

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE ESCORRENTIA DE
AGUAS PLUVIALES DRENADOS POR LAS CUENCAS DE LA
URB Z-II EN LA POBLACIÓN DE ZUATA EN EL MUNICIPIO
JOSÉ GREGORIO MONAGAS, ESTADO ANZOÁTEGUI,
VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO POR
LOS BACHILLERES
CASANOVA C.,
ALEJANDRO J. Y ROSILLO
R., LEONELA C. PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

CIUDAD BOLÍVAR, OCTUBRE DE 2018



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: **“ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE ESCORRENTIA DE AGUAS PLUVIALES DRENADOS POR LAS CUENCAS DE LA URB Z-II EN LA POBLACIÓN DE ZUATA EN EL MUNICIPIO JOSÉ GREGORIO MONAGAS, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.”**, presentado por los bachilleres, **CASANOVA C., ALEJANDRO J.** de cédula de identidad No **21.264.157** y **ROSILLO R., LEONELA C.** de cédula de identidad No. **24.796.805**; como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO CIVIL** ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre:

Firma:

Prof. Dafnis Echeverría

(Asesor)

Prof. Beatriz Echeverría

(Jurado)

Prof. Josefina Jiménez

(Jurado)

Prof. Pedro Gamboa.
Jefe de Dpto. de Ingeniería Civil.

Prof. Francisco Monteverde
Director de la Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los 06 días del mes de Noviembre de 2018

DEDICATORIA

A Dios, 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 durante todo el periodo de estudio. A mis padres por ser el pilar fundamental en toda mi educación, tanto académica, como de la vida.

Alejandro J. Casanova C.

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy. A mis padres y hermano por ser los pilares fundamentales en todo lo que soy.

Leonela C. Rosillo R.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud principalmente a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Y a toda mi familia por estar siempre presentes.

A todas aquellas personas y compañeros que tuve la oportunidad de conocer y que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y a Leonela Rosillo por haberme ayudado a realizar este trabajo.

Alejandro J. Casanova C.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido culminar con éxito esta etapa de mi vida. A mis padres y hermano por su apoyo y motivación incondicional para impulsar mi formación profesional, por su perseverancia y constancia que los caracterizan y que me ha influenciado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor. A mis profesores por su esfuerzo, paciencia y tiempo compartido para enseñar y hacernos profesionales de calidad. Por último, a todas aquellas personas y compañeros, que de una manera u otra, nos apoyamos mutuamente en cada etapa de nuestro camino universitario.

Leonela C. Rosillo R.

RESUMEN

El presente estudio se realizó con base a las necesidades de drenaje que requiere la futura urbanización Z-II en la población de Zuata en el municipio José Gregorio Monagas del estado Anzoátegui. El diseño de sistemas de drenaje eficientes implica el conocimiento integral de la magnitud de los caudales de escorrentías de aguas de lluvia que se producirán en la citada urbanización considerando el comportamiento pluviométrico de la zona de estudio. Dicho análisis deberá contar con una herramienta valiosa como son las curvas IDF actualizadas para la cuantificación de la magnitud de las precipitaciones que caerán en las zona de estudio de que permitan calcular los caudales drenados de escorrentía pluvial con el mayor grado de certidumbre posible. Este trabajo se enmarca en un tipo de investigación descriptiva en la cual se aplica una estrategia de campo y documental. En primer lugar, se efectuó un reconocimiento de la zona para validar la revisión previa de las cuencas y subcuencas existentes en el área de estudio las cuales fueron identificadas inicialmente en las cartas y mapas de la zona. Asimismo, se tomó nota de las condiciones bióticas y de las características de la cobertura de los suelos. Posteriormente, se recabó, a partir de las bases de datos hidrometeorológicas administradas por el INAMEH, los registros de todos los parámetros climáticos de las estaciones cercanas al área de estudio, con especial énfasis en la información pluviométrica. Se determinó el coeficiente de escurrimiento ponderado (C_{ep}), los tiempos de concentración (T_c) de acuerdo al recorrido que seguirían los flujos pluviales y la magnitud de las intensidades de precipitación (I). De la aplicación antes descrita se produjeron como resultados relevantes que en primer lugar que el clima de la zona según Holdridge es Bosque seco tropical (B_{st}) y según Koppen se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmica (A_{wgi}). El área de estudio drena las aguas pluviales a través de 12 trayectorias viales para drenar las 4 cuencas delimitadas. La pluviosidad de la zona alcanza unos 1088 mm anuales. Los usos predominantes del suelo se identificaron como 35.92% residencial, 23.18% de zona pavimentada y 40.90% de zonas verdes o parques. La intensidad de las precipitaciones alcanzó una magnitud de 240 mm/hr. Finalmente el caudal total de aguas pluviales drenado por el urbanismo es de $2.4084 \text{ m}^3/\text{s}$.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE APÉNDICES	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivos de la investigación	6
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos.....	6
1.3 Justificación de la investigación.....	7
1.4 Alcance de la investigación	7
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	8
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	8
2.2 Geología.....	10
2.3 Geomorfología	12
2.3.1 Mesas inclinadas	12

2.3.2 Mesa moderadamente conservada	13
2.3.3 Mesas fuertemente disectadas.....	13
2.3.4 Colinas y lomas	14
2.4 Suelos	15
2.4.1 Suelos de las mesas inclinadas y moderadamente conservadas	15
2.4.2 Suelos de la mesa fuertemente disectada.....	15
2.4.3 Suelos de las colinas y lomas	16
2.5 Vegetación del área de estudio.....	17
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	23
3.1 Antecedentes de la Investigación	23
3.2 Bases Teóricas	24
3.2.1 Precipitación	24
3.2.2 Evaporación.....	26
3.2.3 Temperatura.....	27
3.2.4 Medidas pluviométricas.....	27
3.2.5 Medición de la precipitación	29
3.2.6 Hidrología.....	29
3.2.7 Series de información hidrológica.....	30
3.2.8 Ciclo hidrológico	31
3.2.9 Escurrimiento.....	31
3.2.10 Atmósfera	31
3.2.11 El clima.....	32
3.2.12 Clasificación del clima	32
3.2.13 Elementos y Factores del clima	33
3.2.14 El clima en Venezuela	34
3.2.15 Análisis de frecuencia.....	36
3.2.16 Variación de la intensidad con la duración.....	37
3.2.17 Curvas de intensidad-duración-frecuencia	37

3.2.18 Intensidad.....	41
3.2.19 Duración	42
3.2.20 Aplicación de las curvas IDF.....	42
CAPÍTULO IV. METODOLOGIA DE TRABAJO	56
4.1 Tipo de investigación	56
4.2 Diseño de la investigación.....	56
4.3 Población y muestra de la investigación	58
4.3.1 Población de la investigación	58
4.3.2 Muestra de la investigación	58
4.4.1 Técnicas de investigación.....	59
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos	60
4.5 Flujograma de la investigación.....	61
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos	62
4.6.1 Caracterización climática de la zona de estudio	62
4.6.2 Delimitación de las cuencas que drenarán aguas pluviales	62
4.6.3 Estimación del coeficiente de escorrentía ponderado.....	62
4.6.4 Estimación del tiempo de concentración y la intensidad de lluvia.....	62
CAPÍTULO V. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	64
5.1 Caracterización climatológica del área de estudio	64
5.1.1 Precipitación	64
5.1.2 Evaporación	67
5.1.3 Temperatura.....	69
5.2 Identificación de las cuencas que drenarán aguas pluviales.....	70
5.3 Coeficiente de escorrentía ponderado por parcela	73
5.4 Tiempo de concentración e intensidad de lluvia por tramo vial	76
5.5 Caudales por sector y por tramo vial	78

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
Conclusiones	81
Recomendaciones.....	82
REFERENCIAS	83
APÉNDICES	90

LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	División político territorial del estado Anzoátegui.....	8
2.2	Ubicación relativa del área de estudio.....	9
2.3	Imagen de satélite Landsat mostrando el drenaje de la zona y la ubicación de Zuata (Google earth, 2018).....	10
2.4	Columna estratigráfica del área del bloque Junin donde se encuentra Zuata (Petroblogger, 2011).....	11
2.5	Unidades fisiográficas del estado Anzoátegui. Nótese la coloración amarillo mostaza en la zona de ubicación de Zuata (MARNR, 1998)...	12
2.6	Mesa disectada del sur-oeste del estado Anzoátegui (lee-conmigo.blogspot.com, 2011).....	14
2.7	Relieve de lomas en el estado Anzoátegui (lee-conmigo.blogspot.com, 2011).....	14
2.8	Aspecto de los suelos en las mesas disectadas.....	16
2.9	Arenales blancos típicos del suelo húmedo de la llanura del sur de Anzoátegui.....	17
2.10	Bosque de galería típico.....	18
2.11	Río Zuata.....	19
3.1	Curvas IDF de la región hidrológica III.....	41
4.1	Flujograma de la investigación.....	62
5.1	Distribución anual de la precipitación. Estación San Diego de Cabrutica.....	65
5.2	Distribución anual de la precipitación. Estación Zuata.....	66
5.3	Distribución anual de la precipitación. Estación Uverito.....	66
5.4	Distribución anual de la precipitación. Estación Musinacio.....	67
5.5	Variación anual de la evaporación.....	68
5.6	Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima.....	70
5.7	Esquema del urbanismo Z-II.....	71
5.8	Líneas de flujo de las aguas de escorrentía.....	71
5.9	Codificación de cuencas, parcelas y tramos viales.....	72
5.10	Curva IDF estación San Diego de Cabrutica. Tr= 25 años.....	77
5.11	Distribución del caudal drenado por las cuencas.....	80

LISTA DE TABLAS

	Página	
2.1	Características morfométricas de la subcuencas del río Zuata.....	20
5.1	Características de las estaciones climáticas utilizadas.....	64
5.2	Precipitación media mensual y anual.....	65
5.3	Evaporación media mensual y anual.....	68
5.4	Temperatura máxima, media y mínima.....	69
5.5	Distribución de áreas en el urbanismo.....	70
5.6	Sectores que drenan por tramo vial.....	72
5.7	Coefficientes de Escorrentía (Arocha, 1983).....	73
5.8	Zonificación y Coeficientes de Escorrentía (Arocha, 1983).....	74
5.9	Coefficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca A (amarilla).....	74
5.10	Coefficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca B (roja).....	75
5.11	Coefficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca C (verde).....	75
5.12	Coefficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca D (azul).....	75
5.13	Tiempos de concentración e intensidad de lluvia para cada tramo vial del urbanismo.....	77
5.14	Caudales por sector.....	78
5.15	Caudales para tramo vial.....	79
5.16	Caudales para cada cuenca.....	79

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A UNIDADES HIDROGRÁFICAS	91
A.1 Unidades hidrográficas del área de estudio.....	92
B ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PONDERADO POR SECTOR	93
B.1 Coeficiente de escorrentía ponderado por sector.....	94

INTRODUCCIÓN

América Latina está formada por países principalmente subdesarrollados, cuyos servicios no optimizan una debida calidad de vida a sus habitantes, los drenajes son uno de estos servicios que presentan gran déficit en cuanto a su funcionalidad y vida útil. Destacando que son de suma importancia para garantizar el confort de la población ya que disminuyen el riesgo de inundaciones, estancamientos y escorrentías en lugares no previstos durante períodos de lluvia. Actualmente existe una evidente problemática en los sectores urbanizados de Latinoamérica, que han venido creciendo indiscriminadamente sin una planificación verdaderamente efectiva, por lo que el problema de sistemas de drenajes se intensifica día a día.

Las características geográficas, hidrológicas, geológicas y geotécnicas de Venezuela dan lugar a la existencia de problemas complejos en materia de drenaje superficial y subterráneo; debido al carácter muy aleatorio de las múltiples variables de análisis que entran en juego, aspectos hidráulicos que aún no están totalmente investigados en nuestro país; el planteamiento de las soluciones respectivas, obviamente estarán afectados por niveles de incertidumbres y riesgos inherentes a cada proyecto. Por lo tanto y dado el carácter general y orientativo de la presente investigación, para el tratamiento del problema señalado se deberán aplicar los adecuados criterios profesionales.

En Venezuela la gran mayoría de los sistemas de drenaje son muy deficientes, en especial en el estado Anzoátegui donde se observa la ausencia de drenajes de aguas pluviales fundamentalmente en las poblaciones relativamente pequeñas, que al presentarse precipitaciones de duración e intensidad prolongada podrían provocar a dicho urbanismo inundaciones e incomodidad a los habitantes.

hidrológico se pueden establecer las áreas vulnerables a los eventos hidrometeorológicos extremos con fundamento; así como prever un correcto diseño de obras de infraestructura vial.

Ante lo planteado, se planteó como objetivo general de esta investigación la estimación de la magnitud del caudal de aguas de escorrentía pluvial que drenaría el conjunto residencial Z-II en la población de Zuata. Para ello se aplicaría una estrategia o diseño de investigación de campo y documental. Abordando la determinación de parámetros vitales tales como el coeficiente de escorrentía ponderado de acuerdo a la cobertura de los suelos en el área de estudio. También se determina el tiempo de concentración y la intensidad de las precipitaciones que afectarán al futuro urbanismo y finalmente, se estiman los caudales de drenaje de aguas pluviales.

El presente documento se estructura en cinco (5) capítulos:

Capítulo I. Situación a Investigar: se efectúa el planteamiento del problema, el objetivo general, los objetivos específicos, la justificación de la investigación, sus alcances y las limitaciones.

Capítulo II. Generalidades: se encuentran, en este apartado, los rasgos generales del área de estudio, tal como su ubicación y características del relieve.

Capítulo III. Marco teórico: muestra los antecedentes de estudio en la zona y conceptos teóricos y prácticos que enriquecen el contenido del trabajo.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: trata sobre los procedimientos y técnicas metodológicas donde se describe el tipo de investigación, su diseño, la población y

muestra de la investigación, el flujograma y el procedimiento para el logro de los objetivos.

Capítulo V. Análisis y presentación de resultados: se presentan los resultados de la investigación.

Por último, se muestran las conclusiones y recomendaciones relevantes de la investigación, seguidas por las referencias bibliográficas utilizadas en la investigación y los apéndices necesarios para la comprensión cabal del desarrollo del documento.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

A fin de evitar que el agua se acumule o sus corrientes causen daños y molestias a la población, se construye el alcantarillado pluvial por medio del cual se conducen las aguas de lluvia hacia sitios más seguros para su vertido. El diseño y construcción de canales es un trabajo de ingeniería donde se busca la eficiencia y economía, abarca en forma general, la determinación de la geometría del canal, incluyendo el perfil y trazo en planta, los cálculos de pendientes de cada tramo y la magnitud de las caídas necesarias en los pozos. La definición de la geometría se inicia con la ubicación de los posibles sitios de vertido. Para ello, se siguen normas de carácter práctico, basándose en la topografía de la zona y el trazo urbano de la localidad.

Evitar la retención superficial y la infiltración, así como incrementar la velocidad de circulación del agua hacia las partes más bajas de la cuenca es de vital importancia a la hora de impedir una inundación. Cuando el desarrollo urbano se realiza desde el núcleo antiguo hacia las zonas situadas a mayor cota.

Los procesos anteriormente citados suelen dar lugar a un incremento de caudal que no es posible transportar por la red de drenaje existente en la zona urbana antigua, presentándose problemas por inundación.

Venezuela no es ajena a problemas de inundación por precipitaciones, se ha observado a lo largo de los años que muchas ciudades del país se ven fuertemente afectadas por las inundaciones quedando sus calles totalmente colapsadas.

Los estados Miranda, Distrito Capital, Mérida, Aragua, Táchira, Carabobo, Zulia, Portuguesa y algunos más se han visto afectados por las lluvias de este año 2014 y en años anteriores, uno de los casos más significativos ha sido el de la tragedia de Vargas en el año 1999, con el pasar de los años se han registrado alrededor del país colapso de vías y puentes, deslizamientos de tierra.

En la población de Zuata, municipio José Gregorio Monagas, estado Anzoátegui, Venezuela, se planea llevar a cabo la construcción del conjunto residencial Z-2 para esto es necesario un sistema de drenajes para las aguas pluviales, pero para llegar a ese punto, se requieren estimaciones preliminares muy importantes, tal como, la determinación de los caudales de escorrentía de aguas pluviales que drenará el futuro urbanismo.

Vista la problemática antes expuesta cabe plantearse las siguientes interrogantes:

¿Cómo es el clima presente en el conjunto urbanístico Z-2, estado Anzoátegui, Venezuela?

¿Cuáles son las cuencas y subcuencas que aportarán aguas de drenaje superficial al área de estudio?

¿Cómo es el coeficiente de escorrentía ponderado de las cuencas y subcuencas que aportarán aguas al sistema de drenaje?

¿Cuál es el caudal de drenaje que aportarán la cuenca y subcuencas de la zona de estudio?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Estimar el caudal y coeficiente de escurrimiento de las cuencas que aportarán las aguas de escorrentía pluvial al desarrollo urbanístico Z-2 en la población de Zuata, estado Anzoátegui, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el régimen de precipitaciones máximas diarias registradas en las estaciones pluviográficas ubicadas en el área de influencia de la zona de estudio.
2. Delimitar las cuencas y subcuencas que drenarán sus aguas de escorrentía en la zona urbanística de la zona de estudio.
3. Describir la cobertura y uso de los suelos presentes en la zona urbanística de las cuencas y subcuencas delimitadas con base a las imágenes de sensores remotos y el diseño urbanístico de la zona.
4. Estimar el coeficiente de escorrentía ponderado de las cuencas y subcuencas urbanas presentes en el área de estudio.
5. Determinar los caudales de escorrentía pluvial con base a las características de la pluviosidad, de los tiempos de concentración.

1.3 Justificación de la investigación

Se han registrado en el país problemas como inundaciones y colapso de vías de comunicación por falta de drenajes pluviales o deficiencia de los mismos, esto muchas veces se debe a que a la hora de urbanizar una región alteramos las condiciones naturales de las cuencas, impermeabilizando y compactando el suelo, alterando las vías naturales de drenaje y aumentando la cantidad de agua presente en las vías.

Es de vital importancia realizar estudios climatológicos, topográficos, geológicos, geotécnicos e hidráulicos de la zona para así poder realizar un diseño adecuado que permita el drenaje de las aguas de lluvias de las calles. De no realizarse la investigación se corre el riesgo de que los problemas antes mencionados sean sufridos en el urbanismo.

