

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACIÓN (PET)
INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE TESIS
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO HEC – HMS,
EN LA CUENCA DEL RÍO TOLOMOSA

Postulante: Euclides Galileo Mendoza Arenas

Tutor: Ing. José Jaime Zamora Calderón

Septiembre 2017
TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
MSc. Ing. José Jaime Zamora Calderón
TUTOR

.....
MSc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez Gozávez
**DECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
MSc. Lic. Marlene Hoyos Montecinos
**DIRECTORA DEL DEPARTAMENTO
VIRTUAL Y A DISTANCIA**

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
MSc. Ing. Rüter Oscar Sierra Calvo

.....
MSc. Ing. Nelzon Rodríguez Lezana

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía.

A mis padres, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en mi educación, tanto académica como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi amada esposa e hija, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mi abuelita Rita Arenas (+) que desde el Reino de Dios está siempre cuidándome en los momentos más difíciles y brindándome su amor, por último agradecer a mis familiares y a esos verdaderos amigos, compañeros con los que compartimos buenos y malos momentos.

El tribunal calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en la misma, siendo únicamente responsabilidad del autor.

Índice

RESUMEN.....	1
Capítulo I. INTRODUCCIÓN.....	3
I.1. INTRODUCCIÓN.....	4
I.2. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
I.2.1. Análisis del Problema.....	5
I.2.2. Descripción del Problema	5
I.3. JUSTIFICACIÓN.....	7
I.4. OBJETIVOS.....	7
I.4.1. Objetivo general.....	7
I.4.2. Objetivos específicos.....	8
I.5. ALCANCE	8
Capítulo II. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE HIDROLOGÍA.....	9
II.1. Definición de hidrología.....	10
II.2. EL CICLO HIDROLÓGICO.....	11
II.2.1. Fases del Ciclo Hidrológico.....	13
II.3. TRANSFORMACIÓN PRECIPITACIÓN – ESCORRENTÍA.....	22
II.4. HIDROGRAMA.....	23
II.5. CUENCA HIDROGRÁFICA.....	27
II.5.1. Divisoria de Aguas.....	28
II.5.2. Características Físicas de una Cuenca.....	29
II.5.3. Características del Relieve.....	31
II.5.4. Características de la Red de Drenaje.....	38
Capítulo III. RELACIÓN PRECIPITACIÓN ESCORRENTÍA.....	41
III.1. INTRODUCCIÓN.....	42
III.2 MÉTODOS PARA ESTIMAR EL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.....	42
III.2.1. Método racional.....	42
III.2.2. Hidrograma sintético.....	43
III.2.3. Método del Número de Curva del Servicio de Conservación de Suelos.....	48
III.2.4. Modelos.....	57

Capítulo IV. MODELOS HIDROLÓGICOS DE PRECIPITACIÓN ESCORRENTÍA.....	60
IV.1. INTRODUCCIÓN.....	61
IV.2. CLASIFICACIÓN DE MODELOS DE CUENCA.....	62
IV.2.1. Modelos Materiales Versus Modelos Formales.....	62
IV.2.2. Tipos de Modelos Matemáticos de Cuencas.....	63
IV.2.3. Modelos Lineales Versus Modelos no Lineales.....	65
IV.2.4. Modelos de Tiempo Invariable versus Modelos de Tiempo Variable.....	66
IV.2.5. Modelos Globales (no distribuido) versus Modelos Distribuidos.....	67
IV.2.6. Modelos Continuos versus Modelos Discretos.....	68
IV.2.7. Modelos analíticos versus modelos numéricos.....	68
IV.2.8. Modelos de Eventos Aislados versus Modelos de Procesos Continuos.....	69
IV.3. COMPONENTES DEL MODELO.....	70
IV.3.1. Precipitación.....	70
IV.3.2. Abstracciones hidrológicas.....	74
IV.3.3. Escurrimiento.....	77
IV.4. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO Y APLICACIÓN.....	79
IV.5. CALIBRACIÓN DEL MODELO Y VERIFICACIÓN.....	80
IV.6. MODELOS PARA ESTIMAR CAUDALES MÁXIMOS.....	84
Capítulo V. MODELO HIDROLÓGICO HEC – HMS.....	86
V.1. INTRODUCCIÓN.....	87
V.2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	88
V.3. SITUACIONES HIDROLÓGICAS QUE PUEDEN MODELARSE EN HEC-HMS.....	90
V.4. TIPO DE INFORMACIÓN QUE REQUIERE EL PROGRAMA.....	91
V.5. INFORMACIÓN ACERCA DE LA MORFOMETRÍA DE LAS SUBCUENCAS.....	93
V.6. CALIBRACIÓN DE PARÁMETROS CON HEC – HMS.....	97
V.7. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS QUE OFRECE EL HEC-HM.....	99

<i>Capítulo VI. CALIBRACIÓN, VALIDACIÓN Y APLICACIÓN DEL MODELO HEC – HMS EN LA CUENCA DEL RIO TOLOMOSA.....</i>	<i>101</i>
VI.1. ESTUDIO HIDRÓLOGICO DE LA CUENCA TOLOMOSA.....	102
VI.1.1. Ubicación Geográfica de la Cuenca de Aporte.....	102
VI.1.2. Delimitación de la Cuenca de Aporte.....	104
VI.1.3. Caracterización Climática.....	107
VI.1.4. PROPIEDADES DE LAS CUENCAS EN ESTUDIO.....	113
VI.1.5. Análisis de Precipitaciones.....	117
VI. 1.6. Precipitaciones Diarias.....	121
VI.1.7. Cálculo de Precipitaciones Máximas.....	123
VI.1.8. Polígonos de Thiessen para determinar la Precipitación Máxima de la Cuenca.....	135
VI.2. ANÁLISIS DE DATOS DE CAUDALES	137
VI.3. CALIBRACIÓN DEL MODELO.....	140
VI.4. VALIDACIÓN DEL MODELO.....	154
VI.4.1. Obtención del Número de Curva (CN).....	154
VI.4.2. Obtención de las Abstracciones Iniciales.....	155
VI.4.3. Obtención del Tiempo de Retardo.....	156
VI.4.4. Análisis y Comparación de Parámetros.....	157
VI.5. Análisis de Resultados de la Calibración y Validación.....	157
VI. 6. Limitaciones Asociadas a la Implementación del Modelo.....	158
VI.7. GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS PARTIR DE PRECIPITACIONES.....	159
<i>Capítulo VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>	<i>160</i>
VII.1. CONCLUSIONES.....	161
VII.2. RECOMENDACIONES.....	163
BIBLIOGRAFÍA.....	166
ANEXOS.....	167