo el volumen de agua y la inundación se puede calcular la concentración volumétrica (C_v).

$$C_v = \frac{\text{Volumen de sedimentos}}{\text{Vol. sedimentos} + \text{Vol. agua}}$$

$$C_v = 16,42.538/111,280.653 = 0.147$$

El factor de volumen (Bulking factor) es igual:

$$BF = \frac{1}{1 - C_v}$$

$$BF = 1/(1-0.147) = 1.172$$

El caudal total (liquido + solido) será igual:

$$Q_{total} = Q_{liq} \times BF$$

$$Q_{total} = 9 \times 1.17 = 10.55 \text{ m}^3$$



Nota:

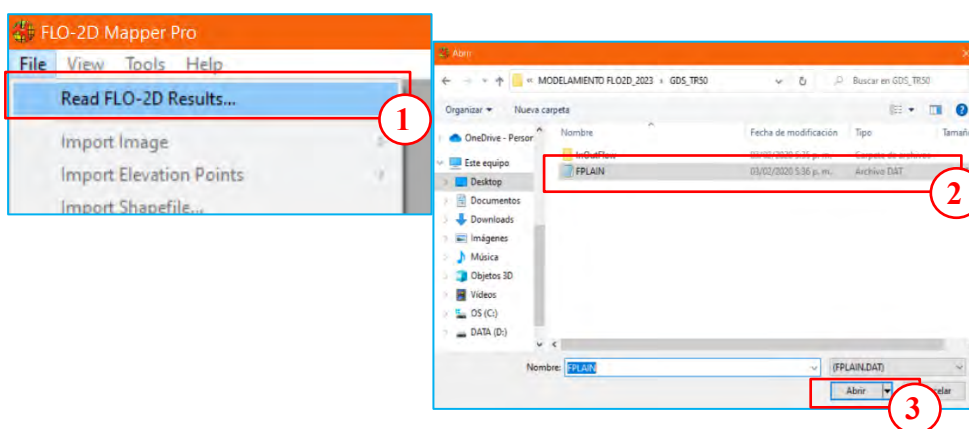
Con el C_v determinado se compara con el ingresado en el modelo, si son diferentes se procede a calibrar el modelo poniendo el C_v calculado en las condiciones de contorno (ingreso).

V. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS DEL MODELAMIENTO EN MAPPER PRO

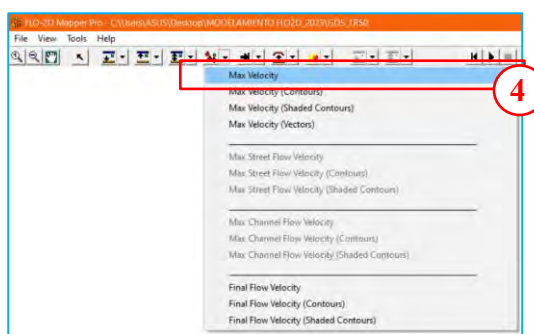
Desde el escritorio ejecutar **Mapper PRO**. Si no se encuentra en el escritorio abrir la carpeta donde se instaló el GDS PRO.



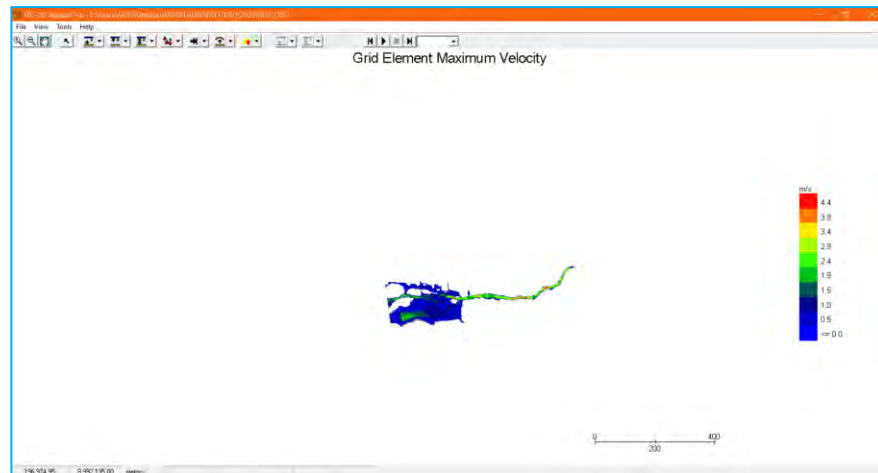
En la barra de opciones seleccionar **File/Read FLO-2D Result...** seleccionar la carpeta donde se guardó la corrida del modelo y seleccionar el archivo de nombre **FPLAIN.DAT** y dar en **Reemplazar archivo/Abrir**.



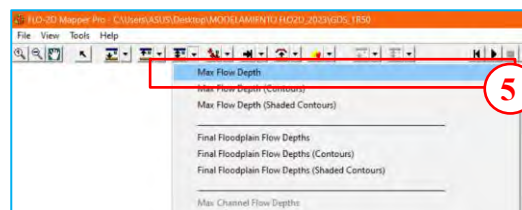
Para visualizar las velocidades máximas en la barra opciones seleccionar **Max Velocity**.



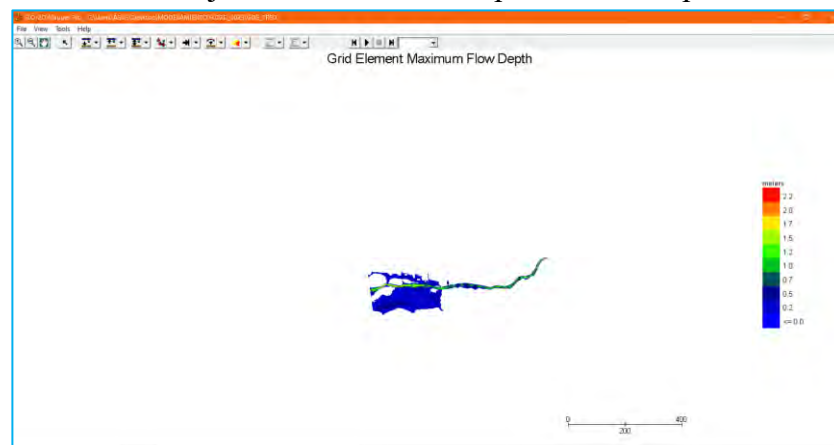
En la ventana de trabajo se visualizará el mapa de máxima velocidades.



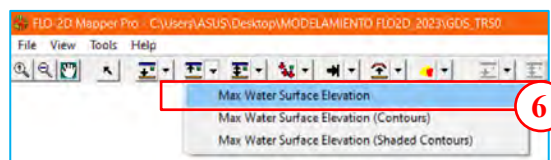
Para visualizar las máximas profundidades seleccionar la opción **Flow Depths/Max Flow Depth**.



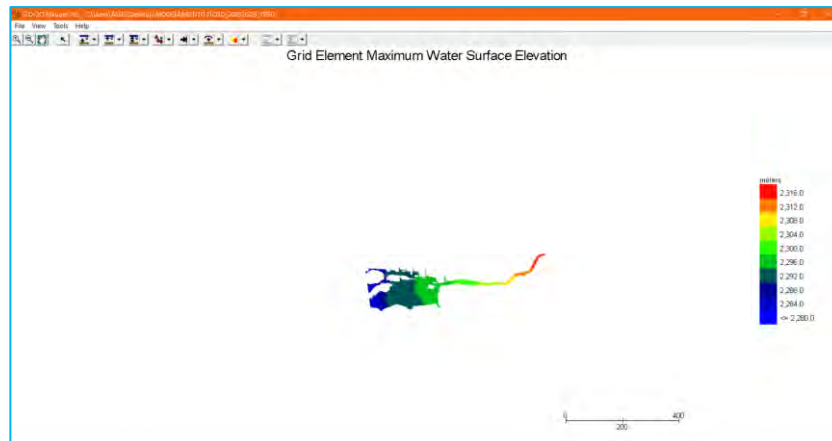
En la ventana de trabajo se visualizará el mapa de máxima profundidades.



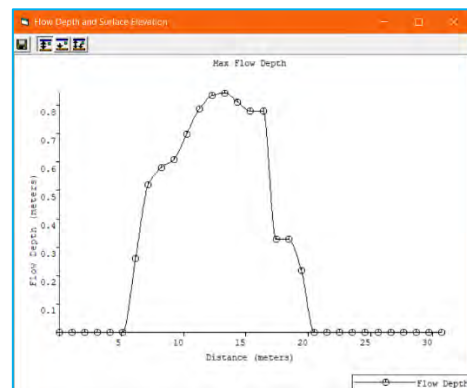
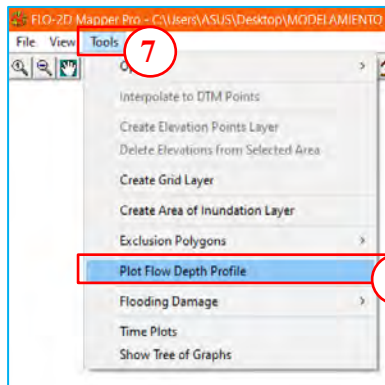
Para visualizar la superficie de elevación máxima del agua seleccionar la opción **Max Water Surface Elevation**.



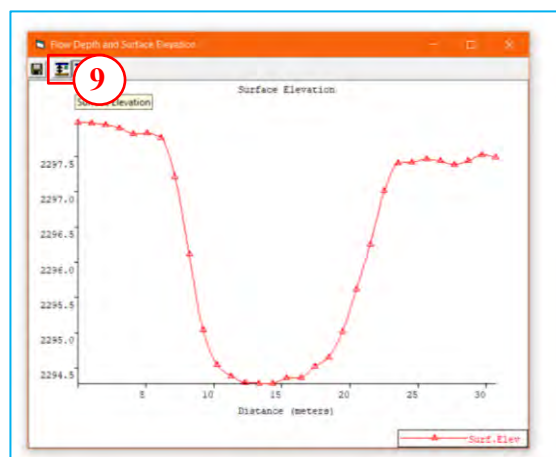
En la ventana de trabajo se visualizará el mapa de superficie de elevación máxima del agua.



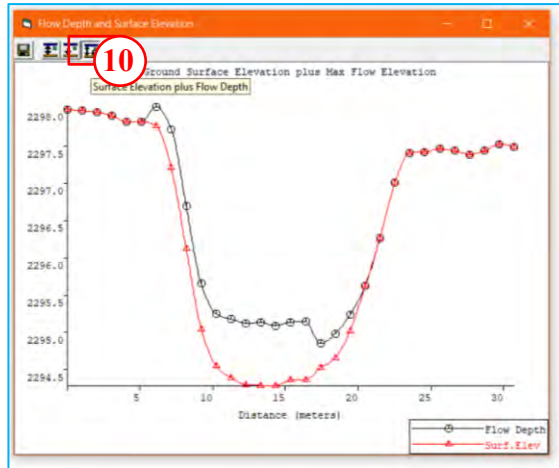
Para verificar los tirantes en una sección específica (antes y después del puente) en la barra de opciones seleccionar **Tools/Plot Flow Depth Profile**, dibujar la línea en la sección para que se muestre la profundidad máxima de flujo.



Para visualizar la elevación de la superficie de la sección seleccionar la opción **Surface Elevation**.



Para visualizar la elevación de la superficie y la profundidad de flujo en una sección seleccionar la opción **Surface Elevation**.

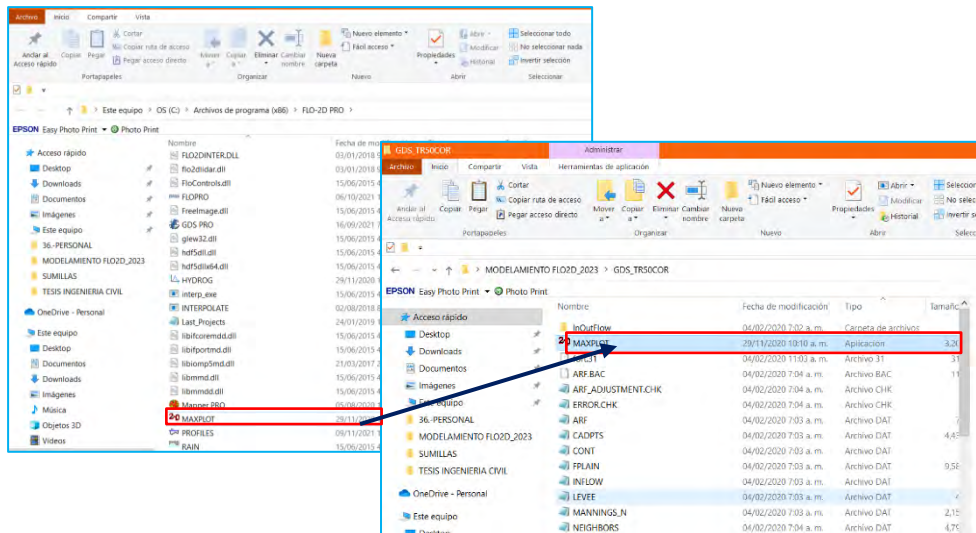


Nota:
 Todos los mapas cargados anteriormente generaran su respectivo *Shape* en la carpeta donde se guardó la corrida del modelo.

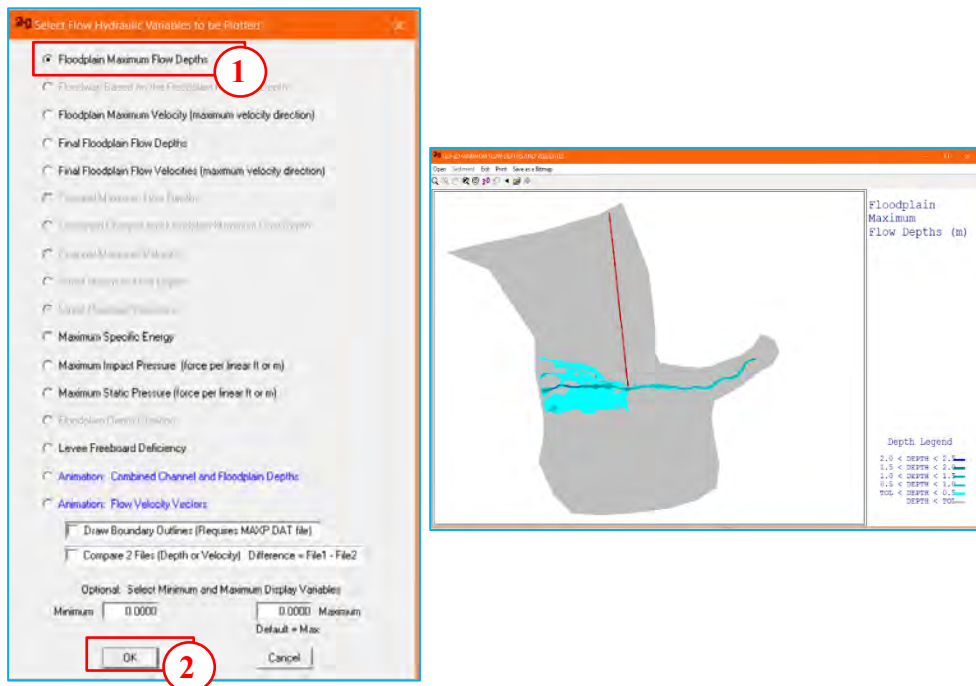
Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
MAXWSELEV	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	7,072 KB
OUTWQ	05/02/2023 7:59 p. m.	Archivo OUT	1,624 KB
SPECENERGY	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	7,072 KB
STATACROSS	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	1,072 KB
SUMMARY	05/02/2023 7:59 p. m.	Archivo OUT	48 KB
SUPER	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	1 KB
SURFAREA	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	8,734 KB
TIMCDEP	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	5,134,319 ...
TIMCDEP_N14	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	6,807,707 ...
TIME	05/02/2023 7:59 p. m.	Archivo OUT	6 KB
TIMCONFFT	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	7,072 KB
TIMESPEAK	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	1,072 KB
TIMETWOF	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	7,072 KB
VELDIREC	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	1,918 KB
VELFP	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	7,072 KB
VELRESMAX	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	8,870 KB
VELTIMEP	05/02/2023 7:58 p. m.	Archivo OUT	66 KB
Elevation at Cell	05/02/2023 8:36 p. m.	AutoCAD Correla...	928 KB
Flow Depth at Cell	05/02/2023 8:36 p. m.	AutoCAD Correla...	38 KB
Velocity at Cell	05/02/2023 8:36 p. m.	AutoCAD Correla...	38 KB
Water Elevation at Cell	05/02/2023 8:37 p. m.	AutoCAD Correla...	35 KB
Elevation at Cell	05/02/2023 8:36 p. m.	AutoCAD Shape S...	10,201 KB
Flow Depth at Cell	05/02/2023 8:36 p. m.	AutoCAD Shape S...	542 KB
Velocity at Cell	05/02/2023 8:36 p. m.	AutoCAD Shape S...	542 KB
Water Elevation at Cell	05/02/2023 8:37 p. m.	AutoCAD Shape S...	143 KB
MESSAGES	05/02/2023 8:36 p. m.	Documento de text...	8 KB

VI. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS DEL MODELAMIENTO EN MAXPLOT

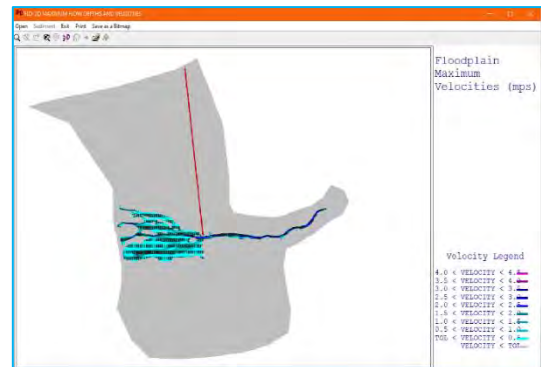
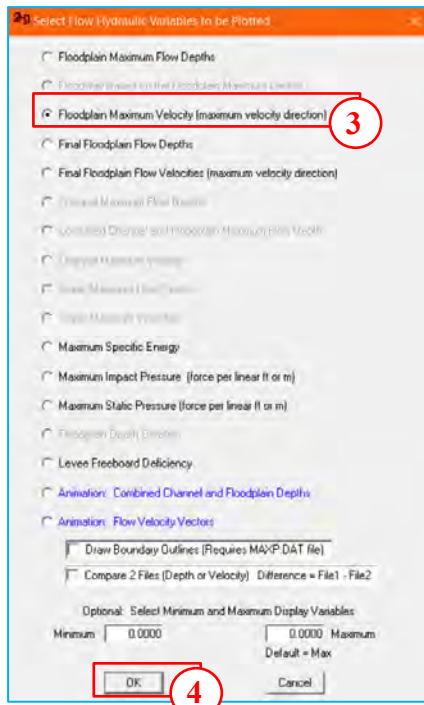
Para visualizar las velocidades, profundidades de la inundación, animación, etc. de los resultados del modelamiento ingresar a la carpeta donde se ha instalado el FLO-2D PRO, copiar el archivo **MAXPLOT** y pegar en la carpeta de resultados del modelo.



