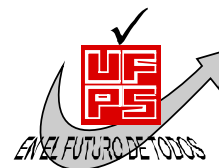




UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN TESIS DE GRADO

**AUTOR (ES):**

**NOMBRE (S):** ASTRID CAROLINA **APELLIDOS:** TOLOZA BARRERA

**NOMBRE (S):** MALORYS PAOLA **APELLIDOS:** ESQUIVEL MISAL

**FACULTAD:** FACULTAD DE INGENIERÍAS

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA CIVIL

**DIRECTOR:**

**NOMBRE (S):** GUSTAVO ADOLFO **APELLIDOS:** CARRILLO SOTO

**TÍTULO DE LA TESIS:** PRUEBA PILOTO PARA EL ANALISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CÚCUTA

**RESUMEN:**

En este proyecto se presenta un desarrollo metodológico que establece las condiciones iniciales para realizar una cuantificación de la variabilidad espacial de la precipitación en términos de magnitud en el área metropolitana de Cúcuta, que permitan abordar, por parte de la comunidad académica UFPS, un análisis profundo y exacto del comportamiento de las precipitaciones en el área Metropolitana de Cúcuta.

Palabras clave: pluviómetro, variabilidad, precipitación, estación meteorológica.

**CARACTERÍSTICAS:**

**PAGINAS:** 95

**PLANOS:**

**ILUSTRACIONES:**

**CD-ROM:** 1

PRUEBA PILOTO PARA EL ANALISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA  
PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CÚCUTA

ASTRID CAROLINA TOLOZA BARRERA  
MALORYS PAOLA ESQUIVEL MISAL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2014

PRUEBA PILOTO PARA EL ANALISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA  
PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CÚCUTA

ASTRID CAROLINA TOLOZA BARRERA  
MALORYS PAOLA ESQUIVEL MISAL

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Civil

Director  
GUSTAVO ADOLFO CARRILLO SOTO  
PhD en Hidrología

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2014

*ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO*

FECHA: 23 DE FEBRERO DE 2015 HORA: 2:00 p. m.  
LUGAR: SALA 3 – TERCER PISO EDIFICIO CREAD - UFPS.  
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL  
TITULO DE LA TESIS: “PRUEBA PILOTO PARA EL ANALISIS DE LA VARIABILIDAD  
ESPACIAL DE LA PRECIPITACION EN EL AREA METROPOLITANA  
DE CUCUTA”.  
JURADOS: ING. JORGE ENRIQUE BUITRAGO CASTILLO  
ING. FERNANDO ORTEGA RINCON  
DIRECTOR: PhD. GUSTAVO ADOLFO CARRILLO SOTO.

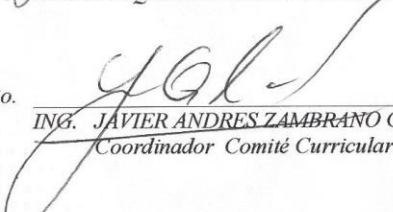
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION
		NUMERO LETRA
MAROLYS PAOLA ESQUIVEL MISAL	1110843	4,4 CUATRO, CUATRO

**A P R O B A D A**

FIRMA DE LOS JURADOS

  
ING. JORGE ENRIQUE BUITRAGO CASTILLO

  
ING. FERNANDO ORTEGA RINCON

Vo. Bo.   
ING. JAVIER ANDRES ZAMBRANO GALVIS  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

## AGRADECIMIENTOS

*Principalmente al Señor, en quien todo lo podemos, y al que le debemos nuestros logros.*

*Al Ingeniero Gustavo Adolfo Carrillo Soto, PhD en hidrología, nuestro director, quien con paciencia y dedicación dirigió el desarrollo de este trabajo de grado de principio a fin.*

*A nuestros Padres, Luz Marina Barrera, Pabla Zoraida Misal, Exomina Padilla, Remigia Barrera, Francisco Toloza y Eduardo Esquivel por ser nuestro apoyo incondicional y nuestro grande ejemplo.*

*A Leiver, Daniel, Sebastián y demás familiares por ser nuestra motivación para sacar adelante nuestros proyectos.*

*A los estudiantes de Ingeniería Civil Briseth Barriga, Erika Vargas, Naudi Cerpa, Javier Pineda, Luis Rojas, Yorman Ortiz y la estudiante de Ingeniería Industrial Fabiana Sepúlveda, por permitirnos ubicar las estaciones abriéndonos las puertas de sus casas desinteresadamente y con el ánimo de ayudar.*

