

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



**ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
LAS CURVAS IDF PARA LA POBLACIÓN DE PALITAL EN EL
MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI,
VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR LOS BACHILLERES
DAZA C., MIGUEL A. Y
AVILA V., CARLOS M.
PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL.**

CIUDAD BOLÍVAR, ABRIL DE 2018



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO BOLIVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: “**ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS IDF PARA LA POBLACIÓN DE PALITAL EN EL MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.**”, presentado por los bachilleres, **DAZA C., MIGUEL A. y AVILA V., CARLOS M.** de cédulas de identidad No **23.498.024** y **23.732.148** respectivamente; 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
_____ Profesor Dafnis Echeverría (Asesor)	_____
_____ Profesora Beatriz Echeverría (Jurado)	_____
_____ Profesora Stefany Devera (Jurado)	_____
_____ Profesor Pedro Gamboa Jefe del Departamento de Ingeniería Civil	_____ Profesor Francisco Monteverde Dir. Escuela de Ciencias de la Tierra

Ciudad Bolívar, Abril de 2018

DEDICATORIA

Le dedico este logro a mi Padre, faltó muy poco para que en vida pudiera verme pero sé que lo está haciendo desde el cielo, te amo viejo esto es por ti y para ti.

A mi madre que siempre estuvo conmigo en todos los momentos difíciles dándome fuerzas para seguir adelante.

A mis hermanos que desde un principio estuvieron apoyándome y enseñándome a como comenzar los estudios universitarios.

A toda la familia Daza Castillo cada uno apporto un grano de arena para poder lograr esta meta.

Miguel A. Daza C.

Este triunfo se lo dedico a mis padres que siempre estuvieron a mi lado y que sin lugar a duda confiaron en mí en todo momento y no dudaron ni un segundo de mí.

A mi tía Irma Avila que siempre con sus palabras de aliento y que para mí es un ejemplo como ser humano.

A mi familia Vahlis que han sido más que un ejemplo una inspiración para mí de personas con integridad, buenos valores y en el aspecto laboral impecables.

A mi familia Avila que siempre estuvieron conmigo apoyándome.

Carlos M. Ávila V.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme concebido la vida y una gran familia permitiéndome alcanzar una meta más.

A mi Padre, mi ejemplo a seguir, por el comencé esta carrera y continúe mis estudios a pesar de todas las dificultades, faltó poco para que me pudiera ver alcanzando esta meta pero sé que desde el cielo me ve y seguirá guiándome.

A mi madre que siempre estuvo apoyándome a diario y que por ningún momento permitió que abandonara la carrera.

A mis hermanos por todos los consejos también a nuestro tutor Dafnis Echeverría y a la familia Avila Vahlis en especial a mi primo y compañero Carlos Avila.

Miguel A. Daza C.

Primeramente a Dios por haber llegado hasta este punto y que a pesar de todas las trabas y contratiempos pude salir airoso.

A mis padres por su apoyo incondicional, por guiarme, aconsejarme y levantarme cada vez que caía y a mi hermana, mi pie de amigo por ser un gran ejemplo para mí, por sus consejos, aprendiendo de ella cada día que esforzarse persiguiendo tus metas traen éxito en tu vida.

A mi primo Miguel Daza que gracias a él este camino fue más llevadero, no estaría en este momento donde estoy si no fuese por él.

Carlos M. Ávila V.

RESUMEN

El presente estudio se realizó con base a las necesidades urbanísticas que requiere la población de Palital en el estado Anzoátegui. En ese sentido, es necesario acotar que esta población requiere del diseño idóneo de sistemas de drenaje lo cual implica contar con un estudio integral del comportamiento pluviométrico de la zona de estudio. Dicho análisis deberá contar con la construcción de las curvas IDF actualizadas 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 analítica 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 efectuadas en las cartas y mapas de la zona. Asimismo, se tomó nota de las condiciones bióticas, de la hidrografía y 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 construyeron las curvas IDF para la zona, utilizando el criterio de Gumbel, con los datos de las precipitaciones máximas registradas en las estaciones climatológicas de Puerto Ordaz. Una vez construidas las curvas IDF estas se cotejarían contra las publicadas en el Manual de Drenaje del MOP (1967). De la aplicación antes descrita se produjeron como resultados relevantes que en primer lugar 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 en dos cuencas. La pluviosidad de la zona alcanza unos 1088 mm anuales. Las curvas IDF se construyeron basándose en 30 años (1968 – 2000) de mediciones de la pluviosidad. Las curvas IDF construidas muestran para las duraciones de lluvia de 5 y 10 min una disminución de las intensidades de lluvia, y para las lluvias de mayor duración (de 20 min a 1 hora) se observó un incremento en las intensidades de lluvia al compararlas con las contenidas en las curvas IDF publicadas en el Manual de Drenaje del MOP (1967).

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema	3
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.....	6
1.4 Alcance de la investigación.....	7
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	8
2.1 Ubicación relativa y geográfica del área de estudio.....	8
2.1 Fauna y flora.....	10
2.2 Características hidrográficas del área de estudio	10
2.3 Geología	11
2.3.1 Las Piedras, Formación Terciario (Mioceno Superior-Plioceno).....	12
2.3.2 Mesa, Formación Cuaternario (Pleistoceno).....	14

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	16
3.1 Antecedentes de la Investigación	16
3.2 Bases Teóricas.....	17
3.2.1 Precipitación	17
3.2.2 Evaporación.....	19
3.2.3 Temperatura.....	19
3.2.4 Medidas pluviométricas.....	20
3.2.5 Medición de la precipitación	21
3.2.6 Hidrología.....	22
3.2.7 Series de información hidrológica.....	23
3.2.8 Ciclo hidrológico	24
3.2.9 Escurrimiento.....	24
3.2.10 Atmósfera	24
3.2.11 El clima.....	25
3.2.12 Clasificación del clima	25
3.2.13 Elementos y Factores del clima	26
3.2.14 El clima en Venezuela	26
3.2.15 Análisis de frecuencia.....	29
3.2.16 Variación de la intensidad con la duración.....	30
3.2.17 Curvas de intensidad-duración-frecuencia	30
3.2.18 Intensidad.....	33
3.2.19 Duración	34
3.2.20 Aplicación de las curvas IDF.....	35
3.2.21 Construcción de las curvas IDF.....	35
3.2.22 Distribución de probabilidad de Log Pearson tipo III	38
3.2.23 Distribución de probabilidad de valores máximos	39
3.2.24 Distribución de probabilidad de Gumbel.....	39

CAPÍTULO IV. METODOLOGIA DE TRABAJO	41
4.1 Tipo de investigación	41
4.2 Diseño de la investigación.....	41
4.3 Población y muestra de la investigación	42
4.3.1 Población de la investigación	42
4.3.2 Muestra de la investigación	42
4.4.1 Técnicas de investigación	43
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos	44
4.5 Flujograma de la investigación.....	44
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos	45
4.6.1 Caracterización climática de la zona de estudio	45
4.6.2 Determinación de intensidades máximas	45
4.6.3 Construcción las curvas intensidad – duración – frecuencia.....	46
4.6.4 Comparación de las curvas IDF 1967 y las IDF 2017.....	47
CAPÍTULO V. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	48
5.1 Caracterización climatológica del área de estudio	48
5.1.1 Precipitación	49
5.1.2 Evaporación	52
5.1.3 Temperatura.....	53
5.1.4 Insolación.....	55
5.1.5 Humedad relativa.....	56
5.1.6 Vientos.....	57
5.2 Identificación de las cuencas y subcuencas hidrográficas.....	58
5.2.1 Delimitación y definición de cuencas y subcuencas.	58
5.2.2 Codificación y descripción de las unidades hidrográficas	59
5.2.3 Cálculo de los niveles extremos del río Orinoco.....	64
5.3 Construcción de las curvas IDF.....	68
5.4 Comparación de las curvas IDF 1967 y las curvas IDF 2017	75

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 80
 Conclusiones 80
 Recomendaciones 81
REFERENCIAS 83

LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	Ubicación nacional y regional	10
3.1	Curvas IDF de la región hidrológica III.....	33
4.1	Flujograma de la investigación.....	45
5.1	Distribución anual de la precipitación. Estación Upata.....	50
5.2	Distribución anual de la precipitación. Estación Macagua.....	51
5.3	Distribución anual de la precipitación. Estación Puerto Ordaz.....	51
5.4	Variación anual de la evaporación.....	53
5.5	Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima.....	54
5.6	Variación anual de la insolación.....	56
5.7	Variación anual de la humedad relativa.....	57
5.8	Variación anual de la velocidad del viento.....	58
5.9	Vistas del cauce del caño Palital.....	62
5.10	Vistas del cauce del caño Los Arrendajos.....	63
5.11	Vistas del caño La Mezura.....	63
5.12	Niveles máximos del río Orinoco vs período de retorno (Tr).....	67
5.13	Intensidad de lluvia (15 min) vs período de retorno.....	70
5.14	Intensidad de lluvia (30 min) vs período de retorno.....	70
5.15	Intensidad de lluvia (1 hr) vs período de retorno.....	71
5.16	Intensidad de lluvia (3 hr) vs período de retorno.....	71
5.17	Intensidad de lluvia (6 hr) vs período de retorno.....	72
5.18	Intensidad de lluvia (9 hr) vs período de retorno.....	72
5.19	Intensidad de lluvia (12 hr) vs período de retorno.....	73
5.20	Intensidad de lluvia (24 hr) vs período de retorno.....	73
5.21	Curvas IDF para estación Puerto Ordaz.....	74
5.22	Curvas IDF de la Región Hidrológica III.....	75
5.23	Comparación de las curvas IDF para Tr = 5 años.....	77
5.24	Comparación de las curvas IDF para Tr = 10 años.....	77
5.25	Comparación de las curvas IDF para Tr = 25 años.....	78
5.26	Comparación de las curvas IDF para Tr = 50 años.....	78

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1	Coordenadas de ubicación de la poligonal de Palital (PDVSA, 2014). 9
5.1	Características de las estaciones climáticas utilizadas..... 48
5.2	Precipitación media mensual y anual..... 50
5.3	Evaporación media mensual y anual..... 52
5.4	Temperatura máxima, media y mínima..... 54
5.5	Insolación media mensual y anual..... 55
5.6	Humedad relativa media mensual y anual..... 56
5.7	Velocidad del viento media mensual y anual..... 57
5.8	Niveles máximos del río Orinoco en Palúa..... 65
5.9	Cotas máximas del río Orinoco..... 67
5.10	Datos de intensidad de lluvia..... 69
5.11	Datos de Intensidad (mm/h) para diferentes duraciones y diferentes períodos de retorno..... 74
5.12	Diferencias de intensidades de lluvia (mm) entre las curvas IDF de 1967 y las curvas IDF de 2017..... 76

INTRODUCCIÓN

Para conocer y estudiar las precipitaciones de su distribución temporal es motivo de interés para objetivos meteorológicos e hidrológicos; estos estudios pueden proporcionar índices para realizar análisis de crecidas o construir modelos precipitación-escorrentía, que permitan mejorar la información disponible para un adecuado diseño de obras civiles. Para esto, se requiere del conocimiento de las intensidades máximas de precipitación.

Una manera de calificar las precipitaciones, es a través de la intensidad, su distribución en el espacio y en el tiempo, y su frecuencia o probabilidad de ocurrencia. En este sentido se pueden relacionar estas tres variables, obteniéndose así las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), las que están construidas en base a intensidades máximas de precipitación, teniendo un rol importante al permitir establecer diseños de intensidades, para poder calificar las precipitaciones es necesario un gran número de observaciones extraídas de series pluviográficas, con el objetivo de deducir el patrón de comportamiento en una zona determinada y permitir un análisis.

Por consiguiente, este proyecto pretende analizar la construcción de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para estaciones pluviométricas en base a estaciones pluviográficas cercanas; y cuya finalidad es dar cuenta de la relación entre la intensidad horaria y la intensidad de precipitación en 24 horas. Con ello se espera determinar algún modelo de conducta que permita explicar el comportamiento de las intensidades máximas de precipitación, además de poner de una manera más fácil a los investigadores una herramienta de análisis y planificación.