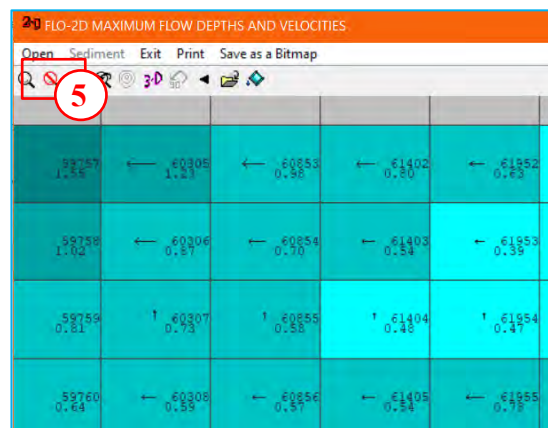
Para visualizar las profundidades máximas del flujo de la llanura de inundación seleccionar la opción ***Floodplain Maximun Flow Depths/Ok.***



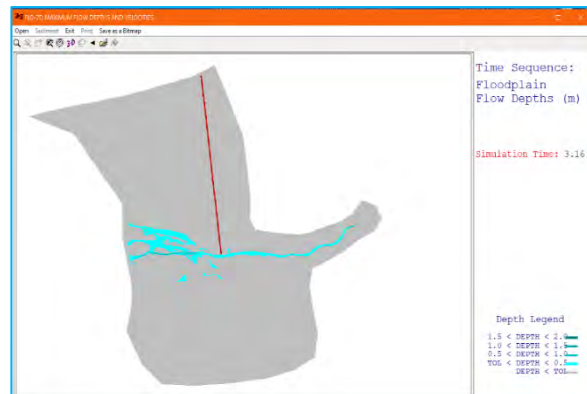
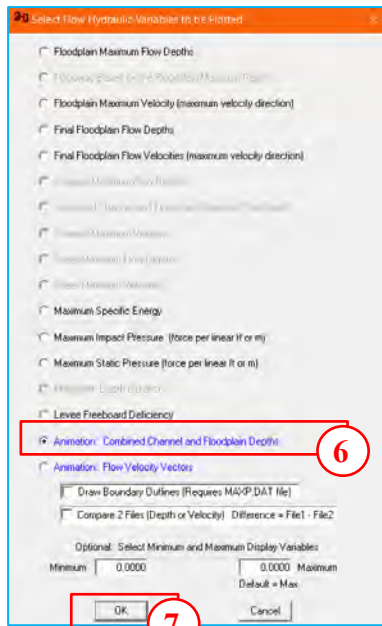
Para visualizar las velocidades máximas del flujo de la llanura de inundación seleccionar la opción ***Floodplain Maximun Velocity/Ok***



Para visualizar la dirección de flujo, clic en la opción **Zoom**, seleccionar dos puntos de izquierda a derecha.

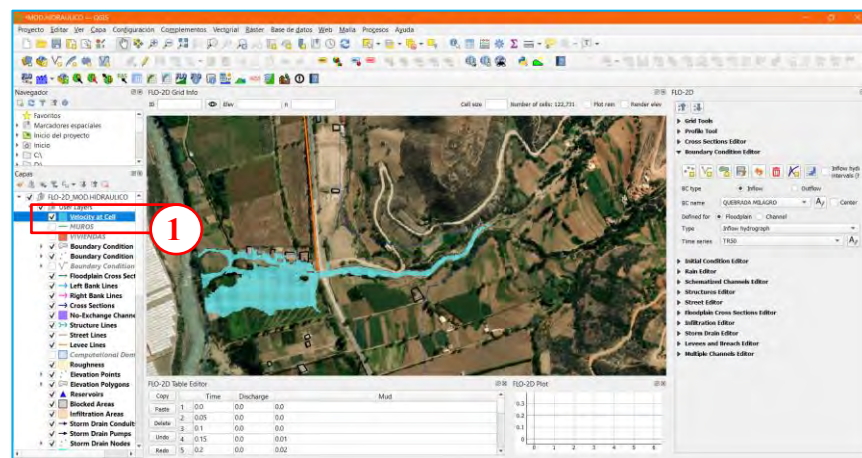


Para visualizar la animación de la llanura de inundación seleccionar la opción **Animation/Ok**

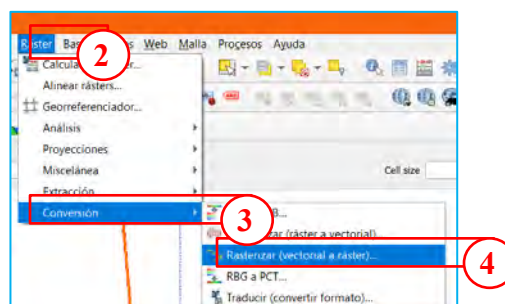


VII. VISUALIZACIÓN DE MAPA DE VELOCIDADES Y TIRANTES EN QGIS

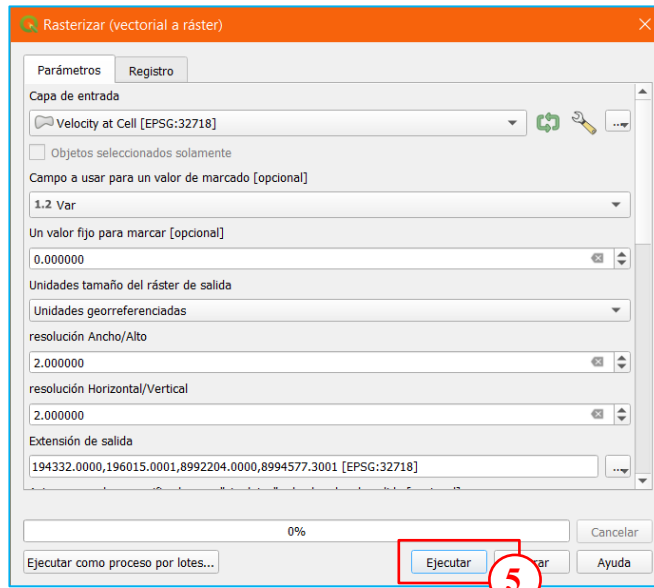
En el QGIS cargar el Shape de velocidades y tirantes máximos para poder visualizar.



Una vez cargado las capas Shape, se procede a convertir en formato raster, para ellos ir a la opción de **Raster/Conversión/Rasterizar**.



En la siguiente ventana ingresar los campos solicitados y clic en **Ejecutar**.



Anexo Q

Panel fotográfico

Foto 1

Inspección del cauce de la subcuenca Milagros en el puente Cañasbamba



Foto 2

Cauce aguas abajo del puente Cañasbamba



Foto 3

Escombros dejados por el huayco del 2017 cerca al rio Santa



Foto 4

Cauce aguas arriba del puente Cañasbamba



Foto 5

Reservorio artesanal existente en el margen derecho del cauce de la subcuenca Milagros.



Foto 6

Encuentro de dos cauces que conforman el cauce principal de la subcuenca Milagros



Foto 7

Medición de las alturas de huayco que dejó en el año 2017 en la sección 1-1



Foto 8

Medición de las alturas de huayco que dejó en el año 2017 en la sección 2-2



Foto 9

Medición de las alturas de huayco que dejó en el año 2017 en la sección 3-3



Foto 10

Medición de las alturas de huayco que dejó en el año 2017 en la sección 4-4



Foto 11

Levantamiento topográfico con estación total del puente Cañasbamba



Foto 12

Levantamiento topográfico con Dron de todas las posibles áreas de inundación



Foto 13

Extracción de muestra de suelo 01



Foto 14

Extracción de muestra de suelo 02



Foto 15

Extracción de muestra de suelo 03



Foto 16

Extracción de muestra de suelo 04

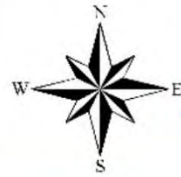


193731

195731

197731

199731



CARAZ

YUNGAY

Cañasbamba

PUEBLO LIBRE

SIGNOS CONVENCIONALES

- CASERIOS
- VIA VECINAL
- VIA NACIONAL
- LIM. DISTRITAL
- RIOS
- SUBCUENCA MILAGROS

0 150 300 600 900 1,200
Meters

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA SUBCUENCA		SUBCUENCA MILAGROS	
SUPERFICIE TOTAL DE LA SUBCUENCA		Km ²	8.46
PERÍMETRO		Km	12.08
RELACION DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coefficiente de Compacidad	1
	FACTOR DE FORMA	Longitud (// al curso más larg)	4.21
		Ancho Medio	2.01
		Factor de Forma	1
		Indice de Gravelius	1
	RECTANGULO EQUIVALENTE		Lado Mayor
		Lado Menor	2.20
SISTEMA DE DRENAJE	GRADO DE RAMIFICACION	ORDEN 1	7.22
		ORDEN 2	1.91
		ORDEN 3	0.51
		ORDEN 4	---
		ORDEN 5	---
	NUMERO DE RIOS PARA LOS DIFERENTES GRADOS DE RAMIFICACION	ORDEN 1	1
		ORDEN 2	1
		ORDEN 3	1
		ORDEN 4	1
		ORDEN 5	1
Longitud Total de los Rios de Diferentes Grado		Km	9.64
Numero de Rios para los diferentes Grados			5.00
Longitud de Rio Principal		Km	4.41
Densidad de Drenaje		Km/Km ²	1.14
Longitud de Flujo de Superficie			0.72
Extension Media para los diferentes Grados		Km	0.22
Frecuencia de los Rios		r/Km ²	0.59
Desnivel Total de la Cuenca		Km	1.26
Altitud media de la Cuenca		m. s. n. m.	2900
Pendiente de la Cuenca		%	32.83
Pendiente Media del Cauce Principal		%	20.62



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA: DELIMITACIÓN SUBCUENCA MILAGROS

FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILIO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO:
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	MA-01
DATUM: WGS-84	S. PROYEC. UTM-ZONA 18S	ESC: 1:25,000
FECHA: FEBRERO, 2023		

193731

195731

197731

199731



193656

195656

197656

199656

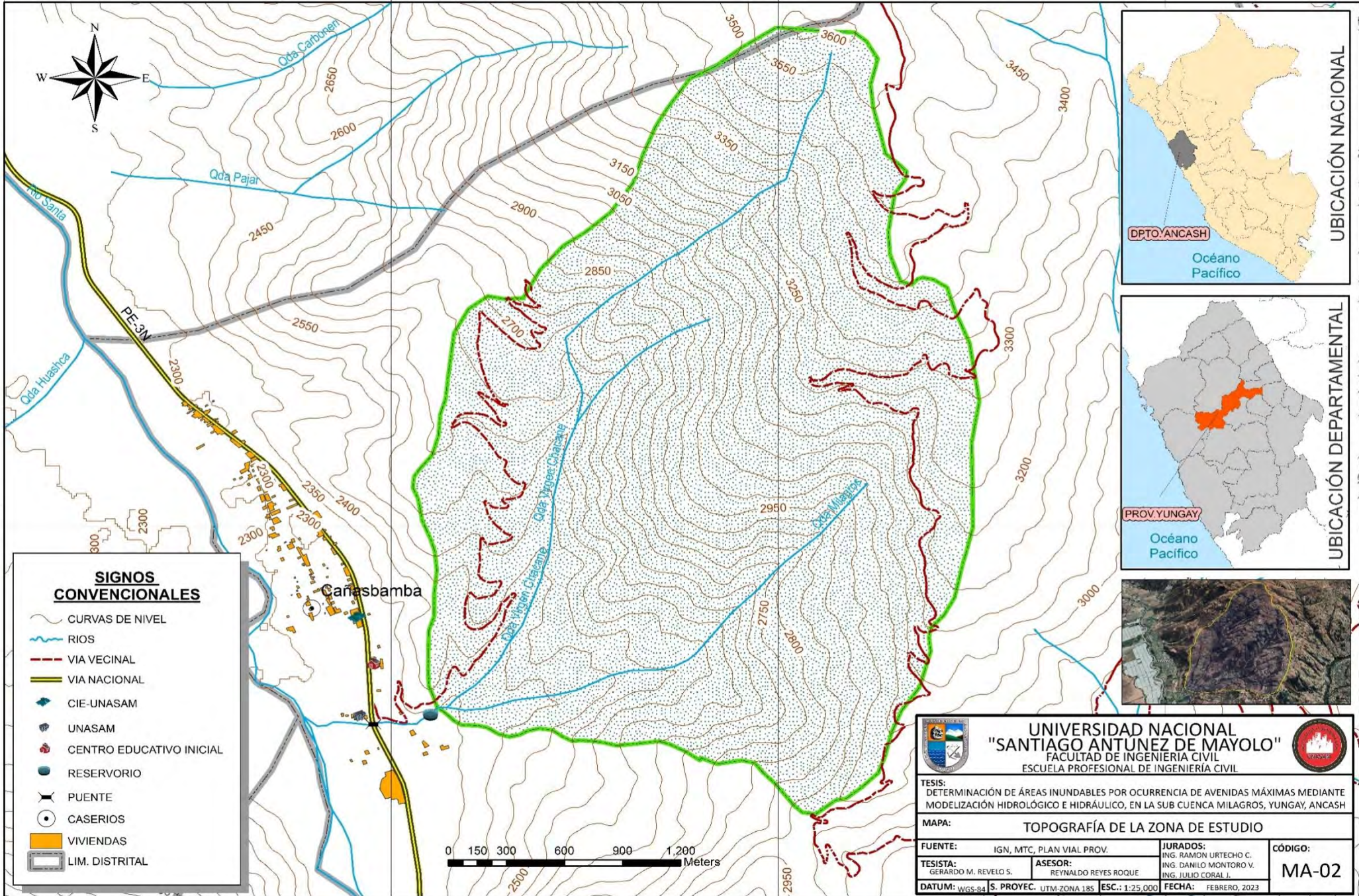
8995758

8993758

8995758

8993758

8991758



UBICACIÓN NACIONAL

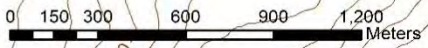


UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



SIGNOS CONVENCIONALES

- CURVAS DE NIVEL
- RIOS
- VIA VECINAL
- VIA NACIONAL
- CIE-UNASAM
- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE
- CASERIOS
- VIVIENDAS
- LIM. DISTRITAL



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA: TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMON URTECHO C.	CÓDIGO:
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	MA-02
DATUM: WGS-84	S. PROYEC. UTM-ZONA 18S	ESC.: 1:25,000
FECHA: FEBRERO, 2023		