1.4 Alcance de la investigación

Para el logro del objetivo general establecido en este documento el presente estudio deberá tener un alcance integral en el cual se efectúe un análisis textural de los suelos, una revisión del uso del suelo en toda la superficie del área de estudio con la finalidad de estimar el coeficiente de escurrimiento de la zona. Asimismo, se incluirá en la investigación, un análisis de las condiciones pluviométricas de la región, lo cual permitirá la posterior determinación de los caudales de drenaje que aportarán las cuencas y subcuencas suburbanas al conjunto urbanístico objeto de estudio de esta investigación.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El estado Anzoátegui posee una superficie de 43.300 Km², que representa el 4,7% del territorio nacional, limita al Norte con el Mar Caribe; al Sur con el estado Bolívar; al Oeste con los estados Miranda y Guárico y al Este con los estados Sucre y Monagas.

La capital del estado es Barcelona y sus principales ciudades: Anaco, Aragua de Barcelona, Cantaura, Clarines, El Tigre, Pariaguán, Píritu, Puerto La Cruz, San Tomé, Santa Rosa y Soledad. (Figura 2.1).



Figura 2.1 División político territorial del Edo Anzoátegui (INE, 2014)

El municipio José Gregorio Monagas tiene una población de 17.534 habitantes, dividido entre 7 parroquias, la Parroquia Zuata cuenta con 3.572 habitantes.

El área de interés para la realización del estudio hidrológico comprende una superficie de 21.600 ha, dentro de la cual se localiza la poligonal urbana del centro poblado de Zuata, y abarca una zona perteneciente a los municipios José Gregorio Monagas del Estado Anzoátegui y Santa María de Ipire del estado Guárico, considerando el grupo de micro-cuencas hidrográficas cuyos cauces drenen hacia y desde el área de la poligonal.

Zuata es un poblado ubicado en la parte sur del estado Anzoátegui, se comunica con la carretera que une a Pariaaguán con San Diego de Cabrutica (figuras 2.2 y 2.3).



Figura 2.2 Ubicación relativa del área de estudio (Maps, 2015).

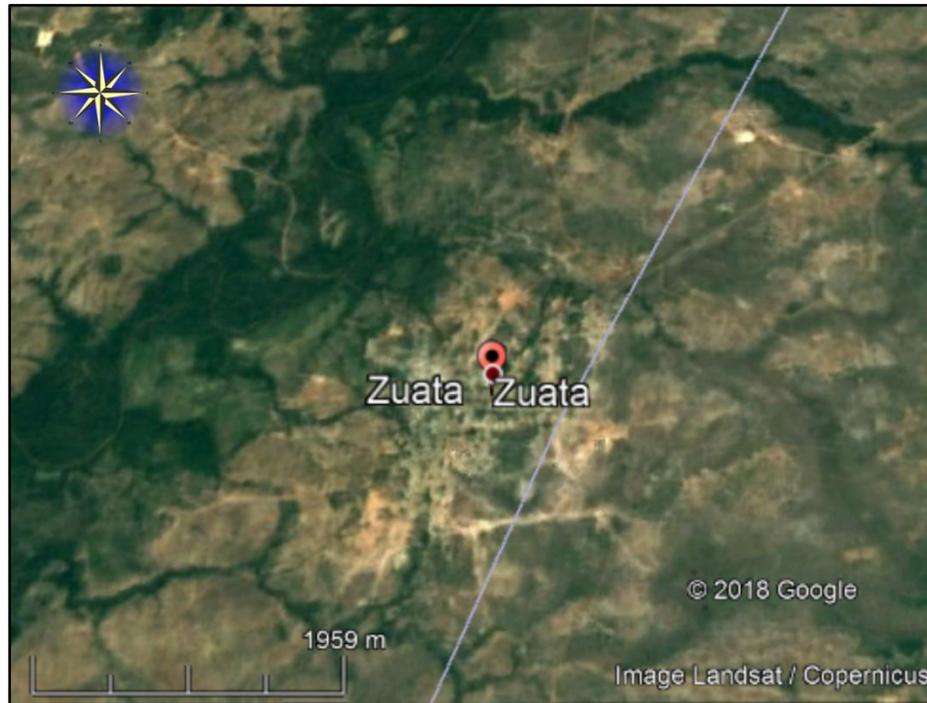


Figura 2.3 Imagen de satélite Landsat mostrando el drenaje de la zona y la ubicación de Zuata (Google earth, 2018).

2.2 Geología

Los llanos de Venezuela Oriental presentan mayor diversidad geomorfológica por influencia de su geología. El manto pleistoceno (Formación Mesa) ha sido removido por erosión en gran parte de Guárico y en Anzoátegui suroriental, y las formaciones arcillosas de Mioceno así expuesta producen una topografía caracterizada por un drenaje más complejo, reticular y dendrítico y en consecuencia, más disecada que las monótonas mesas del este-sureste de Anzoátegui y Monagas sur-central.

La zona erosionada termina hacia el este en una notable línea de farallones indentados que se extienden de sur a norte, desde la región de San Diego de Cabrutica, hasta cerca de Santa Rosa, estado Anzoátegui. Esta línea forma de modo general, la divisoria generalizada entre los llanos centrales (principalmente Guárico) y

los orientales (Principalmente Monagas y Anzoátegui suroriental). En contraposición con los primeros, los llanos orientales se caracterizan por la presencia de mesas extensas y planas (entre los cuales se destacan las de Guanipa, Morichal Largo y Tigre), de unos 280 metros de alturas sobre el nivel del mar, y 120 metros sobre el nivel de la llanura circúndante, siempre mal drenadas, frecuentemente con drenaje centripeto hacia una depresión central o axial. Estas suelen estar bordeadas por los farallones abruptos que constituyen el cauce mayor de los morichales o de los grandes ríos, de curso generalmente oeste-este. (INAMEH, 2014)

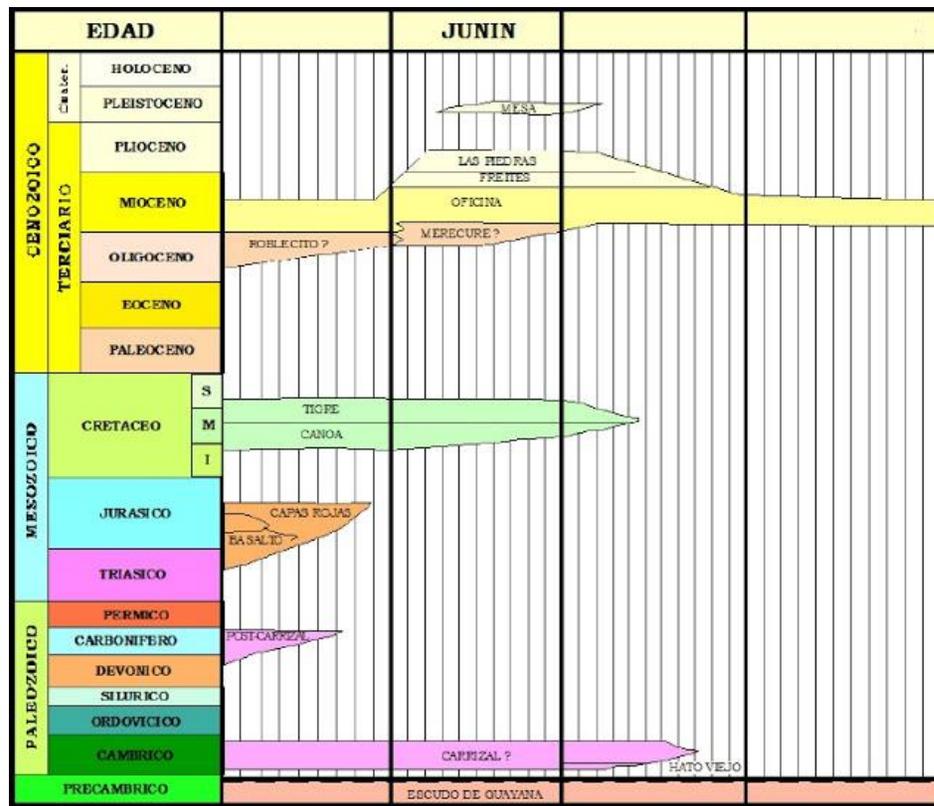


Figura 2.4 Columna estratigráfica del área del bloque Junin donde se encuentra Zuata (Petroblogger, 2011).

2.3 Geomorfología

Las instalaciones del proyecto se encuentran en la región natural Llanuras Disectadas Centrales, que a su vez se insertan dentro de la Provincia Fisiográfica de los Llanos Orientales Venezolanos, constituidas por los siguientes paisajes y relieves. (Figura 2.5).

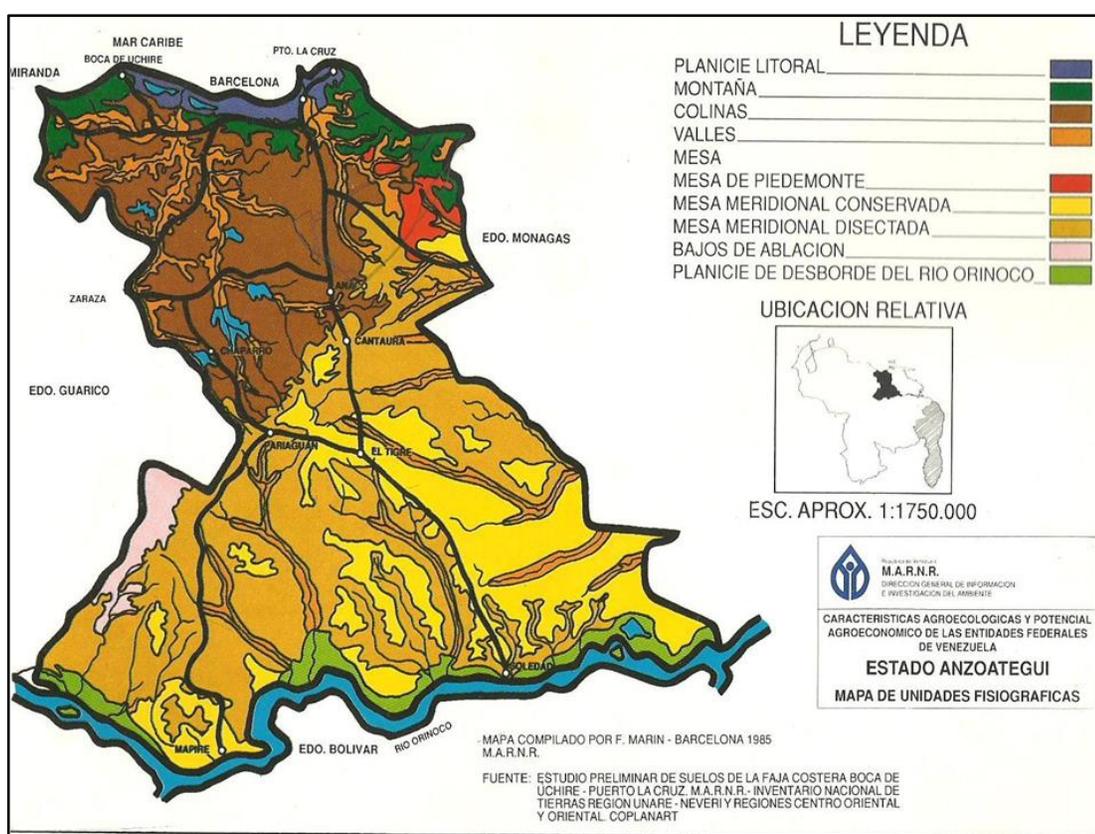


Figura 2.5 Unidades fisiográficas del estado Anzoátegui. Nótese la coloración amarillo mostaza en la zona de ubicación de Zuata (MARNR, 1998).

2.3.1 Mesas inclinadas

La unidad está constituida por formas de mesa de moderada a baja elevación que han sufrido basculamiento, sus altitudes varían entre 78 y 121 msnm. Además,

presenta bajo grado de pendiente (<3%). excepcionalmente en los núcleos de relieve colinoso las pendientes llegan al 6%. No se observa erosión profunda en surcos o cárcavas, pero por su grado de inclinación predomina el transporte de sedimentos desde las partes más altas. Localmente se observan colinas aisladas o pequeños promontorios con afloramientos de material ferruginoso.

2.3.2 Mesa moderadamente conservada

Las mesas moderadamente conservadas son extensas geoformas semi planas a suavemente onduladas que han sufrido un proceso geológico de denudación, presenta valores de altitud que van de 80 a 144 m y bajos pendientes 0 y 2%.

Localmente, se presentan colinas redondeadas que presentan mayor contenido de material ferruginoso. En otros casos, se encuentran vegas coluvio-aluviales principales o laterales de configuración alargada y de perfil transversal cóncavo.

2.3.3 Mesas fuertemente disectadas

Las mesas fuertemente disectadas son unidades de forma tabular, de relieve plano a ondulado, con irregularidades topográficas moderadas, cuya principal característica son los significativos desniveles altimétricos y de pendiente.

La morfodinámica de este sector va de muy activa en los taludes de las mesas con pendientes entre 60 y 90%, a medianamente activa en los sectores de tope y glacis con pendientes entre 19 y 25%. Las altitudes van de 140 a 160 msnm.



Figura 2.6 Mesa disectada del sur-oeste del estado Anzoátegui (lee-conmigo.blogspot.com, 2011).

2.3.4 Colinas y lomas

Las colinas están constituidas por geoformas que resultan del proceso de degradación y disección de los materiales menos consolidados de la Formación Mesa y Las Piedras, por ello quedan expuestos sectores que exhiben mayor resistencia a la erosión. Son excesivamente drenadas y tienen un perfil inclinado. Sus altitudes llegan a 200 msnm y tienen pendientes de un 34%. (INAMEH, 2014)



Figura 2.7 Relieve de lomas en el estado Anzoátegui (lee-conmigo.blogspot.com, 2011).

2.4 Suelos

2.4.1 Suelos de las mesas inclinadas y moderadamente conservadas

Presentan suelos profundos, de texturas medias y arenosas con subsuelos de arcilla arenosa, de buen drenaje; aunque en pequeños sectores se presentan suelos arenosos con pedregosidad superficial y suelos franco-arenosos con subsuelos arcillosos. Son suelos ácidos, de baja fertilidad natural y de moderada susceptibilidad a la erosión y en algunos sectores, con mayor potencial erosivo.

Desde el punto de vista taxonómico, gran parte de estos suelos son del grupo Typic paleudults, Typic paleustults, Typic Ustipsamments y Oxic dystrostepts, caracterizados por tener buen drenaje, moderada permeabilidad, de textura arenosa o arena francosa en el Horizonte A y franco arcillo arenosa a franco arcillosa o arcillosa en su Horizonte B.

2.4.2 Suelos de la mesa fuertemente disectada

Se presentan mayormente suelos poco estables y susceptibles a la erosión concentrada, de drenaje interno moderado y externo rápido. Son predominantemente arcillosos, aunque en las vegas coluvio aluviales provienen de aportes laterales y longitudinales, por lo que en este caso son de texturas arenosas en todo el perfil.

Desde el punto de vista taxonómico, gran parte de estos suelos son del grupo Typic quartzipsamments, Typic ustorthents, Arenic haplustults, Typic plinthustults y Ultic haplustox. (Figura 2.8).



Figura 2.8 Aspecto de los suelos en las mesas disectadas.

2.4.3 Suelos de las colinas y lomas

Los suelos se caracterizan por presentar en general un alto desarrollo pedogenético con presencia de un horizonte de acumulación de arcillas a los 30-40 cm de profundidad. El drenaje externo rápido, interno moderado y permeabilidad moderada. En otros casos, el suelo presenta un horizonte óxico indicador de un alto desarrollo. Las saturaciones con bases son bajas (35%), baja capacidad de intercambio catiónico y pH ácidos (5). Gran parte de estos suelos son del grupo Typic paleustults, Ultic haplustox y Oxic dystrostepts. (INAMEH, 2014). (Figura 2.9).



Figura 2.9 Arenales blancos típicos del suelo húmedo de la llanura del sur de Anzoátegui.

2.5 Vegetación del área de estudio

La región en estudio según el Atlas de vegetación de Venezuela pertenece a la zona de vida Bosque Seco Tropical (BST), ubicada al Norte del río Orinoco, principalmente en los llanos centrales. De acuerdo con el mapa de vegetación de Huber y Alarcón 1886, la vegetación está representada por las sabanas características de *Trachipogon sp*, localizadas en posiciones geomorfológicas de topes y glacis cubriendo una amplia extensión de la Formación Mesa.

Estas sabanas a su vez se encuentran asociadas a un componente leñoso constituido por las especies chaparro (*Curatella americana*), alcornoque (*Bowdichia virgilioides*) y chaparro manteco (*Byrsonima crassifolia*).

En zonas de vegas de los ríos se encuentran los denominados matorrales que es un tipo de vegetación secundaria asociada con el abandono de actividades agrícolas de subsistencia, dentro de las especies comunes se encuentran: *Piptadenia sp* (yopo) y normalmente asociadas con mejores condiciones de fertilidad edáfica como *Panicum*

maximun (guinea), *Hiparrhenia rufa* (yaraguá), *Rinchelytrum repens*, o *Salanum sp.* (bola de gato).

Hacia el este del área estudiada dentro de la matriz de sabana se puede diferenciar herbazales gramínoideas, periódicamente inundables dominados por *Leersia hexandra* e *Hymenachne amplexicaulis*, *Paspalum fasciculatum*, así como también, en menor proporción la especie flotante de *Paspalum repens*.

Los bosques de galería en el área estudiada se localizan en las márgenes de los canales del río Zuata y las quebradas: Tigre, Merey y Flores, presentan un dosel de porte bajo a medio (> a 12 m), de cobertura semidensa a densa, dentro de las especies más características en esta cobertura se encuentran *Copaifera officinalis* (aceite), *Lonchocarpus punctatus* (aco), *Zanthoxylum fagara*, *Bourreria cumanensis* (guatacaro), *Protium guianensis* (currucay), *Mauritia flexuosa* (moriche), *Hymenea courbaril* (algarrobo), *Spondias mombin* (jobo), *Tapirira guianensis*, *Lecthys ollaria* (coco de mono), *Guazuma ulmifolia* (guacimo) *Tapirira guianensis* (jobillo), *Simphonia globulifera*, *Duguetia riberensis*, *Sclerolobium aureum*, *Copaifera pubiflora* (copaiba), *Trichilia singulares*, *Coccoloba caracasana*, *Licania apetala*. (Figura 2.10).



Figura 2.10 Bosque de galería típico.

En las partes más abiertas, se pueden ubicar *Montrichardia arborecens* (rábano de agua) y *Achrosticum aureum* (helecho de agua), mientras que en el sotobosque se encuentran *Randia aculeata* (cruceto), *Jathropha ureans* (guaritoto), *Casearia silvestris* (tortolito), *Fagara caribea* (mapurite blanco).