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

En el presente existen variaciones notables del clima en todas partes del mundo, provocadas por el calentamiento global, muy probablemente de origen antropogénico, el cual hoy en día se refleja en las altas temperaturas de nuestro planeta, registrados en diversas regiones geográficas. Estas variaciones en las condiciones climatológicas están suscitando tanto sequías como inundaciones.

En cualquier parte del mundo, existe un fenómeno natural donde el agua de las precipitaciones que no es evaporada ni infiltrada, escurre superficialmente, es decir, es la parte donde que corresponde al volumen de agua que avanza sobre la superficie de tierra conduciéndose a la parte más baja del terreno.

Sin embargo, en algunas estaciones seleccionadas existen años en que las bandas presentan zonas defectuosas, ya sea por el paso del tiempo o por algún problema en el funcionamiento del pluviógrafo. Esto conllevó a seleccionar sólo aquellos años en que los registros se encuentran en su mayoría completos, para lo cual se realizó una revisión previa de los registros anuales de cada estación, estimándose contar con una estadística promedio de 20 años para cada estación.

La precipitación, como variable de estado hidrológica, se puede caracterizar a través de la intensidad, su distribución en el espacio y en el tiempo y su frecuencia o probabilidad de ocurrencia. Para ello, es necesario contar con un gran número de observaciones extraídas de series pluviográficas, con el objetivo de definir el patrón de comportamiento en una zona determinada y permitir un análisis o uso posterior.

En este sentido, la metodología de mayor uso se relaciona con las Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Siendo estas, la representación gráfica de la relación que existe entre la intensidad y la duración de un evento máximo de lluvia, asociado a la frecuencia o periodo de retorno, donde para cada periodo de retorno se tiene una curva diferente.

Para la obtención de las curvas IDF se realiza mediante la aplicación de una metodología de cálculo que considera el ajuste de los valores de intensidad de precipitación a una Función de Distribución de Probabilidad y para cada duración pre determinada. Una vez que se cuenta con esto, se calculan los valores correspondientes a cada periodo de retorno que se desea estimar y esos valores se grafican; de este modo se permite la construcción gráfica de las curvas IDF. Adicionalmente, cada uno de estos valores de intensidad, asociados a diversos periodos de retorno y en las diversas duraciones consideradas, puede integrarse en un modelo matemático definido y, mediante métodos de regresión lineal múltiple, se pueden encontrar las constantes del modelo, obteniéndose así la expresión matemática de las curvas IDF.

Para la construcción de estas curvas es necesario realizar un análisis de frecuencia de las lluvias intensas. En este sentido, la distribución más utilizada es la de valores extremos de Gumbel y de Log-Pearson III. Asimismo, esta distribución ha sido empleada con buenos resultados en el estudio de eventos meteorológicos de valores máximos diarios y anuales, obteniéndose así, ajustes precisos.

Actualmente en Venezuela, el crecimiento indiscriminado de la población ha hecho de altísima vulnerabilidad a eventos meteorológicos extremos, y por ende no se escapa el hecho comprobado y emitido en comunicación mundial de que ha estado ocurriendo un cambio en el clima en el cual el hombre es partícipe de este problema, además de la variabilidad climática normal del planeta y las localidades. Para hallar estos cambios es importante tener series de datos bastantes largas que permitan hacer

análisis exhaustivo y principalmente estadísticos que nos muestren indicios de cambios ocurridos en el clima de una zona determinada del país.

La población de Palital del municipio Independencia en el estado Anzoátegui que se encuentra localizada en Venezuela, se plantea la búsqueda de alternativas de solución para construir una curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para lo cual pueda permitir un mejor avance a los caudales máximos, que permita explicar el comportamiento de las intensidades máximas de precipitación, además de poner a disposición de los investigadores una herramienta de análisis y planificación., ya que en los últimos años se ha visto afectada por los cambios climatológicos por causa de los fenómenos presentes en esta parte del hemisferio.

Debido a estas causas surgen algunas preguntas o incógnitas dignas de investigación:

¿Cómo son las características climáticas con base a los registros del INAMEH de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio?

¿Cuáles serían los registros de las precipitaciones climatológicas del área de estudio?

¿Cuál será el diseño de las curvas IDF aplicable para la zona de estudio?

¿Qué relación existe entre las curvas IDF construidas en esta investigación con las curvas IDF publicadas por Arocha (2009) para la región en estudio?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar las características pluviométricas de la población Palital para la construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), en el municipio Independencia, estado Anzoátegui, Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar climáticamente el área de estudio con base a variaciones estacionales de la precipitación, evaporación, humedad, temperatura e insolación de los últimos 30 años.
2. Identificar las cuencas y subcuencas hidrográficas ubicadas en el área de estudio como área de impacto afectada por la variable pluviométrica.
3. Construir las curvas IDF utilizando los principios de la distribución de Gumbel con base a las precipitaciones máximas anuales
4. Comparar las curvas IDF construidas con las curvas IDF publicadas por Arocha (2009) para la región en estudio.

1.3 Justificación de la investigación

Una de las herramientas más aplicadas para un diseño de sistemas de drenaje de los urbanismos, infraestructuras civiles y poblaciones en general es la obtención o construcción de las curvas de intensidad – duración – frecuencia (IDF) de las

precipitaciones, con las cuales se calcula la intensidad de lluvias para un período de retorno y un tiempo de concentración determinado.

Con este proyecto se pretende analizar las precipitaciones máximas ocurridas durante al menos los últimos 30 años medidas y registradas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) a través de su red de estaciones climáticas distribuidas en todo el territorio nacional. Realizando dicho estudio específicamente en la población de Palital en el estado Anzoátegui. Así mismo, la construcción de dichas curvas permitirá el futuro diseño idóneo de cualquier estructura de ingeniería civil en la cual sea necesario considerar las aguas pluviales como factor condicionante de la geometría, dimensiones y características físicas de dichas obras civiles.

1.4 Alcance de la investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se identificará la población de datos climatológicos que afectan a las cuencas hidrológicas que se encuentran ubicadas en el área de estudio. Así mismo, se analizarán las precipitaciones máximas ocurridas en el área de estudio durante un período aproximado de 30 años, medidas y registradas en una estación pluviográfica ubicada en las cercanías de la zona de interés. Se construirán las curvas Intensidad – Duración y Frecuencia (IDF) de las precipitaciones utilizando los criterios estadísticos de Gumbel. Finalmente, se establecerá la vigencia de las curvas IDF publicadas en el Manual de Drenaje del MOP (1967) y reeditadas por Arocha (2009) para la misma zona de estudio mediante la comparación de ellas con las construidas para este estudio.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación relativa y geográfica del área de estudio

El estado Anzoátegui está ubicado al noreste de Venezuela, limita por el norte con el Mar Caribe; al sur con el estado Bolívar; al este con los estados Sucre y Monagas; y al oeste con los estados Miranda y Guárico.

Palital se encuentra ubicado en el municipio independencia. Es uno de los 21 municipios que forman parte del estado Anzoátegui, el cual está dividido en dos parroquias, Mamo y Soledad.

Independencia es un municipio ubicado estratégicamente, a 120 kilómetros del Tigre y Puerto Ordaz, está incluido en la zona de la Faja Petrolífera del Orinoco (FPO), este municipio tiene 42% de la extensión total de dicha faja. Limita al norte con el municipio San José de Guanipa y el municipio Pedro María Freitas; al sur con el estado Bolívar; al este con el estado Monagas y al oeste limita con el municipio Francisco de Miranda.

El área de interés para la realización del estudio Hidrológico comprende una superficie de 132,524 ha, localizada en una zona perteneciente al municipio Independencia del Estado Anzoátegui, y en la cual se consideran las unidades hidrográficas cuyos cauces drenen hacia y desde el área de la poligonal.

Tabla 2.1 Coordenadas de ubicación de la poligonal de Palital (PDVSA, 2014).

Poligonal del área de estudio	Área (ha)	Vértice	Coordenadas	
			Norte	Este
Palital	132,524	V-1	919452.91	508293.53
		V-2	920062.24	508216.37
		V-3	920050.49	508127.86
		V-4	920391.00	508089.35
		V-5	920521.99	508224.36
		V-6	920652.66	508831.55
		V-7	920668.55	508467.56
		V-8	920669.25	508537.11
		V-9	920243.57	509046.43
		V-10	919678.00	509716.00
		V-11	919210.59	5092220.00
		V-12	919288.12	509162.20
		V-13	919220.26	508723.27
		V-14	919365.25	508701.66
		V-15	919409.06	508959.67
		V-16	919586.46	509215.40
		V-17	919735.33	509094.84
		V-18	919542.22	508839.13
		V-19	919506.91	508669.26
		V-20	919712.14	508632.96
		V-21	919657.84	508340.41

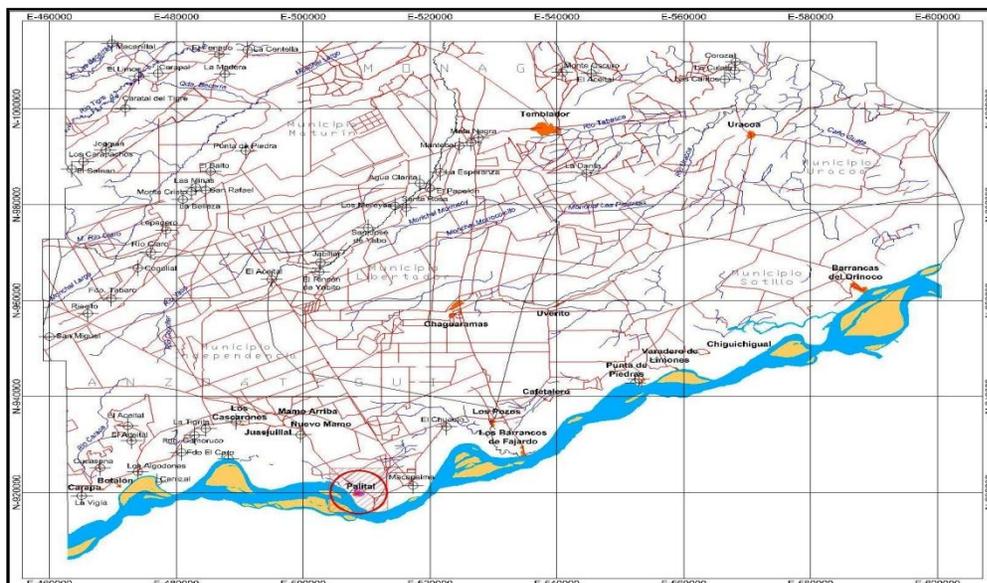


Figura 2.1 Ubicación nacional y regional.

2.1 Fauna y flora

Su fauna lo constituye su gran variedad de aves, arrendajo, turpiales, pericos, loros, etc. Los animales de cacería que se encuentran en el municipio podemos nombrar: iguanas, chigüiros, venados, lapas, acures; aunque la cacería indiscriminada mantienen a estos animales escasos en la zona. En cuanto a la flora la especie de árboles madereros, que más abundan es el aceite, pilón, algarrobo, roble, araguaney etc; y frutales tenemos el merey, mango, guácimo sarrapia, merecure, querebero, etc.

2.2 Características hidrográficas del área de estudio

Desde el punto de vista hidrográfico, el área de estudio se enmarca en la planicie de inundación del río Orinoco por su margen izquierda. Un 7 % del área drena por el oeste hacia el caño los Arrendajos y el otro 93 % escurre por el sur hacia el caño Palital y el propio río Orinoco. Al sur de la poligonal de estudio se encuentra el cauce intermitente de la quebrada la Mezura.

2.3 Geología

Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela, publicado en (1970):

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 del Mioceno así expuestas producen una topografía caracterizada por un drenaje más complejo, reticular y dendrítico y en consecuencia, mas disecada que las monótonas mesas del este-sureste de Anzoátegui y Monagas sus-central.