193656

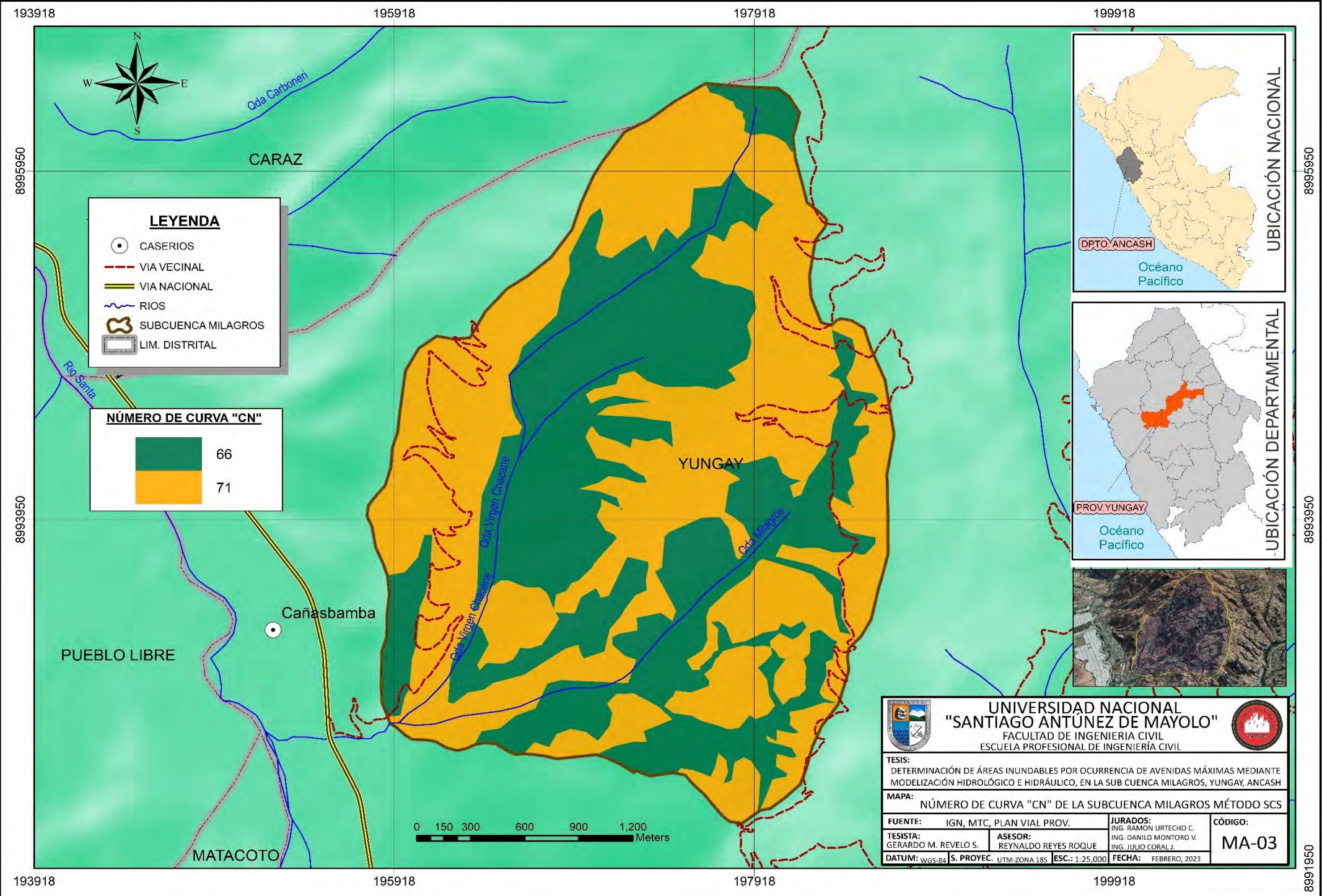
195656

197656

199656



Repositorio Institucional - UNASAM - Perú



LEYENDA

- CASERIOS
- - - VIA VECINAL
- VIA NACIONAL
- ~ RIOS
- ⊕ SUBCUENCA MILAGROS
- ▭ LIM. DISTRITAL

NÚMERO DE CURVA "CN"

	66
	71

UBICACIÓN NACIONAL

DPTO. ANCASH
Océano Pacífico

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

PROV. YUNGAY
Océano Pacífico

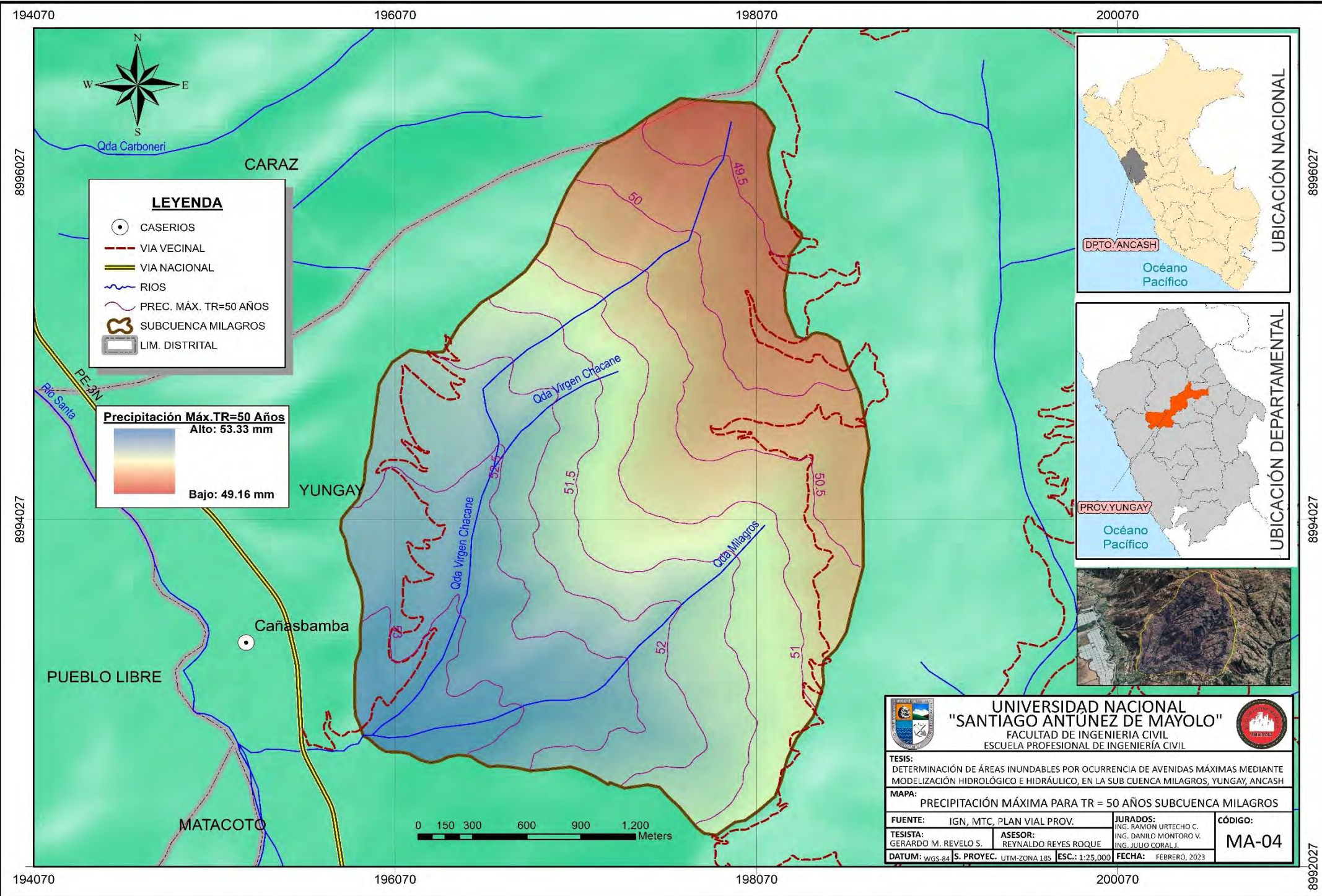


UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA:
NÚMERO DE CURVA "CN" DE LA SUBCUENCA MILAGROS MÉTODO SCS

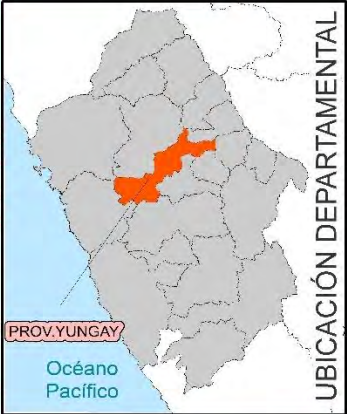
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-03
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	FECHA: FEBRERO, 2023
DATUM: WGS-84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S ESC.: 1:25,000		



LEYENDA

- CASERIOS
- - - VIA VECINAL
- == VIA NACIONAL
- ~ RIOS
- ~ PREC. MÁX. TR=50 AÑOS
- ⊕ SUBCUENCA MILAGROS
- ▭ LIM. DISTRITAL

Precipitación Máx. TR=50 Años
 Alto: 53.33 mm
 Bajo: 49.16 mm

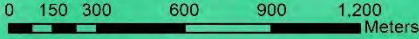


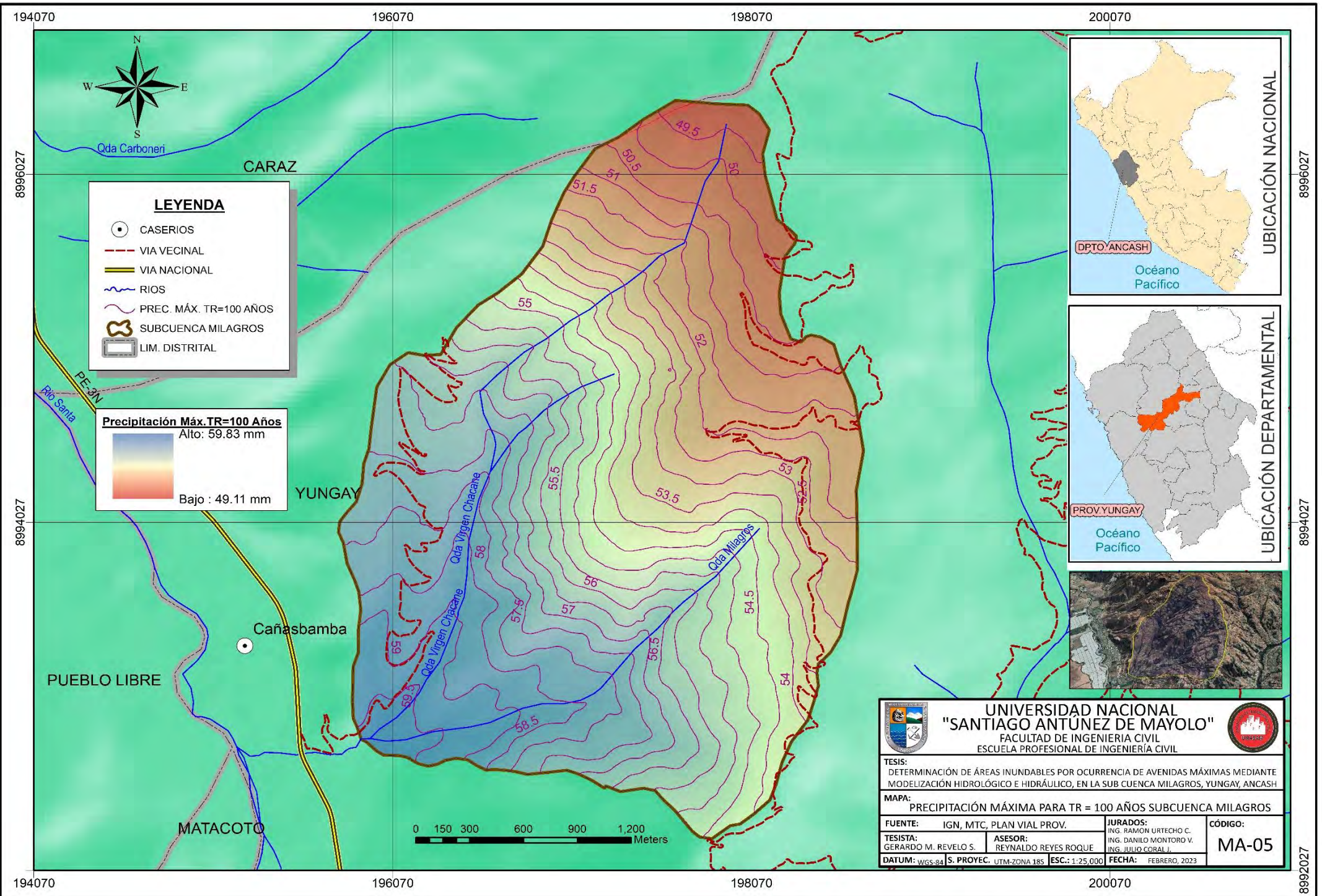
UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
 DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA:
 PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA TR = 50 AÑOS SUBCUENCA MILAGROS

FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILLO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-04
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	FECHA: FEBRERO, 2023
DATUM: WGS-84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S ESC. 1:25,000		

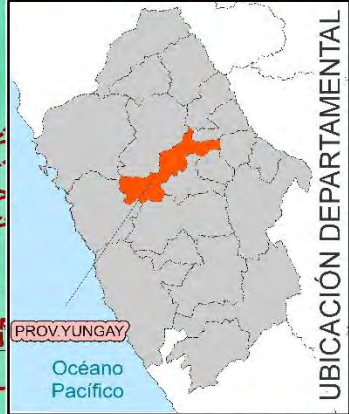




LEYENDA

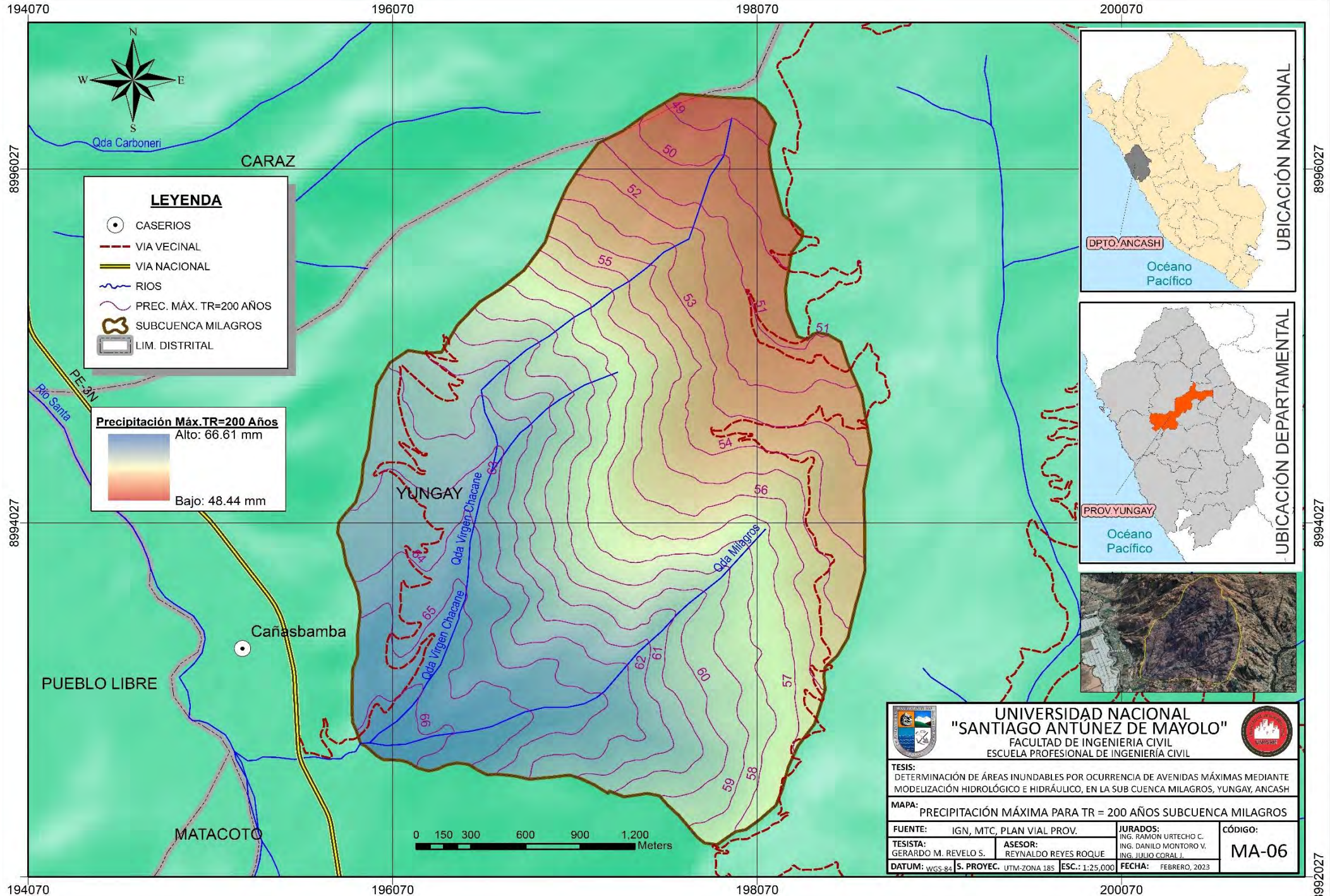
- CASERIOS
- - - VIA VECINAL
- == VIA NACIONAL
- ~ RIOS
- ~ PREC. MÁX. TR=100 AÑOS
- ⊃ SUBCUENCA MILAGROS
- ▭ LIM. DISTRITAL