*A Jhon Anderson Carvajal e Iván José Cuadro por su apoyo incondicional y desinteresado en este proceso, y a todos los familiares, amigos y compañeros que permitieron el desarrollo de este proyecto, que aportaron sus ideas y fueron de gran apoyo en los momentos difíciles.*

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	16
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3 JUSTIFICACIÓN	16
1.4 OBJETIVOS	17
2. MARCO REFERENCIAL	18
2.1 ANTECEDENTES	18
2.2 MARCO TEORICO	19
2.3 MARCO LEGAL	20
3. DISEÑO METODOLÓGICO	24
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	24
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	24
3.3 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	24
3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN, ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	25
4. RESULTADOS	26
4.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE PLUVIOMETROS CASEROS	26

4.2 MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE PLUVIÓMETROS CASEROS	29
4.3 DETERMINACIÓN DE LA FÓRMULA PARA CONVERTIR EL PESO DEL AGUA (Kg) EN PRECIPITACIÓN (mm)	38
4.4 RECOLECCIÓN DE DATOS	40
4.5 CALCULO DE PRECIPITACIONES	52
4.6 RESULTADOS Y ANALISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL Y DIARIA ENTRE ESTACIONES DE ESTUDIO E IDEAM	62
4.7 RESULTADOS Y ANALISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL ENTRE ESTACIONES DE ESTUDIO	76
4.8 MAPA PRELIMINAR DE VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL	81
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	92

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. ArcGIS Geostatistical Analyst	21
Figura 2. Materiales para la construcción del pluviómetro	30
Figura 3. Balanza digital con precisión en gramos	37
Figura 4. Formas de recolección de la precipitación	38



## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Recolección de datos mes de marzo	41
Cuadro 2. Recolección de datos mes de abril	41
Cuadro 3. Recolección de datos mes de mayo	41
Cuadro 4. Recolección de datos mes de junio	42
Cuadro 5. Recolección de datos mes de julio	42
Cuadro 6. Recolección de datos mes de agosto	42
Cuadro 7. Recolección de datos diarios mes de junio estación Gratamira	43
Cuadro 8. Recolección de datos diarios mes de julio estación Gratamira	44
Cuadro 9. Recolección de datos diarios mes de agosto estación Gratamira	45
Cuadro 10. Recolección de datos diarios mes de marzo estación Los Patios	46
Cuadro 11. Recolección de datos diarios mes de abril estación Los Patios	47
Cuadro 12. Recolección de datos diarios mes de mayo estación Los Patios	48
Cuadro 13. Recolección de datos diarios mes de junio estación Los Patios	49
Cuadro 14. Recolección de datos diarios mes de julio estación Los Patios	50
Cuadro 15. Recolección de datos diarios mes de agosto estación Los Patios	51
Cuadro 16. Calculo de precipitación total mensual de marzo	60
Cuadro 17. Calculo de precipitación total mensual de abril	61
Cuadro 18. Calculo de precipitación total mensual de mayo	61
Cuadro 19. Calculo de precipitación total mensual de junio	61
Cuadro 20. Calculo de precipitación total mensual de julio	62

Cuadro 21. Calculo de precipitación total mensual de agosto	62
Cuadro 22. Resumen de las precipitaciones totales mensuales de Marzo a Agosto	62
Cuadro 23. Max y min marzo	63
Cuadro 24. Max y min abril	64
Cuadro 25. Max y min mayo	65
Cuadro 26. Max y min junio	65
Cuadro 27. Max y min julio	66
Cuadro 28. Max y min agosto	67
Cuadro 29. Valores diarios de precipitación durante los meses Marzo – Agosto	69
Cuadro 30. Valores diarios acumulados de precipitación durante los meses Marzo – Agosto	70
Cuadro 31. Resumen de las precipitaciones totales mensuales de marzo a agosto	76
Cuadro 32. Max y min marzo	77
Cuadro 33. Max y min abril	77
Cuadro 34. Max y min mayo	78
Cuadro 35. Max y min junio	79
Cuadro 36. Max y min julio	79
Cuadro 37. Max y min agosto	80
Cuadro 38. Coordenadas geográficas de las estaciones	82