La zona erosionada termina hacia el este en una notable línea de farallones indentados que se extiende de sur a norte, desde la región de San Diego de Cabruta 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 altura sobre el nivel del mar, y 120 metros sobre el nivel de la llanura circundante, siempre mal drenadas, frecuentemente con drenaje centrípeto 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. (p. 16-17)

2.3.1 Las Piedras, Formación Terciario (Mioceno Superior-Plioceno)

Estado Monagas

2.3.1.1 Consideraciones históricas

Este nombre fue publicado por González de Juana, et. al. (1981) con sección tipo en el pozo las Piedras №1: Hedberg (1950-a) rectificó el intervalo de la sección tipo dentro del mismo pozo. De Sisto (1961-c) y por Salvador (1961-a), quien recomendó retener el nombre de “Formación las Piedras”. Entre los nombres publicados para designar subdivisiones menores de la unidad principal, Salvador (1961-a) retuvo el nombre de “Cacaíto” y “Prespuntual” para designar miembros estrictamente locales; consideró el nombre “Formación campo Santo”, y señaló el empleo injustificado de “Formación Quiriquire” para designar la parte superior de la formación las piedras.

2.3.1.2 Localidad tipo

Designada por González de Juana (1946) en el pozo las Piedras № 1, distrito Maturín, Estado Monagas, entre 275 y 1280 metros. Hedberg (1950-a) lo restringió al intervalo entre 1.600 y 4.500 pies (488 a 1.235 metros).

2.3.1.3 Extensión geográfica

La unidad aflora en la mayor parte de los estados Monagas y Anzoátegui; en el subsuelo se extiende a Pedernales, territorio Delta Amacuro, y por debajo del Golfo De Paria, estado Sucre.

2.3.1.4 Descripción litológica

La unidad consiste principalmente de sedimentos finos, mal consolidados, que incluyen areniscas y limolitas más o menos carbonáceas, lutitas arcillosas, arcilitas abigarradas y lignitos.

2.3.1.5 Espesor

La formación alcanza su espesor máximo a lo largo del eje de la cuenca de Maturín y se adelgaza hacia los flancos, más rápidamente hacia el norte que hacia el sur. Se deduce un espesor máximo superior a los 5.000 pies (1370 metros) mostrado en cortes transversales publicados de los campos petrolíferos en la cuenca.

2.3.1.6 Edad

Mioceno superior y Plioceno.

2.3.1.7 Correlación

Los equivalentes cronológicos de la formación en Trinidad meridional son de ambiente parcialmente marino de aguas someras; en Venezuela no se aprecia alteración a facies marina hacia el este, a menos que la parte superior extrema de la formación las Piedras grade lateralmente a la base de la formación Paria. (p. 358-360)

2.3.2 Mesa, Formación Cuaternario (Pleistoceno)

Estados Anzoátegui y Monagas.

2.3.2.1 Consideraciones históricas

Hedberg y Pyre (1944), introdujeron este nombre para designar en términos generales a la formación que corona a la extensa mesa, fisiográficamente característica, en la cuenca de Venezuela oriental. Los autores subsiguientes han adoptado el término sin modificaciones, González de Juana (1946) y Royo y Gómez (1956, *Léxico Estratigráfico de Venezuela*) proporcionaron descripciones detalladas.

2.3.2.2 Localidad tipo

No se han designado sección tipo específica, ya que cualquiera de las mesas de cima plana de la región ofrece una sección representativa. Se menciona en especial la Mesa de Guanipa en Anzoátegui, las Mesas de Tonoro y Santa Bárbara en Monagas y los escarpados al este y noreste de Santa Rosa, estado Anzoátegui.

2.3.2.3 Extensión geográfica

Los llanos orientales, estados Guárico, Anzoátegui, Monagas y Sucre.

2.3.2.4 Descripción litológica

Depósitos horizontales deltaicos (aluviales) y palustres, con conglomerados que llegan a ser de peñones a lo largo del frente de montañas, pero de textura más fina en los llanos.

2.3.2.5 Espesor

El espesor máximo mencionado es de 275 metros, en la Mesa de Maturín.

2.3.2.6 Edad

Pleistoceno, posiblemente extendiéndose al Plioceno.

2.3.2.7 Correlación

La formación Mesa se presume gradacional hacia el este a las capas arcillosas marinas marginales de la formación Paria. (p. 414)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la Investigación

Huarcaya, A. y-Marquez, R. (2017), elaboraron el trabajo de grado titulado **“ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS IDF PARA LA POBLACIÓN DE EL SALTO EN EL MUNICIPIO MATURIN, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA”**. 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.

Escalona y Velázquez (2006), realizaron una tesis titulada **“ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO DE LA PENÍNSULA DE PARAGUANÁ”** está investigación radica principalmente en analizar las diferentes variables climatológicas de la Península de Paraguaná donde con los datos obtenidos observaron que para el estudio de las variables se debe contar con todas las estaciones que componen la Península debido a las diferencias que las caracterizan.

Respecto a lo dicho anteriormente, el presente trabajo está vinculado debido a que se hacen estudios y análisis con los datos obtenidos de las variables de acuerdo a la sistemática empleada, de las curvas IDF ellos observaron cómo se desarrollará probablemente la intensidad de lluvias para los tiempos 10, 25, 50 y 100 años, ya que estas curvas expresan que a medida que el período de retorno es mayor la intensidad de lluvia aumenta.

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 dar origen a una precipitación son los siguientes:

1. Humedad atmosférica.
2. Radiación solar.
3. Mecanismo de enfriamiento de aire.
4. Presencia del núcleo giroscópico para que haya condensación.
5. Mecanismo de crecimiento de las partículas.

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

1. El aire húmedo de los estratos bajos es calentado por conducción.
2. El aire húmedo, entonces, se torna más leve que el de las vecindades y experimenta una ascensión adiabática.
3. 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.
4. A partir de ese nivel, y con núcleos giroscópicos, el vapor de agua se condensa formando minúsculas gotas a lo largo de dichos núcleos.
5. 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:

1. Precipitaciones ciclónicas o frontales: levantamiento de aire cálido sobre el aire más frío (más denso).
2. Precipitaciones convectivas: relacionada con el ascenso del aire cálido, terminando por lo general en lluvias tormentosas.
3. Precipitaciones orográficas: ascenso de aire sobre un área 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 atmosfera 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 vivientes. 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.

3.2.12.1 Clasificación del clima tomando en cuenta sólo la precipitación

❖ Climas cálidos de clima intertropical:

1. Régimen ecuatorial: Llueve todo el año, presentando dos máximos al año.
2. Régimen sub-ecuatorial: Presenta dos períodos secos al año.
3. Régimen tropical: Presenta un solo período de lluvia.

❖ Climas templados:

1. Régimen de climas templados: Presenta lluvia todo el año. Casi uniformemente repartida.
2. Régimen mediterráneo: Presenta un período frío y otro caluroso y seco.

❖ Clima frío y polar: Corresponde a las altas latitudes.

❖ 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 menores. Esta diversidad es una de las características geográficas más importante 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

1. Es máxima en bajas latitudes y decrece en los polos.
2. Tiene una tendencia muy distorsionada por la presencia de mares y continentes, topografía y vegetación.
3. Hacia el interior de los continentes la temperatura es más grande en verano y mínima en invierno.
4. La temperatura decrece con la altitud.
5. El intervalo de variación de la temperatura en áreas boscosas es menor que en las áreas desérticas.
6. La temperatura es más elevada en las ciudades que en el campo.

3.2.14.2 Variación de temperatura con el tiempo

1. 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.
2. El intervalo diurno de temperatura se define como la diferencia entre las temperatura máxima y mínima diarias.

3. 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.
4. La temperatura media diaria se define normalmente como la media aritmética entre la temperatura máxima diaria mínima diaria.
5. La temperatura promedio diaria es el promedio de las temperaturas en el día.

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

Es del orden de un grado mayor que la temperatura media diaria.

6. Temperatura normal o diaria normal: es el promedio de una temperatura de una fecha dada de un periodo de un año.

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

7. Temperatura media mensual es el promedio de las temperaturas medias diarias en un mes.
8. 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 radiación solar. La temperatura comienza a 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 ($D < 2$ 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:

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

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:

1. Para zonas residenciales, de 2 a 5 años.
 2. Para zonas comerciales y de elevado valor, de 5 a 15 años, dependiendo de su justificación económica.
 3. 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).

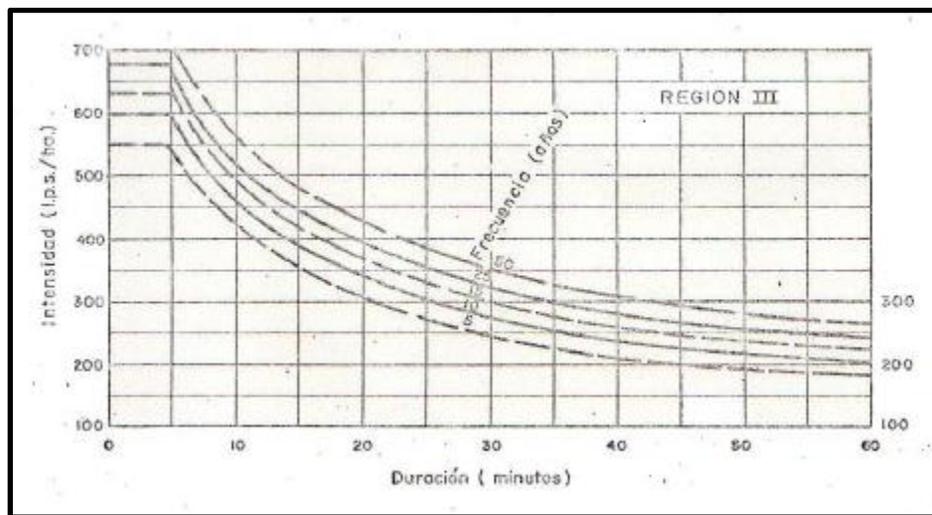


Figura 3.1. Curva IDF de la región hidrológica III (Arocha, 1983)

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.

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 Construcción de las curvas IDF

Con respecto a la construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), diversos autores plantean distintas formas o métodos para su construcción.

Según (Aparicio, 1987), existen dos métodos: el primero, llamado de intensidad-periodo de retorno, relaciona estas dos variables, y para cada duración por separado, mediante algunas de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología.

El otro método relaciona simultáneamente la intensidad, la duración el periodo de retorno en una familia de curvas, cuya ecuación es:

$$I = \frac{K * T^m}{(d+c)^n} \quad (3.7)$$

Donde k, m, y c son constantes que se calculan mediante un análisis correlación lineal múltiple, y en tanto que I y d corresponden a la intensidad de precipitación y duración, respectivamente.

Por propia recomendación del autor y para facilidad de cálculo se modifica el modelo propuesto, eliminándose la constante c, que corresponde a un parámetro asociado a la duración y que para este caso tomó un valor cero, quedando expresado el modelo de la siguiente forma:

$$I = \frac{K * T^m}{D^n} \quad (3.8)$$

Por otra parte, (Chow, 1994), plantea dos formas de trabajar con las curvas.

La primera, utiliza un análisis de frecuencia de la lluvia, considerando para ello una función de distribución de probabilidad de valor extremo como la función Gumbel.

El segundo método, expresa las curvas IDF como ecuaciones, con el fin de evitar la lectura de la intensidad de lluvia de diseño en una gráfica. (Wenzel, 1982), citado por (Chow, 1994), dedujo para algunas ciudades de los Estados Unidos, algunos coeficientes para utilizarlos en una ecuación de la forma:

$$I = \frac{c}{e^{(Td+f)}} \quad (3.9)$$

Donde I es la intensidad de lluvia de diseño, y Td la duración, en tanto c , e y f son coeficiente que varían con el lugar y el período de retorno.

Por otro lado, Varas y Sánchez, citado por EULA, (1993), han propuesto otra metodología para el diseño de las curvas IDF. Dicho procedimiento plantea la siguiente expresión para estimar las intensidades máximas, para distintos períodos de retorno y duraciones:

$$P_{t,T} = K * P_{10,D} * C_{d,t} * C_{f,T} \quad (3.10)$$

Donde:

$P_{t,T}$ = Lluvia con período de retorno de T años y duración t horas en (mm).

K = Coeficiente para obtener la lluvia máxima absoluta en 24 horas en función del valor máximo diario ($k=I, I$).

$P_{10,D}$ = Lluvia máxima diaria con 10 años de período de retorno.

$C_{d,t}$ = Coeficiente de duración para t horas.

$C_{f,T}$ = Coeficiente de frecuencia para T años de período de retorno.

