

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/230

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): OSCAR DAVID APELLIDOS: TORRES GOYENECHÉ

NOMBRE(S): LEONARDO APELLIDOS: VARGAS GARAY

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GUSTAVO ADOLFO APELLIDOS: CARRILLO SOTO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): VALIDACIÓN, CALIBRACIÓN Y

REGIONALIZACIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO – MÉTODO DEL SOIL

CONSERVATION SERVICE – SCS EN DIFERENTES CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE

NORTE DE SANTANDER.

RESUMEN

En cuencas No-Instrumentadas; situación presente en la mayoría de cuencas del departamento, los caudales máximos se pueden estimar mediante modelos sintéticos, dentro de estos los más utilizados en Colombia son los hidrogramas unitarios sintéticos. Se obtuvieron del IDEAM las series temporales de caudal y precipitación, seleccionando 19 cuencas en función de su área, caracterizadas utilizando ArcGIS® sobre el modelo digital de elevación ASTER GDEM. Se determinaron los errores al estimar los caudales máximos mediante el hidrograma unitario sintético del SCS, en comparación con los factores de frecuencia (Gumbel y Log-Pearson), se optimizó el parámetro del modelo para calibrar los resultados e intentar su regionalización. Se encontró que el método del SCS está sujeto a grandes errores y presenta una tendencia a sobreestimar los caudales máximos. Se reportan resultados exageradamente mayores para la condición de humedad AMC III. Para la mayoría de cuencas se logran reducir los errores bajo la condición AMC I, lo cual resulta contra-intuitivo considerando que eventos de crecida se presentan en condiciones de suelo húmedo (temporadas de invierno).

PALABRAS CLAVE: Caudales máximos, Hidrograma unitario sintético SCS, Hidrología.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 230 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

VALIDACIÓN, CALIBRACIÓN Y REGIONALIZACIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO
SINTÉTICO – MÉTODO DEL SOIL CONSERVATION SERVICE – SCS EN DIFERENTES
CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE NORTE DE SANTANDER

OSCAR TORRES GOYENECHÉ

LEONARDO VARGAS GARAY

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2017

VALIDACIÓN, CALIBRACIÓN Y REGIONALIZACIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO
SINTÉTICO – MÉTODO DEL SOIL CONSERVATION SERVICE – SCS EN DIFERENTES
CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE NORTE DE SANTANDER

OSCAR TORRES GOYENECHÉ

LEONARDO VARGAS GARAY

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

GUSTAVO ADOLFO CARRILLO SOTO

I.C, MSc, Ph.D. Hidrología

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2017

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 20 DE FEBRERO DE 2017 HORA: 2:30 p. m.

LUGAR: SALA 3 – TERCER PISO EDIFICIO CREAD - UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: “VALIDACION, CALIBRACION Y REGIONALIZACION DEL HIDROGRAMA UNITARIO SINTETICO – METODO DEL SOIL CONSERVATION SERVICE – SCS EN DIFERENTES CUENCAS HIDROGRAFICAS DE NORTE DE SANTANDER”

JURADOS: ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO
ING. NUBIA MISLENY CARDENAS PEREZ

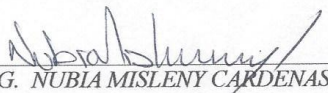
DIRECTOR: Ph.D. GUSTAVO ADOLFO CARRILLO SOTO

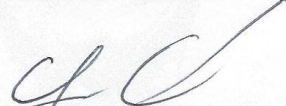
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
OSCAR DAVID TORRES GOYENECHÉ	1111280	4,5	CUATRO, CINCO
LEONARDO VARGAS GARAY	1111165	4,5	CUATRO, CINCO

MERITORIA

FIRMA DE LOS JURADOS


ING. NELSON JAVIER CELY CALIXTO


ING. NUBIA MISLENY CARDENAS PEREZ

Vo. Bo. 
JAVIER ANDRES ZAMBRANO GALVIS
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

Índice general

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
1.1. OBJETIVOS	5
1.1.1. GENERAL	5
1.1.2. ESPECÍFICOS	5
1.2. PLANTEAMIENTO – FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.2.1. PLANTEAMIENTO	6
1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.3. JUSTIFICACIÓN	6
1.3.1. RAZÓN DE SER	6
1.3.2. PERSPECTIVAS	7
1.4. DELIMITACIÓN	8
1.4.1. MARCO DEMOGRÁFICO	8
1.4.2. MARCO GEOGRÁFICO	9
1.4.3. MARCO CONCEPTUAL	10
2. REFERENTES TEÓRICOS	12
3. ANTECEDENTES	13
4. MARCO TEÓRICO	16

4.1.	CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	16
4.2.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS MÁS IMPORTANTES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS	17
4.2.1.	ÁREA DE DRENAJE (A)	17
4.2.2.	PERÍMETRO (P)	17
4.2.3.	FORMA DE LA CUENCA	17
4.2.4.	LONGITUD DE LA RED HÍDRICA	17
4.2.5.	DENSIDAD DE DRENAJE	17
4.2.6.	ÍNDICE DE GRAVELIUS (K_c)	18
4.2.7.	COEFICIENTE DE FORMA (K_f)	18
4.2.8.	ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA (Z)	18
4.2.9.	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (Y)	19
4.2.10.	LONGITUD DE FLUJO (l)	19
4.2.11.	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (L)	19
4.2.12.	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL (S)	19
4.2.13.	PENDIENTE TOTAL DEL CAUCE PRINCIPAL (S_o)	19
4.2.14.	CURVA HIPSOMÉTRICA	20
4.3.	FUENTES DE INFORMACIÓN BÁSICA	20
4.4.	ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL	22