## LISTA DE IMÁGENES

	<b>Pág.</b>
Imagen 1. Estación del barrio Once de Noviembre – Los Patios	26
Imagen 2. Estación del barrio Nariño - Villa del Rosario	27
Imagen 3. Estación del barrio la Libertad	27
Imagen 4. Estación del barrio Trigal del Norte	27
Imagen 5. Estación del barrio Lleras Restrepo	28
Imagen 6. Estación del barrio Minuto de Dios	28
Imagen 7. Estación del barrio Motilones	28
Imagen 8. Estación del barrio Gratamira	29
Imagen 9. Radiografía cortada	31
Imagen 10. Rectángulo formado por la radiografía	31
Imagen 11. Perforación de la boca del embudo	32
Imagen 12. Cilindro formado por la radiografía	32
Imagen 13. Instalación del aro de alambre	33
Imagen 14. Refuerzo con alambre multiuso	33
Imagen 15. Amarres de refuerzo en la boca del embudo	34
Imagen 16. Embudo ensamblado a la tapa del recipiente	34
Imagen 17. Pluviómetro atado a un bloque de arcilla	35
Imagen 18. Pluviómetros caseros instalados	36
Imagen 19. Lectura de peso del agua	36

## LISTA DE GRAFICAS

	<b>Pág.</b>
Grafica 1. Representación precipitación estaciones e IDEAM marzo	63
Grafica 2. Representación precipitación estaciones e IDEAM abril	64
Grafica 3. Representación precipitación estaciones e IDEAM mayo	64
Grafica 4. Representación precipitación estaciones e IDEAM junio	65
Grafica 5. Representación precipitación estaciones e IDEAM julio	66
Grafica 6. Representación precipitación estaciones e IDEAM agosto	66
Grafica 7. Representación del comportamiento de las precipitaciones entre las estaciones y el IDEAM	67
Grafica 8. Representación datos diarios mes de junio	69
Grafica 9. Representación datos diarios mes de julio	69
Grafica 10. Representación datos diarios mes de agosto	72
Grafica 11. Representación datos diarios mes de marzo	73
Grafica 12. Representación datos diarios mes de abril	73
Grafica 13. Representación datos diarios mes de mayo	74
Grafica 14. Representación datos diarios mes de junio	74
Grafica 15. Representación datos diarios mes de julio	74
Grafica 16. Representación datos diarios mes de agosto	75
Grafica 17. Representación precipitación marzo	76
Grafica 18. Representación precipitación Abril	77
Grafica 19. Representación precipitación mayo	78

Grafica 20. Representación precipitación junio	78
Grafica 21. Representación precipitación julio	79
Grafica 22. Representación precipitación agosto	80
Grafica 23. Interpolación de la precipitación de marzo	82
Grafica 24. Interpolación de la precipitación de abril	83
Grafica 25. Interpolación de la precipitación de mayo	84
Grafica 26. Interpolación de la precipitación de junio	85
Grafica 27. Interpolación de la precipitación de julio	86
Grafica 28. Mapa de interpolación de la precipitación de agosto	87

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Datos diarios de precipitación suministrados por el IDEAM	93
Anexo B. Datos mensuales de precipitación suministrados por el IDEAM	94
Anexo C. Cuadro de peso específico del agua	95

## INTRODUCCIÓN

La variabilidad es el rasgo que mejor define a las precipitaciones, las cuales, junto al viento, son los elementos meteorológicos más variables. La variabilidad es tanto temporal como espacial y está relacionada con la dinámica general de la atmósfera.

La distribución geográfica de la precipitación sobre los continentes es muy variada, así existen extensas áreas como los desiertos, donde las precipitaciones son extremadamente escasas y otras muy húmedas donde se pueden alcanzar los 3000 mm. La variabilidad también se puede apreciar en cortas distancias donde se observan diferencias en los volúmenes de agua precipitados.

En el campo de la hidrología, ha sido tradicional el uso de metodologías que consideran la lluvia como distribuida uniformemente en el área, a través de métodos como un promedio de las mediciones en el área, a través de métodos como el de polígonos de Thiessen o el de las Isoyetas. Aunque estos métodos han sido de utilidad dentro del desarrollo de diversos trabajos e investigaciones, las condiciones climáticas y morfológicas diferentes para cada sitio, muestran como esta distribución no es adecuada, al no representar las características reales de cómo se distribuye la lluvia en el espacio. Para el desarrollo del proyecto se utilizarán métodos de medición con pluviómetros caseros, rigiéndonos en las normas del capítulo 7 “Medición de las precipitaciones” del IDEAM (2002).

El objetivo principal de este proyecto es realizar una prueba piloto para el análisis de la variabilidad espacial de la precipitación en la zona Metropolitana de Cúcuta, con el fin de ofrecer una base a futuros estudiantes que deseen continuar con el proyecto ya que es importante desarrollar estudios futuros, que podrían contribuir a darle mayor robustez al análisis de la variabilidad de la lluvia en la Zona Metropolitana y pensando en ampliar el proyecto en el Departamento de Norte de Santander.