Precipitación Máx. TR=100 Años
 Alto: 59.83 mm
 Bajo : 49.11 mm



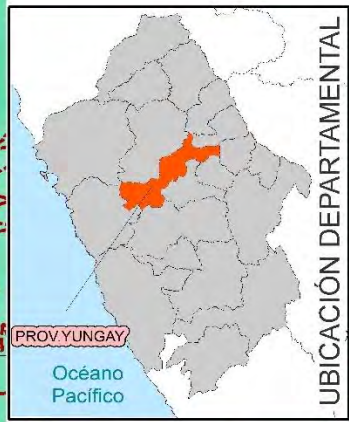
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>			
<p>TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH</p>			
<p>MAPA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA TR = 100 AÑOS SUBCUENCA MILAGROS</p>			
<p>FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.</p>	<p>JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILÓ MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.</p>	<p>CÓDIGO: MA-05</p>	
<p>TESISTA: GERARDO M. REVELO S.</p>	<p>ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE</p>	<p>DATUM: WGS-84</p>	<p>S. PROYEC. UTM-ZONA 18S ESC.: 1:25,000 FECHA: FEBRERO, 2023</p>





LEYENDA

- CASERIOS
- - - VIA VECINAL
- VIA NACIONAL
- ~ RIOS
- ~ PREC. MÁX. TR=200 AÑOS
- ⊕ SUBCUENCA MILAGROS
- ▭ LIM. DISTRITAL



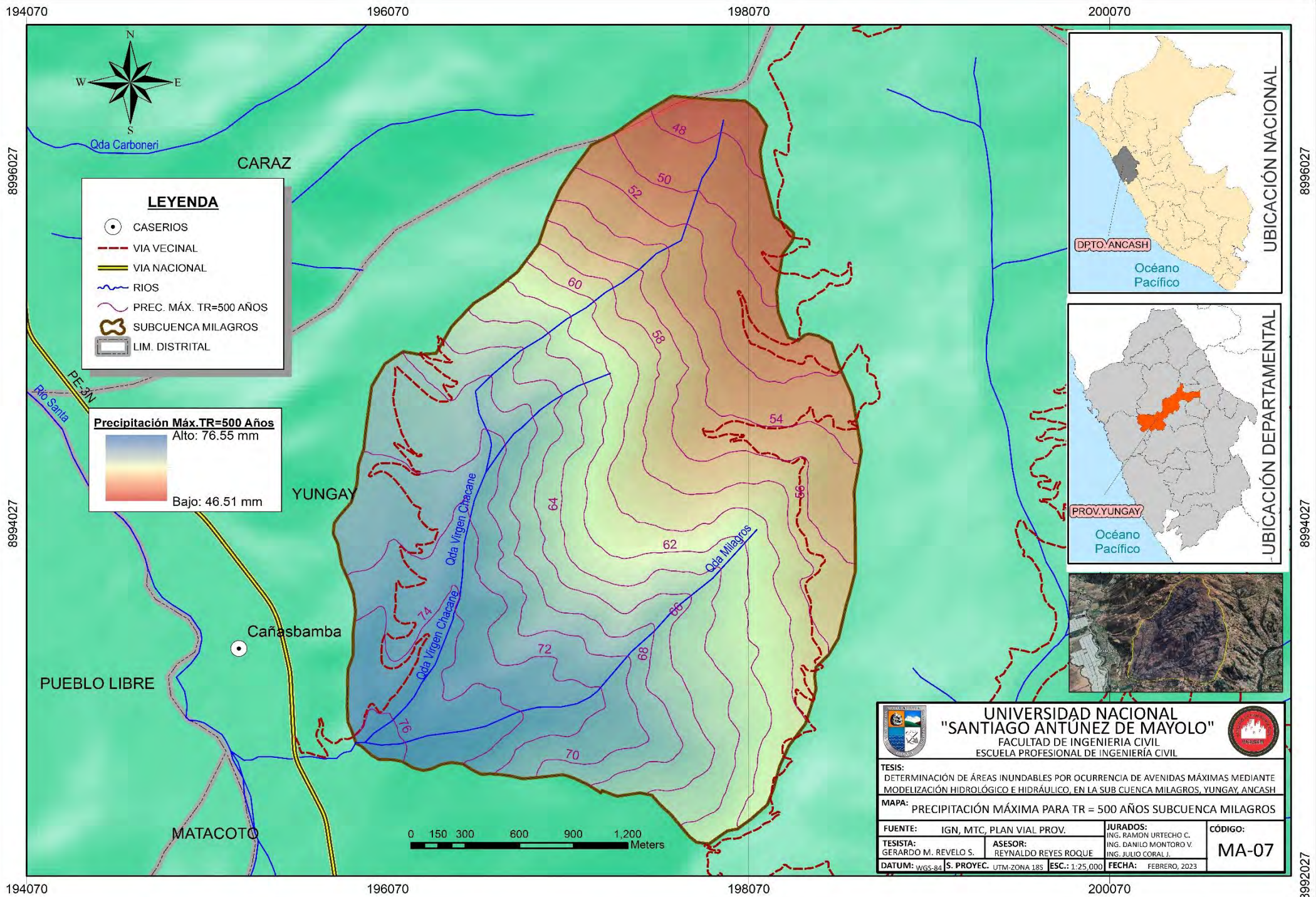
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>			
<p>TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH</p>			
<p>MAPA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA TR = 200 AÑOS SUBCUENCA MILAGROS</p>			
<p>FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.</p>		<p>JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.</p>	
<p>TESISTA: GERARDO M. REVELO S.</p>		<p>ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE</p>	
<p>DATUM: WGS 84</p>		<p>FECHA: FEBRERO, 2023</p>	
<p>S. PROYEC. UTM-ZONA 18S</p>		<p>ESC.: 1:25,000</p>	
			<p>CÓDIGO: MA-06</p>



8996027

8994027

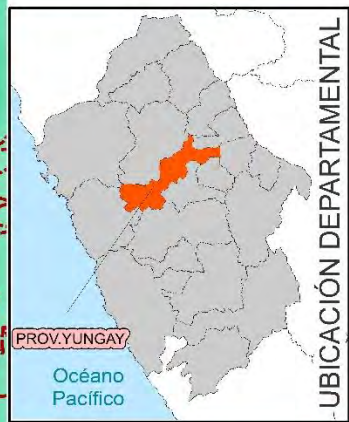
8992027



LEYENDA

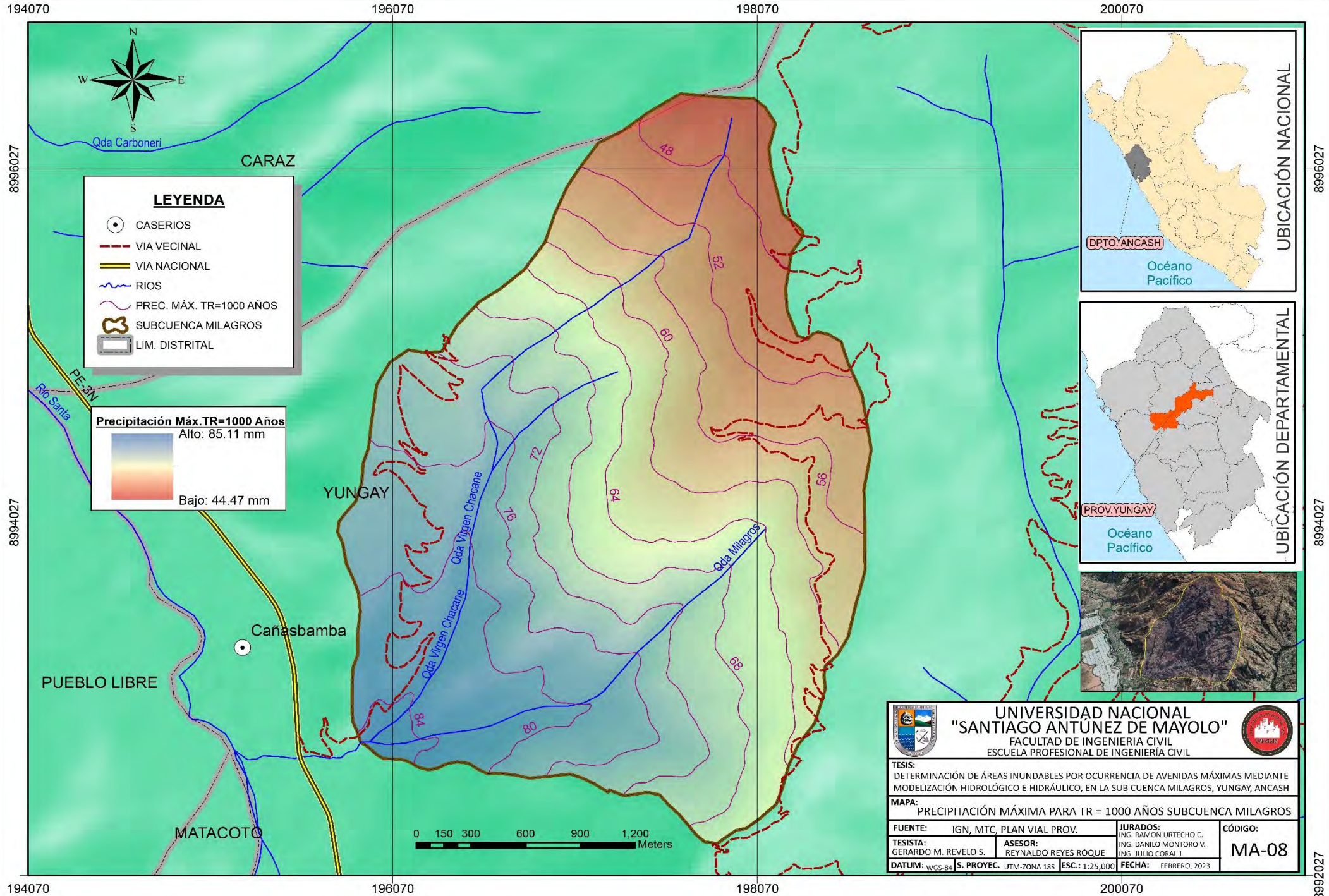
- CASERIOS
- - - VIA VECINAL
- == VIA NACIONAL
- ~ RIOS
- ~ PREC. MÁX. TR=500 AÑOS
- ⊕ SUBCUENCA MILAGROS
- ▭ LIM. DISTRITAL

Precipitación Máx. TR=500 Años
 Alto: 76.55 mm
 Bajo: 46.51 mm



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>			
<p>TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH</p>			
<p>MAPA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA TR = 500 AÑOS SUBCUENCA MILAGROS</p>			
<p>FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.</p>	<p>JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILLO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.</p>	<p>CÓDIGO: MA-07</p>	
<p>TESISTA: GERARDO M. REVELO S.</p>	<p>ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE</p>	<p>DATUM: WGS-84</p>	<p>S. PROYEC.: UTM-ZONA 18S ESC.: 1:25.000 FECHA: FEBRERO, 2023</p>





LEYENDA

- CASERIOS
- - - VIA VECINAL
- VIA NACIONAL
- ~ RIOS
- ~ PREC. MÁX. TR=1000 AÑOS
- ⊕ SUBCUENCA MILAGROS
- ▭ LIM. DISTRITAL

Precipitación Máx. TR=1000 Años
Alto: 85.11 mm

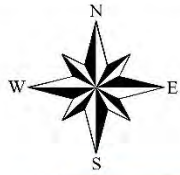
Bajo: 44.47 mm



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p>TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH</p>		
<p>MAPA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA PARA TR = 1000 AÑOS SUBCUENCA MILAGROS</p>		
<p>FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.</p>	<p>JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILLO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.</p>	<p>CÓDIGO: MA-08</p>
<p>TESISTA: GERARDO M. REVELO S.</p>	<p>ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE</p>	
<p>DATUM: WGS-84</p>	<p>S. PROYEC. UTM-ZONA 18S</p>	<p>ESC.: 1:25,000</p>
		<p>FECHA: FEBRERO, 2023</p>



193442 194442 195442 196442 197442



Cauce aguas abajo del puente



Viviendas de adobe



Cauce aguas arriba del puente



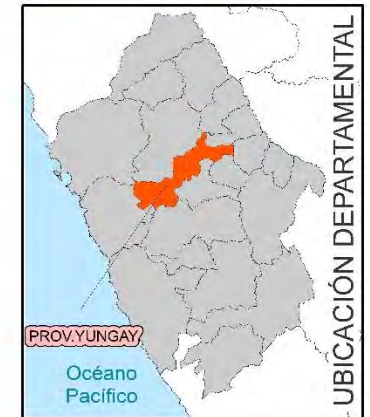
Ingreso al Centro Educativo



Puente Milagro



UBICACIÓN NACIONAL



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

8993762

8992762

8993762

8992762

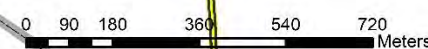
Cañasbamba

SIGNOS CONVENCIONALES

- RIOS
- VIA VECINAL
- VIA NACIONAL
- CIE-UNASAM
- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO
- LOCAL COMUNAL
- RESERVORIO
- PUENTE
- VIVIENDAS

n MANNING

- 0.05 - Arbustos escasos y muchos pastos
- 0.070 - Arbustos medianos a densos en invierno
- 0.013 - Asfalto
- 0.040 - Campos de cultivos maduros
- 0.050 - Canto rodado y algunas rocas
- 0.150 - Cauce denso en verano y rectos
- 0.030 - Cauce limpio, recto, sin falla o pozo profundo
- 0.035 - Cauce sin pozo profundo con piedras y pastos
- 0.014 - Concreto
- 0.035 - Cultivo maduro alineados
- 0.030 - Pasto corto
- 0.050 - Pequeños arbustos y arboles, en invierno
- 0.030 - Áreas limpios y rectos
- 0.030 - Áreas sin cultivo



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA: COEFICIENTES "n" DE MANNING

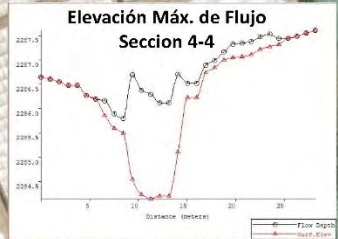
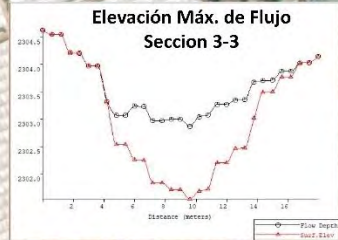
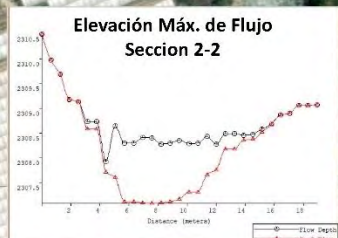
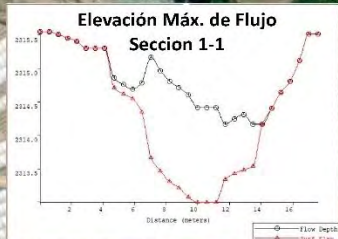
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-09
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	
DATUM: WGS-84	S. PROYEC.: UTM-ZONA 18S	ESCALA: 1:15,000
	FECHA: FEBRERO, 2023	

193442 194442 195442 196442 197442



8991762

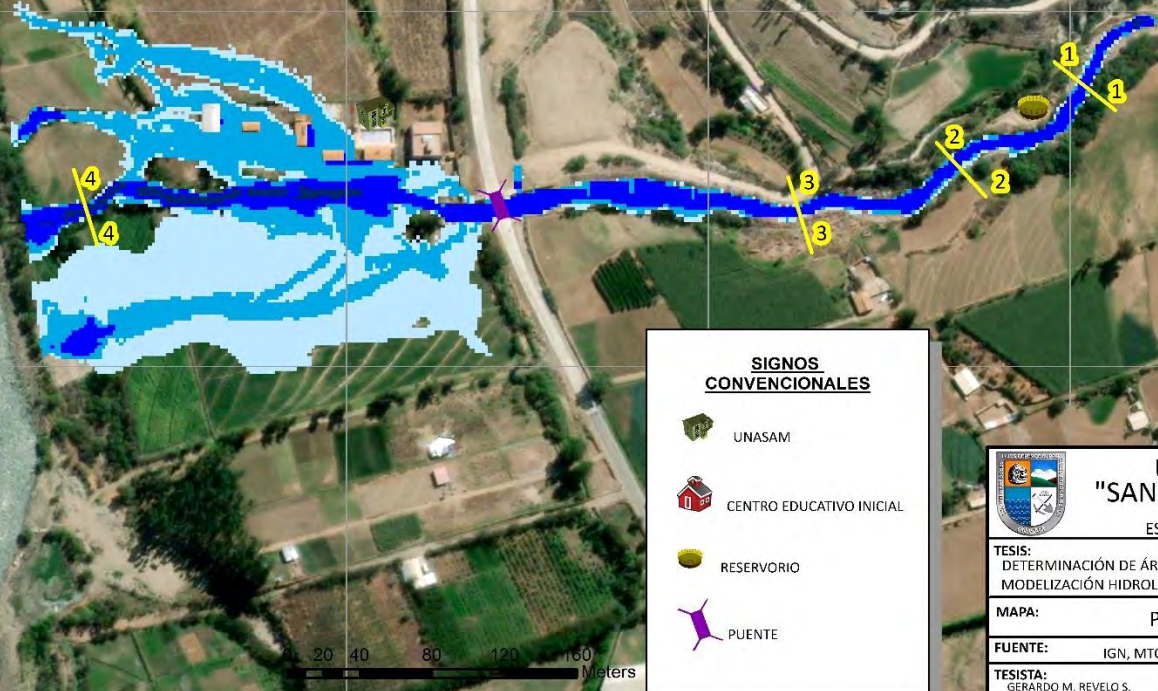
195080 195280 195480 195680 195880 196080



LEYENDA

PROFUNDIDAD DE FLUJO TR=50 AÑOS

- 0.00 - 0.25 m.
- 0.25 - 0.50 m.
- 0.50 - 1.50 m.
- Mayor a 1.50 m.