En cuanto al uso de la tierra, el área estudiada se caracteriza por un alto grado de intervención que ha dado paso al uso agrícola animal que corresponde a la ganadería extensiva, vacuna y caballar, así como también el desarrollo de vías de acceso asociadas con la actividad minera. (INAMEH, 2014)

2.6 Hidrografía del área de estudio

El área de estudio está drenada por numerosos cursos de agua que pertenecen a la cuenca del río Zuata, afluente directo del Orinoco por su margen izquierda. En la figura 2.11, se muestra una panorámica del cauce del río Zuata dentro del área de estudio.



Figura 2.11 Río Zuata.

Para la identificación de las subcuencas se interpretó el siguiente material cartográfico: Mapas a escala 1:25.000 de Cartografía Nacional: Hojas 7140-I-NE, 7140-I-NO, 7141-II-SE y 7141-II-SO, actualizando la nueva infraestructura

existente, con la tecnología lidar. El Mapa de Unidades Hidrográficas se muestra en el apéndice A.1.

Se elaboró una síntesis a través de agregaciones y desagregaciones de las unidades hidrográficas, en donde se delimitaron las principales divisorias de agua. Las dos primeras letras corresponden a las iniciales del nombre del colector principal y el tercer dígito al orden de las subdivisiones.

Ejemplo:

Z2: 2da. Subcuenca en orden descendente del río Zuata dentro del área de estudio.

Z1A: Parte alta de la 1^{ra} subcuenca en orden descendente del río Zuata dentro del área de estudio.

ZI + ZII: Zona de intercuenas del río Zuata.

Tabla 2.1. Características morfométricas de la subcuencas del río Zuata.

Subcuenca	Código de la Unidad	Área (Km ²)	Long. Cauce (Km)	Coef. Compac. (Kc)	Factor Forma (Ff)	Drena A
Parte alta Qda. El Tigre	Z1A	585,1	4,62	1,19	0,40	Qda. El Tigre
Parte alta y media de la Qda. El Tigre	Z1A + Z1B	1928,25	11,02	1,28	0,31	Qda. El Tigre
Parte alta, media y baja de la Qda El Tigre	Z1A + Z1B + Z1C	3822,4	14,82	1,17	0,36	Qda. El Tigre
Qda. El Tigre desde nac hasta su desemb.	Z1A + Z1B Z1C + Z1D	4329,26	19,00	1,31	0,60	Río Zuata
Subcuenca Qda sin nombre conocido	Z2	182,9	2,02	1,14	0,52	Río Zuata
Subcuenca Qda Las Flores	Z3	321,9	3,49	1,18	0,31	Río Zuata

Subcuenca	Código de la Unidad	Área (Km ²)	Long. Cauce (Km)	Coef. Compac. (Kc)	Factor Forma (Ff)	Drena A
Subcuenca Qda sin nombre conocido	Z4	109,4	1,86	1,15	0,37	Río Zuata
Subcuenca Qda sin nombre conocido	Z5	156,7	2,14	1,24	0,31	Río Zuata
Parte alta Qda. El Merey	Z6A	887,8	3,80	1,05	0,51	Qda. El Merey
Parte alta y media de la Qda. El Merey	Z6A + Z6B	1565,7	6,11	1,16	0,42	Qda. El Merey
Parte alta, media y baja de la Qda El Merey	Z6A + Z6B + Z6C	2460,7	9,42	1,21	0,34	Qda. El Merey
Qda. El Merey desde nac hasta su desemb.	Z6(Z6A+Z6B+Z6C+Z6D)	2619,4	12,00	1,29	0,27	Río Zuata
Subcuenca Qda sin nombre conocido	Z7	223,67	3,36	1,27	0,54	Río Zuata
Intercuencas Río Zuata	Z1 + Z2		----	----	----	Río Zuata

La subcuenca **Z1A + Z1B + Z1c + Z1D**, Qda El Tigre desde su nacimiento hasta desembocar en el río Zuata) tiene el Factor forma más elevado de toda el área (0,60), indicativo de que esta subcuenca puede producir grandes crecientes debido a la forma redondeada de la misma sobre todo en su parte alta y media. Su Coeficiente de compacidad es de 1.31 y el Tiempo de Concentración de 5.88 horas. La pendiente media del cauce principal, como todos los drenajes de la zona es bastante baja (0.0032 m/Km), lo que implica poca velocidad de escurrimiento.

Al igual que la subcuenca de la quebrada El Tigre, el área drenada por la subcuenca identificada con el código **Z2**, tiene un Factor forma alto (0,52), lo cual indica que esta subcuenca contribuye simultáneamente con toda su superficie al escurrimiento superficial. Su Coeficiente de compacidad es de 1.14 y el Tiempo de Concentración de 0.63 horas debido primordialmente al poco recorrido de su cauce principal. La pendiente media del cauce es baja (0,012 m/Km).

Las subcuencas quebrada Las Flores (**Z3**), **Z4** y **Z5**, presentan un Factor forma bastante similar (0.31, 0.37 y 0.31) lo que indica una respuesta hidrológica lenta por sus formas predominantemente alargadas. El Coeficiente de compacidad es de 1.18, 1.15 y 1.24, respectivamente y el Tiempo de Concentración no sobrepasa 1.60 horas. La pendiente media del cauce principal, como todos los drenajes de la zona es bastante baja (0.0031, 0.015 y 0.0012m/Km), lo que implica poca velocidad de escurrimiento.

El área drenada por las subcuencas Z6 (quebrada El Merey) y Z7, tienen los factores formas más bajos de toda el área (0.27 y 0.25), lo que da cuenta de una respuesta hidrológica lenta debido a que no contribuye al escurrimiento superficial de manera simultánea. El Coeficiente de compacidad para ellas es de 1.29 y 1.27 respectivamente. El Tiempo de concentración es de 3.86 horas para la quebrada El Merey y 1.33 para Z7. La pendiente media del cauce principal son 0.00014 y 0.005 respectivamente.

CAPÍTULO III

BASES TEÓRICAS

3.1 Antecedentes de la Investigación

Figuera, G. y De Santis (2017), elaboraron en trabajo de grado titulado **“PROPUESTA DE SISTEMA DRENAJE SUPERFICIAL PARA CONDUCCIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LA CALLE 3 DE LA URBANIZACIÓN VISTA HERMOSA 1, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”** el cual tenía como objetivo presentar una alternativa para la disposición de las aguas pluviales mediante canales abiertos superficiales.

Este trabajo de grado presenta un aporte metodológico significativo a la presente investigación por cuanto presenta la construcción de las curvas IDF lo cual podrá ser utilizado como método en el estudio objeto de este documento.

En este estudio se aplica una propuesta de dimensionamiento preeliminar para un sistema de drenaje superficial de aguas pluviales cuya metodología servirá de apoyo metodológico en cuanto al análisis de las condiciones climatológicas de la zona de estudio.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Precipitación

Según Chow 1994, la precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Los tres mecanismos principales para la elevación de masas de aire son la elevación frontal, donde el aire caliente es elevado sobre aire frío por un pasaje frontal; la elevación orográfica, mediante la cual una masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa; y la elevación convectiva, donde el aire se arrastra hacia arriba por una acción convectiva, como ocurre en el centro de una celda de una tormenta eléctrica.

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. (Aparicio, 1987).

3.2.1.1 Formación de la precipitación

Los elementos necesarios para la formación de la precipitación son los siguientes:

- a. Humedad atmosférica.
- b. Radiación solar.

- c. Mecanismo de enfriamiento de aire.
- d. Presencia del núcleo giroscópico para que haya condensación.
- e. Mecanismo de crecimiento de las partículas.

El proceso de la formación de las precipitaciones es el siguiente:

- a. El aire húmedo de los estratos bajos es calentado por conducción.
- b. El aire húmedo, entonces, se torna más leve que el de las vecindades y experimenta una ascensión adiabática.
- c. El aire húmedo, entonces, se expande y se enfría a razón de 1°C por cada 100m (expansión adiabática seca) hasta llegar a una condición de saturación, para llegar a su nivel de condensación.
- d. A partir de ese nivel, y con núcleos giroscópicos, el vapor de agua se condensa formando minúsculas gotas a lo largo de dichos núcleos.
- e. Dichas gotas se mantienen en suspensión hasta que por un proceso de crecimiento, alcanza el tamaño suficiente para precipitar.

3.2.1.2 Tipos de precipitación

Las precipitaciones tienen su origen en la formación de nubosidad por la condensación de las gotas de agua y el enfriamiento del aire, dando origen a varios tipos de precipitaciones que dependen de cómo asciende el aire, clasificadas según Fernández 1995, en:

- a. Precipitaciones ciclónicas o frontales: levantamiento de aire cálido sobre el aire más frío (más denso).
- b. Precipitaciones convectivas: relacionada con el ascenso del aire cálido, terminando por lo general en lluvias tormentosas.
- c. Precipitaciones orográficas: ascenso de aire sobre una estructura montañosa.

3.2.2 Evaporación

Los dos factores principales que influyen en la evaporación desde una superficie abierta de agua son el suministro de energía para proveer el calor latente de vaporización, y la habilidad para transportar el vapor fuera de la superficie de evaporación. La radiación solar es la principal fuente de energía calórica. La habilidad de transporte del vapor fuera de la superficie de evaporación depende de la velocidad del viento sobre la superficie y del gradiente de humedad específica en el aire por encima de ella.

La evaporación desde la superficie terrestre comprende la evaporación directa desde la superficie del suelo y desde la superficie de la vegetación, y la transpiración a través de las hojas de las plantas, mediante la cual el agua es extraída por las raíces de éstas, transportada hacia arriba a lo largo de sus tallos y difundida a la atmósfera a través de pequeñas aberturas en la hojas llamadas estómagos. Los procesos de evaporación desde la superficie terrestre y de transpiración de la vegetación se conocen con el nombre de evotranspiración. La evotranspiración es influida por los dos factores descritos anteriormente para la evaporación desde superficie abierta de

agua, y también por un tercer factor, el suministro de humedad hacia la superficie de evaporación. (Chow, 2000).

3.2.3 Temperatura

Chereque (2003) nos dice que:

La temperatura es un factor importante del ciclo hidrológico pues interviene en todas sus etapas. Desde el punto de vista práctico, la temperatura interviene como parámetro en las fórmulas para calcular la evaporación y en las fórmulas para calcular las necesidades de agua de riego de las plantas. Como prácticamente en todas partes hay registros de temperatura, su empleo está plenamente justificado.

3.2.4 Medidas pluviométricas

La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie (m^2), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en mm o l/m^2 . Nótese que 1 milímetro de agua de lluvia equivale a 1 L de agua por m^2 .

La cantidad de lluvia que cae en un lugar se mide por los pluviómetros. La medición se expresa en milímetros de agua y equivale al agua que se acumularía en una superficie horizontal e impermeable durante el tiempo que dure la precipitación o sólo en una parte del periodo de la misma.

3.2.4.1 Pluviómetro manual

Es un indicador simple de la lluvia caída, consiste en un recipiente especial cilíndrico, por lo general de plástico, con una escala graduada en donde todas las

marcas están a igual distancia entre sí. La altura del agua que llena la jarra es equivalente a la precipitación y se mide en mm.

3.2.4.2 Pluviómetros totalizadores

Se componen de un embudo o triángulo invertido, que mejora la precisión y recoge el agua en un recipiente graduado. A diferencia del anterior, cuanto más hacia abajo están, las marcas de los milímetros se van separando entre sí cada vez más, esto compensa el estrechamiento del recipiente. El mismo tiene esa forma para dar más precisión en lluvias de poco volumen y facilitar su lectura. El instrumento se coloca a una determinada altura del suelo y un operador registra cada 12 horas el agua caída. Con este tipo de instrumento no se pueden definir las horas aproximadas en que llovió.

3.2.4.3 Pluviógrafo de sifón:

Consta de un tambor giratorio que rota con velocidad constante, este tambor arrastra un papel graduado, en la abscisa se tiene el tiempo y en la ordenada la altura de la precipitación pluvial, que se registra por una pluma que se mueve verticalmente, accionada por un flotador, marcando en el papel la altura de la lluvia.

3.2.4.4 Pluviógrafo de doble cubeta basculante

El embudo conduce el agua colectada a una pequeña cubeta triangular doble, de metal o plástico, con una bisagra en su punto medio. Es un sistema cuyo equilibrio varía en función de la cantidad de agua en las cubetas. La inversión se produce generalmente a 0,2 mm de precipitación, así que cada vez que caen 0,2 mm de lluvia la báscula oscila, vaciando la cubeta llena, mientras comienza a llenarse la otra. (MeteoLobios, 2013).

3.2.5 Medición de la precipitación

Según Monsalve (1999), la cantidad de precipitación se expresa en unidades de lámina caída y acumulada sobre una superficie plana e impermeable. Para dichas mediciones se utilizan pluviómetros y pluviógrafos.

La altura pluviométrica (Δh), expresada usualmente en mm, es registrada en las denominadas horas sinópticas durante el día. Generalmente se utiliza para expresar la precipitación diaria (0800 h – 0800 h), mensual y anual. La altura pluviográfica, al ser un registro de tipo continuo, se utiliza además para el cálculo de la intensidad de la precipitación, el valor expresado generalmente es:

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad ; \text{ expresada en mm/hora.} \quad (3.1)$$

3.2.6 Hidrología

Hidrología es una palabra de origen griego compuesta por dos partes: “Hidros” que significa agua y “logos” que se traduce por tratado o ciencia, por lo anterior, la Hidrología es la ciencia del agua.

El nivel actual de desarrollo de las actividades humanas y de las ciencias en general no se puede satisfacer con la definición anterior, demasiado simplista e incompleta, recurriéndose por ello a la definición propuesta por el U.S. Federal Council for Science and Technology (1962 citado por Monsalve, 1999), siendo su definición la siguiente:

Hidrología es la ciencia que trata de las aguas de la tierra, su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el

medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos. El dominio de la hidrología abarca la historia completa de la existencia del agua sobre la tierra”

La hidrología está ligada al estudio de fenómenos naturales, de manera que los métodos que emplea no pueden ser rígidos, quedando algunas decisiones al criterio del ingeniero. La hidrología, para el análisis de algunos fenómenos, hace uso de métodos estadísticos. (Chereque, 2003).

3.2.7 Series de información hidrológica

Según CHOW (1994), una serie de duración completa está compuesta por toda la información disponible. Una serie de duración parcial es una serie de datos seleccionados de tal manera que su magnitud es mayor que un valor base predefinido. Si el valor base se selecciona de tal manera que el número de valores en la serie sea igual al número de años de registro, la serie se conoce como una serie de excedencia anual. Una serie de valor extremo incluye el valor máximo o mínimo que ocurre en cada uno de los intervalos de tiempo de igual longitud del registro. La longitud del intervalo de tiempo usualmente se toma como un año, y una serie seleccionada de esta manera se conoce como serie anual. Si se utilizan los valores máximos anuales es una serie anual máxima y si se utilizan los valores mínimos es una serie anual mínima.

La experiencia ha mostrado que muchos de los datos originales no tienen significancia práctica, puesto que el diseño hidrológico de proyectos está usualmente gobernado por condiciones críticas. En consecuencia, es frecuente el uso de dos tipos de series: anuales y de duración parcial.

Al utilizar series de información pluviométrica es necesario señalar que la precipitación máxima diaria (1 día) obtenida sobre una base pluviométrica es menor

que la obtenida en cualquier período de 24 h (base pluviográfica), dado que una tormenta puede haberse registrado en dos días consecutivos.

3.2.8 Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico se considera el concepto fundamental de la hidrología. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento.

El vapor de agua, que así se forma, se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes hasta que se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación. Durante su trayecto hacia la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse o ser interceptada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes o se infiltra. (Aparicio, 1987).

3.2.9 Esguerrimiento

Se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

El agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre – una vez que una parte ha sido interceptada y evaporada- sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca. (Aparicio, 1987).

3.2.10 Atmósfera

Se define como aquella capa que rodea a la tierra y donde se realiza parte del ciclo hidrológico. La atmósfera resulta comportándose como un gran reservorio de

vapor de agua, un sistema amplio de transporte de agua y un gran colector de calor. Está compuesta de aire seco y vapor de agua. (Chereque, 2003).

3.2.11 El clima

Según Chereque (2003), dice que la palabra “clima” deriva de una voz griega que significa inclinación, aludiendo seguramente a la inclinación del eje terrestre. Como se sabe las estaciones tienen lugar debido al movimiento de traslación de la Tierra alrededor del sol, con su eje de rotación inclinado con respecto al plano de traslación.

Son numerosas las definiciones que existen de clima, pero todas ellas aluden al estado medio de la atmósfera. Para la Organización Meteorológica Mundial, clima es el “conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un período suficientemente largo en un dominio espacial determinado”.

3.2.12 Clasificación del clima

El objeto de clasificar los climas radica en poder establecer comparaciones. Esto es muy importante en Hidrología, porque hace posible aplicar las mismas fórmulas en lugares de clima similar. En climas similares, la temperatura y la precipitación son similares en magnitud, variación anual y distribución.

Se ofrece la clasificación siguiente que toma en cuenta sólo la precipitación:

1. Climas cálidos de clima intertropical:
 - a. Régimen ecuatorial: Lluvia todo el año, presentando dos máximos al año.

- b. Régimen sub-ecuatorial: Presenta dos períodos secos al año.
 - c. Régimen tropical: Presenta un solo período de lluvia.
2. Climas templados:
- a. Régimen de climas templados: Presenta lluvia todo el año. Casi uniformemente repartida.
 - b. Régimen mediterráneo: Presenta un período frío y otro caluroso y seco.
3. Clima frío y polar: Corresponde a las altas latitudes.
4. Régimen de zonas desérticas: Las zonas desérticas se encuentran repartidas en casi todas las latitudes y su presencia se explica generalmente por causas locales que determinan la ausencia de lluvias.

3.2.13 Elementos y Factores del clima

Los elementos que permiten distinguir un clima de otro son: la temperatura, la precipitación, la presión, el viento y la radiación solar. Los dos primeros son los principales.

Los factores que condicionan el clima son: la latitud, la altitud, y la continentalidad. La latitud determina la intensidad de radiación solar, la altitud determina la temperatura. La continentalidad se refiere a la mayor o menor proximidad de un lugar a los mares.

3.2.14 El clima en Venezuela

Venezuela no posee un clima único. Por el contrario, es posible distinguir varios tipos de clima bien diferenciados que caracterizan otras tantas regiones, mayores o menores. Esta diversidad es una de las características geográficas más importantes del país.

Sin salir del territorio nacional es posible recorrer una gran variedad de paisajes, al pasar desde regiones cuyas temperaturas medias figuran entre las más altas del mundo a áreas montañosas donde el clima es tan frío todo el año que se mantienen cubiertas por hielos perpetuos, semejantes a los de las regiones polares.