Entonces, la intensidad máxima de precipitación queda dada por:

$$I_{t,T} \left(\frac{mm}{hr} \right) = \frac{P_{t,T}}{d} \quad (3.11)$$

Donde:

d = Duración en horas.

Siguiendo esta metodología, se puede diseñar las curvas IDF en aquellas ciudades o zonas en que solo exista información pluviométrica, para lo cual se deberá

seleccionar los coeficientes de duración y frecuencia de la estación pluviográfica más cercana a la zona de estudio.

3.2.22 Distribución de probabilidad de Log Pearson tipo III

Esta distribución ha sido una de las más utilizadas en hidrología. Como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas, la función Pearson III se utiliza para ajustar la distribución de frecuencias de variables tales como crecientes máximas anuales, caudales mínimos, volúmenes de flujo anuales y estacionales, valores de precipitaciones extremas volúmenes de lluvia de corta duración.

La función de distribución Pearson III tiene dos o tres parámetros, de ahí su nombre.

Su función de densidad está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{|\alpha|(\beta)} \left(\frac{x-\hat{x}_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left(\frac{x-\hat{x}_0}{\alpha}\right) \quad (3.12)$$

Donde:

$y_0 \in y < a$ para $a > 0$

$a \in y_0 \in$ para $a < 0$

a y b son los parámetros de escala y forma, respectivamente y y_0 es el parámetro de localización.

La estimación de parámetros para una función Pearson III está dada por:

$$\beta = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2 \quad (3.13)$$

$$\alpha = S_y \left(\frac{Cs}{2} \right) \quad (3.14)$$

$$\delta = \bar{x}_0 * \beta * \alpha \quad (3.15)$$

Donde Cs es el coeficiente de asimetría, y , \bar{x}_0 y S_y son la media y la desviación estándar de los logaritmos de la muestra respectivamente. (Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2009).

3.2.23 Distribución de probabilidad de valores máximos

Los valores máximos de hidrología de drenajes (precipitación o caudales), deben de ser tratados a través de distribuciones probabilísticas.

Aunque existen numerosas distribuciones de probabilidad para los valores máximos, es muy común en hidrología utilizar para estos valores de distribución de probabilidad Gumbel (escuela europea) y Log-Pearson Tipo III (escuela americana) (Instituto Nacional Vías-INVIAS, 2009).

3.2.24 Distribución de probabilidad de Gumbel

Es una función de probabilidad utilizada usualmente para valores máximos aleatorios sacados de poblaciones suficientemente grandes.

$$P(x \leq x_i) = e^{-e^{y_i}} \quad (3.16)$$

Donde:

X_i = Variable aleatoria

e = Base de los logaritmos neperianos

y_i = Variable reducida

Tomando la solución de ajuste a esta distribución de probabilidad por medio del método de los momentos (se debe hacer notar que existen otros métodos de ajuste a ésta y a distribuciones probabilísticas existentes, como el de máxima verosimilitud, el de momentos ponderados y el de mínimos cuadrados), se tiene:

$$y_i = a (x_i - x_f) \quad (3.17)$$

$$a = \frac{S_n}{s} \quad (3.18)$$

$$x_f = \bar{x} - s \left(\frac{Y_n}{S_n} \right) \quad (3.19)$$

Donde:

\bar{x} = Promedio aritmético de la muestra

S = Desviación estándar o típica de los datos de la muestra

X_i = Datos de la muestra, desde “ i ” igual a uno (1) hasta “ n ”

Y_n, S_n = Media y desviación estándar de la variable reducida “ y ”. Depende del número de años de registros de la muestra “ n ”

X_f, a = Parámetros que dependen del número de años de la muestra y de Y_n, S_n, X y S . (Instituto Nacional de Vías -INVIAS, 2009).

:

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 analítica, ya que está basada sobre el análisis sobre la construcción de las curvas de intensidad duración y frecuencia (IDF), los datos recopilados y obtenidos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) sobre las intensidades de lluvias de las estaciones climatológicas cercanas a la población de Palital en el estado Anzoátegui, con el fin de formular las conclusiones que resulten del análisis de las variables climatológicas.

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

4.2 Diseño de la investigación

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 los estados Monagas, Anzoátegui y Bolívar (cercanas a Palital) 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.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

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

La población de la presente investigación estará constituida por todos los registros climáticos efectuados en las estaciones climatológicas cercanas al área de estudio.

4.3.2 Muestra de la investigación

La muestra según Balestrini, M (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 los registros pluviográficos correspondientes al período evaluado para la estación climatológica que disponga de la mayor y mejor calidad y cantidad de datos de lluvia.

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.

4.4.2 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.

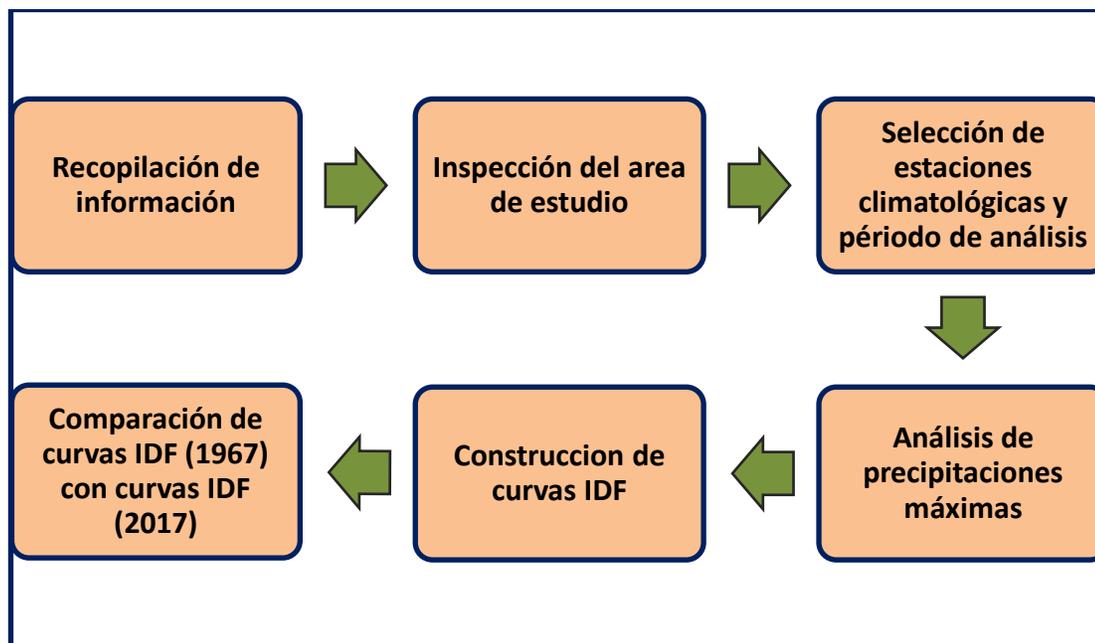


Figura 4.1 Flujograma de la investigación

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 Determinación de intensidades máximas

Esta etapa se analiza las bandas de registro de los pluviómetros, para lo cual se realizan diversos muestreos. Se parte con mediciones de 08:00 hr de la mañana de un

día hasta las 08:00 hr. del día siguiente, para una duración de 24 horas; luego, es necesario desplazarse en intervalos de tiempo de forma discreta y estable, utilizando para ello cuñas, con el propósito de ir seleccionando para cada año los valores extremos de precipitación para tiempos de 1,2,4, 6, 8, 12 y 24 horas. Luego, se toman los valores de cada una de las series y se dividen por su duración D en (horas), obteniéndose así las intensidades en mm/ hr.

En función de la metodología planteada por Témez, cada altura máxima de precipitación horaria se divide por su duración en horas, obteniéndose las intensidades de precipitación máximas anuales en mm/hr para cada duración.

Para la selección de los datos de precipitación requeridos para la elaboración de los diferentes análisis gráficos de las estaciones climatológicas ubicada en la zona se tomaron los valores de intensidades máximas ocurridas durante el período de tiempo comprendido de aproximadamente 10 años en las estaciones pluviométricas que se encontraron en todo el estados Monagas, Bolívar y Anzoátegui (cercanas al área de estudio).

4.6.3 Construcción las curvas intensidad – duración – frecuencia

Se recopilaron los registros de precipitación para el período arriba indicado correspondientes a las estaciones tipo C1 o Pr que existan en la zona a una distancia igual o menor a 50 km del área de estudio.

Con base a los criterios de Gumbel se procesaron las precipitaciones máximas diarias y se construyeron las curvas Intensidad, Duración y Frecuencia para el área de estudio.

4.6.4 Comparación de las curvas IDF 1967 y las IDF 2017

Se extrajeron las curvas IDF correspondientes a la región I, publicadas originalmente por el Ministerio de Obras Públicas en la obra “MANUAL DE DRENAJE”(1967) y citadas en la obra “CLOACAS Y DRENAJE” de Arocha, (2009) y luego se comparan con las curvas IDF construidas en esta investigación con la finalidad de determinar las desviaciones entre ambos grupo de curvas.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Caracterización climatológica del área de estudio

El área de estudio está conformada por una superficie de 132.524 ha, en la cual se han estudiado las características del clima, con base en el análisis temporal de precipitación, evaporación, temperatura, insolación, humedad relativa y viento, para lo cual se utilizaron los datos de registrados en las estaciones dentro del perímetro o en su área de influencia inmediata.

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 en las estaciones meteorológicas Upata, Macagua y Puerto Ordaz cuyos datos fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). En la tabla 5.1, se muestran las características de las estaciones mencionadas.

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

Estación	Tipo	Serial	Latitud	Longitud	Altitud (MSNM)	Organismo
Upata		8730	07°58'54''	62°19'43''	376	INAMEH
Macagua		8106	08°17'29''	62°39'21''	79	CORPOELE C
Puerto Ordaz		3813	08°19'00''	62°43'00''	51	INAMEH

El área del proyecto se enmarca en la zona de vida Bosque seco Tropical (Bs-T), según la clasificación climática de Holdridge.

En el área de estudio se recibe una pluviosidad promedio alrededor de los 1088 mm anuales, la temperatura media anual oscila alrededor de los 27 °C y su evaporación promedio supera los 2.200 mm por año.

De acuerdo con esto, el área se clasifica como clima cálido tropical de sabana isotérmico (Awgi), caracterizado por presentar un período de lluvia y otro de sequía, bien definidos, con una oscilación térmica promedio inferior a los 5 °C.

5.1.1 Precipitación

El valor promedio anual de precipitación para la zona del proyecto es de 1088 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 para el período 1950-2011; con base en ellos se elaboraron las figuras 5.1, 5.2 y 5.3.

El régimen pluviométrico es de tipo unimodal, es decir, se registra un solo 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 más del 54% 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).

Tabla 5.2 Precipitación media mensual y anual (mm)-Período 1950-2011 (INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Upata	34,9	22,8	2,9	34	114,2	123,1	139,3	136,4	87,1	81,2	92,3	61,3	949,3
Macagua	47,2	41,5	3,3	31,3	130	232,7	242,2	181,1	97,1	110	111,8	90,5	1317
Puerto Ordaz	36,4	27,3	1,5	28,7	89,9	179,3	162,6	133,9	83,7	81,6	83,2	69,3	997,4

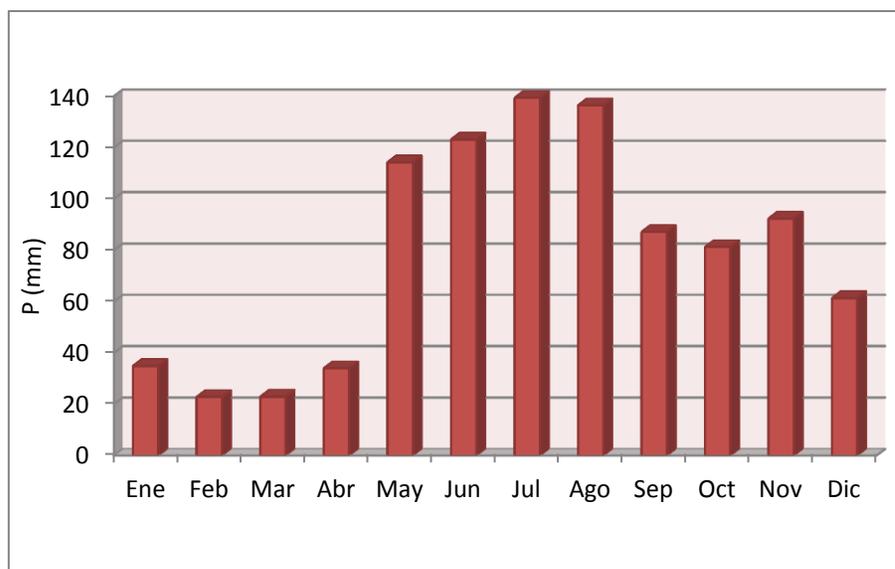


Figura 5.1 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Upata (INAMEH, 2014).

