

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**MODELACION DE ZONAS DE INUNDACION, POR MEDIO DE
HERRAMIENTAS GEOMATICAS, EN LA PARTE BAJA DE LA
SUBCUENCA DEL RIO CAMACHO, MUNICIPIO DE URIONDO,
TARIJA**

Por:

SANTOS MIGUEL MAMANI VILLARRUBIA

Tesis de grado, presentada a consideración de la UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar grado de licenciatura en ingeniería forestal.

**Marzo de 2023
TARIJA – BOLIVIA**

V°B°

Ing. Oscar Luis Mamani Villarrubia
PROFESOR GUÍA

M.Sc Ing. Henry Esnor Valdez. H.
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRICOLAS Y FORESTALES

M.Sc Ing. Juan Oscar Hiza .Z.
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRICOLAS Y FORESTALES

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

M.Sc. Ing. Edwin Fernando Hiza Sanchez

M.Sc. Ing. Deimar Fernández

M.Sc. Ing. Javier Caba Olguin

ADVERTENCIA

El Tribunal Calificador del presente Trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esta responsabilidad del autor

DEDICATORIAS:

Con todo cariño, este trabajo es dedicado a mis padres (patricio (†) y Juana) y a todos mis hermanos, quienes supieron darme apoyo moral y material para hacer realidad el sueño de profesionalizarme.

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento más grande es para el señor de los espíritus que yo he decidido llamar DIOS, del cual he recibido muchísimas bendiciones y sin la ayuda mi vida no tendría sentido. ¡Gracias DIOS por haber cambiado mi vida!

“Le agradezco muy profundamente a mi tutor por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

“Son muchos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Sin ustedes los conceptos serían solo palabras, y las palabras ya sabemos quién se las lleva, el viento”.

SERENIDAD

**“La victoria y el fracaso son dos impostores,
y hay que recibirlos con idéntica serenidad y
con saludable punto de desdén.”**

**“El éxito es aprender a ir de fracaso en
fracaso sin desesperarse.”**

**“tengan siempre presente, el dolor es límite
para aquellos que nunca van a triunfar”**

INDICE

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
FORMULACION DEL PROBLEMA.	2
JUSTIFICACION.....	3
OBJETIVOS.....	4
OBJETIVO GENERAL.	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	4
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.	4

CAPITULO I

REVISION BIBLIOGRAFICA.....	5
1.1.- Generalidades Sobre las inundaciones.	5
1.2.- Factores fundamentales que influyen en las inundaciones.....	6
1.3.- Identificación de zonas de riesgo	7
1.4.- Herramientas para el estudio de modelamiento	8
1.4.1.- Modelo HEC-RAS	9
1.4.2.- Simulación Hidráulica.....	10
1.4.3.- Simulación unidimensional	10
1.4.4.- Sistema de Información Geográfica (SIG).....	11
1.5.- Sector vitivinícola.	11

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.	12
2.1.- Localización del área de estudio.	12
2.1.1.- Ubicación geográfica.....	12
2.1.2.- Características climáticas.	14
2.1.2.1.- Clima.	14
2.1.2.2.- Precipitaciones Pluviales.....	16
2.1.3.- Características Biofísicas.	17
2.1.3.1.- Morfología.....	17
2.1.3.2.- Vegetación.....	17
2.1.3.3.- Fauna.	18
2.1.3.4.- Suelos.	18
2.1.4.- Características fisiográficas.....	18
2.1.5.- Características Demograficas.	20
2.1.5.1.- Población, Superficie y Densidad.	20
2.1.5.2.- Producción.....	21

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS.....	22
3.1.- Materiales.	22
3.1.1.- Material de gabinete.	22
3.1.2.- Materiales de campo.....	22
3.2.- Metodología.	23
3.2.1.- Etapa de campo	23
3.2.1.1.- Levantamiento topográfico del cauce	23
3.2.1.2.- Análisis granulométrico del lecho y cauce.....	24
3.2.2.- Etapa de gabinete.	26
3.2.2.1.- Elaboración de mapas de uso de la tierra, cobertura vegetal y de pendiente. (no supervisada).	26
3.2.2.1.1.- Mapa de uso actual de tierra.....	26

3.2.2.1.2.- Mapa de cobertura vegetal	26
3.2.2.1.3.- Mapa de pendientes	26
3.2.2.2.- Recopilación de la hidrología para determinar los caudales máximos.	26
3.2.2.3.- Método de Gumbel.....	27
2.2.3.- Marco de trabajo.....	27
3.2.4.- Manejo y preparación de la geo-información.	28
3.2.4.1.- Descarga y procesamiento de la imagen satelital.....	28
3.2.5.- Obtención del modelo digital de terreno (MDT)	29
3.2.6.- Digitalización del área de influencia y la asignación de los coeficientes de rugosidad según Manning, mediante ArcGIS	31
3.2.7- Generación de los caudales máximo para estación de juntas mediante hidroesta2	32
3.2.7.1.- Reporte según el método de Gumbel para la estación juntas.	32
3.2.8.- Simulación hidráulica unidimensional con Hec-RAS v.6.0.2.....	33
3.2.8.1.- Definición del sistema de proyección	33
3.2.8.2.- Nuevo proyecto en HEC-RAS	34
3.2.8.3.- Importación de los datos geométricos de coeficientes de Manning.....	36
3.2.9.- Creación de las geometrías.....	37
3.2.9.1.- Perspectiva x-y-z del rio Camacho.....	38
3.2.10.- Generación de la geometría Data.	38
3.2.11.- Generación de datos de flujos constantes. (steady Flow data).....	39
3.2.12.- Simulación de flujo constante.(steady Flow simulation).	40