SIGNOS CONVENCIONALES

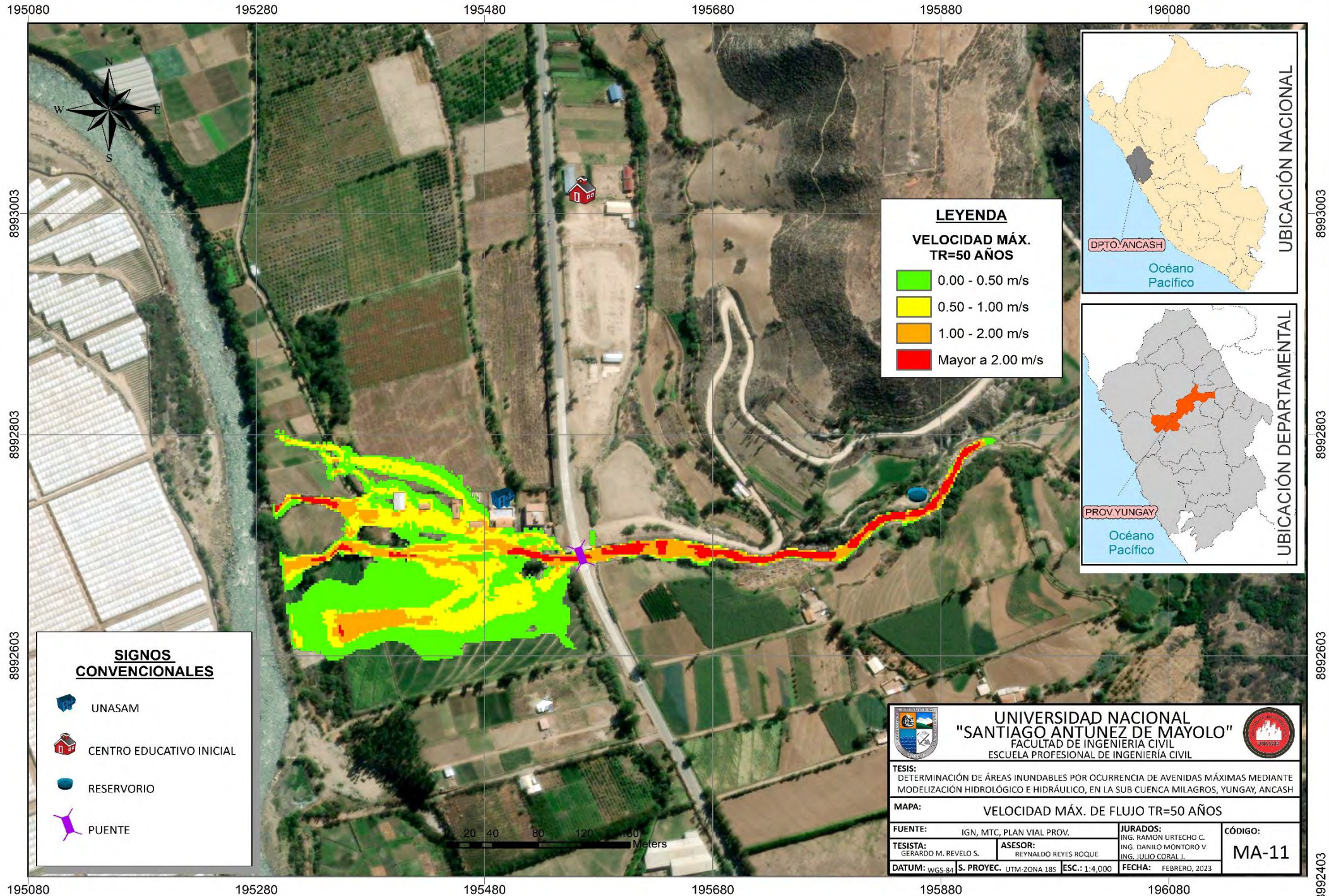
- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH			
MAPA: PROFUNDIDAD DE FLUJO TR=50 AÑOS			
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMON URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-10	
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	FECHA: FEBRERO, 2023	
DATUM: WGS-84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S ESC.: 1:4,000			

195080 195280 195480 195680 195880 196080



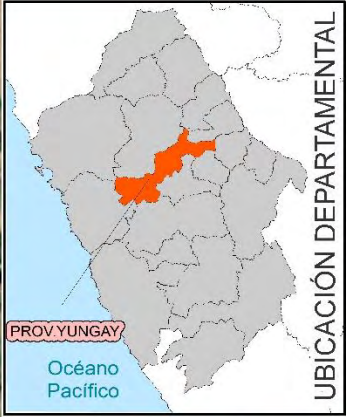
8993003 8992803 8992603 8992403



LEYENDA

VELOCIDAD MÁX. TR=50 AÑOS

- 0.00 - 0.50 m/s
- 0.50 - 1.00 m/s
- 1.00 - 2.00 m/s
- Mayor a 2.00 m/s



SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
<p>TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH</p>		
<p>MAPA: VELOCIDAD MÁX. DE FLUJO TR=50 AÑOS</p>		
<p>FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.</p>	<p>JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILLO MONTORO V. ING. JULIO CORRAL J.</p>	<p>CÓDIGO: MA-11</p>
<p>TESISTA: GERARDO M. REVELO S.</p>	<p>ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE</p>	<p>FECHA: FEBRERO, 2023</p>
<p>DATUM: WGS-84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S ESC.: 1:4,000</p>		

195080

195280

195480

195680

195880

196080

8993003

8992803

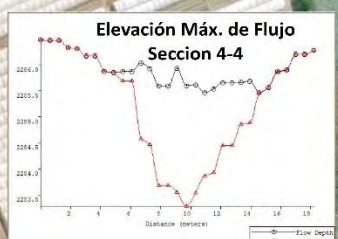
8992603

8993003

8992803

8992603

8992403

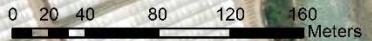


UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA: PROFUNDIDAD DE FLUJO TR=100 AÑOS

FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-12
TESISTA: GERARDO M. REVELLO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	
DATUM: WGS-84	S. PROYEC. UTM-ZONA 18S	ESC.: 1:4,000
	FECHA: FEBRERO, 2023	



195080

195280

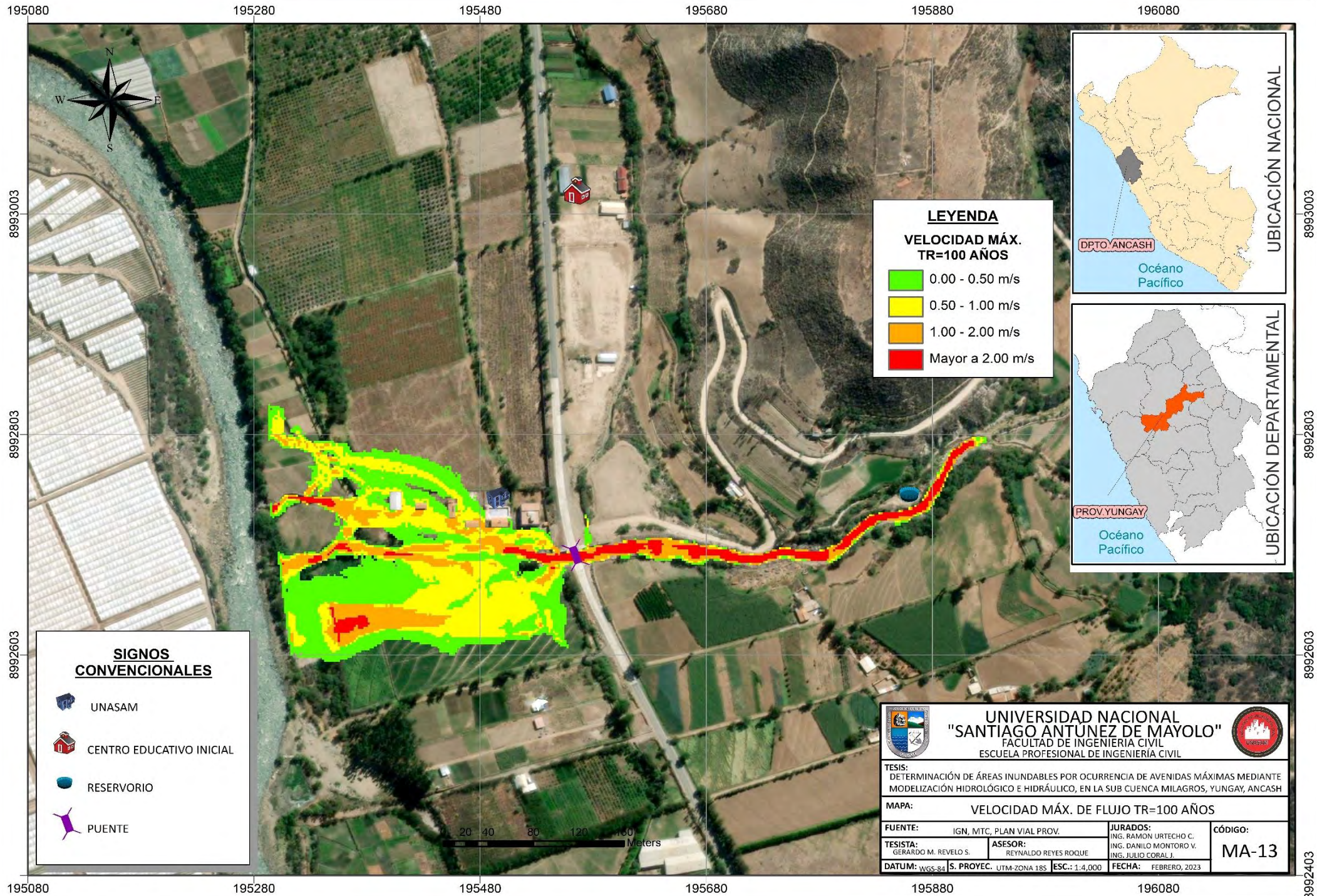
195480

195680

195880

196080

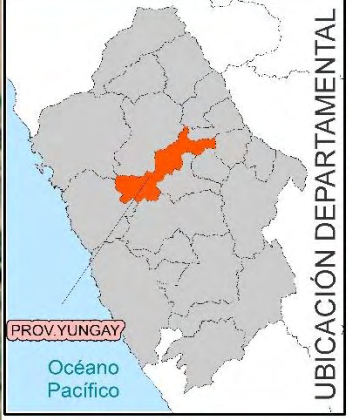




LEYENDA

VELOCIDAD MÁX. TR=100 AÑOS

- 0.00 - 0.50 m/s
- 0.50 - 1.00 m/s
- 1.00 - 2.00 m/s
- Mayor a 2.00 m/s



SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH				
MAPA: VELOCIDAD MÁX. DE FLUJO TR=100 AÑOS				
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO:		
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	MA-13		
DATUM: WGS-84	S. PROYEC.: UTM-ZONA 18S	ESC.: 1:4,000	FECHA: FEBRERO, 2023	

195080 195280 195480 195680 195880 196080

8993003

8992803

8992603

195080

195280

195480

195680

195880

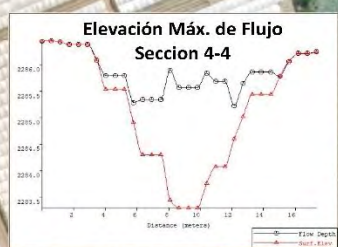
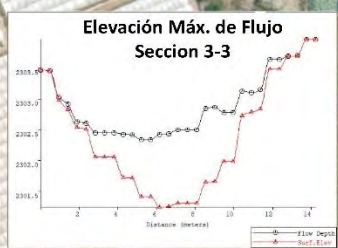
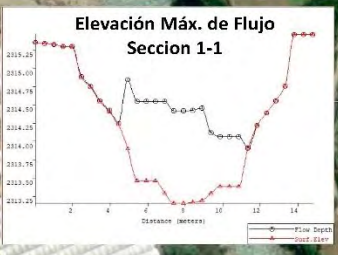
196080

8993003

8992803

8992603

8992403



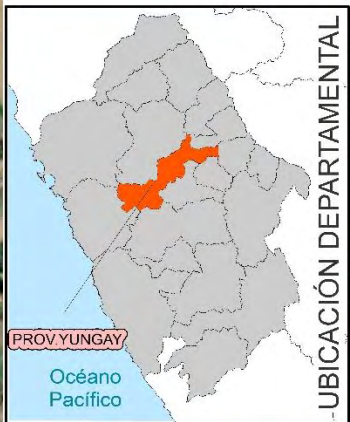
LEYENDA

PROFUNDIDAD DE FLUJO TR=200 AÑOS

- 0.00 - 0.25 m.
- 0.25 - 0.50 m.
- 0.50 - 1.50 m.
- Mayor a 1.50 m



UBICACIÓN NACIONAL



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH		
MAPA: PROFUNDIDAD DE FLUJO TR=200 AÑOS		
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMON URTECHO C. ING. DANILLO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-14
TESISISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	
DATUM: WGS-84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S ESC.: 1:4,000	FECHA: FEBRERO, 2023	



195080 195280 195480 195680 195880 196080

8993003

8992803

8992603

8993003

8992803

8992603

8992403



UBICACIÓN NACIONAL



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

LEYENDA

VELOCIDAD MÁX. TR=200 AÑOS

- 0.00 - 0.50 m/s
- 0.50 - 1.00 m/s
- 1.00 - 2.00 m/s
- Mayor a 2.00 m/s

SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE

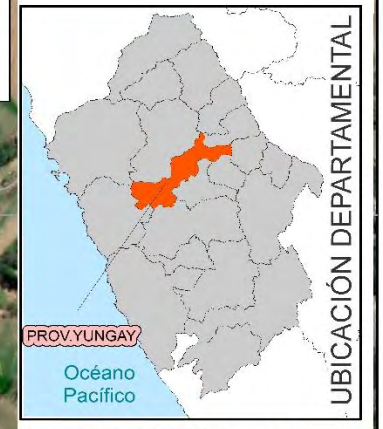
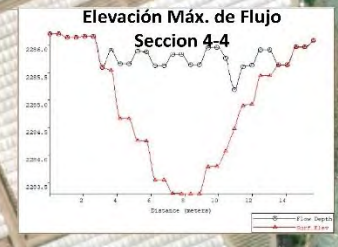
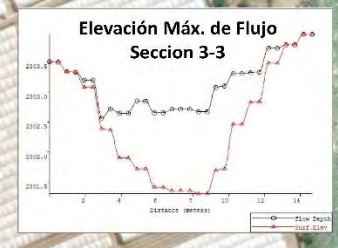
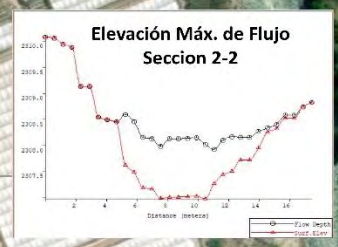
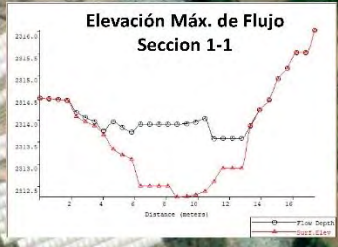


UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH				
MAPA: VELOCIDAD MÁX. DE FLUJO TR=200 AÑOS				
FUENTE:	IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS:	ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO:
TESISTA:	GERARDO M. REVELO S.	ASESOR:	REYNALDO REYES ROQUE	MA-15
DATUM:	WGS-84	S. PROVEC.	UTM-ZONA 18S	ESC.: 1:4,000
		FECHA:	FEBRERO, 2023	

195080 195280 195480 195680 195880 196080



195080 195280 195480 195680 195880 196080

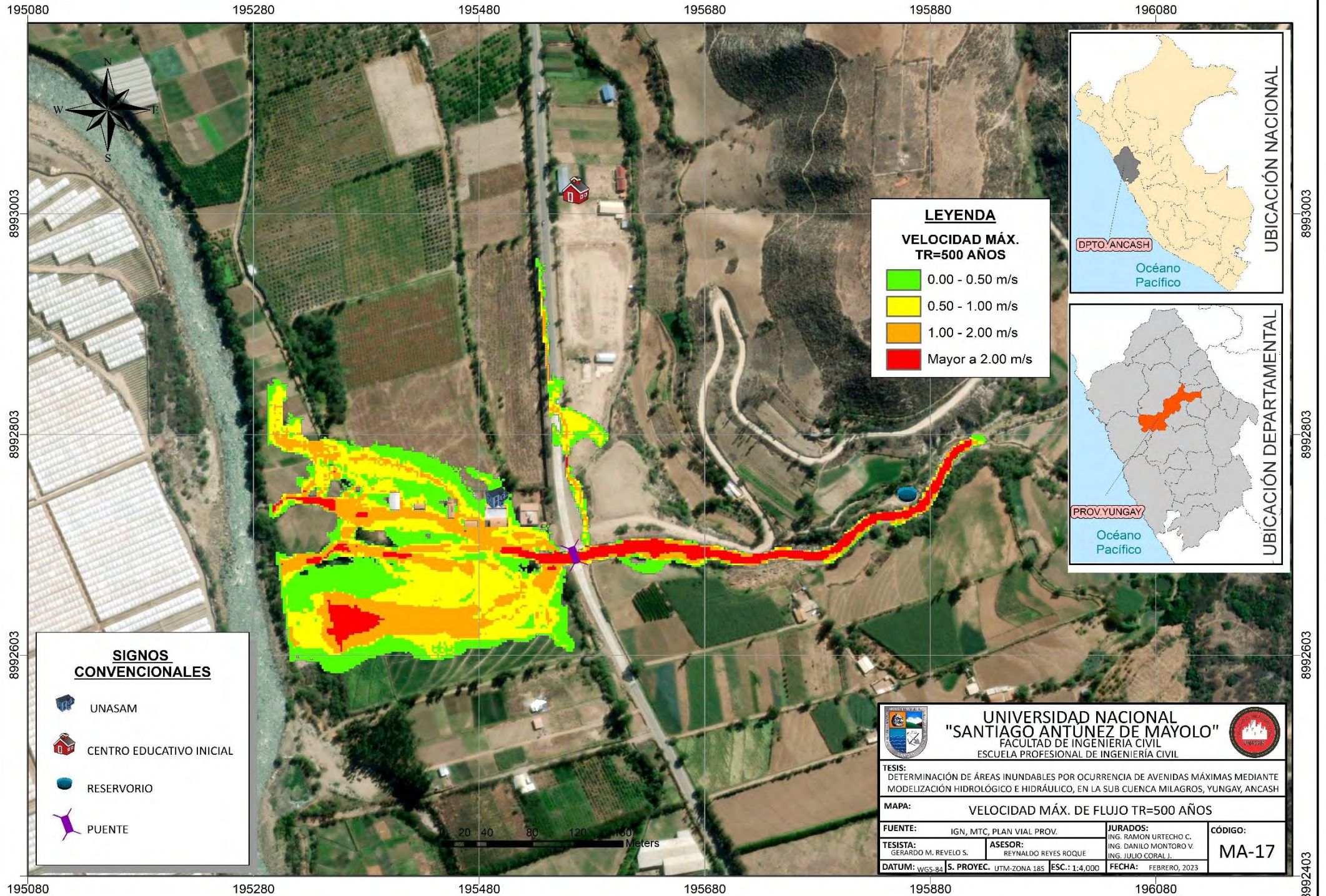


<p>UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>			
<p>TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH</p>			
<p>MAPA: PROFUNDIDAD DE FLUJO TR=500 AÑOS</p>			
<p>FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.</p>	<p>JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.</p>		<p>CÓDIGO: MA-16</p>
<p>TESISTA: GERARDO M. REVELO S.</p>	<p>ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE</p>	<p>FECHA: FEBRERO, 2023</p>	
<p>DATUM: WGS-84 S. PROYEC.: UTM-ZONA 18S ESC.: 1:4,000</p>			

195080 195280 195480 195680 195880 196080



8993003 8992803 8992603 8992403



LEYENDA

VELOCIDAD MÁX. TR=500 AÑOS

- 0.00 - 0.50 m/s
- 0.50 - 1.00 m/s
- 1.00 - 2.00 m/s
- Mayor a 2.00 m/s



SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<p>TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH</p>			
<p>MAPA: VELOCIDAD MÁX. DE FLUJO TR=500 AÑOS</p>			
FUENTE:	IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS:	
TESISTA:	GERARDO M. REVELO S.	ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	
ASESOR:	REYNALDO REYES ROQUE	CÓDIGO:	
DATUM: WGS-84	S. PROYEC. UTM-ZONA 18S	ESC.: 1:4,000	MA-17
		FECHA: FEBRERO, 2023	

195080

195280

195480

195680

195880

196080

8993003

8992803

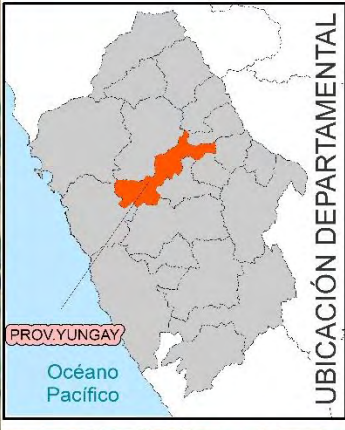
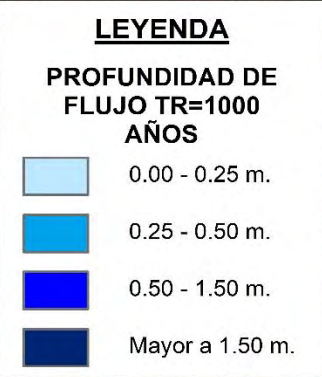
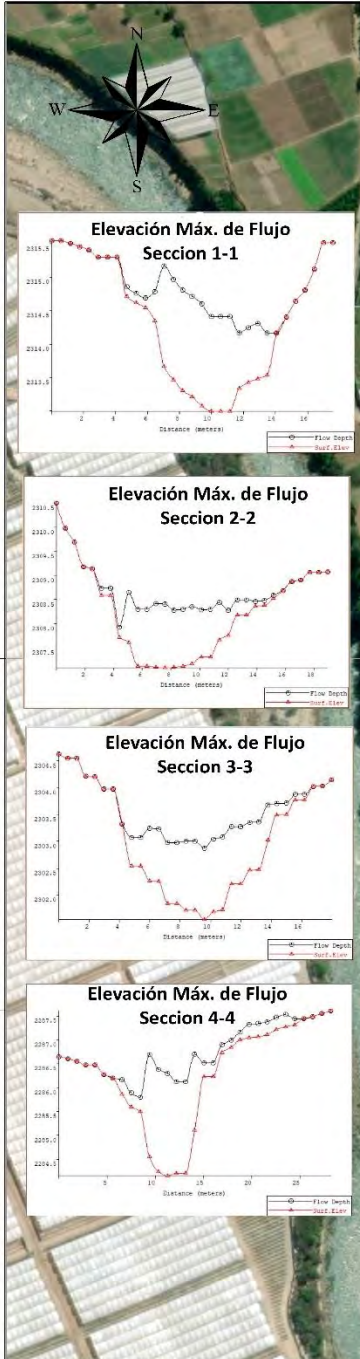
8992603

8993003

8992803

8992603

8992403



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA: PROFUNDIDAD DE FLUJO TR=1000 AÑOS

FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-18
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	
DATUM: WGS-84	S. PROYEC. UTM-ZONA 18S	ESCALA: 1:4,000
FECHA: FEBRERO, 2023		



195080

195280

195480

195680

195880

196080



195080

195280

195480

195680

195880

196080

8993003

8992803

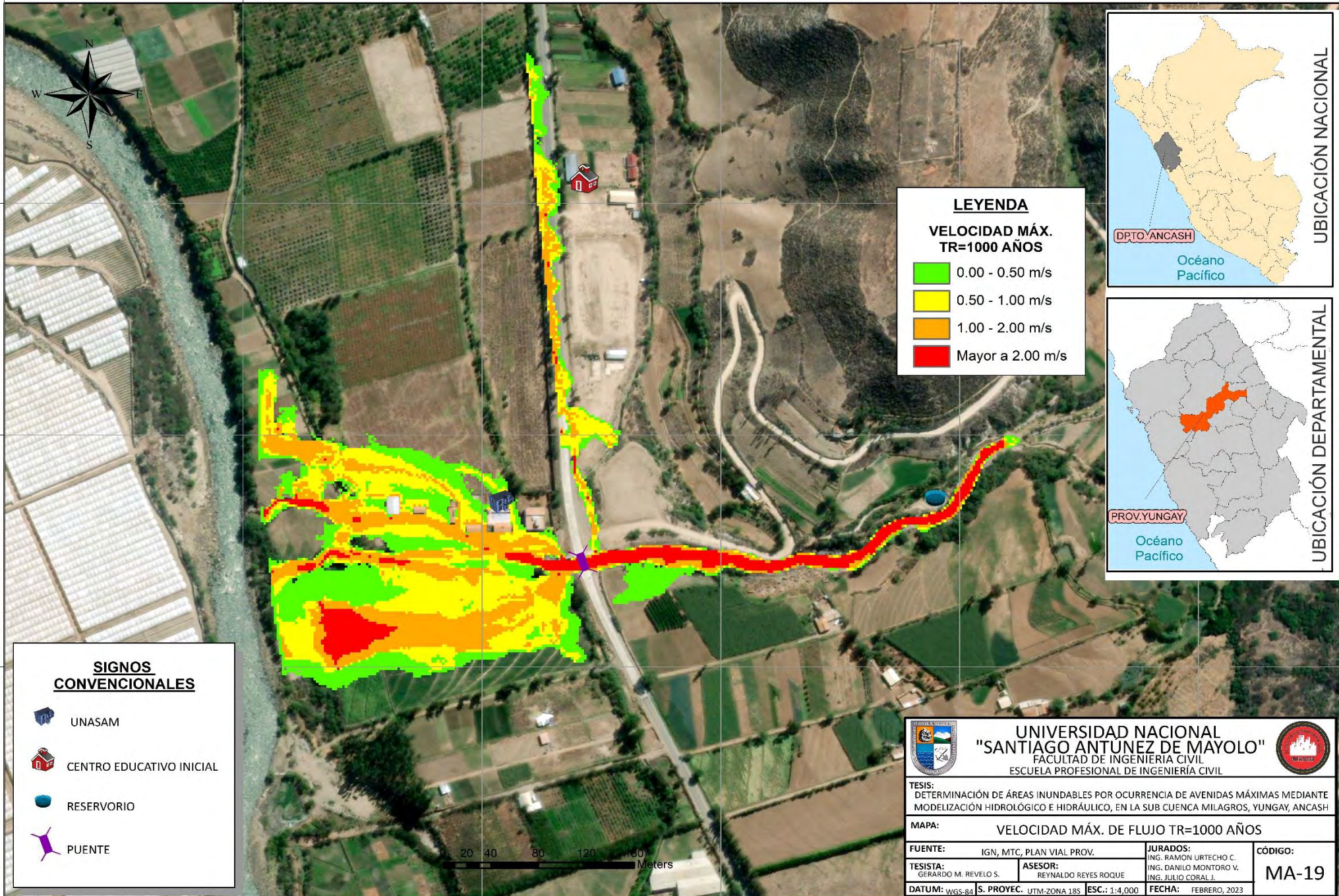
8992603

8993003

8992803

8992603

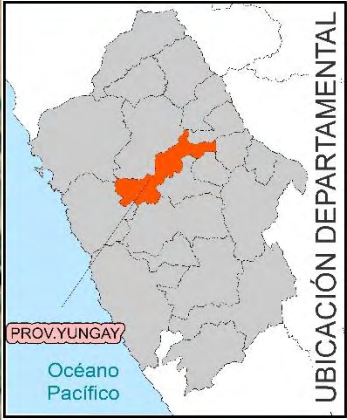
8992403



LEYENDA

VELOCIDAD MÁX. TR=1000 AÑOS

- 0.00 - 0.50 m/s
- 0.50 - 1.00 m/s
- 1.00 - 2.00 m/s
- Mayor a 2.00 m/s



SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH				
MAPA: VELOCIDAD MÁX. DE FLUJO TR=1000 AÑOS				
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.		JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.		
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	CÓDIGO: MA-19		
DATUM: WGS-84	S. PROYEC.: UTM-ZONA 18S	ESC.: 1:4,000	FECHA: FEBRERO, 2023	

195080

195280

195480

195680

195880

196080

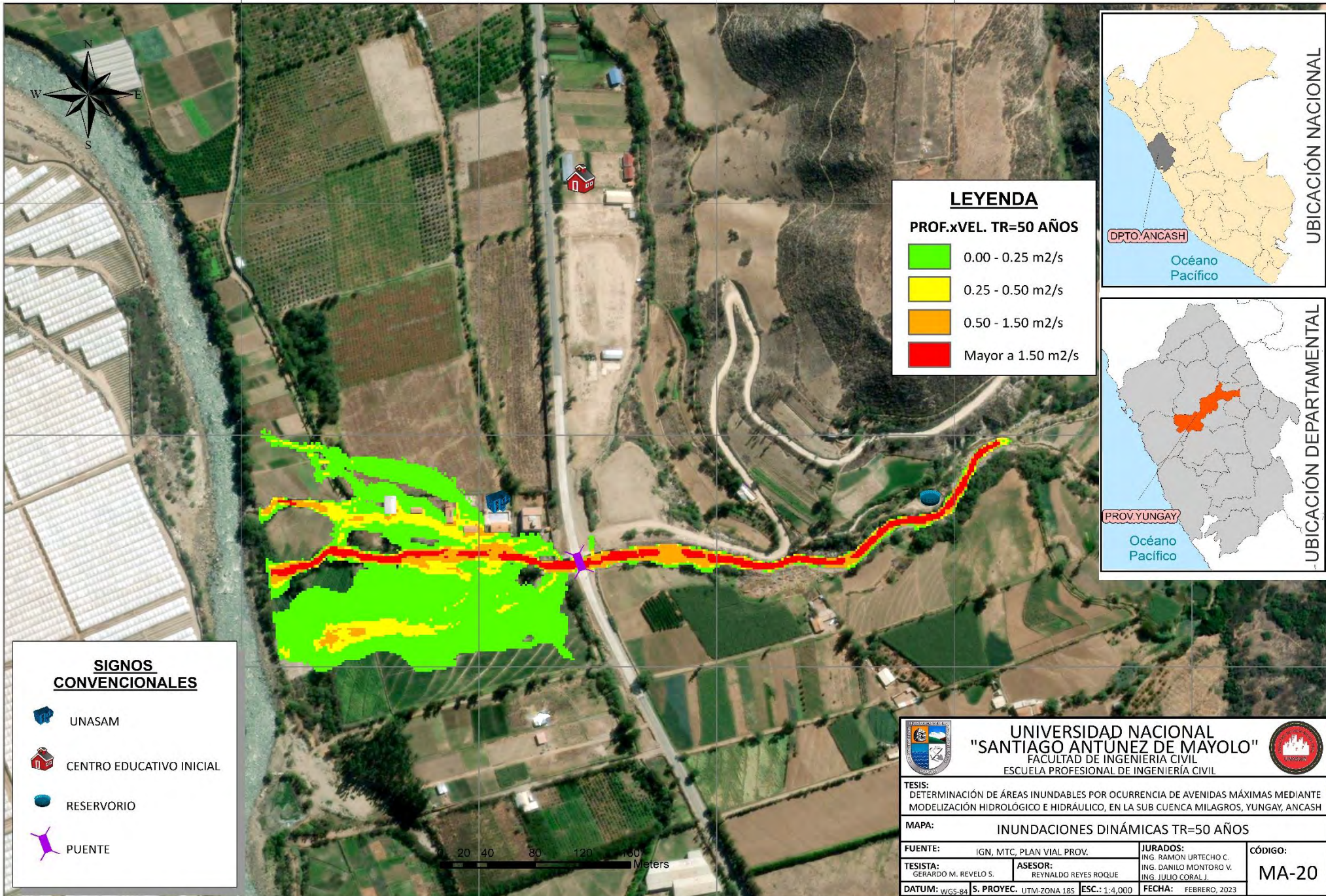


195080 195280 195480 195680 195880 196080

8993003

8992803

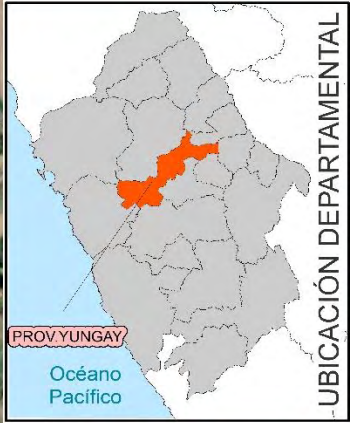
8992603



LEYENDA

PROF.xVEL. TR=50 AÑOS

- 0.00 - 0.25 m2/s
- 0.25 - 0.50 m2/s
- 0.50 - 1.50 m2/s
- Mayor a 1.50 m2/s



SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH		
MAPA: INUNDACIONES DINÁMICAS TR=50 AÑOS		
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.		JURADOS: ING. RAMON URTECHO C. ING. DANILLO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	CÓDIGO: MA-20
DATUM: WGS-84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S ESC.: 1:4,000		FECHA: FEBRERO, 2023