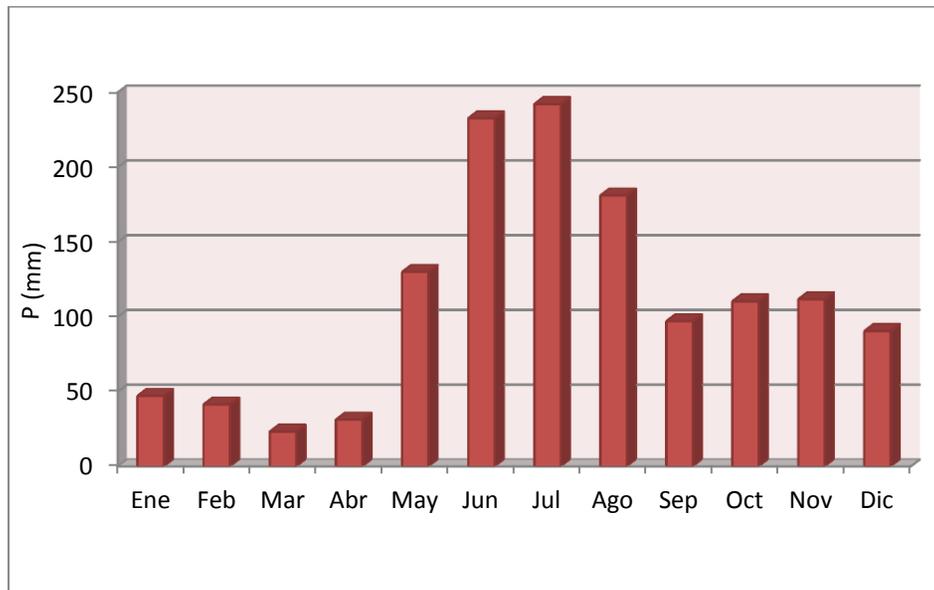


Figura 5.2 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Macagua (INAMEH, 2014).

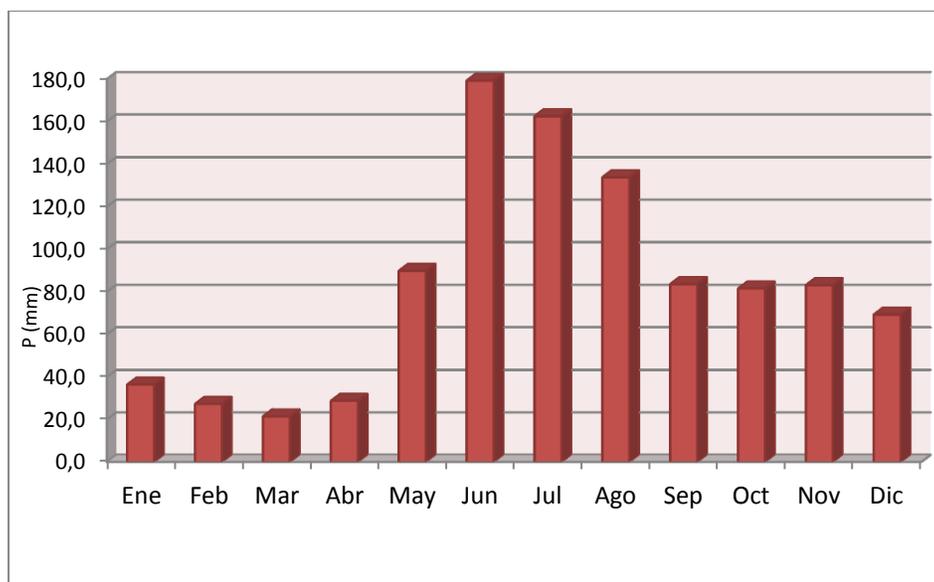


Figura 5.3 Distribución anual de la precipitación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

5.1.2 Evaporación

La evaporación promedio anual en la zona es bastante elevada, según la estación Puerto Ordaz, se registra un valor alrededor de los 2200 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.

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 bajo durante los meses de julio 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 Puerto Ordaz y la figura 5.4 muestra el comportamiento anual de dicha variable.

Tabla 5.3 Evaporación media, mensual y anual (mm)-Período 1950-2011. (INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	175	196	251	254	212	162	159	162	184	192	162	155	2249

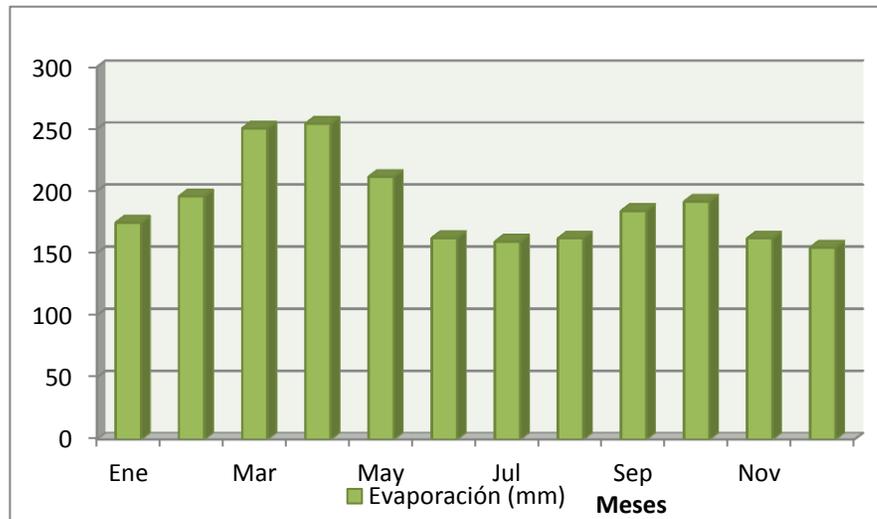


Figura 5.4 Variación anual de la evaporación (mm). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

5.1.3 Temperatura

En la zona, la estación más cercana (Puerto Ordaz) registra 28,3 °C respectivamente 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 Puerto Ordaz. Con base en dichos valores se elaboró el grafico que se muestra en la figura 5.5 que muestra el comportamiento anual en la estación mencionada.

Tabla 5.4 Temperatura máxima, media y mínima (°C) Período 1950-2011(INAMEH, 2014).

Estación	Estadístico	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	Máxima Media	33,8	34,4	35,6	36,4	36,2	34,2	33,4	34,5	35	35,1	34,8	33,5	34,7
	Media	26,2	26,8	28,9	29,2	27,5	26,9	26,5	27	28,9	27,9	27,3	27,3	27,4
	Mínima Media	18,7	18,8	19,4	20,3	20,8	20,6	20,5	20,6	20,7	20,4	20,5	19,5	20,1

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.

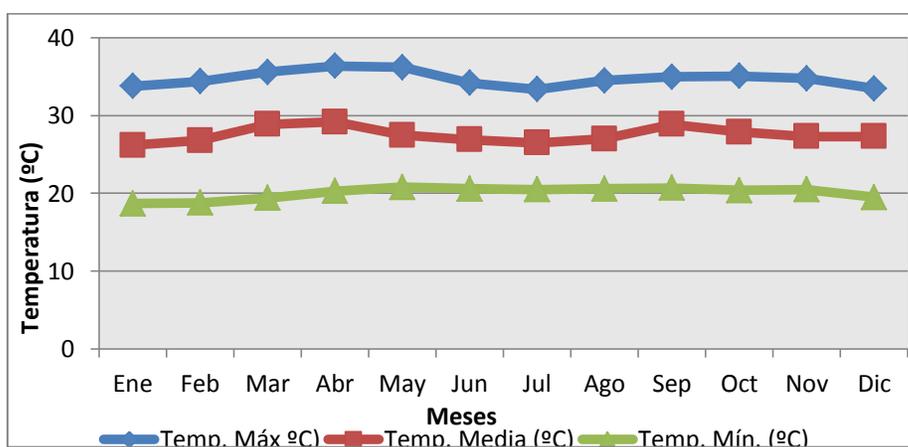


Figura 5.5 Variación anual de la temperatura máxima, media y mínima (°C) en la estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

5.1.4 Insolación

La variación temporal de la insolación depende del movimiento anual aparente del sol, de la nubosidad, las precipitaciones y el estado de transparencia de la atmósfera.

La estación Puerto Ordaz es la que registra datos de este parámetro. Con base en ello se estima que el área del proyecto recibe una insolación media anual alrededor de 7,1 horas de sol.

Los valores más altos ocurren en los meses de enero a marzo y un segundo pico menos importante ocurre en los meses de septiembre y octubre. Los menores valores de brillo solar ocurren durante los meses junio y diciembre, lo que demuestra la alta nubosidad presente en la zona en dichos meses, por la temporada de lluviosa. (tabla 5.5 y figura 5.6).

Tabla 5.5 Insolación media mensual y anual (horas de sol). Período 1950-2011 (INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	6,7	7,5	7,6	7,4	6,9	5,7	6,4	7	7,9	7,8	7,4	6,9	7,1

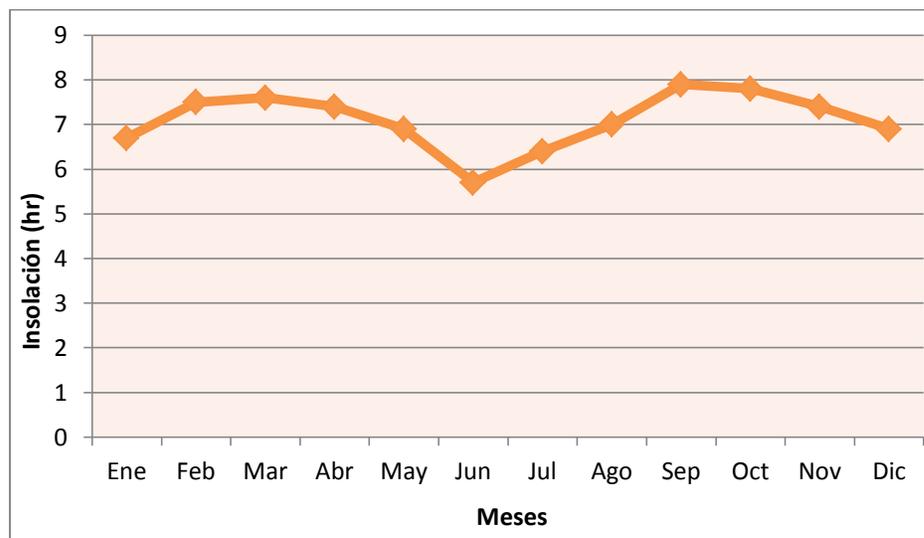


Figura 5.6 Variación anual de la insolación (horas de sol). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

5.1.5 Humedad relativa

La humedad relativa media anual está por el orden del 75 %, según los datos de la estación Puerto Ordaz. En la tabla 5.6, se presentan los valores medios mensuales y anuales de humedad relativa para dicha estación y en la figura 5.7 se muestra su distribución en el año. De acuerdo a ello, se observa que la humedad relativa media mensual alcanza su mayor valor (82%), en el mes de máxima precipitación (julio), y el mínimo durante el mes de marzo (66%).