4.4.1.	MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN	22
4.4.2.	MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN GLOBAL ASTER GDEM	23
4.4.3.	CARTOGRAFÍA BÁSICA	24
4.4.4.	COBERTURAS Y USOS DEL SUELO	24
4.5.	INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA	27
4.6.	INDICADORES HÍDRICOS E ÍNDICES CLIMATOLÓGICOS	28
4.6.1.	RENDIMIENTO HÍDRICO, RH	28
4.6.2.	INDICE DE ARIDEZ, Ia	29
4.6.3.	ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA, IRH	29
4.7.	ARCMAP: CONJUNTO DE HERRAMIENTAS DE HIDROLOGÍA	29
4.7.1.	RELLENAR (FILL SINKS)	31
4.7.2.	DIRECCIÓN DE FLUJO (FLOW DIRECTION)	32
4.7.3.	ACUMULACIÓN DE FLUJO (FLOW ACCUMULATION)	33
4.7.4.	CLASIFICACIÓN DE CORRIENTES (STREAM ORDER)	33
4.7.5.	CUENCA HIDROGRÁFICA (WATERSHED)	34
4.8.	ANÁLISIS DE FRECUENCIA	35
4.8.1.	PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (<i>OUTLIERS</i>)	35
4.8.2.	PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	36
4.8.3.	VARIABLE ALEATORIA Y DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD	37

4.8.4. ESTIMACIÓN DE LA OCURRENCIA DE EVENTOS	
HIDROLÓGICOS MÁXIMOS	38
4.8.5. PERÍODO DE RETORNO	38
4.8.6. FACTORES DE FRECUENCIA	40
4.9. HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO DEL SOIL CONSERVATION	
SERVICE, SCS	41
4.9.1. FUNDAMENTOS DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS	42
4.10. HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN	47
4.10.1. PRECIPITACIONES PUNTUALES Y ESPACIALES	47
4.10.2. REDUCCIÓN DE LA LLUVIA POR ESPACIALIDAD	50
4.10.3. CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA, IDF	52
4.10.4. CURVAS SINTÉTICAS REGIONALIZADAS DE INTENSIDAD-	
DURACIÓN-FRECUENCIA PARA COLOMBIA	54
4.10.5. PRECIPITACIONES EFECTIVAS	57
4.10.6. MÉTODO DEL NÚMERO DE CURVA (USDS. SCS CURVE	
NUMBER RUNOFF)	58
4.10.7. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA, CN	61
4.10.8. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LAS ABSTRACCIONES SCS	78
4.11. CONVOLUCIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO	80
4.12. CALIBRACIÓN DE MODELOS HIDROLÓGICOS	82
4.12.1. MODELAMIENTO DETERMINÍSTICO	82

4.12.2.	EXACTITUD Y PRECISIÓN DE UN MODELO	83
4.12.3.	FUENTES DE INCERTIDUMBRE EN MODELOS HIDROLÓGICOS	84
4.12.4.	CALIBRACIÓN DE UN MODELO	85
4.13.	REGIONALIZACIÓN DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	85
4.13.1.	MÉTODOS DE REGIONALIZACIÓN	86
5.	MARCO LEGAL	86
6.	METODOLOGÍA	88
6.1.	NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN	88
6.1.1.	SEGÚN EL ÁMBITO	88
6.1.2.	SEGÚN LOS OBJETIVOS PROPUESTOS	88
6.1.3.	SEGÚN EL PERIODO EN EL QUE SE EFECTÚA	89
7.	RESULTADOS	90
7.1.	INFORMACIÓN UTILIZADA	90
7.2.	CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS	99
7.2.1.	PASO 1. FILL	100
7.2.2.	PASO 2. FLOW DIRECTION	100
7.2.3.	PASO 3. FLOW ACCUMULATION	101
7.2.4.	PASO 4. STREAM DEFINITION	102

7.2.5.	PASO 5. STREAM ORDER	103
7.2.6.	PASO 6. STREAM TO FEATURE	104
7.2.7.	PASO 7. SNAP POUR POINT	105
7.2.8.	PASO 8. WATERSHED	106
7.2.9.	PASO 9. RASTER TO POLYGON	106
7.2.10.	ÁREA DE DRENAJE Y PERÍMETRO DE LA CUENCA	107
7.2.11.	PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA (SLOPE)	108
7.2.12.	LONGITUD DE FLUJO (FLOW LENGTH)	109
7.3.	ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA DE ESCORRENTÍA, CN	116
7.3.1.	UNION (COMBINACIÓN)	117
7.4.	ANÁLISIS DE FRECUENCIA	127
7.5.	VALIDACIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO – MÉTODO DEL SCS	131
7.5.1.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	140
7.6.	CALIBRACIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO – MÉTODO DEL SCS	144
7.6.1.	AJUSTE DE PARÁMETROS DEL MODELO	144
7.6.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN	147
7.7.	REGIONALIZACIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO – MÉTODO DEL SCS	148

8.	CONCLUSIONES	152
9.	RECOMENDACIONES	155
10.	REFERENCIAS	158
11.	ANEXOS	163