3.2.14.1 Distribución geográfica de la temperatura

- a. Es máxima en bajas latitudes y decrece en los polos.
- b. Tiene una tendencia muy distorsionada por la presencia de mares y continentes, topografía y vegetación.
- c. Hacia el interior de los continentes la temperatura es más grande en verano y mínima en invierno.
- d. La temperatura decrece con la altitud.
- e. El intervalo de variación de la temperatura en áreas boscosas es menor que en las áreas desérticas.
- f. La temperatura es más elevada en las ciudades que en el campo.

3.2.14.2 Variación de temperatura con el tiempo

- a. La temperatura es proporcional a la fluctuación de la radiación solar incidente. Sin embargo, existe un desfase entre ambas características, según las condiciones atmosféricas del día.
- b. El intervalo diurno de temperatura se define como la diferencia entre las temperatura máxima y mínima diarias.
- c. En días nublados la temperatura es menor por causas de la reducción de la insolación o radiación solar. La temperatura mínima es mayor por causa de la reducción de pérdidas.
- d. La temperatura media diaria se define normalmente como la media aritmética entre la temperatura máxima diaria mínima diaria.
- e. La temperatura promedio diaria es el promedio de las temperaturas en el día.

$$\sum_{i=1}^n t_i/n \quad (3.2)$$

- f. Es del orden de un grado mayor que la temperatura media diaria.
- g. Temperatura normal o diaria normal: es el promedio de una temperatura de una fecha dada de un periodo de un año.

$$\sum_{i=1}^n t_{10 \text{ octubre}}/m \quad (3.3)$$

- h. Temperatura media mensual es el promedio de las temperaturas medias diarias en un mes.
- i. Temperatura media anual es el promedio de las temperaturas medias mensuales en un año.

La variación diaria de temperatura va ligeramente retrasada respecto a la variación diaria de la reacción solar. La temperatura. La temperatura comienza aumentar poco después de la salida del sol y alcanza su máximo de una a tres horas después de alcanzar el sol su máxima altitud, y disminuye durante la noche hasta la salida del sol cuando se presente el valor mínimo. La fluctuación diaria de temperatura se ve afectada por las condiciones del cielo. En días nublados la temperatura máxima es menor debido a la reducción en radiación incidente en la superficie. (Monografía sobre Venezuela, 1965).

3.2.15 Análisis de frecuencia

Uno de los problemas más importantes en hidrología es la interpretación de registros pasados de eventos hidrológicos, en términos de obtener probabilidades de ocurrencia futuras.

Este problema se extiende a la estimación de frecuencias de avenidas, sequías, precipitación, calidad de agua y oleajes, entre otros. El procedimiento involucrado es conocido como análisis de frecuencia.

El análisis de frecuencia de datos hidrológicos comienza con el tratamiento de datos brutos y finalmente determina la frecuencia o probabilidad de un valor de diseño. (Chow, 1964).

Bradley (1997) indica que el tratamiento de eventos hidrológicos extremos como un proceso aleatorio implica que la variabilidad climática natural no afecta la ocurrencia de estos eventos.

Un proceso estacionario respecto al tiempo significa que presenta eventos independientes e idénticamente distribuidos por un modelo probabilístico que no cambia a través del tiempo (Bradley y Zhao, 1997).

3.2.16 Variación de la intensidad con la duración

Los datos de la precipitación intensa de registros pluviográficos provienen de pluviogramas: distribución de la precipitación acumulada a lo largo del tiempo. De las gráficas se pueden establecer, para diversas duraciones, las máximas intensidades ocurridas durante una lluvia dada. Las duraciones usuales son: 5, 10, 15, 30, 45 minutos y 1, 2, 3, 6, 12, 24 horas.

Los límites de duración son fijados usualmente son en 5 minutos y 24 horas, porque 5 minutos representa el menor intervalo que se pueden leer en los registros pluviográficos con precisión adecuada, y 24 horas porque para duraciones mayores se puede utilizar los datos observados en pluviómetros. El número de intervalo de duración citado de puntos suficientes para definir curvas intensidad-duración de precipitación, referentes a diferentes frecuencias de ocurrencias (Arocha, 1983).

3.2.17 Curvas de intensidad-duración-frecuencia

Con respecto a las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) es importante señalar que estas son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la

intensidad media de los intervalos de diferente duración, correspondiente todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno (Témez,1978).

Según Benítez (2002) las curvas IDF son la representación gráfica de la relación existente entre la intensidad, la duración y la frecuencia o periodo de retorno de la precipitación.

Por otro lado, según Mintegui (1990), se denominan curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) a aquellas que representan duraciones en abscisas y altura de precipitación en las ordenadas, en la cual, cada curva representada corresponde a una frecuencia (o periodo de retorno), de tal forma que las gráficas de las curvas IDF representan la intensidad media en intervalos de diferentes duración, correspondiendo todos de una misma curva, a un idéntico periodo.

El diseño de las curvas IDF, es la frecuencia, la cual se expresa en función del periodo de retorno (T), que es el intervalo de tiempo promedio expresado en años entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño. (Chow, 1994).

Por otro lado, según (Ulriksen, 1979), la probabilidad de excedencia se define como la probabilidad de que un cierto valor a asumir por la variable aleatoria sea superado.

La intensidad se puede definir como la relación entre la profundidad (P) de la lluvia en mm y la duración de la lluvia (T_d) en minutos o en horas, es decir:

$$I = \frac{P}{T_d} \quad (\text{Ecuación}) \quad (3.4)$$

También se puede definir como el caudal de agua que pasa una determinada superficie, es decir, el volumen de agua caído por unidad de tiempo y superficie. Como la intensidad de la lluvia depende de la duración de la misma, es necesario definir un intervalo de referencia, el cual en proyectos de saneamiento habitualmente se estudia para el caso de lluvias de corta duración ($D \leq 2$ horas). (García-Loygorri, 2012).

Las características de las lluvias a considerar en el diseño dependen del grado de protección que desee, lo cual, por razones económicas, se basa en la importancia del sector, en su densidad de población y en los inconvenientes de tránsito por ser arterias principales o secundarias.

La recopilación de datos pluviográficos permite conocer la frecuencia con que ha ocurrido una lluvia de determinada intensidad; por tanto cualquier previsión que hagamos estará basada en la información disponible; y si bien éste es un fenómeno probabilístico, podrá existir un cierto rango de seguridad en cuanto a los daños o inconvenientes esperados para una determinada lluvia que supere la que tomamos como base para el diseño. El concepto de frecuencia está asociada al de probabilidad se le llama también intervalo de tiempo determinado o en un número de años (Arocha, 1983).

La frecuencia se denota por tanto como:

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ de años}}{n^{\circ} \text{ de veces}} \quad (3.5)$$

Así una lluvia de cierta magnitud o mayor, que haya ocurrido cinco veces durante 25 años de registros llevados en una estación pluviográfica, tendrá frecuencia 5, es decir:

$$f = \frac{25}{5} = 5 \quad (3.6)$$

Dependerá por tanto del mayor tiempo de registros disponibles, la mayor probabilidad de ocurrencia en la estación hecha.

Las normas INOS establecen que para el cálculo del caudal de aguas de lluvia se estimen las frecuencias siguientes:

- a. Para zonas residenciales, de 2 a 5 años.
- b. Para zonas comerciales y de elevado valor, de 5 a 15 años, dependiendo de su justificación económica.
- c. Para obras de canalizaciones de cursos naturales, ríos o quebradas, 50 años o más.
(Arocha, 1983)

Las curvas de intensidad –duración– frecuencia que serán utilizadas en la zona de estudio, se encuentra en la región III, la cual se muestra a continuación (Figura 3.1).

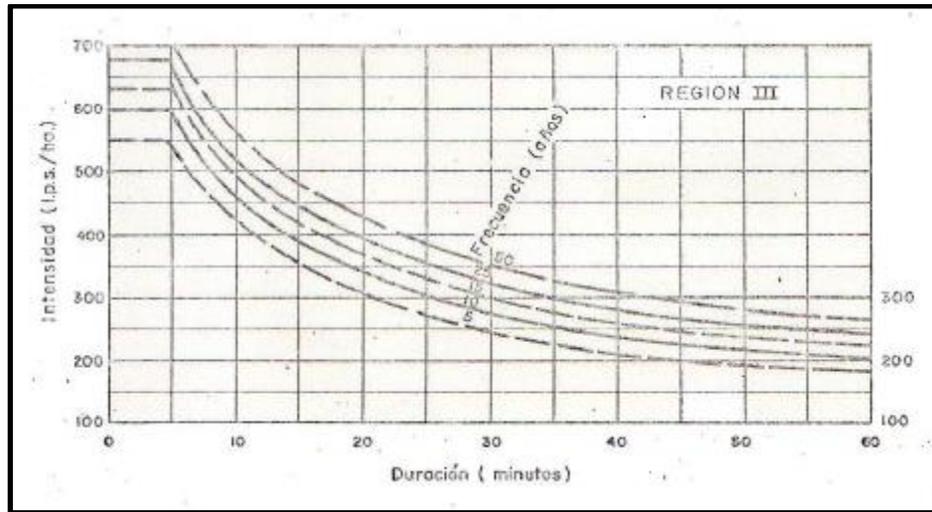


Figura 3.1. Curva IDF de la región hidrológica III (Arocha, 1983)

3.2.18 Intensidad

La intensidad de una lluvia se define como el volumen de agua que precipita por unidad de tiempo, y generalmente se expresa en mm/h, mm/min, mm/seg/ha o lt/seg/ha. En el diseño de alcantarillados, generalmente se utiliza la unidad lt/seg/ha, sin embargo, muchas estaciones pluviográficas reportan sus datos en mm/h, por lo cual conviene tener presente el factor de conversión: $1 \text{ mm/h} = 2,78 \text{ lt/seg/ha}$, la intensidad de lluvia depende de la duración de ésta, existiendo generalmente una relación inversa entre ellas. (Arocha, 1983)

Es importante señalar, que cuando sólo se dispone de un pluviómetro en una estación, es evidente que en general solo se podrá conocer la intensidad media en 24 horas. Como se comprenderá, esta información se puede inducir a grandes errores por defectos, por cuanto las lluvias de corta duración son en general las más intensas. Es natural entonces que las determinaciones de intensidades de lluvias se hagan a partir de los registros proporcionados por los pluviógrafos. (Aros, 1997)

3.2.19 Duración

La duración de la lluvia es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, este final puede ser del total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos.

La lluvia según su duración puede denominarse como corta, cuando la duración es menor de 120 minutos, y larga, cuando es mayor de 120 minutos.

Las normas INOS establecen en su artículo 3.1.4.1 lo siguiente: “el tiempo de duración que debe considerarse para la determinación de la intensidad de lluvia, no será inferior a 5 minutos.

En cada caso se fijará el tiempo de precipitación, de acuerdo a las condiciones locales”. (Arocha, 1983)

3.2.20 Aplicación de las curvas IDF

El uso de las curvas IDF se enmarcan en la estimación de crecidas de cuencas hidrográficas que tienen tiempos de concentración pequeños o de pequeña duración, y su utilidad principal es poder estimar la intensidad, duración y frecuencia de la precipitación en un lugar donde no posea pluviógrafo, solamente pluviómetros totalizadores que entregan precipitaciones diarias o lugares donde no existe información pluviométrica. Además, es importante señalar que uno de los primeros pasos que debe seguirse en muchos proyectos de diseño hidrológico, como es el caso del diseño de un drenaje urbano, el aprovechamiento de recursos hídricos en la generación de energía eléctrica, o el diseño de obras de ingeniería de regadíos, es la determinación del evento o eventos de lluvias que deben unirse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación

entre la intensidad de lluvia, la duración y la frecuencia o periodo de retorno. Esta relación se denomina curvas IDF, que son determinadas por cada sitio en particular. (Chow, 1994).

3.2.21 Flujo en un canal

Según Sotelo (2002):

El flujo en un canal se produce, principalmente, por la acción de la fuerza de gravedad y se caracteriza porque expone una superficie libre a la presión atmosférica, siendo el fluido un líquido. Por lo general agua. El movimiento de un líquido a superficie libre se ve afectado por las mismas fuerzas que intervienen en el flujo dentro de un tubo, a saber:

1. La fuerza de gravedad, como la más importante en el movimiento.
2. La fuerza de resistencia ocasionada en las fronteras rígidas por la fricción y la naturaleza casi siempre turbulenta del flujo.
3. La fuerza producida por la presión que se ejerce sobre las fronteras del canal, particularmente en las zonas donde cambia su geometría.
4. La fuerza debida a la viscosidad del líquido de poca importancia si el flujo es turbulento.

A estas se agregan, excepcionalmente, las siguientes: a) la fuerza de tensión superficial, consecuencia directa de la superficie libre, b) las fuerzas ocasionales debidas al movimiento de sedimento arrastrado. (p. 18)

3.2.22 Tipos de flujo en un canal

Según Chow (2004), define:

El flujo en canales abiertos puede clasificarse en muchos tipos y describirse de varias maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad del flujo con respecto al tiempo y al espacio.

3.2.22.1 Flujo permanente y no permanente: tiempo como criterio

Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración. El flujo es no permanente si la profundidad cambia con el tiempo.

3.2.22.2 Flujo uniforme y flujo variado: espacio como criterio

Se dice que el flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad de flujo es la misma en cada sección del canal. Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo.

3.2.22.3 Flujo uniforme permanente

Es el tipo de flujo fundamentalmente que se considera en la hidráulica de canales abiertos la profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración. El establecimiento de un flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal. En efecto, esta es una condición prácticamente imposible.

El flujo es variado si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal. El flujo variado puede ser permanente o no permanente.

3.2.22.4 Flujo variado

El flujo variado puede clasificarse además como rápidamente variado o gradualmente variado.

El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas; de otro modo es gradualmente variado. Un flujo gradualmente rápidamente variado también se conoce como fenómeno local; algunos ejemplos son el resalto hidráulico y la caída hidráulica. (p. 5-6).

3.2.23 Estado del flujo

Chow (1994) afirma que:

El estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de la viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo. La tensión superficial del agua puede afectar el comportamiento del flujo bajo ciertas circunstancias, pero no juega un papel significativo en la mayor parte de los problemas de canales abiertos que se presentan en ingeniería.

3.2.24 Efecto de viscosidad

El flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia. Esta relación se define mediante el número de Reynolds. (p. 7)

3.2.24.1 Flujo laminar

Rodríguez (2008) expresa:

El flujo es laminar si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales, de tal manera que la viscosidad juega un papel importante en determinar el comportamiento del flujo. En el flujo laminar las partículas de agua se mueven en trayectorias suaves definidas o líneas de corriente, y las capas de fluido con espesor infinitesimal parecen deslizarse sobre capas adyacentes.

3.2.24.2 Flujo turbulento

El flujo es turbulento si las fuerzas viscosas son débiles en relación con las fuerzas inerciales. En flujo turbulento, las partículas del agua se mueven en trayectorias irregulares, que no son suaves ni fijas, pero que en conjunto todavía representan el movimiento hacia delante de la corriente entera.

3.2.24.3 Flujo Transicional

Entre los estados de flujo laminar y turbulento existe un estado mixto o transicional. (p. 12)

3.2.25 Número de Reynolds

De acuerdo a Rocha (2002):

El efecto de la mayor o menor viscosidad del fluido sobre las condiciones del escurrimiento se expresa por el parámetro adimensional denominado número de

Reynolds. El número de Reynolds representa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas y tiene por expresión:

$$R_e = \frac{VL}{\nu} \quad (3.12)$$

Dónde:

R_e = Número de Reynolds.

V = Velocidad media del escurrimiento (m/s).

L = Longitud característica (m).

ν = Viscosidad cinemática que es igual a la relación entre la viscosidad dinámica o absoluta (μ) y la densidad del fluido (ρ), (m^2/s). (p. 13)

3.2.26 Efecto de la gravedad

Chow (1994) señala:

El efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fueras gravitacionales. Esta relación está dada por el número de Froude:

3.2.26.1 Número de Froude

El número de Froude está definido como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gL}} \quad (3.13)$$

Dónde:

F = Número de Froude.

V = Velocidad media del flujo (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2).

L = Longitud característica (m).

3.2.27 Método racional

Desarrollado en el año de 1889, pero por su sencillez todavía se sigue utilizando. Este método presenta una serie de limitaciones en la que muchos autores recomiendan su uso para áreas pequeñas, debido que su aplicación en áreas grandes da valores muy elevados con respecto al verdadero.

Es por esta razón que es muy empleado en el diseño de colectores pluviales, además de su simplicidad, partir de los resultados arrojados ofrece una dimensión segura para su funcionamiento, sin embargo, puede llegar a ocasionar sobre diseño, los cuales generarían costos excesivos.

Franceschi A, Luis (1984), recomienda:

La aplicación para el caudal de diseño de drenaje urbano y rural en cuencas cuyo valor no supere 200 ha, mientras la norma 5.318 (aplicada a la ingeniería civil) recomienda su uso hasta 500 ha para el diseño de colectores pluviales.

Arocha (1983) comenta:

La determinación del gasto de diseño para un sistema de recolección de aguas de lluvias en zonas pobladas atiende generalmente al método racional. El método racional asume que el caudal máximo que se acumula en un determinado punto, como consecuencia de la esorrentía de aguas pluviales está expresado por la ecuación:

$$Q(l/s) = C * I * A \quad (3.14)$$

Donde:

Q = Caudal en l/s.

C = Coeficiente de esorrentía.

I = Intensidad de lluvia (l/s/ha).

A = Área en ha.

El método considera la intensidad de lluvias, para una duración igual a el tiempo de concentración, ya que se estima que habrá un incremento de caudal a medida que se incrementa el área, puesto que la disminución en intensidad con el tiempo es compensado con el mayor incremento de área. Cuando toda el área ha contribuido, ésta permanece constante pero habrá disminución de intensidad a mayor tiempo, y por tanto el gasto disminuiría. (p. 209-210)

3.2.28 Limitaciones del método racional

Bolinaga J, (1979) explica que el método racional tiene una serie de limitaciones a saber como lo son:

1. La lluvia es uniforme en el tiempo; es decir, su intensidad es constante, lo cual, en la práctica, es solo verdad para duraciones muy cortas.
2. La lluvia es uniforme en el espacio; es decir, tiene la misma intensidad al mismo tiempo sobre toda el área tributaria. Esto es prácticamente válido para áreas muy pequeñas.
3. Ignora el efecto de almacenamiento o retención temporal en las superficies, conductos, cauces, etc., el cual es mayor mientras menos impermeable sea el área.
4. El coeficiente de escorrentía es constante, lo cual es solo cierto para áreas impermeables.

Supone que el gasto calculado tiene la misma frecuencia de la precipitación, lo cual es más cierto en áreas impermeables, donde las condiciones previas de humedad del subsuelo no influyen significativamente en la escorrentía. (p. 144).