Tabla 5.6 Humedad relativa media mensual y anual (%). Período 1950-2011 (INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	76	72	66	63	71	80	82	80	77	76	79	80	75

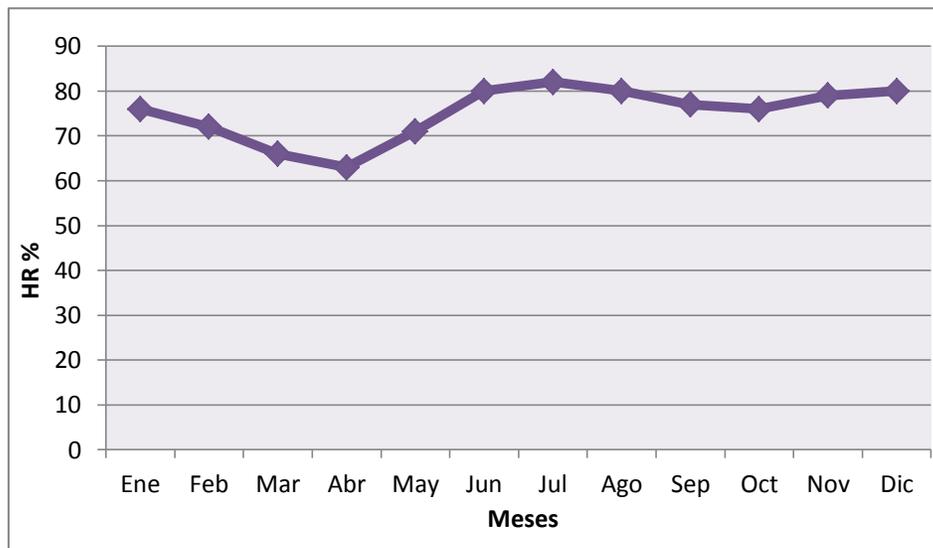


Figura 5.7 Variación anual de la humedad relativa (%). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

5.1.6 Vientos

La velocidad media anual del viento, estimada para la zona, está cerca de los 1,8 km/h, con dirección prevaleciente este-noreste (ENE), mayor en abril y más baja en agosto. En la tabla 5.7, se muestran los datos de las estaciones del área y en el Gráfico que se muestra en la figura 5.8 se presenta su distribución anual.

Tabla 5.7 Velocidad media mensual y anual del viento (m/s) Período 1950-2011 (INAMEH, 2014).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Puerto Ordaz	2,2	2,7	2,5	2,9	2,1	1,4	1,2	1,1	1,3	1,4	1,4	1,7	1,8

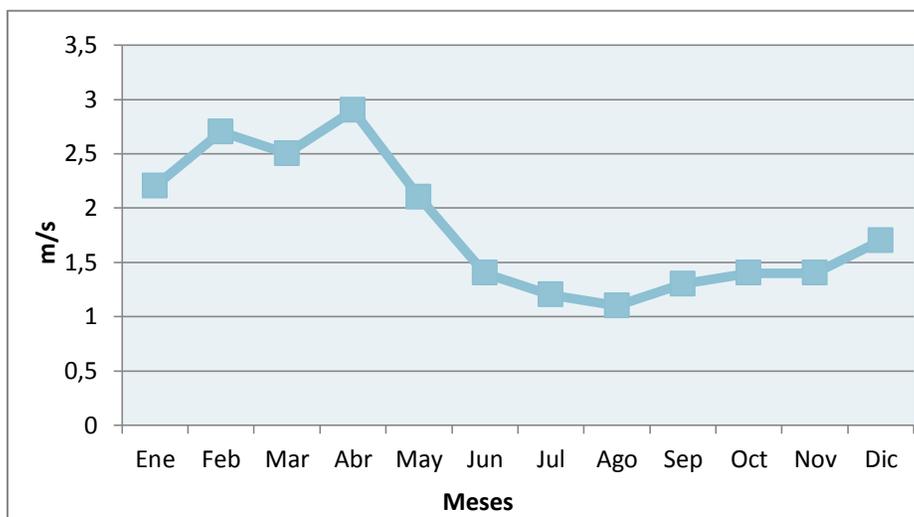


Figura 5.8 Variación anual de la velocidad del viento (m/s). Estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

5.2 Identificación de las cuencas y subcuencas hidrográficas.

El sistema de drenaje superficial o cuenca receptora se obtuvo determinando la línea donde el gradiente de energía es nulo; allí una gota de agua sigue la dirección que le impone la pendiente topográfica local.

5.2.1 Delimitación y definición de cuencas y subcuencas.

En el caso particular del presente estudio, se delimitó el área en dos vertientes a saber: Una pequeña zona que escurre hacia el caño Los Arrendajos y otra que drena hacia el río Orinoco y el caño Palital.

Para la delimitación de las subcuencas se interpretó los mapas a escala 1:25.000 de Cartografía Nacional: Hojas 7241-III-NO, 7241-III-NE, 7241-III-SO, 7241-III-SE e Imágenes QuickBird, resolución espacial 0,6 m, año 2007.

5.2.2 Codificación y descripción de las unidades hidrográficas

Se elaboró un código para identificar las dos Unidades Hidrográficas que integran el área de la poligonal de estudio. Esto es:

CLA: Drena hacia el Caño Los Arrendajos..

CP-RO: Drena hacia el Caño Palital y el Río Orinoco.

A continuación se hace una descripción de las características hidrográficas generales del área de influencia del proyecto.

5.2.2.1 Características generales del río Orinoco

El Río Orinoco drena una cuenca de $1,1 \times 10^6$ Km² compartida entre Venezuela y Colombia y tiene una longitud de 2.063 km. Su nacimiento se localiza en el estado Amazonas en la Sierra Parima Cerro Delgado Chalbaud (1.047 m.s.n.m.) y a partir de la confluencia del Guaviare forma frontera con Colombia hasta la confluencia con el Meta, a partir de la cual separa a los estados Apure, Guárico, Anzoátegui y Monagas a la izquierda, del Estado Bolívar a la derecha. Cuando empieza el delta, se abre formando el Estado Delta Amacuro, ubicado entre Monagas a la izquierda del Caño Manamo y, por el lado derecho, el Estado Bolívar y la Guayana Esequiba (Guyana).

La gran cuenca del Orinoco es la más grande del país, y dentro del territorio nacional ocupa aproximadamente el 70% de esta superficie. El Orinoco es drenado en sus dos márgenes; en su margen derecha, depositan todos los ríos correspondientes a la zona de Guayana; es decir, los que cursan por las altiplanicies del macizo, y los correspondientes a las penillanuras, entre los que se encuentran Caroní, Caura, Aro, Pao, Cuchivero y Ventuari esta margen se identifica geográficamente al sur del Río Orinoco. Su otra margen (la izquierda), ubicada al norte del río, recauda las aguas de

una gran variedad de ríos, en su mayoría, provenientes de los llanos venezolanos, con algunas excepciones correspondientes a ríos colombianos, en su nacimiento, como lo son por ejemplo, el Meta y el Arauca.

En Venezuela, los ríos que alimentan al Orinoco por la margen norte se encuentran ubicados a lo largo de los llanos occidentales, centrales, y orientales, entre ellos destacan el Apure con tributarios del Guanare, Portuguesa y Guárico entre otros; el Cinaruco, el Cunaviche, el Capanaparo son ríos de poco caudal en épocas de sequía, pero e pero en las temporadas lluviosas (julio-septiembre) son de gran aporte para el Orinoco.

El río Orinoco tiene una capacidad enorme de variación, que se explica no sólo por los cambios estacionales sino también por efectos derivados de la interacción entre la topografía de fondo, las riberas y la corriente del río, que favorecen o limitan las condiciones de mezcla, así como la resuspensión o hundimiento de las masas de agua y los sedimentos.

Se caracteriza por poseer una planicie de inundación muy amplia a ambas márgenes, donde el área de la planicie de inundación es mayor en la margen izquierda lo cual se atribuye a la mayor cantidad de sedimentos transportados por los ríos tributarios de la margen izquierda, en comparación con los ríos que drenan del Macizo Guayanés en la margen derecha (Hamilton y Lewis, 1990). En ellas se encuentran lagunas, las cuales están íntimamente ligadas con la dinámica fluvial del río.

Desde el punto de vista hidrológico el canal del río y su plano de inundación se consideran como una unidad, ya que el agua y los sedimentos son comunes para ambas áreas. En los meses de Agosto y Septiembre suele haber una lámina de agua casi continua.

Los valores de caudales del río Orinoco tienen relevancia, ya que su dinámica estacional influye sobre el ritmo de diversas actividades económicas, tales como, la agricultura y la pesca, así como los elementos funcionales o relaciones entre las poblaciones que están afectadas por su régimen hídrico.

5.2.2.2 Caño Palital

Se localiza en la planicie de inundación del río Orinoco, al suroeste de la poligonal del área de estudio. Se trata de un curso de agua navegable, que drena hacia el Orinoco, de régimen permanente, el cual está íntimamente ligado con la dinámica fluvial del río Orinoco al aumentar o disminuir su nivel con la fluctuación periódica de este. El caño Palital es receptor del escurrimiento natural de gran parte de la superficie de la poligonal de estudio. En la actualidad, en el caño Palital se observa la pesca de tipo artesanal, la cual es luego vendida en un balneario de tipo rudimentario utilizado para tal fin.

En la figuras 5.9 se muestra el cauce del caño Palital en las adyacencias del área de estudio.



Figura 5.9 Vistas del cauce del caño Palital

5.2.2.3 Caño Los Arrendajos

Se trata del otro cuerpo de agua localizado al oeste del área de estudio, el cual recibe el escurrimiento de la zona de estudio, desde la carretera que funge como divisoria de agua en el extremo occidental del área. Al igual que el caño Palital, este drenaje está ligado a la dinámica estacional del río Orinoco, aumentando o disminuyendo sus niveles en concordancia con las épocas de aguas altas o bajas de este. Es de régimen permanente y su cauce es navegable y drena hacia el Orinoco.

En la figura 5.10 se muestra dos vistas del cauce del caño Los Arrendajos en las adyacencias del área de estudio.



Figura 5.10 Vistas del cauce del caño Los Arrendajos.

5.2.2.4 Quebrada La Mezura

Se localiza al sur de la poligonal de estudio y es una quebrada de tipo efímera, es decir que sólo escurre momentáneamente producto de la ocurrencia de una precipitación de determinada intensidad y/o duración en la zona. Su aporte va directamente al caño Palital.

En la figura 5.11 se muestra el cauce de la quebrada La Mezura en las adyacencias del área de estudio.



Figura 5.11 Vistas del caño La Mezura.

5.2.3 Cálculo de los niveles extremos del río Orinoco

Con el fin de determinar la cota máxima de inundación del río Orinoco como consecuencia de una creciente extraordinaria, se utilizó el Método de los valores extremos de Gumbel utilizando la serie histórica de niveles máximos anuales registrados en el río Orinoco.

5.2.3.1 Período de Retorno (T_r)

Por definición un evento extremo ocurre si una variable aleatoria X es mayor o igual que un cierto nivel X_r . El intervalo de ocurrencia τ es el tiempo entre ocurrencias de $X \geq X_r$.

El período de retorno T de un evento $X \geq X_r$ es el valor esperado de τ , $E_{(\tau)}$, su valor promedio medido sobre un número de ocurrencias suficientemente grande. Por consiguiente, el período de retorno de un evento con una magnitud dada puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada (Chow, Maidment y Mays, 1994).

Para calcular los niveles máximos del Río Orinoco para diferente períodos de retorno, se recopilaron en CORPOELEC los datos de cota máxima de la estación Palúa para el período 1943-2012, los cuales fueron ordenados de mayor a menor y se les calculó el período de retorno respectivo, lo cual se muestra en la tabla 5.8.