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUCIONES	42
4.1.- Resultados.	42
4.1.1.- Descripción del uso actual de la tierra según la FAU-UNESCO 1973:.....	42
4.1.2.- Cobertura vegetal según la FAU-UNESCO 1973:.....	44
4.1.3.- Relieve.....	46
4.2.1.- Metodología analítica para la identificación y cuantificación de áreas de inundación.	47

4.3.1.- Determinación del área de afectación por inundación para un periodo de retorno de 100 años, mediante la aplicación del Hec-RAS v.6.2.	48
Fauna.	52
Producción.	52
4.4.1.- Discusiones.	53

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	53
5.1.- Conclusiones.	53
5.2.- Recomendaciones.	54
BIBLIOGRAFÍA.	55
ANEXOS	

Índice de figuras

Figura 1. Procesamiento de la Imagen satelital mediante el software ArcGIS.	29
Figura 2. Datos del levantamiento topográfico	30
Figura 3. Configuración para generación del MDT	30
Figura 4. Generando curvas de nivel	31
Figura 5. Interpolación de la geometría con los valores de Manning.	31
Figura 6. Calibración de caudales máximos	32
Figura 7. Preparación del modelo digital de terreno en ArcGIS.	33
Figura 8. Asignación de la proyección de la proyección.	33
Figura 9. Vista de inicio del programa	34
Figura 10. Vista previa del ingreso del modelo de digital del terreno.	35
Figura 11. Importando el Modelo Digital de Elevación “MDE”	35
Figura 12. Importación de la orto foto.	36
Figura 13. Importación los coeficientes de Manning	36
Figura. 14 Graficación de la geometría (en la dirección positiva del flujo).	37
Figura 15. Geometria del rio Camacho y secciones transversales	38
Figura 16. Sección transversal del rio Camacho este procedimiento se realizó a las 37 secciones transversales establecidas	39
Figura 17. Asignación de los caudales máximos y condiciones de flujos.	40

Figura 18. Vista de la creación del plan para que se dé la modelación	40
Figura 19. Computo terminado.....	41
Figura 20. Mapa de uso actual de la tierra.....	42
Figura 21. Mapa de cobertura vegetal	44
Figura 22. Mapa de pendientes.....	46
Figura 23. Vista del modelo de inundación.....	47
Figura 24. Velocidad de escurrimiento.....	48
Figura 25. Área de geología inundable para un periodo de retorno de 100 años	50

Índice de cuadros

Cuadro 1. Resumen climático del año 1995 - 2020.....	15
Cuadro 2. Diagrama de climático del año 1997 - 2021	16
Cuadro 3. Flora representativa.....	17
Cuadro 4. Características Demográficas	20
Cuadro 5. Conductos Abiertos Excavados y de Alineamiento Recto	24
Cuadro 6. Valores de coeficientes de Manning.....	25
Cuadro 7. Reporte estadístico de afectación por inundación.....	50
Cuadro 8. Flora indirectamente afectada por la inundación	51

Índice de mapas

Mapa 1. Mapa del Área de investigación	13
Mapa 2. Mapa de provincias fisiográficas.....	19
Mapa 3. Mapa base de ubicación del área de estudio.....	28
Mapa 4. Mapa de zonas inundables.....	49

Índice de anexos

Anexo 1: Memorias fotográficas

Fotografía 1. Cauce de río Camacho	
Fotografía 2. Vegetación representativa del cauce del río.....	
Fotografía 3. Vista del río a aguas abajo	
Fotografía 4. Vista del río aguas arriba	
Fotografía 5. Levantamiento de datos en taludes del río	
Fotografía 6. Levantamiento topográfico con RTK	
Fotografía 7. Levantamiento de datos del lecho del río	

Fotografía 8. Toma de puntos de relevancia.....

Anexo 2. mapas temáticos

Mapa 1. Mapa de uso actual de la tierra

Mapa 2. Mapa de cobertura vegetal.....

Mapa 3. Mapa de pendientes

Anexo 3. Perfiles topográficos del área en estudio

Perfil 1. Modelo Digital De Elevación y los cortes Transversales.

Perfil 2. Perfil topográfico de la parte alta de la zona de estudio

Perfil 3. Perfil topográfico de la parte media.....

Perfil 4. Perfil topográfico del aforo de la subcuenca

Anexos 4. Tablas preliminares de cálculos de caudal y de influencia.

Tabla 1. Registro de precipitaciones.....

Tabla 2. Lista de beneficiarios directamente afectados