195080 195280 195480 195680 195880 196080

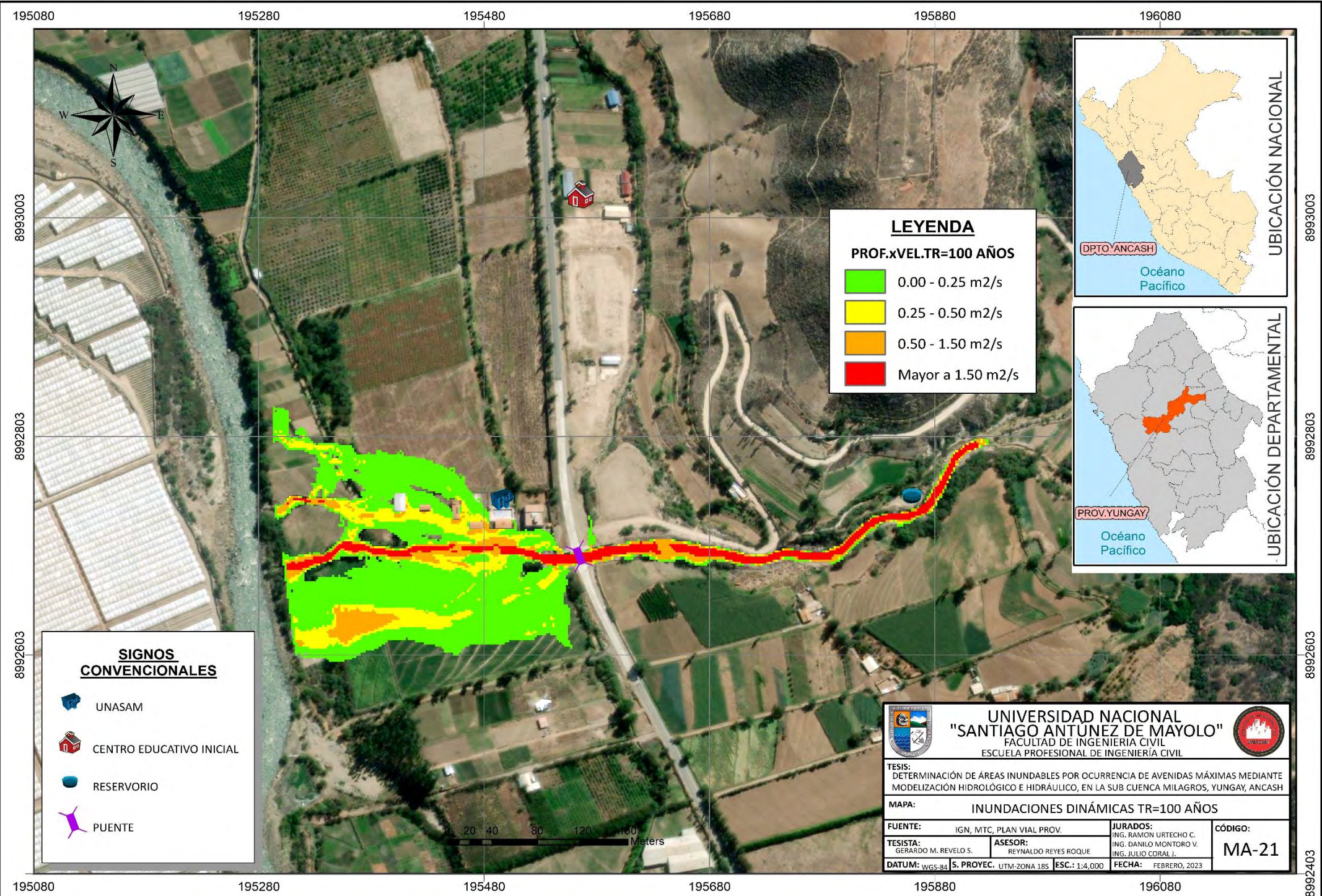
8993003

8992803

8992603

8992403





LEYENDA

PROF.xVEL.TR=100 AÑOS

- 0.00 - 0.25 m²/s
- 0.25 - 0.50 m²/s
- 0.50 - 1.50 m²/s
- Mayor a 1.50 m²/s

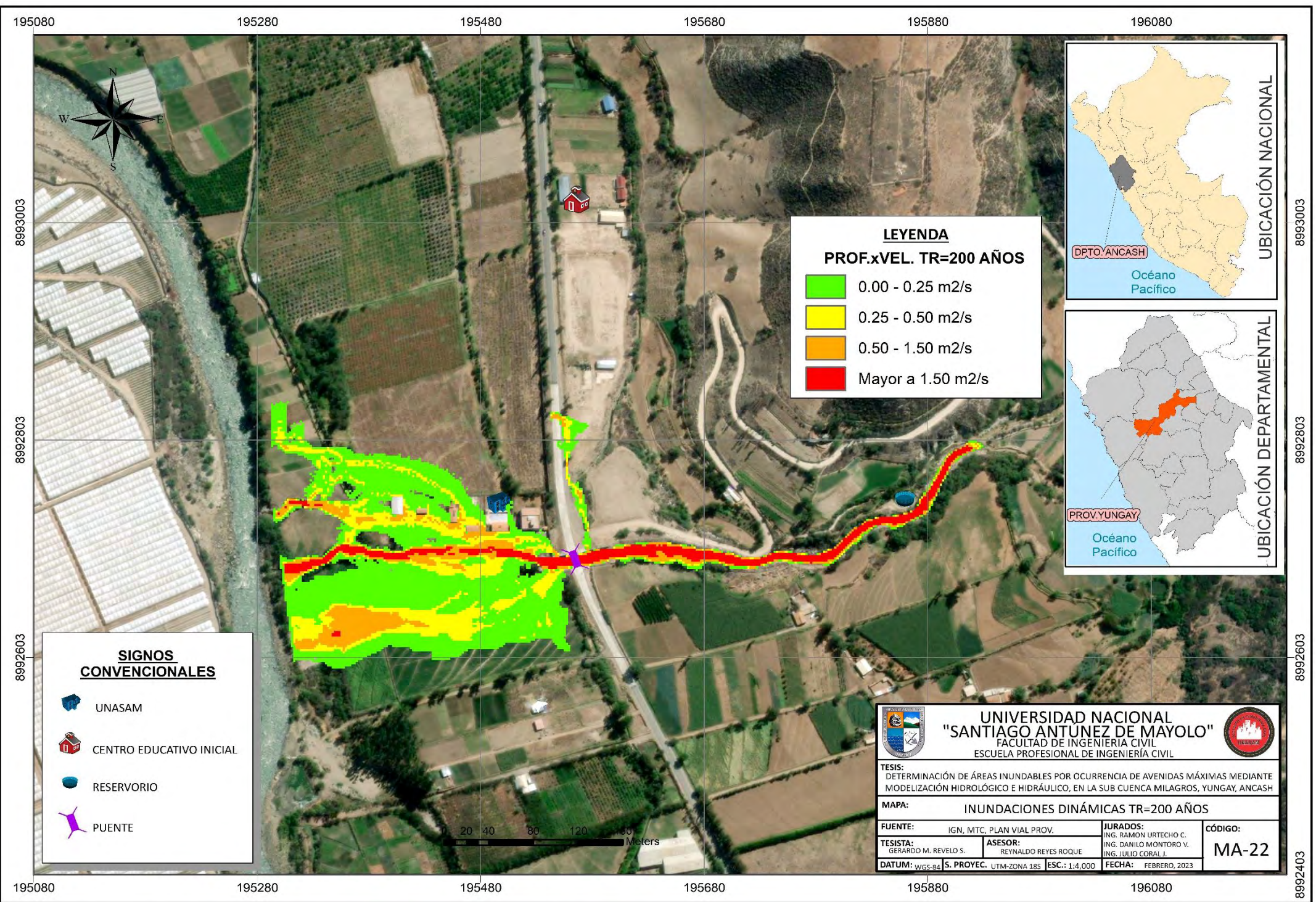


SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH			
MAPA: INUNDACIONES DINÁMICAS TR=100 AÑOS			
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-21	
TESIS: GERARDO M. REVELD S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	FECHA: FEBRERO, 2023	
DATUM: WGS-84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S ESC.: 1:4,000			





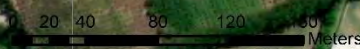
LEYENDA
PROF.xVEL. TR=200 AÑOS

- 0.00 - 0.25 m2/s
- 0.25 - 0.50 m2/s
- 0.50 - 1.50 m2/s
- Mayor a 1.50 m2/s

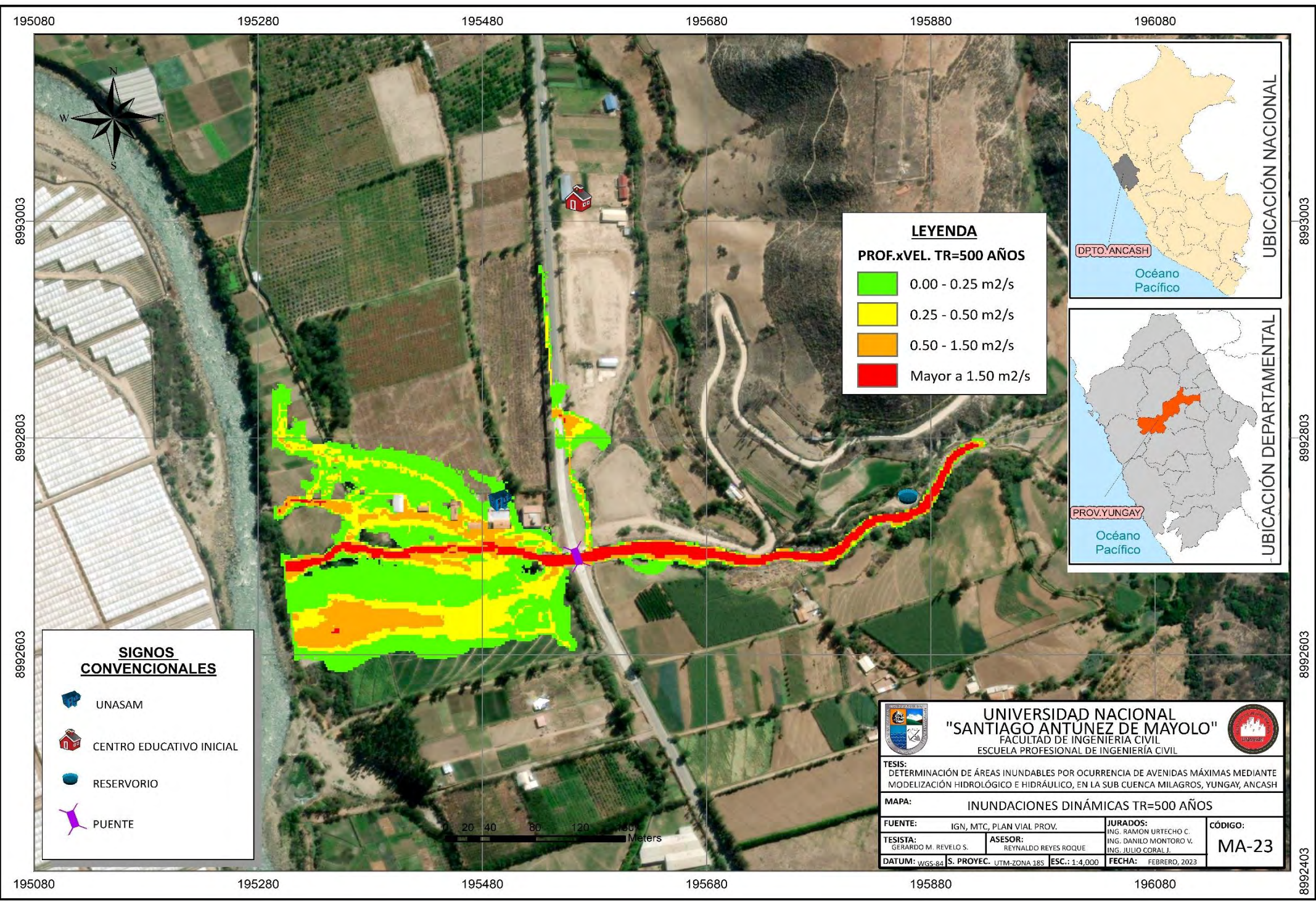


SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH		
MAPA: INUNDACIONES DINÁMICAS TR=200 AÑOS		
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMON URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-22
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	
DATUM: WGS-84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S ESC.: 1:4,000		FECHA: FEBRERO, 2023



LEYENDA
PROF.xVEL. TR=500 AÑOS

- 0.00 - 0.25 m²/s
- 0.25 - 0.50 m²/s
- 0.50 - 1.50 m²/s
- Mayor a 1.50 m²/s

UBICACIÓN NACIONAL

DPTO. ANCASH
 Océano Pacífico

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

PROV. YUNGAY
 Océano Pacífico

SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH				
MAPA: INUNDACIONES DINÁMICAS TR=500 AÑOS				
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-23		
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	FECHA: FEBRERO, 2023		
DATUM: WGS-84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S ESC.: 1:4,000				