Tabla 5.8. Niveles máximos del río Orinoco en Palúa

Año	Nivel (m)	Nº Orden	Tr	Nivel (m)
1943	12,28	1	71,00	12,58
44	11,03	2	35,50	12,28
45	11,58	3	23,67	12,08
46	11,83	4	17,75	12,07
47	10,83	5	14,20	12,05
48	10,88	6	11,83	11,99
49	11,13	7	10,14	11,95
1950	11,38	8	8,88	11,83
51	12,08	9	7,89	11,77
52	11,43	10	7,10	11,75
53	11,43	11	6,45	11,58
54	12,05	12	5,92	11,55
55	10,43	13	5,46	11,49
56	11,55	14	5,07	11,49
57	10,71	15	4,73	11,49
58	10,13	16	4,44	11,47
59	10,96	17	4,18	11,46
1960	10,93	18	3,94	11,45
61	10,73	19	3,74	11,43
62	11,95	20	3,55	11,43
63	11,49	21	3,38	11,41
64	10,53	22	3,23	11,40
65	10,33	23	3,09	11,39
66	10,85	24	2,96	11,38
67	11,99	25	2,84	11,34
68	11,13	26	2,73	11,34
69	10,74	27	2,63	11,33
1970	11,45	28	2,54	11,33
71	11,46	29	2,45	11,25
72	11,25	30	2,37	11,23
73	10,51	31	2,29	11,19
74	9,74	32	2,22	11,13
75	11,05	33	2,15	11,13
76	12,58	34	2,09	11,13
77	11,49	35	2,03	11,13
78	11,33	36	1,97	11,07
79	11,19	37	1,92	11,05
1980	11,75	38	1,87	11,04
81	12,07	39	1,82	11,03
82	11,41	40	1,78	10,96

Continuación

83	11,77	41	1,73	10,93
84	10,84	42	1,69	10,89
85	10,20	43	1,65	10,88
86	10,89	44	1,61	10,88
87	11,23	45	1,58	10,86
88	10,88	46	1,54	10,85
89	9,93	47	1,51	10,84
1990	11,34	48	1,48	10,83
91	11,47	49	1,45	10,74
92	10,69	50	1,42	10,73
93	11,40	51	1,39	10,71
94	11,04	52	1,37	10,69
95	10,14	53	1,34	10,59
96	11,34	54	1,31	10,55
97	9,90	55	1,29	10,53
98	11,07	56	1,27	10,53
99	10,86	57	1,25	10,51
2000	10,12	58	1,22	10,43
1	8,95	59	1,20	10,33
2	10,53	60	1,18	10,20
3	10,55	61	1,16	10,19
4	10,19	62	1,15	10,14
5	9,78	63	1,13	10,13
6	11,39	64	1,11	10,12
7	11,33	65	1,09	9,93
8	10,59	66	1,08	9,90
9	9,54	67	1,06	9,78
2010	11,13	68	1,04	9,74
11	11,13	69	1,03	9,54
12	11,49	70	1,01	8,95

Se graficaron los niveles máximos alcanzados por el río Orinoco vs período de retorno (T_r) en formato Gumbel a fin de obtener las cotas máximas para 25, 50 y 100 años de intervalo de recurrencia. En la figura 5.12 se representa lo anteriormente señalado.

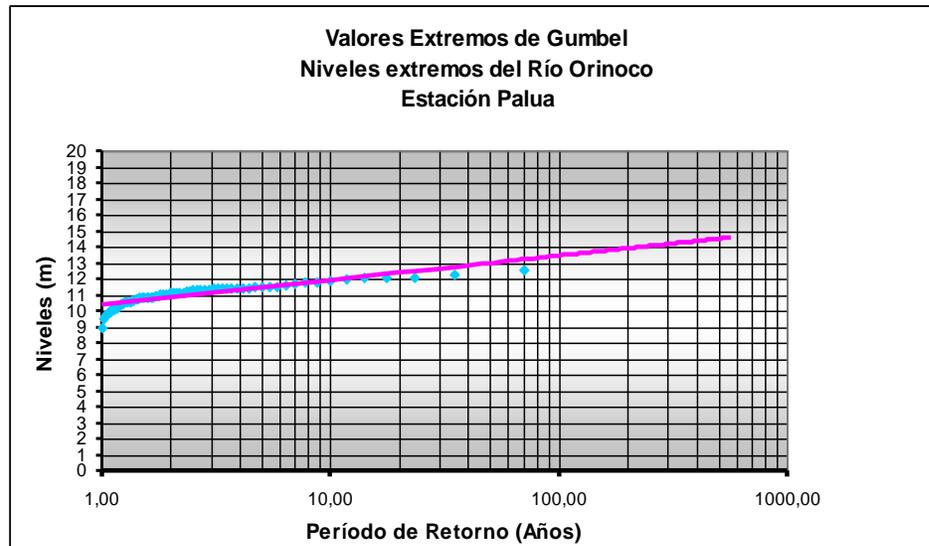


Figura 5.12. Niveles máximos del río Orinoco vs período de retorno (Tr).

Con base en el método de valores extremos de Gumbel, a continuación se muestra en la tabla 5.9 las cotas máximas del río Orinoco para crecientes de 25,50,100 y 150 años de período de retorno:

Tabla 5.9 Cotas máximas del río Orinoco

Tr (años)	Cota Máxima río Orinoco (m)
25	12,52
50	12,98
100	13,44
150	13,71

Lo anterior indica que las crecientes extraordinarias de los períodos de retorno de 25, 50,100 y 150 años no representan riesgo de inundación para las zonas dentro

de la poligonal ya que esta se encuentra sobre la cota 20. En el anexo 2 se muestra el mapa con potencial de inundación según los valores obtenidos.

5.3 Construcción de las curvas IDF

La lluvia está definida por tres variables: la intensidad, la duración y el periodo de retorno (T_r). La intensidad es la lámina o profundidad total de lluvia ocurrida durante una tormenta.

De esta forma, la altura de la lámina de agua caída en el lugar de la tormenta, incorpora la cantidad de lluvia precipitada y la duración del evento.

Mientras que el periodo de retorno), es la frecuencia, o intervalo de recurrencia, es decir, el número de años promedio en el cual el evento puede ser igualado o excedido cuando menos una vez. En el entendido, que el riesgo es mayor, cuanto menor es el periodo de retorno o recurrencia.

Para calcular la intensidad máxima de lluvia se recopilaron en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) los datos de Precipitación Máxima para duraciones de 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 3 horas, 6 horas, 9 horas, 12 horas y 24 horas de la estación Puerto Ordaz para el período 1968-2000.

Estos datos fueron ordenados de mayor a menor y transformados a intensidades máximas y se les calculó el período de retorno respectivo, lo cual se muestra en la tabla 5.10 a fin de elaborar las Curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF).

Tabla 5.10 Datos de Intensidad de lluvia (en orden decreciente) para diferentes duraciones y Período de retorno (Tr) de la estación Puerto Ordaz (INAMEH, 2014).

15 minutos	30 minutos	1 hora	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas	Tr
142,0	111,0	90	35,0	17,7	11,8	8,8	4,4	27,00
131,2	108,0	73	29,3	15,5	10,3	7,8	4,1	13,50
121,2	105,6	62	29,0	15,2	10,1	7,6	3,8	9,00
116,4	100,0	55	22,3	12,7	8,4	6,3	3,5	6,75
116,0	98,4	55	22,3	11,8	7,9	5,9	3,2	5,40
116,0	88,0	53	22,0	11,2	7,4	5,7	3,0	4,50
111,2	80,8	50	19,0	10,5	7,2	5,6	3,0	3,86
110,0	77,6	49	18,7	10,0	7,0	5,3	3,0	3,38
109,6	74,6	48	18,7	9,8	6,7	5,1	2,6	3,00
108,8	74,4	46	18,3	9,5	6,3	4,8	2,5	2,70
108,0	73,4	44	18,3	9,3	6,2	4,7	2,5	2,45
105,6	72,2	39	17,3	8,7	6,1	4,6	2,4	2,25
104,4	71,6	38	16,3	8,7	6,1	4,6	2,3	2,08
103,2	68,4	38	15,7	8,2	5,4	4,1	2,1	1,93
90,4	64,8	38	13,3	7,5	5,0	4,0	2,1	1,80
90,0	61,4	35	13,0	6,5	4,9	3,8	2,0	1,69
88,0	58,0	34	12,7	6,5	4,3	3,3	1,9	1,59
80,0	56,4	31	12,3	6,5	4,3	3,3	1,8	1,50
77,6	55,0	30	11,7	5,8	3,9	2,9	1,7	1,42
68,8	53,6	28	11,7	5,8	3,9	2,9	1,7	1,35
64,8	53,2	27	11,0	5,5	3,7	2,8	1,6	1,29
63,2	52,0	26	9,7	5,0	3,4	2,7	1,5	1,23
60,0	40,8	24	9,0	4,5	3,0	2,3	1,5	1,17
34,8	40,0	20	8,3	4,3	2,9	2,3	1,2	1,13
32,0	38,4	---	7,0	3,5	2,3	1,8	0,9	1,08

Se graficaron las intensidades máximas para diferentes duraciones vs Período de retorno (Tr) en formato Gumbel a fin de obtener las intensidades máximas para 5,10, 25, 50 y 100 años de intervalo de recurrencia. En las figuras del 5.13 al 5.20 se representa lo anteriormente señalado.