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Abrupto

Dicho de un terreno escarpado, quebrado o de difícil acceso. (Real Academia Española, 2012).

3.3.2 Áreas inundables

: son aquellas superficies diferentes de las planicies inundables, que pueden ser ocupadas durante un tiempo prudencialmente largo, por aguas provenientes del escurrimiento superficial. (Bolinaga J, 1979).

3.3.3 Canales de drenajes

Es una cuneta que se encuentra ubicada en la orilla de la carretera para recoger y conducir el agua superficial para drenaje alejándola del lecho de la vía. (Carciente J, 1985).

3.3.4 Cartografía

Arte de trazar mapas geográficos. (Real Academia Española, 2012).

3.3.5 Cavitación

Formación de burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que este experimenta en su presión. (Real Academia Española, 2012).

3.3.6 Climatología

Tratado del clima, conjunto de las condiciones propias de un determinado clima. (Real Academia Española, 2012).

3.3.7 Coeficiente de escorrentía (C)

: se denomina coeficiente de escorrentía al cociente entre el caudal de agua que circula por una sección de una cuenca a consecuencia de un suceso lluvioso (lluvia neta), y el volumen de agua que ha precipitado sobre la misma (lluvia total).

Es decir, se trata de la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial. (Gustavo A, 2003).

3.3.8 Coeficiente de Manning (n)

Es un valor adimensional utilizado en la ecuación de Manning en los cálculos de capacidades de colectores, tuberías o canales que funcionan a gravedad cuya cuantía depende del material. (Gustavo A, 2003).

3.3.9 Colectores

Son los cauces naturales o los conductos construidos por el hombre (canales, tuberías, etc.) que transportan las aguas y que son drenajes primarios o secundarios, según sea el caso. (Bolinaga J, 1979).

3.3.10 Cota

Altura de un punto sobre el nivel de otro plano de referencia. (Real Academia Española, 2012).

3.3.11 Cuenca

Es un concepto geográfico e hidrológico que se define como el área de las superficie terrestre por donde el agua de lluvia escurre y transita o drena a través de una red de corrientes que fluyen hacia una corriente principal y por ésta hacia un punto común de salida que puede ser un almacenamiento de agua interior, como un lago, una laguna o el embalse de una presa, en cuyo caso se llama cuenca endorreica.

Cuando sus descargas llegan hasta el mar se les denominan cuencas exorreicas. Normalmente la corriente principal es la que define el nombre de la cuenca. (Zinck A, 1977).

3.3.12 Cuenca hidrográfica

El territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico.

Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. (Zinck A, 1977).

3.3.13 Datum

Cota tomada como base para graficar un perfil. (López, 1998).

3.3.14 Desnivel

Diferencia de altura entre dos puntos. (Real Academia Española, 2012).

3.3.15 Embaulamiento

Es un conducto artificial que sirve para llevar las aguas de lluvia, por lo general más eficientes hidráulicamente en la velocidad de las aguas, ya que poseen pendientes que incrementan los gastos máximos. (Carciente J, 1985).

3.3.16 Escorrentía

Ocurre cada vez que la corriente de agua llega a un cauce superficial producto de haberse discurrido de los charcos y depresiones. (Carciente J, 1985).

3.3.17 Fluctuar

Dicho de un cuerpo, vacilar sobre las aguas por el movimiento agitados de ellas. (Real Academia española, 2012).

3.3.18 Hidrología

También llamada hidrografía es la ciencia de la naturaleza que estudia el agua dentro del planeta Tierra, tanto en los aspectos de ocurrencia como acumulación y circulación desde el punto de vista cualitativo, cuantitativo y estadístico. (Chow T, 1994).

3.3.19 Inundación

Son producto de las fuertes lluvias que a causa de la acción indiscriminada del hombre en cuencas, cauces de los ríos y quebradas y el depósito de basura que taponan drenajes naturales, son algunas de las causas por la cuales se origina este fenómeno. (Gustavo A, 2007).

3.3.20 Meteorología

Ciencia que trata de la atmósfera y los meteoros. (Real Academia española, 2012).

3.3.21 Pendiente

Proporción entre la distancia de cotas entre dos puntos y su longitud. (López, 1998).

3.3.22 Perfil longitudinal

Es la representación gráfica de la intersección del terreno con un plano vertical que contiene al eje longitudinal de nivelación, con esto se obtiene la forma altimétrica del terreno a la largo de la mencionada línea. (Bolinaga J, 1979).

3.3.23 Perfil transversal

Es la representación gráfica de la intersección del terreno con un plano vertical perpendicular al eje longitudinal, este se realiza en cada uno de los puntos que definen al perfil longitudinal, es decir, se realiza en todos los puntos de cambio. (Bolinaga J, 1979).

3.3.24 Pluviómetro

Aparato que sirve para medir la lluvia que cae en lugar y tiempo dados. (Real Academia española, 2012).

3.3.25 Zanjas

Son canales abiertos que tienen como objeto recoger el agua que proviene de las plataformas de la vía. (Carciente J, 1985).

:

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

De acuerdo a los criterios señalados anteriormente en este proyecto, la investigación es de tipo descriptiva, ya que está basada en la descripción y uso de los parámetros climatológicos recopilados y obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) en las estaciones climatológicas cercanas a la población de Zuata en el estado Anzoátegui, con el fin de formular las conclusiones que resulten del análisis de las variables climatológicas. Asimismo, se describen las características morfométricas de la cuenca urbana, las áreas discriminadas de acuerdo a la cobertura del suelo y las intensidades de lluvia

Según, Tamayo (1994), hace énfasis en la investigación, descripción, registros, e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos.

4.2 Diseño de la investigación

4.2.1 Investigación documental

Según el autor (Arias (2012)), define: la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (p.27)

El diseño de investigación a continuación es de tipo documental, ya que las fuentes de datos hidrológicos son recopilados y publicados en entidades gubernamentales, estos datos son compilados y presentados en resúmenes mensuales y anuales respectivamente. En este caso, los estudios meteorológicos de las variables de precipitación e intensidades máximas de lluvias de las estaciones ubicadas en el estado Anzoátegui (cercanas a Zuata) están basados en datos actuales, pasados o en su combinación.

Según, Eyssautier, M (2006). La investigación documental es una investigación que se efectúa a través de consulta en los documentos, pudiendo ser revistas, libros, diarios, informes, anuarios o cualquier otro registro que de testimonio de un hecho o fenómeno. Estas fuentes secundarias a todos aquellos portadores de datos e información que han sido previamente retransmitidos o grabados en cualquier soporte; dicha información de todo investigador que la requiere.

4.2.2 Investigación de campo

Según Tamayo y Tamayo M. (1999) dice: “Cuando los datos se recogen directamente de la realidad, por lo cual los denominamos primarios; su valor radica

en que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos, lo cual facilita su revisión o modificación en caso de surgir dudas. Conviene anotar que no toda información puede alcanzarse por esta vía, ya sea por limitaciones especiales o de tiempo, problemas de escasez o de orden ético”. (p. 72).

Esta investigación es de campo ya que durante el reconocimiento de la zona de estudio se efectuaron registros, toma de imágenes y mediciones de aspectos vinculados con la topografía y los caracteres físicos naturales del área.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

La población según Balestrini (1997), se define como “cualquier conjunto de elementos de la que se quiere conocer o investigar alguna de sus características”. (P 126).

En el presente caso se considerará como población de la investigación toda la superficie de la zona que se desea urbanizar susceptible de captar aguas pluviales. Adicionalmente también se considerará como población de la presente investigación todos los registros climáticos tomados en las estaciones climatológicas cercanas al área de estudio.

4.3.2 Muestra de la investigación

La muestra según Balestrini (1997), se define como: "una parte o subconjunto de la población" (p.130); ésta podrá representar o no en buena forma a la población y su tamaño dependerá del tipo de estudio que se desee realizar y de acuerdo a la profundidad del mismo, donde hay que considerar varios factores entre ellos el tipo

de distribución y el nivel de significación estadística, para poder seleccionarla, lo cual forma parte de la estadística inferencia.

En el presente caso se considerará que la muestra estará constituida por la misma superficie del área a urbanizar y por los registros climatológicos correspondientes al período 2002-2012 para la estación climatológica que disponga de la mayor y mejor calidad y cantidad de datos de lluvia, cercana al área de estudio.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para obtener información relevante proveniente de la realidad objeto de estudio será necesario utilizar distintas técnicas e instrumentos de recolección de datos para cumplir con las metas propuestas.

4.4.1 Técnicas de investigación

A continuación se describen las técnicas a utilizar para la recolección de datos.

4.4.1.1 Observación directa.

Según Arias, F. (2006), la observación “es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno y situación que se produzcan en la naturaleza o en la sociedad, en función a los objetivos de investigación preestablecidos”.

4.4.1.2 Revisión literaria o bibliográfica

Para el desarrollo de este proyecto es necesario acudir a fuentes bibliográficas que permitan ampliar los conocimientos hacer del tema en estudio. Esta técnica se

basa en la obtención de información mediante la revisión de material bibliográfico tales como: tesis, texto, manuales de la organización, e informes.

4.4.1.3 Consultas académicas

Para la elaboración de la investigación se realizarán consultas a los tutores académicos y expertos en los aspectos relacionados con los objetivos planteados en esta investigación, con la finalidad de aclarar dudas referentes al proyecto y orientar los pasos a seguir para abordar el problema de estudio.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos incluyen la utilización de:

- a. Equipo de computación (computadora, impresora, escáner, pendrive, entre otros)
- b. Calculadora
- c. Programas de ofimática: Word, Excel, Powerpoint, etc.
- d. Programas de diseño asistido por computador: Autocad.
- e. Programas estadísticos: SPSS
- f. GPS
- g. Cámara fotográfica

- h. Fotocopiadora
- i. Papelería
- j. Artículos de oficina, entre otros

4.5 Flujograma de la investigación

Para la realización de esta investigación se seguirá el flujograma (figura 4.1) en el cual se mencionan las actividades a realizar necesarias para el logro de los objetivos específicos planteados. (Figura 4.1).

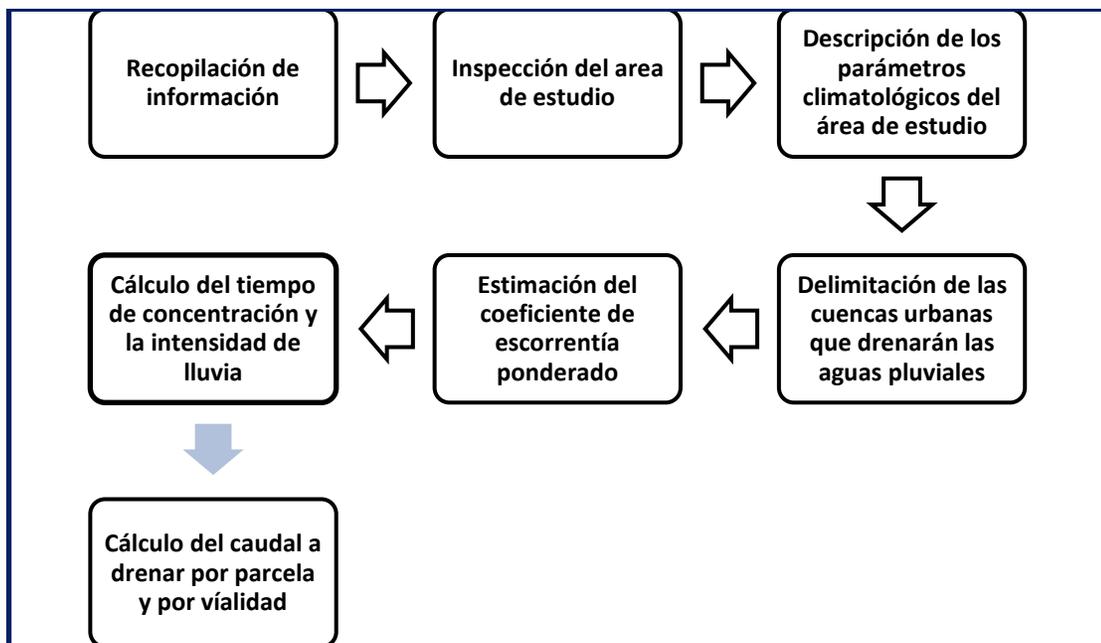


Figura 4.1 Flujograma de la investigación

4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos

Con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados se procederá a continuación a dar una explicación breve de las actividades que habrán de cumplirse a tal fin:

4.6.1 Caracterización climática de la zona de estudio

A tal fin se recopilarán los datos climatológicos de la estación más cercana al área de estudio los cuales son registrados y almacenados por el INAMEH.

4.6.2 Delimitación de las cuencas que drenarán aguas pluviales

Con el uso de los planos de la propuesta urbana y de la topografía de la zona, se delimitan las cuencas existentes en el área de estudio. Asimismo, se deben estimar los patrones de flujo preferenciales que utilizará el agua de lluvia dentro del urbanismo.

4.6.3 Estimación del coeficiente de escorrentía ponderado

Se determinan los tipos de cobertura de suelo existentes en cada parcela y las áreas que ocupa cada tipología. Mediante la fórmula del coeficiente ponderado se calcula el coeficiente pesado para cada área según su cobertura.

4.6.4 Estimación del tiempo de concentración y la intensidad de lluvia

Conocida la vialidad del conjunto urbanístico y la topografía de la zona, se determina la longitud de cada tramo vial y sus desniveles entre el inicio y terminación de cada tramo vial, conocidos estos parámetros se aplica la ecuación del California

Culvert Practice para estimar el tiempo de concentración (T_c) de cada tramo vial. Posteriormente, considerando un período de retorno (T_r) de 25 años, el cual es el adecuado para estimaciones para sistemas de obras sanitarias viales, se entra en las curvas IDF (Donoso, 2018) y se determina la intensidad de precipitación (I) para cada zona.

4.6.5 Estimación del caudal por parcela y por tramo vial.

Aplicando la ecuación del Método Racional se determinará el caudal de aguas pluviales drenado que aportará cada parcela y por cada tramo vial.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Caracterización climatológica del área de estudio

Para establecer las características del clima se efectuó un análisis cuantitativo, con base en los datos de los promedios mensuales y anuales de los parámetros registrados por las estaciones meteorológicas San Diego de Cabrutica, Zuata y Uverito; sin embargo es importante señalar que dichas estaciones son del tipo PR, por lo que registran únicamente datos de Precipitación.

En la tabla 5.1, se muestran las características de las estaciones de la zona y la tomada como referencia.

Tabla 5.1 Características de las estaciones utilizadas (INAMEH, 2014)

Estación	Tipo	Serial	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Organismo
San Diego de Cabrutica	PR	3762	08°25'15''	64°53'10''	140	INAMEH
Zuata	P.D.	2622	08°21'40''	65° 11'35''	58	INAMEH
Uverito	PR	3752	08°07'48''	64° 43'36''	120	INAMEH
Musinacio (*)	C1	4712	07°42'10''	64°46'30''	52	INAMEH

5.1.1 Precipitación

El valor promedio anual de precipitación para la zona del proyecto es de 990 mm, el cual fue estimado a partir de los promedios anuales de las estaciones

localizadas alrededor del área de estudio. En la tabla 5.2, se muestran los promedios mensuales y el total anual de precipitación de la estaciones San Diego de Cabrutica, Zuata Uverito y Musinacio, para el período 1971-2007; con base en ellos se elaboraron las figuras 5.1 a 5.4.

Tabla 5.2 Precipitación media mensual y anual (mm)-Período 1971-2007 (INAMEH, 2014)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
San Diego de Cabrutica	6,0	8,5	10,8	29,6	92,6	163,7	187,7	170,0	142,1	95,5	60,4	22,4	989
Zuata	6,4	7,4	8,6	27,7	78,7	160,9	196,2	192,4	137,4	107,8	51,8	21,0	996
Uverito	9,4	10,1	10,4	45,9	94,2	168,3	171,8	196,1	136,5	96,0	62,6	29,1	1030
Musinacio	9,7	10	15,8	70,5	158,4	285,3	292,7	243,3	204,2	115,2	77,2	31,7	1514

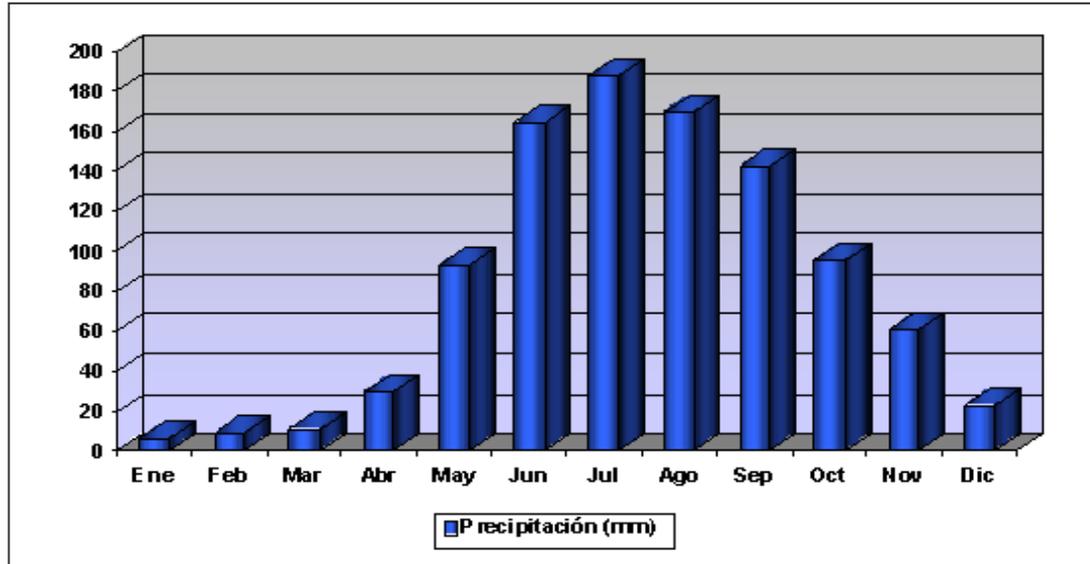


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación San Diego de Cabrutica (INAMEH, 2014).