195080 195280 195480 195680 195880 196080

8993003

8992803

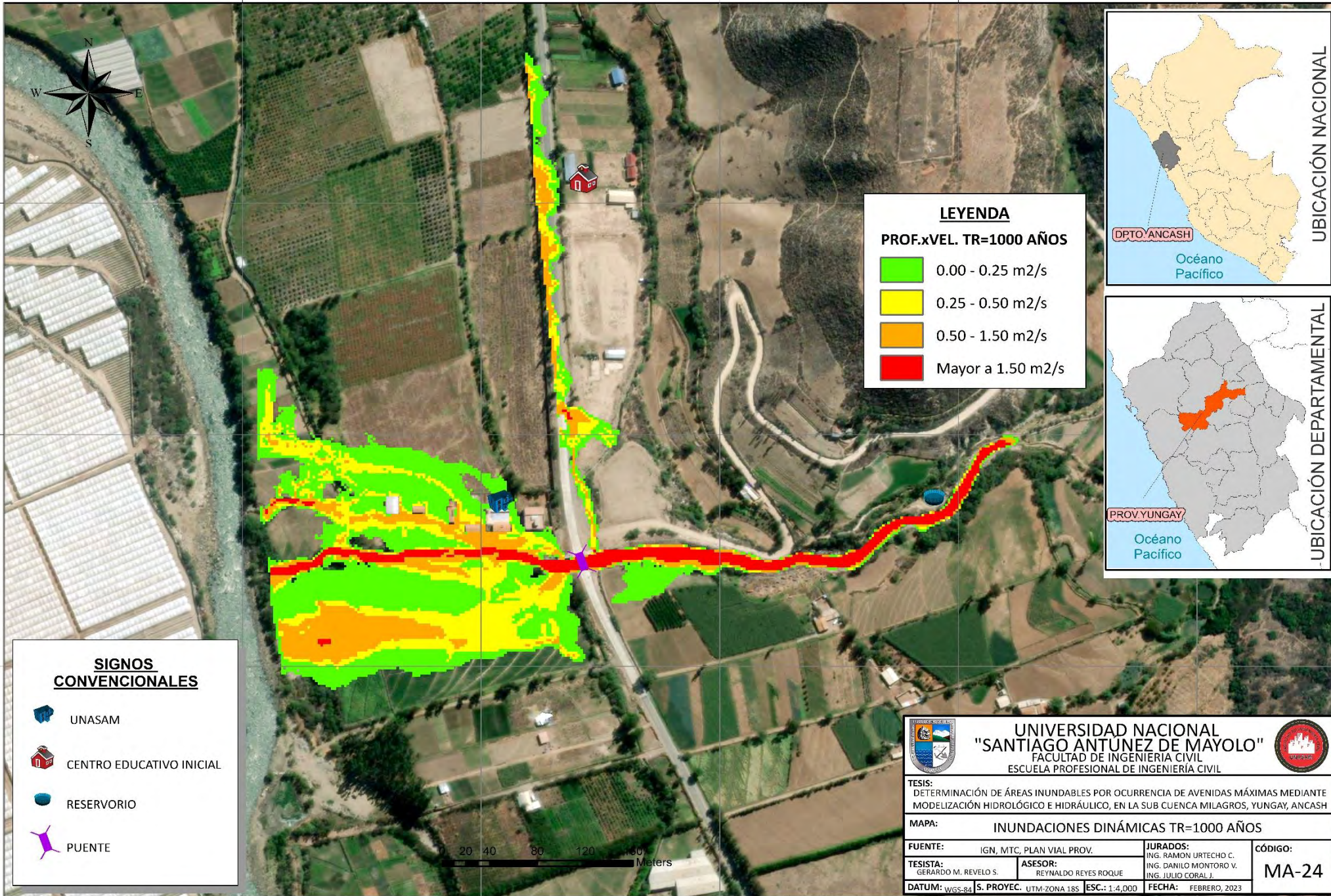
8992603

8993003

8992803

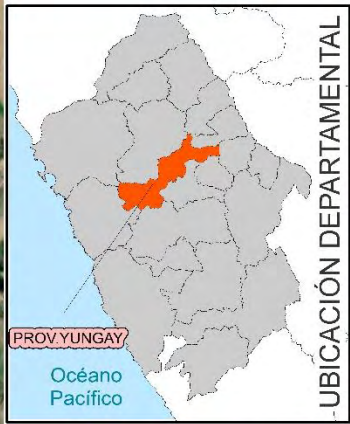
8992603

8992403



LEYENDA
PROF.xVEL. TR=1000 AÑOS

- 0.00 - 0.25 m²/s
- 0.25 - 0.50 m²/s
- 0.50 - 1.50 m²/s
- Mayor a 1.50 m²/s



SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
 DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA: INUNDACIONES DINÁMICAS TR=1000 AÑOS

FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMON URTECHO C. ING. DANILIO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO:
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	MA-24
DATUM: WGS-84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S	ESC.: 1:4,000	FECHA: FEBRERO, 2023

195080 195280 195480 195680 195880 196080



195080 195280 195480 195680 195880 196080

8992603

8992803

8992603

195080

195280

195480

195680

195880

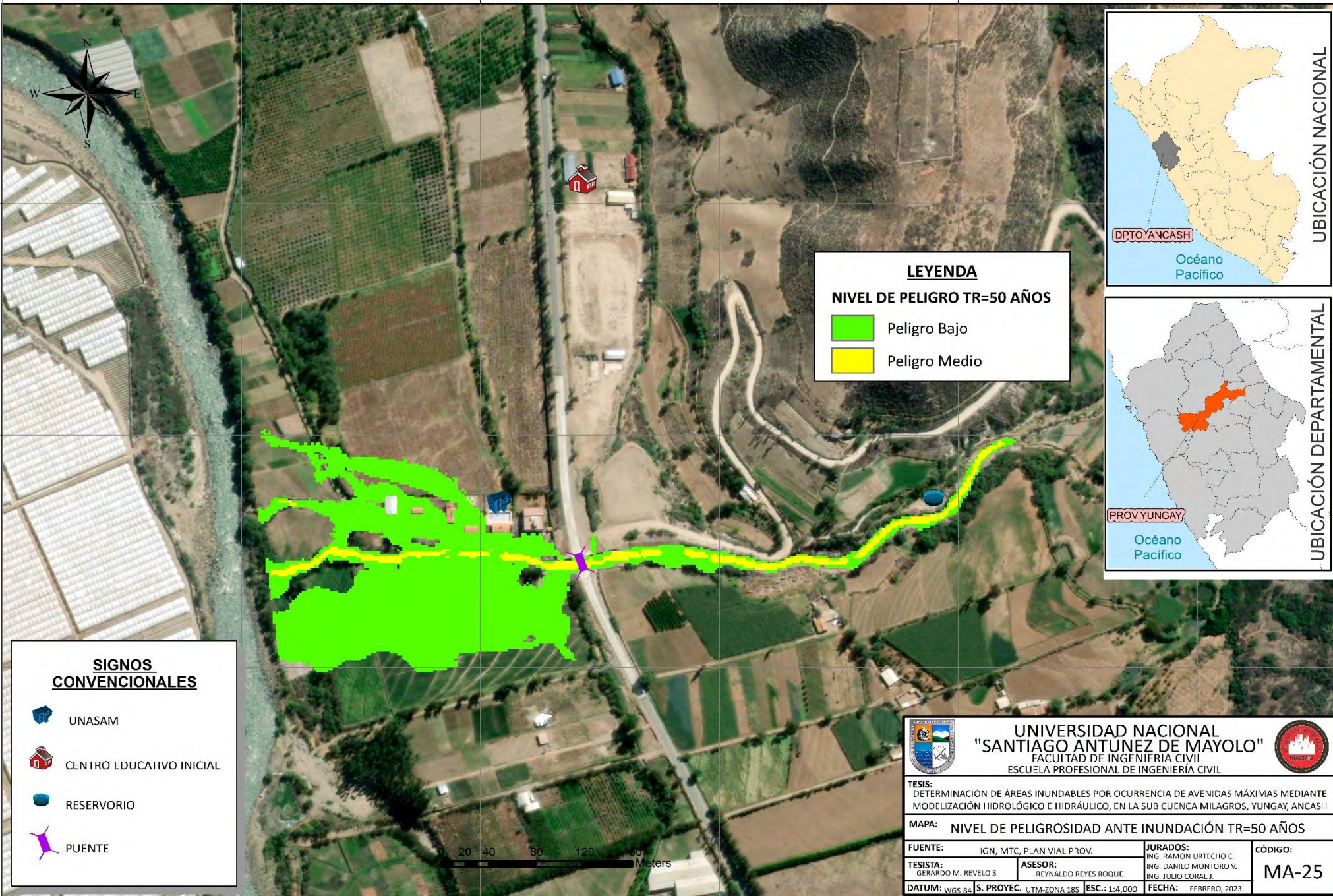
196080

8993003

8992803

8992603

8992403



LEYENDA

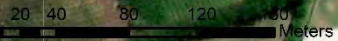
NIVEL DE PELIGRO TR=50 AÑOS

- Peligro Bajo
- Peligro Medio



SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE



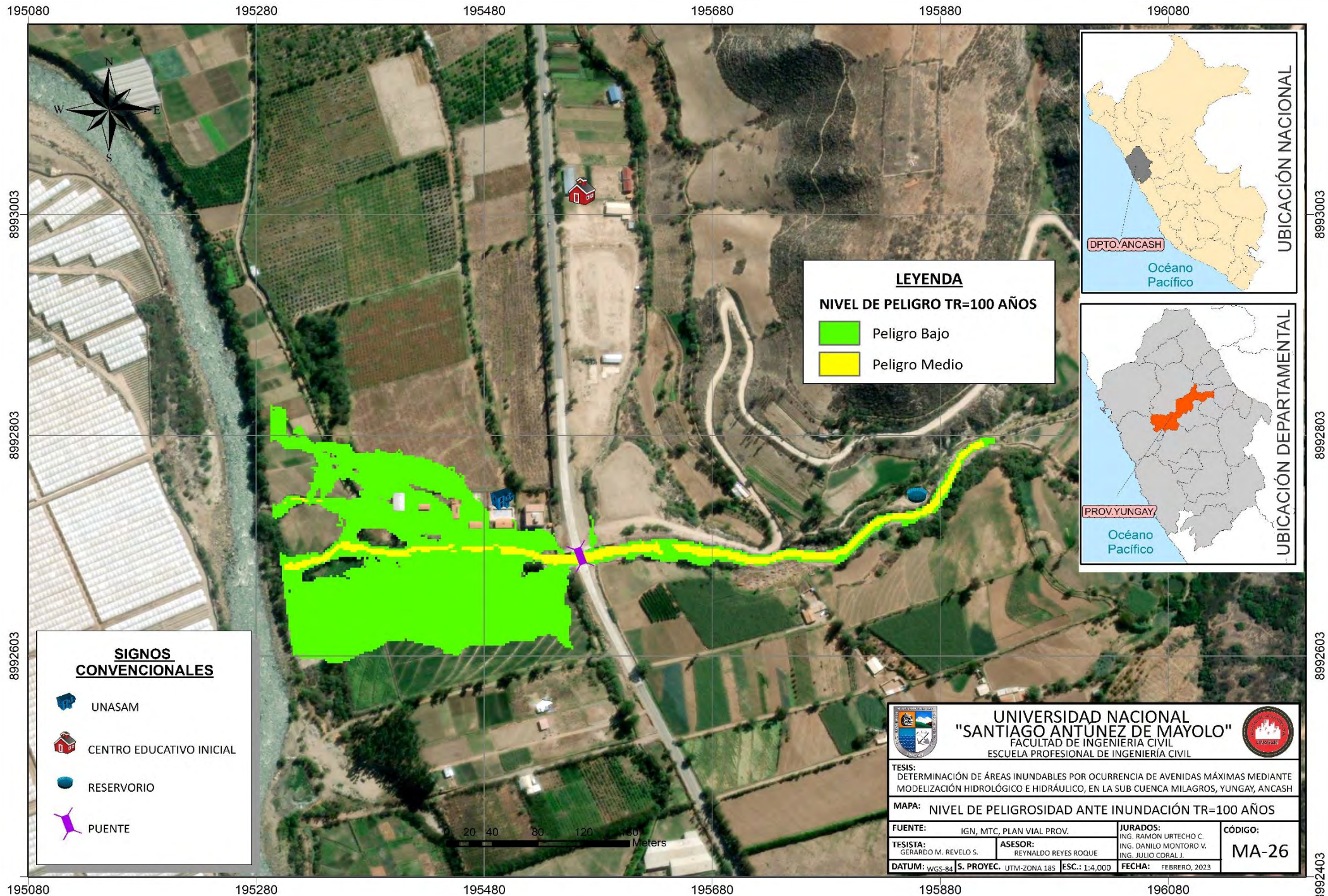
UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA: NIVEL DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIÓN TR=50 AÑOS

FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMON URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO:
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	MA-25
DATUM: WGS-84	S. PROYEC. UTM-ZONA 18S	ESCALA: 1:4.000
FECHA: FEBRERO, 2023		





195080

195280

195480

195680

195880

196080

8993003

8992803

8992603

195080

195280

195480

195680

195880

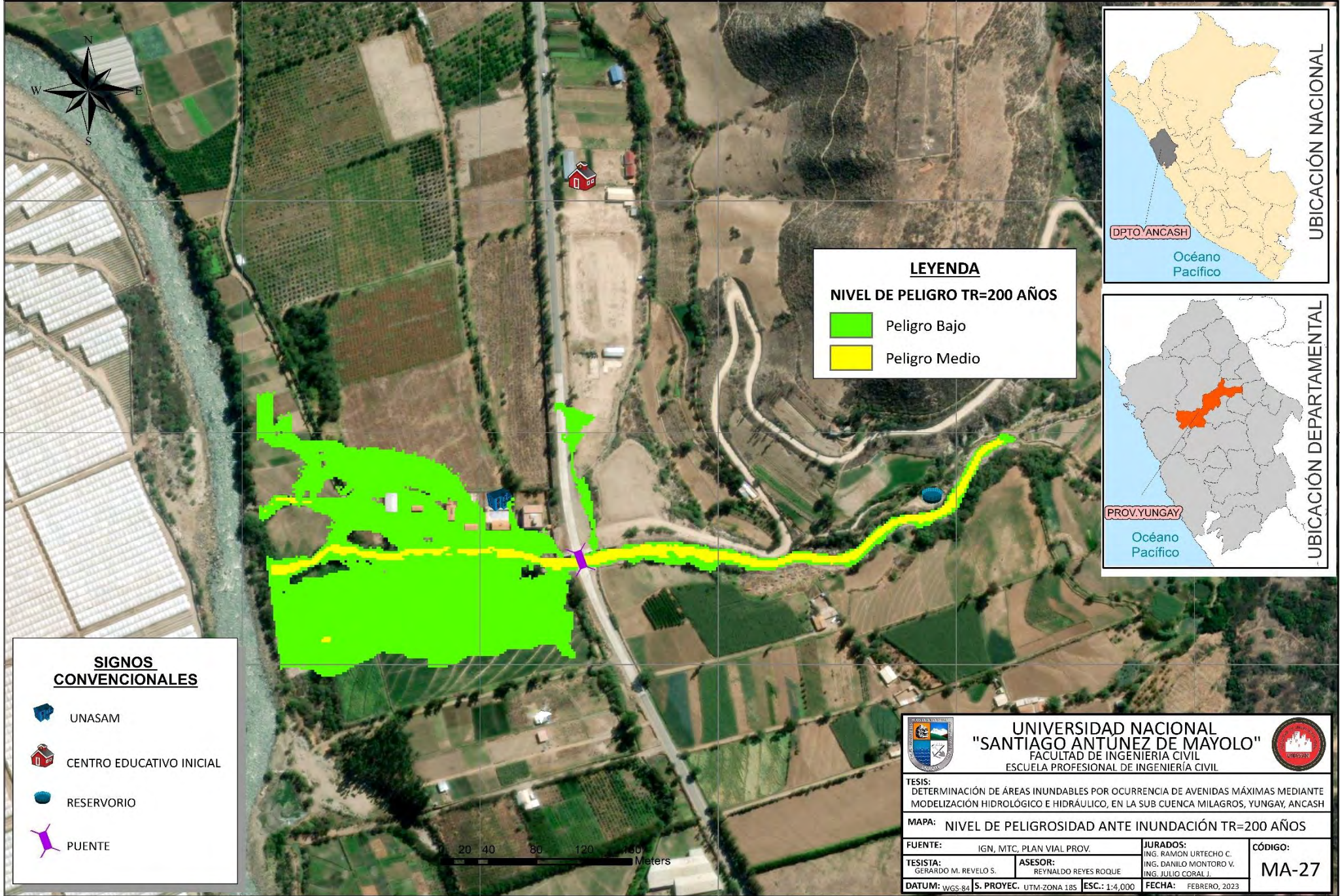
196080

8993003

8992803

8992603

8992403



LEYENDA

NIVEL DE PELIGRO TR=200 AÑOS

- Peligro Bajo
- Peligro Medio

SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA: NIVEL DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIÓN TR=200 AÑOS

FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMON URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL I.	CÓDIGO: MA-27
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	
DATUM: WGS.84 S. PROYEC. UTM-ZONA 18S	ESC.: 1:4,000	FECHA: FEBRERO, 2023

195080 195280 195480 195680 195880 196080

8993003

8992803

8992603

8993003

8992803

8992603

8992403



UBICACIÓN NACIONAL



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

LEYENDA

NIVEL DE PELIGRO TR=500 AÑOS

- Peligro Bajo
- Peligro Medio

SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH		
MAPA: NIVEL DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIÓN TR=500 AÑOS		
FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CORAL J.	CÓDIGO: MA-28
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	
DATUM: WGS-84	S. PROYEC: UTM-ZONA 18S	ESC.: 1:4,000
		FECHA: FEBRERO, 2023

195080 195280 195480 195680 195880 196080

195080 195280 195480 195680 195880 196080

8993003

8992803

8992603

8993003

8992803

8992603

8992403



UBICACIÓN NACIONAL



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

LEYENDA

NIVEL DE PELIGRO TR=1000 AÑOS

- Peligro Bajo
- Peligro Medio

SIGNOS CONVENCIONALES

- UNASAM
- CENTRO EDUCATIVO INICIAL
- RESERVORIO
- PUENTE



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES POR OCURRENCIA DE AVENIDAS MÁXIMAS MEDIANTE MODELIZACIÓN HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, EN LA SUB CUENCA MILAGROS, YUNGAY, ANCASH

MAPA: NIVEL DE PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIÓN TR=1000 AÑOS

FUENTE: IGN, MTC, PLAN VIAL PROV.	JURADOS: ING. RAMÓN URTECHO C. ING. DANILO MONTORO V. ING. JULIO CDRAL J.	CÓDIGO: MA-29
TESISTA: GERARDO M. REVELO S.	ASESOR: REYNALDO REYES ROQUE	
DATUM: WGS-84	S. PROYEC. UTM-ZONA 18S	ESC.: 1:4,000
	FECHA: FEBRERO, 2023	

195080 195280 195480 195680 195880 196080