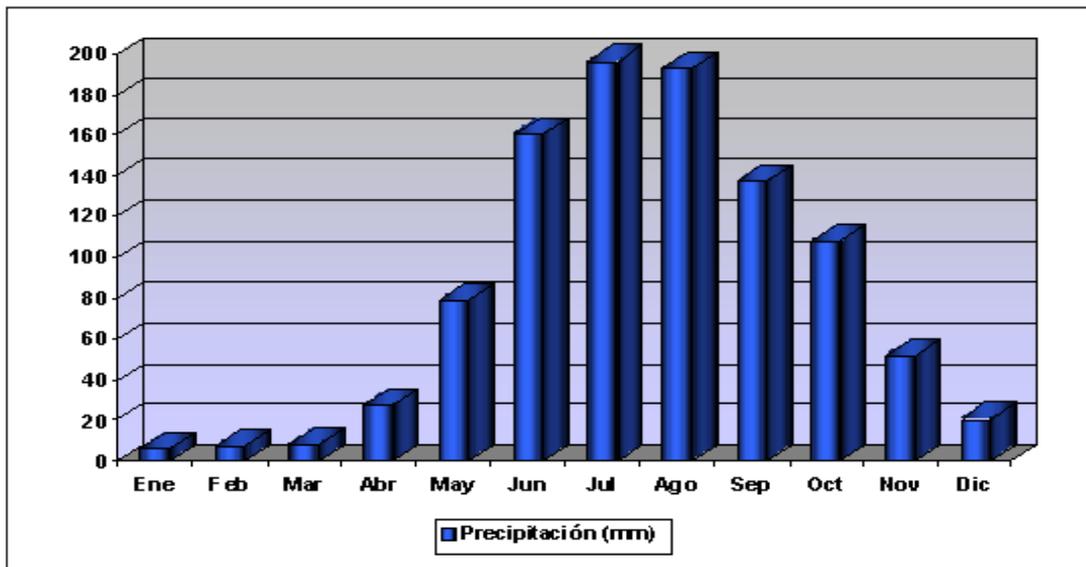


Figura 5.2 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Zuata (INAMEH, 2014).

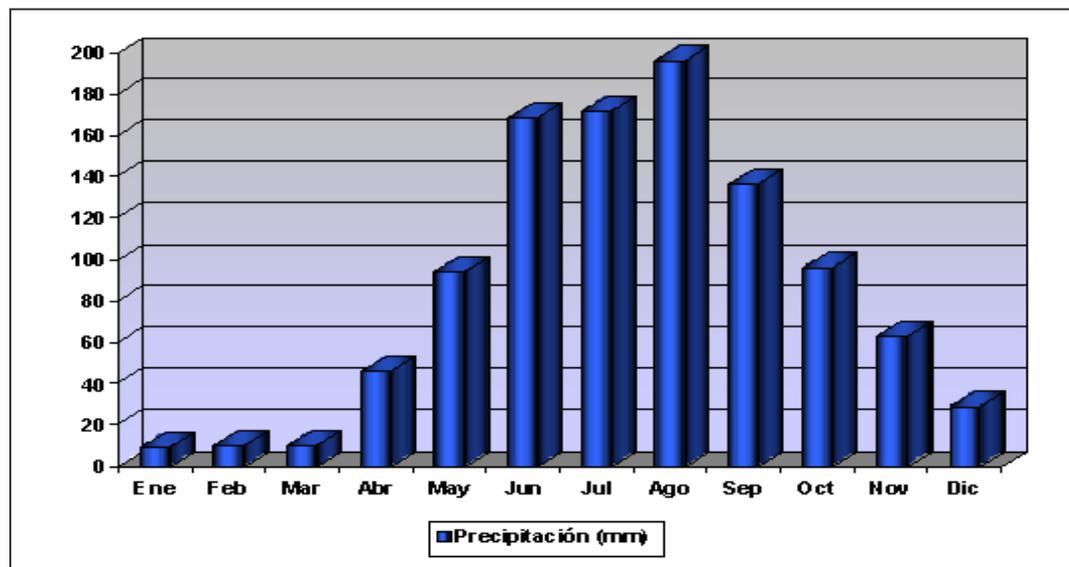


Figura 5.3 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Uverito (INAMEH, 2014).

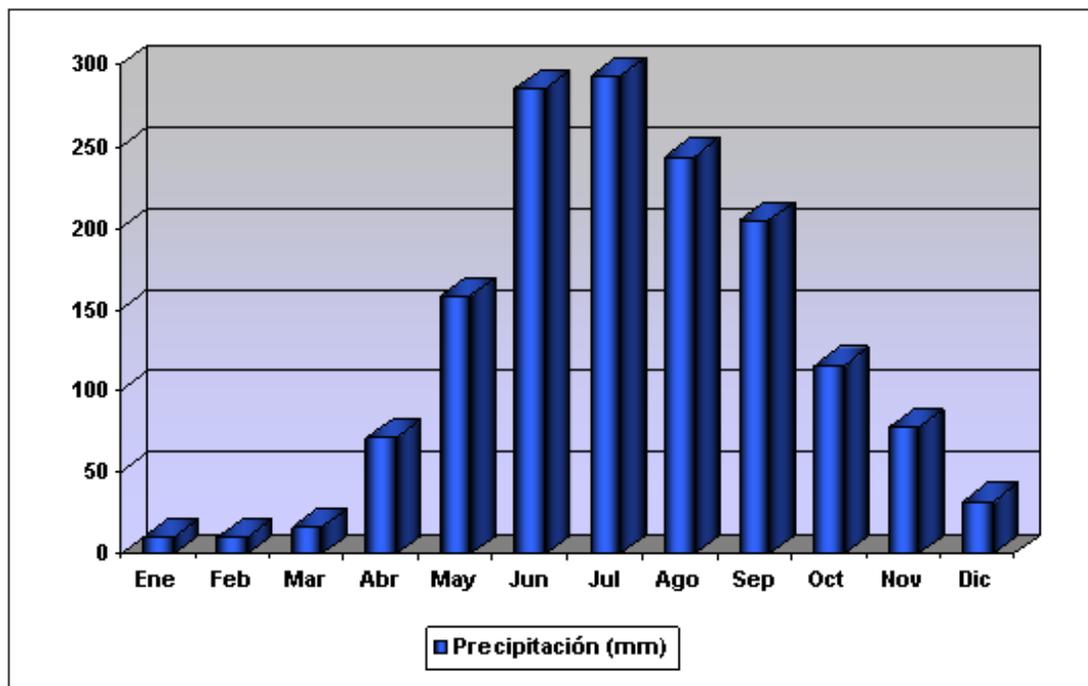


Figura 5.4 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Musinacio (INAMEH, 2014).

El régimen pluviométrico es de tipo unimodal, es decir, se registra un tope de lluvia durante el año. Este ocurre en los meses del verano astronómico (junio, julio y agosto), lo cual corresponde con la época de mayor actividad de la convergencia intertropical, responsable directa de la distribución temporal de las lluvias en el territorio venezolano. En estos tres meses se recoge casi el 50% del volumen total de precipitación anual. El valor más bajo de precipitación se registra en los tres primeros meses del año (enero, febrero y marzo)

5.1.2 Evaporación

En estos meses (marzo y octubre) ocurren altas temperaturas, mayor cantidad de horas de brillo solar, baja humedad relativa, así como un aumento de la velocidad del viento. Por otra parte, la evaporación registra sus valores más bajos durante los meses de junio y diciembre, es decir en las épocas de mayor pluviosidad y menor

temperatura respectivamente. En la tabla 5.3, se indican los promedios mensuales, así como el valor total medio anual de la estación Musinacio y la figura 5.5 muestra el comportamiento anual de dicha variable.

La evaporación promedio anual en la zona es elevada, según la estación Musinacio, la cual registra un valor alrededor de los 2600 mm por año. Esta variable climática no tiene una variación anual de alto rango, sin embargo es posible diferenciar en su comportamiento temporal, dos épocas donde ocurren los valores más altos, lo cual casi coincide con las épocas de equinoccio de primavera y otoño.

Tabla 5.3 Evaporación media, mensual y anual (mm)-Período 1971-2007 (INAMEH, 2014)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Musinacio	238	254	309	282	237	177	186	187	194	205	196	206	2.671

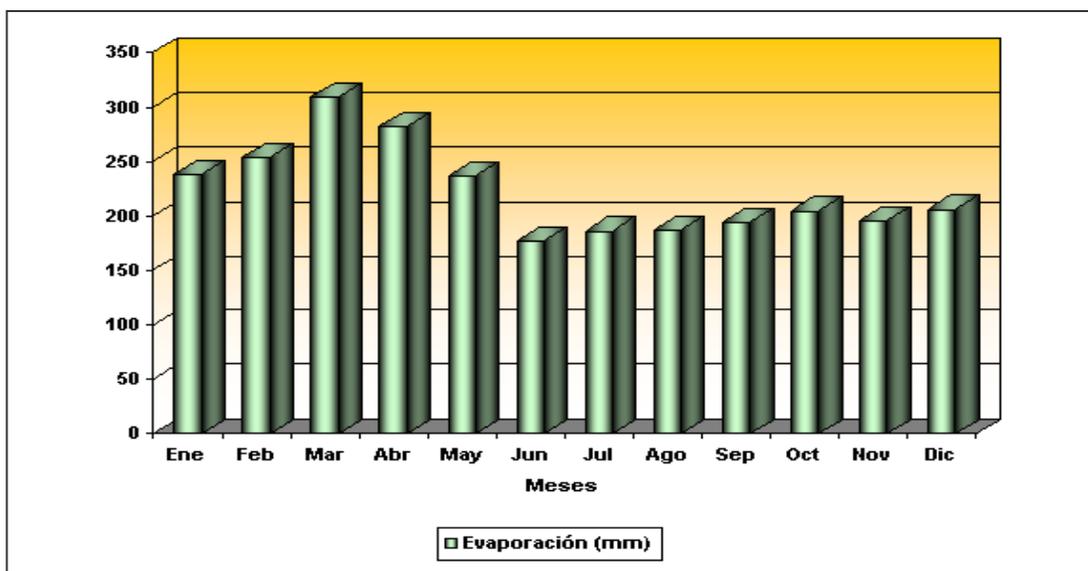


Figura 5.5 Variación anual de la evaporación (mm). Estación Musinacio (INAMEH, 2014).

5.1.3 Temperatura

En la zona, no existen estaciones que midan la Temperatura del aire; sin embargo, la estación más cercana (Musinacio) registra 28,3 °C en promedio mensual.

Por encontrarse en la zona tropical, se cumple la condición de isoterminia, es decir, la diferencia de los valores de temperatura entre el mes más cálido y el más frío no supera los 5 °C.

En la tabla 5.4, se indican los valores medios de temperatura para la estación Musinacio. Con base en dichos valores se elaboró la figura 5.6 que muestra el comportamiento anual en la estación mencionada.

Tabla 5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C) Período 1971-2007 (INAMEH, 2014)

Estación	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Musinacio	Máxima	32,9	33,6	34,5	34,7	33,8	31,9	31,7	31,9	32,4	32,9	32,7	32,5	33,0
	Media	28,0	28,7	29,5	29,5	28,8	27,5	27,4	27,4	28,1	28,6	28,5	27,9	28,3
	Mínima	22,4	22,6	23,2	23,9	23,9	22,8	22,7	23,1	23,1	23,4	23,4	22,9	23,1

La distribución anual de la temperatura, al igual que la evaporación es de tipo bimodal. Se observa que las mayores temperaturas ocurren en la primavera astronómica, marzo – abril, con un máximo secundario en septiembre – octubre (otoño astronómico).

Las temperaturas más bajas se registran en el lapso diciembre – febrero (invierno astronómico) y en el mes de junio, coincidiendo con la época de máxima

pluviosidad. Por otra parte, la amplitud térmica anual promedio es de 2,2°C, lo que ratifica la condición de isoterminia del clima del área.

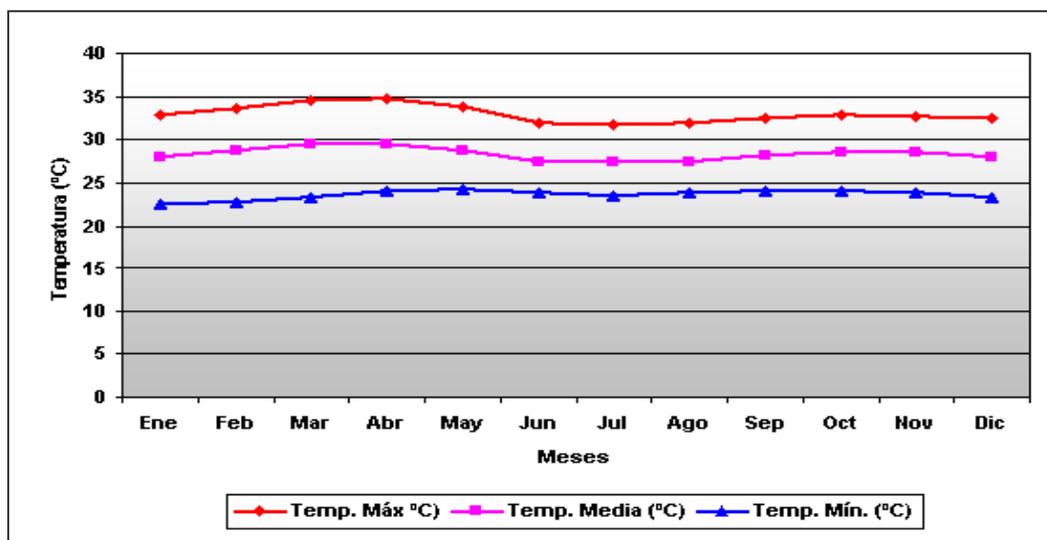


Figura 5.6 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la Estación Musinacio (INAMEH, 2014).

5.2 Identificación de las cuencas que drenarán aguas pluviales

El área total del urbanismo es de 7.371 ha (figura 5.7), en la cual se pueden distinguir cuatro (4) cuencas, como se puede observar más adelante en la figura 5.9.

Asimismo, en el urbanismo se pudo observar 3 tipos de coberturas del suelo, distribuyéndose el área del urbanismo como se muestra en la tabla 5.5.

Tabla 5.5 Distribución de áreas en el urbanismo.

Distribución de áreas del urbanismo según su cobertura			
Tipo de cobertura en el urbanismo	Área		%
	ha	m ²	Áreas
Residencial	2.647900	26479.00	35.92
Pavimento	1.708425	17084.25	23.18
Vegetación	3.014794	30147.94	40.90
Totales	7.371119	73711.19	100.00



Figura 5.7 Esquema del urbanismo Z-II



Figura 5.8 Líneas de flujo de las aguas de escorrentía.

En la figura 5.8 se puede observar que de acuerdo a las trayectorias preferenciales de las líneas de flujo se delimitaron cuatro (4) cuencas que se muestran codificadas como A, B, C y D con los colores amarillo, rojo, verde y azul respectivamente. Asimismo, se observa en la figura 5.9 que las cuatro (4) parcelas existentes en el urbanismo las cuales fueron subdivididas a su vez en cuatro (4) sectores cada parcela, de acuerdo a la subcuenca hacia donde drenarían sus aguas.

Así por ejemplo, la cuenca A de color Amarillo integrada por los sectores A1, A2, B4 y B1 descargarán las aguas drenadas en los tramos viales 1-2, 5-2 y 3-2 (tabla 5.6).

Tabla 5.6 Sectores que drenan por tramo vial.

Cuenca	Tramo vial	Sectores que drenan
A (Amarilla)	1-2	A1
	5-2	A2, B4
	3-2	B1
B (Roja)	3-6	B2
	5-6	B3, C1
	9-6	C2
	9-8	C3
C (Verde)	5-8	C4, D2
	7-8	D3
D (Azul)	7-4	D4
	5-4	D1, A3
	1-4	A4

En ese sentido, se puede observar que existirán cuatro (4) puntos de descarga o disposición final de las aguas: la cuenca A (amarilla) descargará hacia el norte en el punto 2, la cuenca B (roja) descargará hacia el este en el punto 6, la cuenca C (verde) descargará hacia el sur en el punto 8 y la cuenca D (azul) descargará sus aguas hacia el oeste en el punto 4 (figura 5.9).

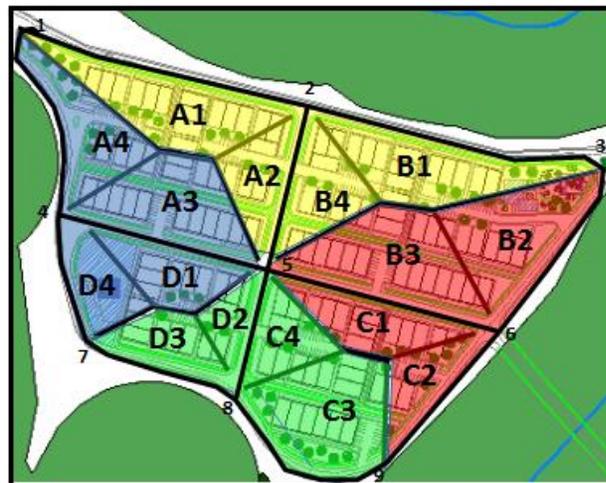


Figura 5.9 Codificación de cuencas, parcelas y tramos viales.

5.3 Coeficiente de escorrentía ponderado por parcela

En este punto de la investigación se determinaron los valores de coeficiente de escorrentía correspondientes a cada parcela o área de interés, fueron determinados de manera ponderada para obtener mayor exactitud en los cálculos y se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\overline{C_e} = \frac{A_1 * C_{eA1} + A_2 * C_{eA2} \dots A_n * C_{eAn}}{\sum_{i=0}^n A} \quad (5.x)$$

Los valores parámetros de coeficiente de escorrentía se extrajeron de Arocha (1983) (tablas 5.7 y 5.8).

Tabla 5.7 Coeficientes de Escorrentía (Arocha, 1983).

Coeficientes de Escorrentía	
Características de la Superficie	Coeficientes de escorrentía
Pavimentos de concreto	0,70 a 0,95
Pavimentos de asfalto	0,70 a 0,95
Pavimentos de ladrillo	0,70 a 0,85
Tejados y azoteas	0,75 a 0,95
Patios pavimentados	0,85
Caminos de grava	0,3
Jardines y zonas verdes	0,3
Praderas	0,2

Asimismo, establece el rango de variación de los coeficientes, de acuerdo a la zonificación, así.

Tabla 5.8 Zonificación y Coeficientes de Escorrentía (Arocha, 1983).

Zonificación y coeficientes de escorrentía	
Zona	Coeficientes de escorrentía
Comercial, en el centro de la localidad	0,75 a 0,95
Comercial, en otra ubicación	0,50 a 0,70
Residencias unifamiliares	0,30 a 0,50
Residencial multifamiliar separada	0,40 a 0,60
Residencial multifamiliar agrupada	0,60 a 0,75
Residencias sub-urbanas	0,25 a 0,40
Zona industrial	0,50 a 0,80
Parques y cementerios	0,10 a 0,25
Parques de juego	0,20 a 0,35

Por razones prácticas, resulta útil la determinación de un coeficiente medio, bien sea por sectores o para toda la zona en proyecto, dependiendo de la extensión del mismo. Este coeficiente medio de escorrentía o de impermeabilidad, puede determinarse en función de área y de los coeficientes absolutos de cada una. (p. 204)

Entonces tendremos de acuerdo a la cobertura identificada en el área de estudio:

Jardines y zonas verdes:	0.30
Residencias multifamiliar separadas (Urbanismo):	0.60
Pavimento asfalto:	0.83

Tabla 5.9 Coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca A (amarilla).

Coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca amarilla				
Tipo de cobertura en el urbanismo	Área		Coeficiente	Ce ponderado
	ha	m ²	Escurrimiento	
Residencial	0.760000	7600.00	0.60	0.490
Pavimento	0.500886	5008.86	0.83	
Vegetación	0.878083	8780.83	0.20	
Totales	2.138969	21389.69		

Tabla 5.10 Coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca B (roja).

Coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca roja				
Tipo de cobertura en el urbanismo	Área		Coefficiente	Ce
	ha	m ²	Escurrimiento	ponderado
Residencial	0.680000	6800.00	0.60	0.468
Pavimento	0.438641	4386.41	0.83	
Vegetación	0.929975	9299.75	0.20	
Totales	2.048616	20486.16		

Tabla 5.11 Coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca C (verde).

Coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca verde				
Tipo de cobertura en el urbanismo	Área		Coefficiente	Ce
	ha	m ²	Escurrimiento	ponderado
Residencial	0.572000	5720.00	0.60	0.520
Pavimento	0.398127	3981.27	0.83	
Vegetación	0.530423	5304.23	0.20	
Totales	1.500550	15005.5		

Tabla 5.12 Coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca D (azul).

Coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca azul				
Tipo de cobertura en el urbanismo	Área		Coefficiente	Ce
	ha	m ²	Escurrimiento	ponderado
Residencial	0.635900	6359.00	0.60	0.490
Pavimento	0.370771	3707.71	0.83	
Vegetación	0.676313	6763.13	0.20	
Totales	1.682984	16829.84		

5.4 Tiempo de concentración e intensidad de lluvia por tramo vial

Para ello, se utilizará la codificación de los tramos que se presentó en la figura 5.9.

En primer lugar, se seleccionará el período de retorno, el cual se entiende como el lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada, entendiéndose esto por período de diseño el cual; debe ser seleccionado cuidadosamente para que el sistema de recolección de agua sea eficiente en la capacidad de conducción del gasto de diseño.

En el caso del diseño de obras hidráulicas para canalización de aguas de lluvias en ciudades de tamaño de mediano a grande se utilizará un tiempo de retorno (Tr) de 20 a 50 años. Estimándose para el caso de la presente investigación un $Tr = 25$ años.

La relación probabilística entre la intensidad de la lluvia, su duración y frecuencia, es usualmente presentada en forma de gráficas.

Estas representaciones son generalmente referidas como curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF), que resultan de unir los puntos que especifican la intensidad de la lluvia, en intervalos de diferente duración y, también en distintos periodos de retorno.

Se presenta la Curva IDF de Donoso (2018) para un período de retorno de 25 años considerado como el recomendado para obras de drenaje urbano (figura 5.10).

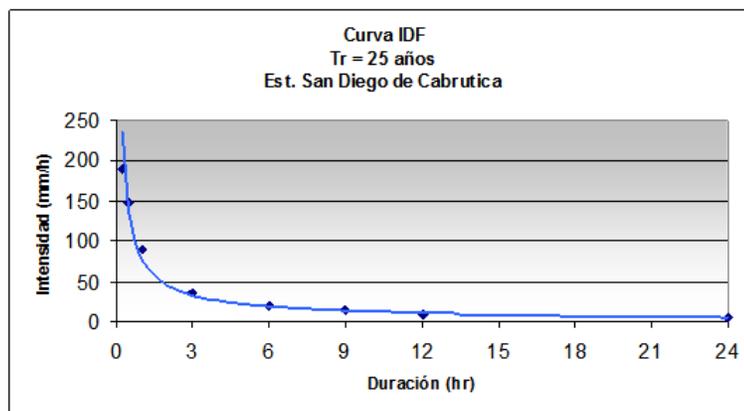


Figura 5.10 Curvas IDF para estación San Diego de Cabrutica. Tr = 25 años.

Se presenta en la tabla 5.13 la estimación de los tiempos de concentración (T_c) y la intensidad de lluvia (I) para los 12 tramos viales existentes en el urbanismo.

Tabla 5.13 Tiempos de concentración e intensidad de lluvia para cada tramo vial del urbanismo.

Cuenca	Sector	Tramo	Longitud	Cota Inic	Cota Fin	Dif Cota (H)	Tiempo	Período	Intensidad	
			L				Concentración	Retorno	Luvia	
			(m)	(m)	(m)	(m)	T_c (min)	Tr (años)	(mm/hr)	(lps/ha)
Amarilla	A1	1-2	220.32	95.00	93.50	1.50	8.48	25	240	667.2
	A2 + B4	5-2	120.67	95.00	93.50	1.50	4.23	25	240	667.2
	B1	3-2	215.65	95.00	93.50	1.50	8.27	25	240	667.2
Roja	B2	3-6	142.54	95.00	93.50	1.50	5.13	25	240	667.2
	B3 + C1	5-6	169.49	95.00	93.50	1.50	6.26	25	240	667.2
	C2	9-6	107.08	95.00	93.50	1.50	3.69	25	240	667.2
Verde	C3	9-8	146.60	95.00	93.50	1.50	5.30	25	240	667.2
	C4 + D2	5-8	89.49	95.00	93.50	1.50	3.00	25	240	667.2
	D3	7-8	113.66	95.00	93.50	1.50	3.95	25	240	667.2
Azul	D4	7-4	82.85	95.00	93.50	1.50	2.74	25	240	667.2
	D1 + A3	5-4	152.21	95.00	93.50	1.50	5.53	25	240	667.2
	A4	1-4	148.88	95.00	93.50	1.50	5.39	25	240	667.2

5.5 Caudales por sector y por tramo vial

Se han estimado los caudales de drenaje de aguas de escorrentía pluvial mediante la aplicación del método racional. Asimismo en las tablas 5.14 y 5.15 se presentan la relación de caudales drenados por sector, por tramo vial, por cuenca y la totalidad de las aguas pluviales drenadas por el urbanismo.

Tabla 5.14 Caudales por sector

Cuenca	Sector	Area (ha)	Ce pond	Intensidad de lluvia	Caudal por sector		Caudal por cuenca	
				(lps/ha)	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)
Amarilla	A1	0.613039	0.515	667.2	210.671	0.2107	698.793	0.6988
	A2	0.375229	0.492	667.2	123.223	0.1232		
	B4	0.384911	0.506	667.2	129.853	0.1299		
	B1	0.76579	0.460	667.2	235.047	0.2350		
Roja	B2	0.600166	0.450	667.2	180.122	0.1801	639.222	0.6392
	B3	0.66588	0.447	667.2	198.634	0.1986		
	C1	0.474345	0.462	667.2	146.074	0.1461		
	C2	0.308225	0.556	667.2	114.392	0.1144		
Verde	C3	0.645206	0.462	667.2	198.925	0.1989	520.236	0.5202
	C4	0.278327	0.544	667.2	101.046	0.1010		
	D2	0.214048	0.573	667.2	81.793	0.0818		
	D3	0.362969	0.572	667.2	138.472	0.1385		
Azul	D4	0.224155	0.620	667.2	92.695	0.0927	550.135	0.5501
	D1	0.339827	0.534	667.2	121.134	0.1211		
	A3	0.611065	0.405	667.2	165.115	0.1651		
	A4	0.507937	0.505	667.2	171.191	0.1712		
Total urbanismo					2408.386	2.4084	2408.386	2.4084

De la tabla anterior se observa que las cuatro cuencas identificadas dentro del urbanismo drenan un total de 2.4084 m³/s de las aguas pluviales que precipitan en la zona urbanizada.

Tabla 5.15 Caudales para tramo vial

Cuenca	Tramo vial	Sector Contribuyente	Caudal del tramo vial		Caudal por cuenca	
			Q			
			(m ³ /s)	(l/s)	(m ³ /s)	(l/s)
	1-2	A1	0.2107	210.6709		
Amarilla	5-2	A2 + B4	0.2531	253.0758	0.6988	698.7932
	3-2	B1	0.2350	235.0466		
	3-6	B2	0.1801	180.1221		
Roja	5-6	B3 + C1	0.3447	344.7081	0.6392	639.2223
	9-6	C2	0.1144	114.3921		
	9-8	C3	0.1989	198.9250		
Verde	5-8	C4 + D2	0.1828	182.8389	0.5202	520.2359
	7-8	D3	0.1385	138.4719		
	7-4	D4	0.0927	92.6948		
Azul	5-4	D1 + A3	0.2862	286.2490	0.5501	550.1348
	1-4	A4	0.1712	171.1910		
	Total Urbanismo		2.4084	2408.3862	2.4084	2408.3862

En la tabla 5.16 se observa que el total del agua drenada dentro del urbanismo es distribuida casi en forma equitativa por cada una de las cuatro cuencas con porcentajes de drenaje que oscilan entre el 21 y 29 por ciento.

Tabla 5.16 Caudales para cada cuenca

Cuenca	Area por Cuenca		Coeficiente Escorrentía Ponderado (Cp)	Intensidad Lluvia (I)	Caudal (Q)		% de distribución
	(A)						
	(m ²)	(ha)	(I)	(Q)			
			(lps/ha)	(l/s)	(m ³ /s)		
Amarilla	21389.69	2.1390	0.490	667.2	698.793	0.699	29.015
Roja	20486.16	2.0486	0.468	667.2	639.222	0.639	26.542
Verde	15005.5	1.5006	0.520	667.2	520.236	0.520	21.601
Azul	16829.84	1.6830	0.490	667.2	550.135	0.550	22.842
			TOTAL URBANISMO		2408.386	2.408	100.000

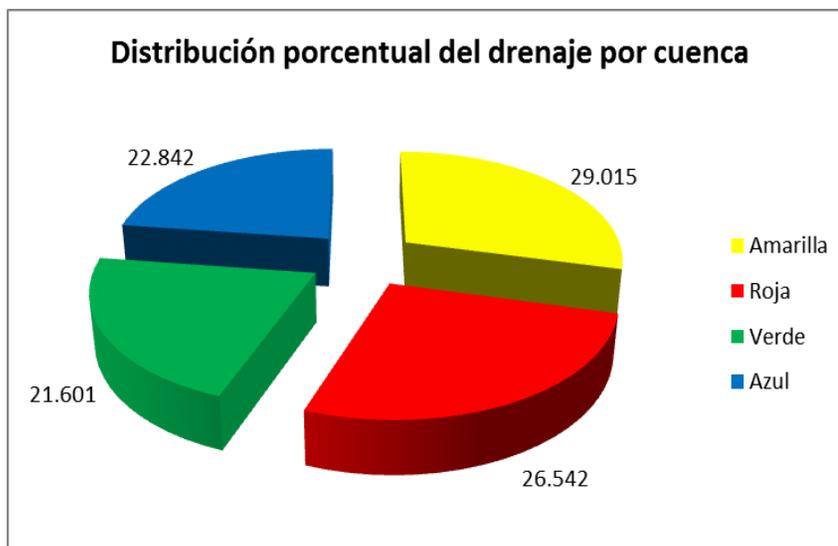


Figura 5.11 Distribución del caudal drenado por las cuencas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El área del proyecto se enmarca en la zona de vida Bosque seco Tropical, según la clasificación climática de Holdridge. En el área de estudio se recibe una pluviosidad promedio alrededor de los 900 mm anuales, con una temperatura media anual que oscila alrededor de los 28.3°C y evaporación promedio que supera los 2.600 mm por año. De acuerdo con esto, el área se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmico, caracterizado por presentar un período de lluvia y otro de sequía, bien definidos, con una oscilación térmica promedio inferior a los 5 °C.
2. Con base a los registros pluviométricos de las estaciones de San Diego de Cabrutica, Zuata, Uverito y Musinacio correspondiente al período 1988 - 2007, la precipitación promedio anual oscila entre 989 mm y 1514 mm anuales. Asimismo, es necesario destacar que este parámetro climático presenta un comportamiento unimodal, es decir un solo máximo al año el cual ocurre entre los meses entre Junio, Julio y Agosto (cuando se recoge más del 50% de las precipitaciones anuales) y un mínimo o sequía durante el mes de Marzo.
3. Al considerar el área de impacto afectada por la variable pluviométrica en el urbanismo Z-II, el cual tiene un área de 7.37 ha, se delimitaron un total de 4 cuencas con áreas de 2,14 ha, 2.05 ha, 1.50 ha y 1.68 ha. Cada una de estas cuencas estaban integradas por cuatro (4) sectores que drenaban sus aguas por separado en los cuatro puntos cardinales primarios.
4. Las coberturas de suelo observadas en el urbanismo se corresponden a: 35.92% de zona residencial ($C_e = 0.60$), 23.18% de zona pavimentada ($C_e = 0.83$) y 40.90% de

área verde o parques ($C_e=0.20$). Esta distribución condujo a la determinación de los coeficientes de escorrentía ponderados que oscilaron entre 0.405 y 0.620.

5. Los tiempos de concentración calculados para los tramos de recorrido del agua oscilaron entre 2.74 min y 8.78 min. Habiéndose considerado un período de retorno de 25 años se determinó una intensidad de lluvia de 240 mm/hr (667.2 lps).

6. Los caudales de drenaje o de escorrentía de las aguas pluviales calculados por el Método Racional para las Cuatro (4) cuencas identificadas en el urbanismo Z-II arrojaron un total drenado de 2.408 m³/s. Distribuidos para la cuenca A (amarilla): 29.02%, para la cuenca B (roja) 26.54%, la cuenca C (verde): 21.60% y la cuenca D (azul) 22.84% del caudal total drenado.

Recomendaciones

1. Se sugiere desarrollar trabajos de investigación aplicada en los cuales se apliquen las estimaciones de caudal de drenaje de aguas pluviales calculados en la presente investigación para el diseño de sistemas de drenaje basados en tuberías subterráneas y sumideros y su alternativa de canales superficiales trazados a los lados de los tramos viales.
2. Debido al desnivel existente entre el urbanismo y las corrientes fluviales que transcurren en el entorno del mismo, diseñar sistemas de descarga para la disposición final de los caudales drenados por cada cuenca, mediante torrenteras, caídas con disipadores de energía o mediante resaltos hidráulicos.

REFERENCIAS

Aguasuelos Ingeniería, S.C (1993). **CARACTERIZACIÓN DE ACUÍFEROS EN EL ÁREA NORTE DE MONAGAS FASE IV**, Informe preparado para Corpoven, Monagas, Venezuela, (pp 15-51).

Aparicio, F. (1987). **FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**. Balderas, México; Limusa.

Arias, F. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. (5TA ED). Editorial Episteme, Caracas, Venezuela, (pp 20-83).

Arocha, S. (1983). **CLOACAS Y DRENAJES**. Caracas: Vega.

Aros, V. (1997). **APUNTES DE HIDROLOGÍA. INGENIERÍA CIVIL**. Universidad de Concepción. Concepción. Chile. (25 - 31 p).

Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe (1965). **DISPOSICION Y TRATAMIENTO DEL AGUA PRODUCIDA**, 15 junio 2015, [<http://www.oilproduction.net/>].

Aymard R., Pimentel, I., Eitz, P., Chaouch, A., Navarro, J., Mijares, J., Pereira, J., (1990), **GEOLOGICAL INTEGRATION AND EVALUATION OF NORTHERN MONAGAS, EASTERN VENEZUELA BASIN**. EN J. BROOKS, ED, **CLASSIC PETROLEUM PROVINCES: GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON SPEAD PUBLICATION N° 50**, (37-53 p).

Benítez, A. (2002). **CURVAS DE INTENSIDAD FRECUENCIA Y DURACIÓN**. Chile.

Bradley, A. (1997). **REGIONAL FREQUENCY ANALYSIS METHODS FOR EVALUATING CHANGES IN HYDROLOGIC EXTREMES** (Submitted to Water Resources Research). University of Iowa. <<http://www.icaen.uiowa.edu/~abradley/publications/rfa1.pdf>>

Bradley, A. Y Zhao, H. (1997). **CLIMATIC VARIATIONS IN EXTREME PRECIPITATION IN THE MIDWEST** (Submitted to Journal of Hydrologic Engineering). University of Iowa. <<http://www.icaen.uiowa.edu/~abradley/publications/rfa2.pdf>>

Carvalho y Farías (2015). **PROPUESTA DE SISTEMA DRENAJE SUPERFICIAL PARA CONDUCCIÓN** Comisión Estatal de Agua de Queretaro (2013). **NORMAS Y LINEAMIENTOS PARA LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE, AGUA TRATADA, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LOS FRACCIONAMIENTOS Y CONDOMINIOS DE DE ZONA URBANA DE QUERETARO, MÉXICO.** Santiago de Queretaro.

Chen, C. L. 1983. " **RAINFALL INTENSITY-DURATION-FREQUENCY FORMULAS** ,"J. Hydro. Engrg., ASCE, 109(12), 1603-1621 p.

Cid, L.; Mora, C.; Valenzuela, M. (1990). **ESTADÍSTICA MATEMÁTICA. PROBABILIDADES E INFERENCIA ESTADÍSTICA.** Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias. Departamento de matemáticas. Chile. 319 p.

Chereque, W. (2003). **HIDROLOGÍA PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL.** 2a edición. Concytec. Perú.

Chow, V. (1964). **STATISTICAL AND PROBABILITY ANALYSIS OF HYDROLOGIC DATA; PART I: FREQUENCY ANALYSIS. HANDBOOK OF APPLIED HYDROLOGY; A COMPENDIUM OF WATER RESOURCES TECHNOLOGY.** New York. McGraw-Hill.

Chow, V.; Maidment, D.; Mays, L. (1994). **MANUAL DE HIDROLOGÍA APLICADA.** Santafé de Bogotá, Colombia: Mc Graw-Hill. 584 p.

Chow, V.; Maidment, D.; Mays, L. (2000). **HIDROLOGÍA APLICADA.** - McGraw-Hill Interamericana.

Custodio, E., Llamas, M., (1976) **HIDROLOGÍA SUBTERRANEA.** Ediciones Omega, Barcelona, España. Tomo I, p 1154.

Escuela De Ingeniería De Antioquia. (2009). **BIBLIOTECA DIGITAL EIA.** (L. d. Hidrología, Productor) Recuperado el 14 de Abril de 2015. <<http://fluidos.eia.edu.co/hidrologiai/probabilidad/probabilidad.htm> >

EULA. (1993). **GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL RÍO BÍO-BÍO Y DEL ÁREA MARINA COSTERA ADYACENTE** Programa Interuniversitario. Di Ricerca Scientifica Applicata e Formazione. “”. Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 600p.

Eyssautier, M. (2006). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: DESARROLLO DE LA INTELIGENCIA.** Ediciones Paraninfo. México.

Fernández, F. 1995. **MANUAL DE CLIMATOLOGÍA APLICADA. CLIMA, MEDIO AMBIENTE Y PLANIFICACIÓN.** Madrid. Editorial Síntesis S.A. 285p

Franco, M. (1985) **CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO Y LA ESTIMACIÓN DEL ORDEN DE MAGNITUD DE LAS RESERVAS RENOVABLES DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.**

García-Loygorri, C. M. (2012). **DISEÑO Y CÁLCULO DE REDES DE SANEAMIENTO.** <<http://www.mailxmail.com/curso-diseno-calculo-redes-saneamiento/hidrologia-caudal-aguas-pluviales> >

INVIAS- Instituto Nacional de Vías. (2009). **MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS** .Bogotá: Instituto Nacional de Vías -INVIAS.

Kazmann, R. (1974). **HIDROLOGÍA MODERNA.** Segunda Edición. Compañía Editorial Continental S.A.D.F. México. 420 p.

Kothyari, C.; Garde, J. (1992). **RAINFALL INTENSITY-DURATION-FREQUENCY.** Journal of Hydraulic Engineering. Volumen.118, N°2. USA. 323 - 336 pág.

Linsley, R.; Kohler, M.; Paulhus, J. (1988). **HIDROLOGÍA PARA INGENIEROS.** Segunda Edición. Mc Graw-Hill. Latinoamericana. D.F. México. 386 p.

Maidment, D. (1993). **HANDBOOK OF HYDROLOGY.** Editorial McGraw-Hill. New York, USA.1.325 p.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (1998). **ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS AMBIENTALES DEL ESTADO ANZOÁTEGUI.** Consultado el 15/08/2018.

<https://www.google.co.ve/search?q=imagenes+de+tipos+de+suelos+en+el+estado+an>

zoategui&safe=active&tbm=isch&tbs=ring:CQ5o24NG2CKRIjgq1X9An8XBCy4ruB2RzdF9Gon89ttnmkw5pXUJoH1rEJka7Nec9GdUPkqpc8RbMmWzH3TLCoM86CoSCSrVf0CfxcELEbMYgDnIQ4VxKhIJLiu4HZHN0X0RoJTbsvi9wrUqEgkaifz222eaTBFxUq25TanXHSoSCTmldQmgfWsQEYyQVb7EbeOTKhIJmRrs15z0Z1QR4YUuuM6frGQqEgk-SqlzxFsyZREtq-QPHwnuByoSCbMfdMsKgzzoEVPPVyiL_1leI&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwiU257vksDdAhXOwFkKHx1cBzAQ9C96BAgBEBs&biw=1024&bih=463&dpr=1#imgrc=gDp5jVzjE1K3BM:

Mendenhall, W.; Scheaffer, R.; Wackerly, D. (1986). **ESTADÍSTICA Y MATEMÁTICAS CON APLICACIONES**. Tercera edición Editorial Iberoamericana, S.A.. México 751 p.

Meteolobios. (2013). **ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA ON LINE**. <<http://www.meteolobios.es/lluvia.htm>>

Millán, E. (1965). **CONDICIONES DE TENENCIA DE LA TIERRA Y REFORMA AGRARIA. MONOGRAFÍA SOBRE VENEZUELA**. Segundo curso Internacional Interdisciplinario de Reforma Agraria. Bogotá- Colombia.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú. (2011). **NOCIONES DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**. Lima.

Mintegui, J. Y López, F. (1990). **LA ORDENACIÓN AGROHIDROLÓGICA EN LA PLANIFICACIÓN**. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. España. 306 p.

Monsalve, G. (1999). **HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA**. 2ed. Editorial escuela colombiana de ingeniería. Bogotá -Colombia.

MOP, Ministerio de Obras Públicas, (1967). **MANUAL DE DRENAJE**. Caracas, 208 p.

Petroblogger (2011), **COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL BLOQUE JUNÍN DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO**. Consultado el 15/08/2018.

<https://www.google.co.ve/search?q=Columna+estratigrafica+del+bloque+junin+de+la+faja+petrolifera+del+orinoco&oq=Columna+estratigrafica+del+bloque+junin+de+la+faja+petrolifera+del+orinoco&aqs=chrome..69i57.69660j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.

Pizarro, R.; Novoa, P. (1986). Instructivo n° 5. **DETERMINACIÓN DE VALORES PROBABILÍSTICOS PARA VARIABLES HIDROLÓGICAS. ELEMENTOS TÉCNICOS DE HIDROLOGÍA**. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Chile. 78 p.

Real Academia Española. (2014). **DICCIONARIO**. 23ª Edición. Felipe IV, 4-28014 Madrid.

Sabino, C. (1992). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN**. Editorial Panapo. Caracas, Venezuela, pp. 89,142.

Témez, J. (1978). **CÁLCULO HIDROMETEOROLÓGICO DE CAUDALES MÁXIMOS EN PEQUEÑAS CUENCAS NATURALES**. Dirección General de Carreteras. Madrid. España. 111p.

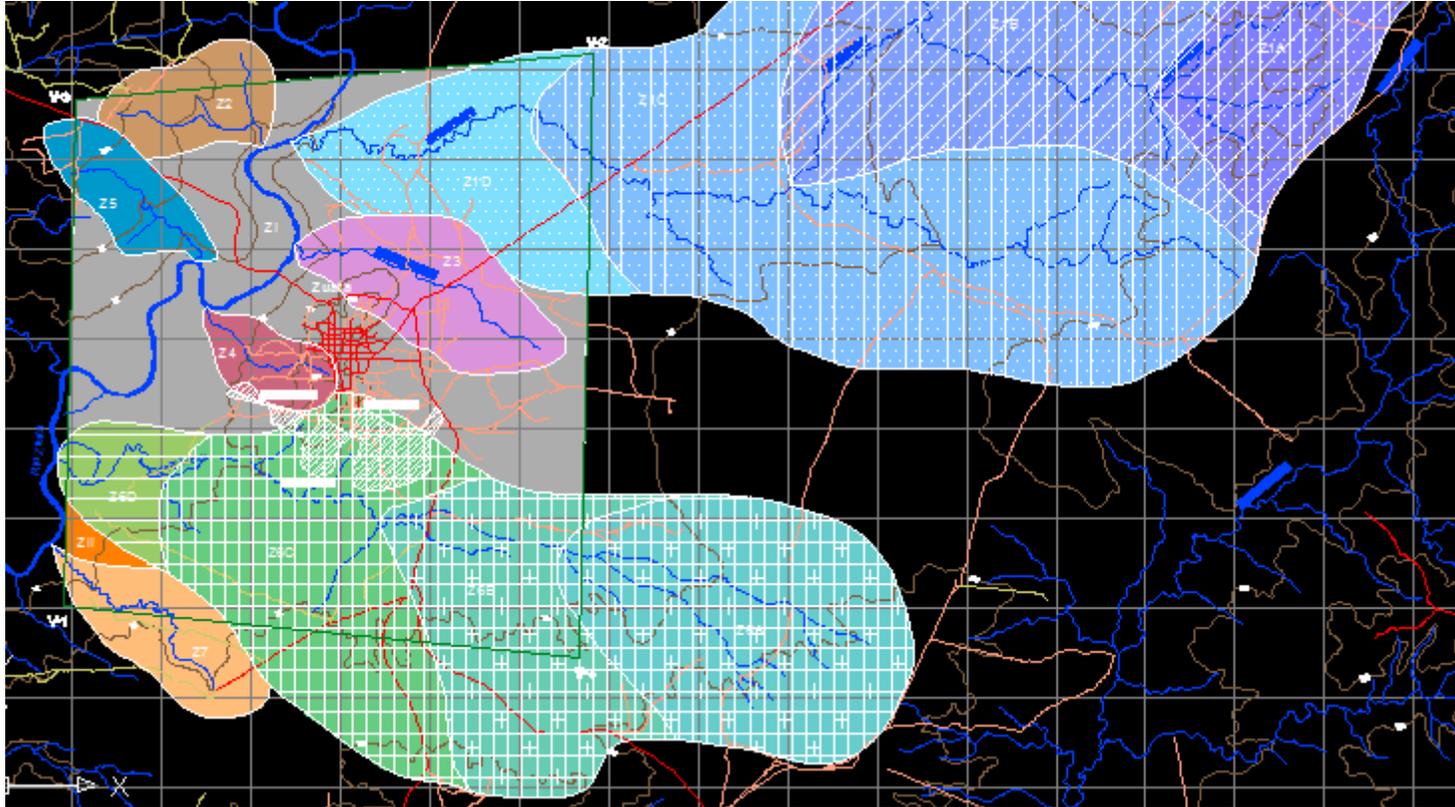
Ulriksen, P.; Parada, M.; Aceituno, P. (1979). **PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DE LOS RECURSOS DE LA VII REGIÓN**. Instituto Nacional

de Investigación de Recursos Naturales. Iren- Corfo, para el Gobierno de la Región del Maule. Santiago. Chile. 69 p.

Wenzel, H. (1982). **RAINFALL FOR URBAN STORM WATER DESIGN. IN: URBAN STORM WATER HYDROLOGY.** Water Resources Monograph 7. Washington DC, USA: American Geophysical Union. pp. 35 – 67.

APÉNDICES

APÉNDICE A
UNIDADES HIDROGRÁFICAS



A.1 Unidades Hidrográficas del area de estudio-

APÉNDICE B
ESTIMACIÓN DE COEFICIENTE PONDERADO POR SECTOR

B.1 Estimación del coeficiente de escorrentía ponderado por sector

Subcuenca	Sector	Tipo de Cobertura del Suelo	Area Parcial		Area Total de Sector		Coeficiente Escurrimiento	Coeficiente Escurrimiento Ponderado
			(m ²)	(ha)	(m ²)	(ha)		
Amarilla	A1	Residencial	2400.00	0.240000	6130.39	0.613039	0.60	0.515
		Pavimento	1542.00	0.154200			0.83	
		Área verde	2188.39	0.218839			0.20	
	A2	Residencial	1200.00	0.120000	3752.29	0.375229	0.60	0.492
		Pavimento	978.43	0.097843			0.83	
		Área verde	1573.86	0.157386			0.20	
	B4	Residencial	1400.00	0.140000	3849.11	0.384911	0.60	0.506
		Pavimento	978.43	0.097843			0.83	
		Área verde	1470.68	0.147068			0.20	
	B1	Residencial	2600.00	0.260000	7657.90	0.765790	0.60	0.460
		Pavimento	1510.00	0.151000			0.83	
		Área verde	3547.90	0.354790			0.20	
		Total subcuenca	21389.69	2.138969	21389.69	2.138969		
ROJA	B2	Residencial	1200.00	0.120000	6001.66	0.600166	0.60	0.450
		Pavimento	1618.00	0.161800			0.83	
		Área verde	3183.66	0.318366			0.20	
	B3	Residencial	2700.00	0.270000	6658.80	0.665880	0.60	0.447
		Pavimento	897.41	0.089741			0.83	
		Área verde	3061.39	0.306139			0.20	
	C1	Residencial	2300.00	0.230000	4743.45	0.474345	0.60	0.462
		Pavimento	509.00	0.050900			0.83	
		Área verde	1934.45	0.193445			0.20	
	C2	Residencial	600.00	0.060000	3082.25	0.308225	0.60	0.556
		Pavimento	1362.00	0.136200			0.83	
		Área verde	1120.25	0.112025			0.20	
		Total subcuenca	20486.16	2.048616	20486.16	2.048616		
VERDE	C3	Residencial	2000.00	0.200000	6452.06	0.645206	0.60	0.462
		Pavimento	1414.41	0.141441			0.83	
		Área verde	3037.65	0.303765			0.20	
	C4	Residencial	1000.00	0.100000	2783.27	0.278327	0.60	0.544
		Pavimento	885.43	0.088543			0.83	
		Área verde	897.84	0.089784			0.20	
	D2	Residencial	600.00	0.060000	2140.48	0.214048	0.60	0.573
		Pavimento	885.43	0.088543			0.83	
		Área verde	655.05	0.065505			0.20	
	D3	Residencial	2120.00	0.212000	3629.69	0.362969	0.60	0.572
		Pavimento	796.00	0.079600			0.83	
		Área verde	713.69	0.071369			0.20	
		Total subcuenca	15005.50	1.500550	15005.50	1.500550		
AZUL	D4	Residencial	1439.00	0.143900	2241.55	0.224155	0.60	0.620
		Pavimento	580.00	0.058000			0.83	
		Área verde	222.55	0.022255			0.20	
	D1	Residencial	2120.00	0.212000	3398.27	0.339827	0.60	0.534
		Pavimento	457.00	0.045700			0.83	
		Área verde	821.27	0.082127			0.20	
	A3	Residencial	1800.00	0.180000	6110.65	0.611065	0.60	0.405
		Pavimento	845.41	0.084541			0.83	
		Área verde	3465.24	0.346524			0.20	
	A4	Residencial	1000.00	0.100000	5079.37	0.507937	0.60	0.505
		Pavimento	1825.30	0.182530			0.83	
		Área verde	2254.07	0.225407			0.20	
		Total subcuenca	16829.84	1.682984	16829.84	1.682984		
		Total urbanismo			73711.19	7.371119		

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE ESCORRENTIA DE AGUAS PLUVIALES DRENADOS POR LAS CUENCAS DE LA URB Z-II EN LA POBLACIÓN DE ZUATA EN EL MUNICIPIO JOSÉ GREGORIO MONAGAS, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
CASANOVA CASTRO ALEJANDRO JOSÉ	CVLAC	21.264.157
	e-mail	ALE_RONALDO@HOTMAIL.COM
	e-mail	
ROSILLO RUIZ LEONELA CAROLINA	CVLAC	24.796.805
	e-mail	LEONELAROSILLOR@GMAIL.COM
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Caracterización climatológica
Parámetros dimensiones e hidráulicos
Caudales de cuenca y sub cuencas
Trazado en planta y perfil longitudinal
Parámetros geométricos e hidráulicos

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería Sanitaria	Diseño de drenaje pluvial
Hidráulica	Caracterización climatológica

Resumen (abstract):

El presente estudio se realizó con base a las necesidades de drenaje que requiere la futura urbanización Z-II en la población de Zuata en el municipio José Gregorio Monagas del estado Anzoátegui. El diseño de sistemas de drenaje eficientes implica el conocimiento integral de la magnitud de los caudales de escorrentías de aguas de lluvia que se producirán en la citada urbanización considerando el comportamiento pluviométrico de la zona de estudio. Dicho análisis deberá contar con una herramienta valiosa como son las curvas IDF actualizadas para la cuantificación de la magnitud de las precipitaciones que caerán en la zona de estudio de que permitan calcular los caudales drenados de escorrentía pluvial con el mayor grado de certidumbre posible. Este trabajo se enmarca en un tipo de investigación descriptiva en la cual se aplica una estrategia de campo y documental. En primer lugar, se efectuó un reconocimiento de la zona para validar la revisión previa de las cuencas y subcuencas existentes en el área de estudio las cuales fueron identificadas inicialmente en las cartas y mapas de la zona. Asimismo, se tomó nota de las condiciones bióticas y de las características de la cobertura de los suelos. Posteriormente, se recabó, a partir de las bases de datos hidrometeorológicas administradas por el INAMEH, los registros de todos los parámetros climáticos de las estaciones cercanas al área de estudio, con especial énfasis en la información pluviométrica. Se determinó el coeficiente de escurrimiento ponderado (Cep), los tiempos de concentración (Tc) de acuerdo al recorrido que seguirían los flujos pluviales y la magnitud de las intensidades de precipitación (I). De la aplicación antes descrita se produjeron como resultados relevantes que en primer lugar que el clima de la zona según Holdridge es Bosque seco tropical (Bst) y según Koppen se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmica (Awgi). El área de estudio drena las aguas pluviales a través de 12 trayectorias viales para drenar las 4 cuencas delimitadas. La pluviosidad de la zona alcanza unos 1088 mm anuales. Los usos predominantes del suelo se identificaron como 35.92% residencial, 23.18% de zona pavimentada y 40.90% de zonas verdes o parques. La intensidad de las precipitaciones alcanzó una magnitud de 240 mm/hr. Finalmente el caudal total de aguas pluviales drenado por el urbanismo es de 2.4084 m³/s.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail				
Echeverría, Dafnis	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input checked="" type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.506.408			
	e-mail	dafnisecheverria2807@gmail.com			
	e-mail				
Echeverría, Beatriz	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	21.013.748			
	e-mail	echeverriabcc@gmail.com			
	e-mail				
Josefina Jiménez	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8.887.862			
	e-mail	jijimenez33@hotmail.com			
	e-mail				
	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC				
	e-mail				
	e-mail				

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2018	11	06
------	----	----

Lenguaje Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE ESCORRENTIA DE AGUAS PLUVIALES DRENADOS POR LAS CUENCAS DE LA URB Z-II

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: A B C D E F G H I J K
L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .

Alcance:

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

Área de Estudio:

Ingeniería Civil

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Letdo el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

RECIBIDO POR Martínez
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario



C.C.: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

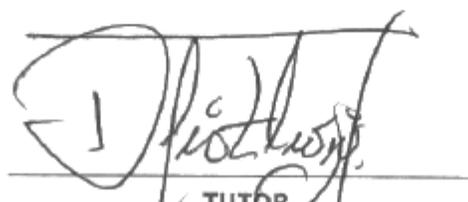
Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo al Consejo Universitario, para su autorización."


AUTOR
Alejandro Casanova
C.I.: 21.264.157


AUTOR
Leonela Rosillo
C.I.: 24.796.805


TUTOR
Profesor Dafnis Echeverría
C.I.: 4.506.408



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: "ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE ESCORRENTIA DE AGUAS PLUVIALES DRENADOS POR LAS CUENCAS DE LA URB Z-II EN LA POBLACIÓN DE ZUATA EN EL MUNICIPIO JOSÉ GREGORIO MONAGAS, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.", presentado por los bachilleres, CASANOVA C., ALEJANDRO J. de cédula de identidad No 21.264.157 y ROSILLO R., LEONELA C. de cédula de identidad No. 24.796.805; como requisito parcial para optar al título de INGENIERO CIVIL, ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre:	Firma:
Prof. Dafnis Echeverría _____ (Asesor)	
Prof. Beatriz Echeverría _____ (Jurado)	
Prof. Josefina Jiménez _____ (Jurado)	
 Prof. Pedro Gamboa. Jefe de Dpto. de Ingeniería Civil.	 Prof. Francisco Monteverde Director de la Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los 06 días del mes de Noviembre de 2018