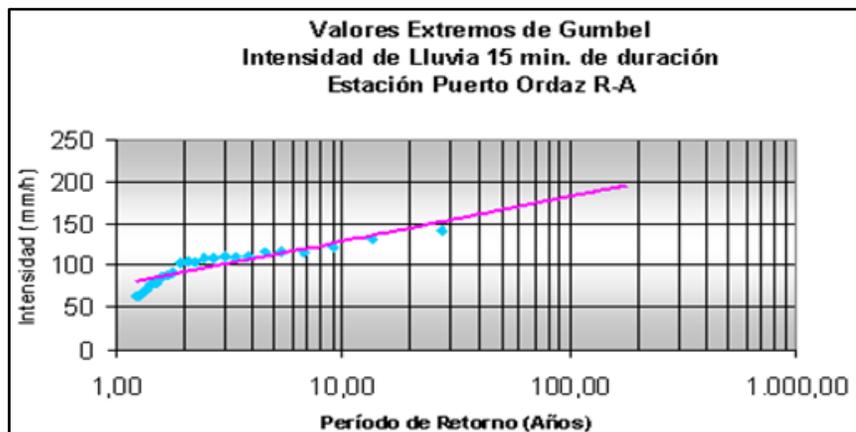


Figura 5.13 Intensidad de lluvia (15 min) vs período de retorno

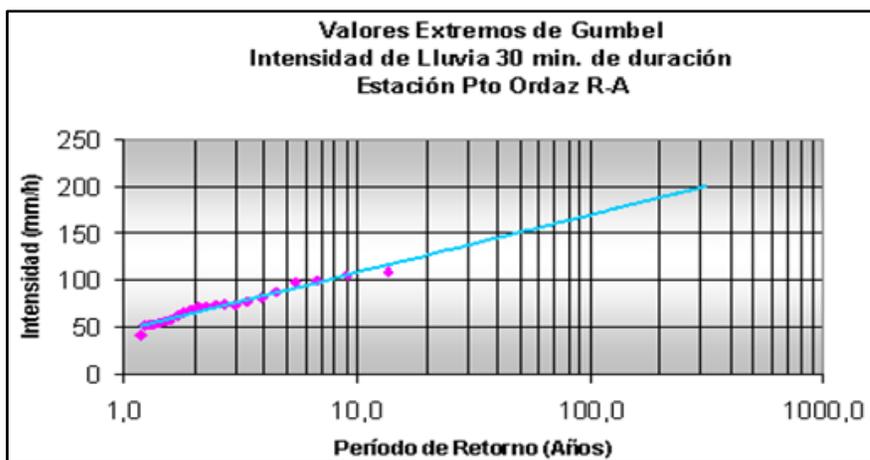


Figura 5.14 Intensidad de lluvia (30 min) vs período de retorno

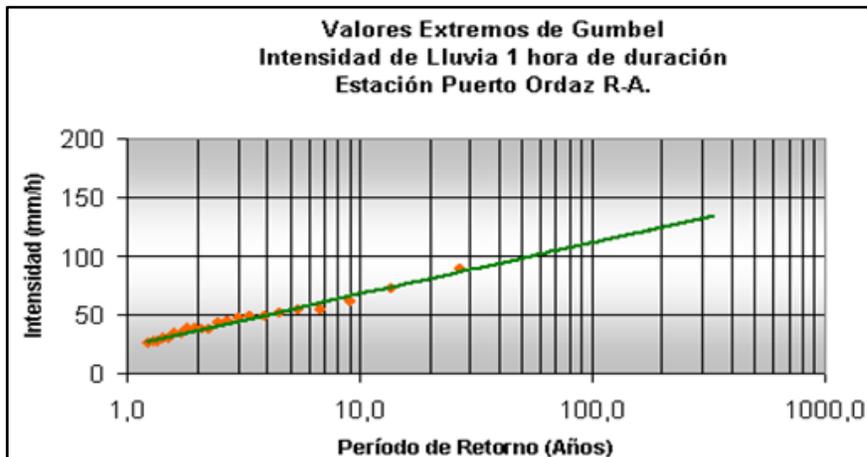


Figura 5.15 Intensidad de lluvia (1 hora) vs período de retorno

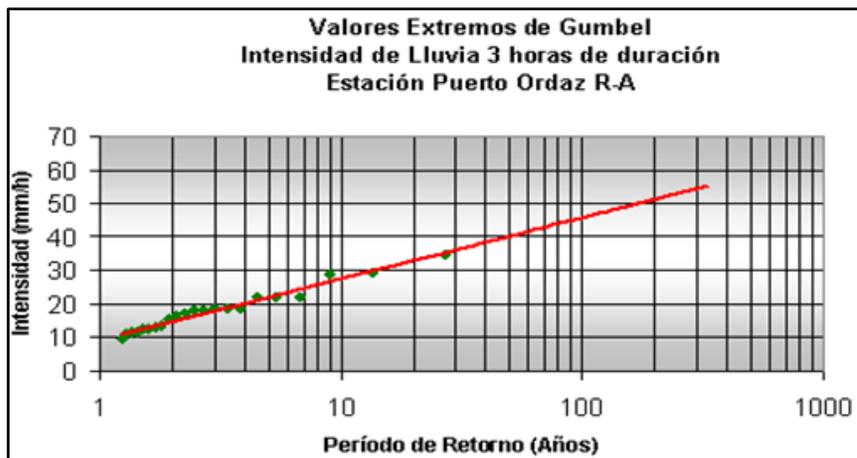


Figura 5.16 Intensidad de lluvia (3 horas) vs período de retorno

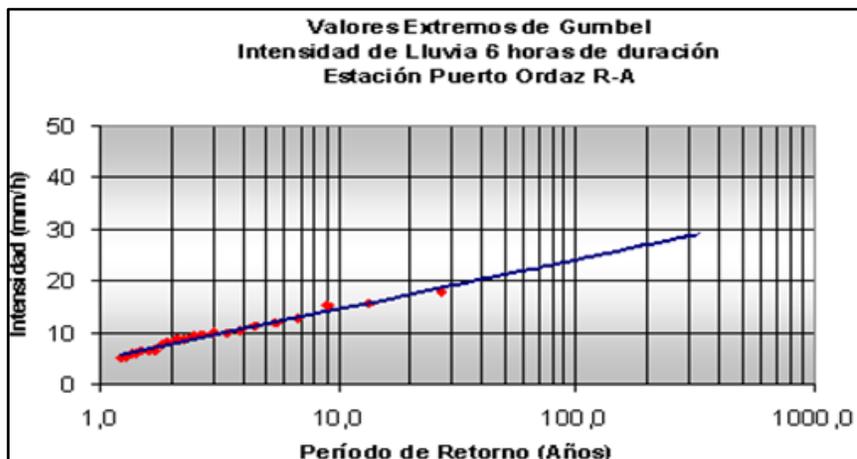


Figura 5.17 Intensidad de lluvia (6 horas) vs período de retorno

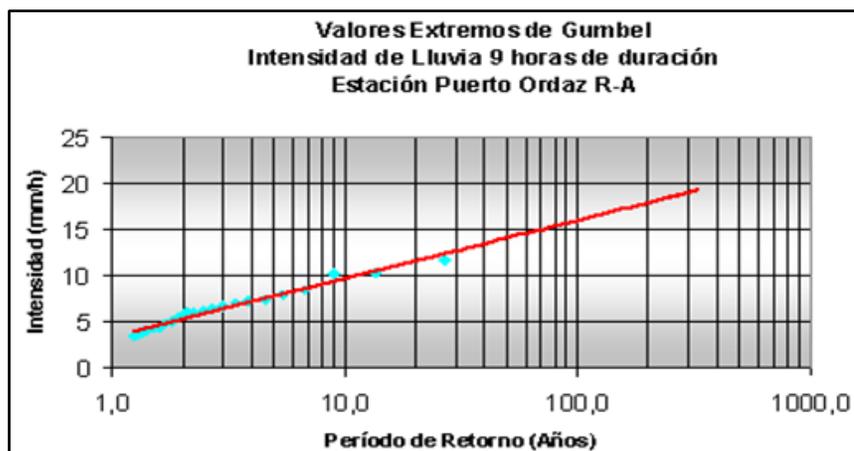


Figura 5.18 Intensidad de lluvia (9 horas) vs período de retorno

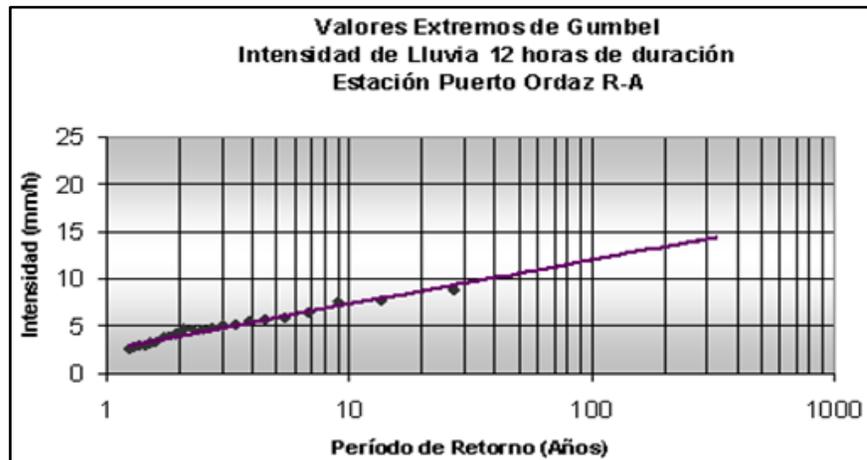


Figura 5.19 Intensidad de lluvia (12 horas) vs período de retorno

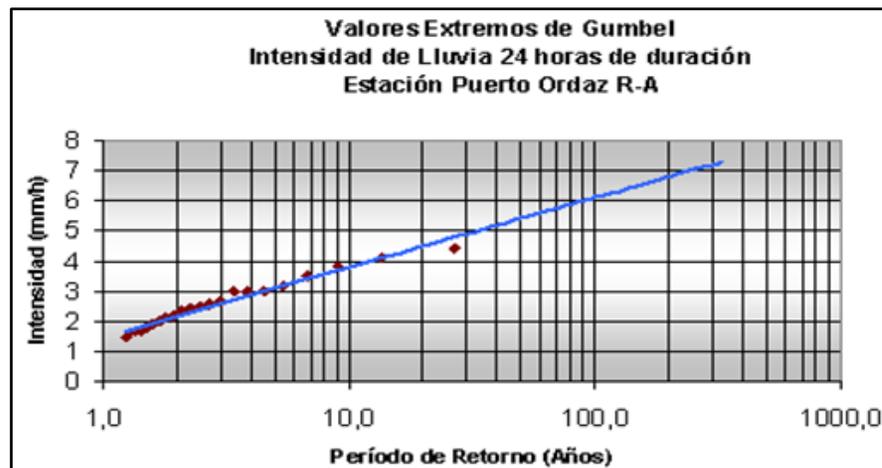


Figura 5.20 Intensidad de lluvia (24 horas) vs período de retorno

En la tabla 5.11, aparece el resumen de los datos la intensidad de lluvia para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años y diferentes duraciones.

Tabla 5.11 Datos de Intensidad (mm/h) para diferentes duraciones y diferentes períodos de retorno.

Duración (h)	Tr (Años)				
	5	10	25	50	100
0,25	113,0	128,9	149,9	165,8	181,7
0,5	89,8	108,3	132,7	151,2	169,7
1	54,7	67,9	85,3	98,4	111,6
3	22,2	27,6	34,9	40,3	45,8
6	11,6	14,5	18,3	21,2	24,1
9	7,8	9,7	12,2	14,1	16,0
12	5,9	7,3	9,2	10,6	12,0
24	3,1	3,8	4,7	5,4	6,1

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. Con base a la tabla 5.10 se construyeron las Curvas IDF (figura 5.21).

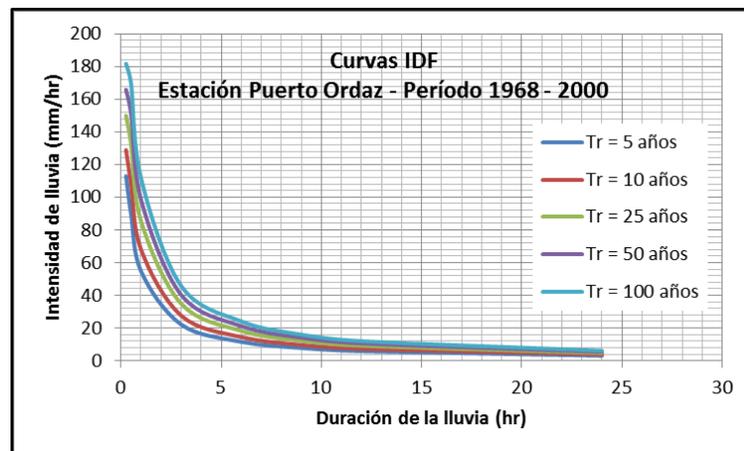


Figura 5.21 Curvas IDF para estación Puerto Ordaz

5.4 Comparación de las curvas IDF 1967 y las curvas IDF 2017

Se presentan a continuación las curvas IDF correspondientes a la región hidrológica III la cual incluye la población de Palital en la zona sureste del estado Anzoátegui (figura 5.22).

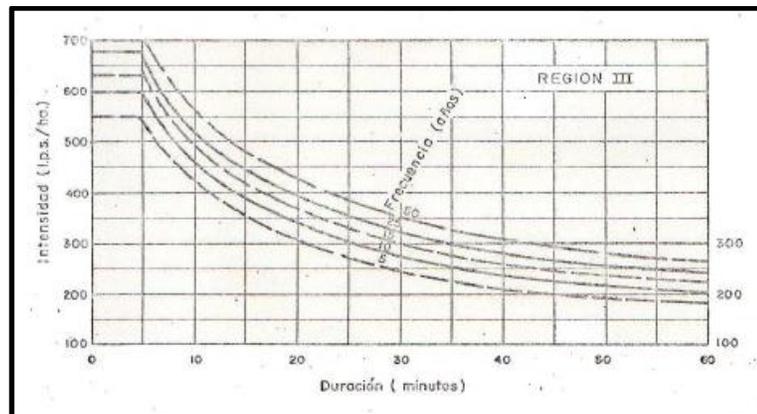


Figura 5.22 Curvas IDF de Región Hidrológica III (MOP, 1967 en Arocha, S., 2009).

Se presenta en la tabla 5.12 las diferencias de intensidades de lluvia calculadas para las curvas IDF del año 1967 en relación a las de las curvas IDF del año 2017 para los tiempos de retornos de 5, 10, 25 y 50 años.

En ese sentido, todas las intensidades de precipitación presentadas en las curvas IDF, publicadas en el documento “Manual de Drenaje del MOP” en 1967, fueron transformadas de lps/ha a unidades de mm/hr con la finalidad de hacer posible la comparación en cuestión.

Tabla 5.12 Diferencias de intensidades de lluvia (mm) entre las curvas IDF de 1967 y las curvas IDF de 2017.

Duración (min)	Tiempo de Retorno (años)											
	5			10			25			50		
	1967	2017	Dif	1967	2017	Dif	1967	2017	Dif	1967	2017	Dif
5	147	115	-32	160	135	-25	180	155	-25	194	170	-24
10	122	114	-8	135	130	-5	156	150	-6	165	165	0
20	92	91	-1	103	115	12	122	140	18	133	155	22
30	76	89.8	13.8	88	108	20	101	132.7	31.7	112	151	39.2
40	63	80	17	76	90	14	88	110	22	99	130	31
50	54	65	11	63	78	15	79	95	16	86	100	14
60	50	54.7	4.7	61	67.9	6.9	65	85.3	20.3	74	85.3	11.3
		Media aritmét	0.786		Media aritmét	5.41		Media aritmé	11		Media aritm	13.4
		$\sigma=$	16.87		$\sigma=$	15.6		$\sigma=$	19.6		$\sigma=$	20.9

Para la zona en estudio se pudo constatar que todas las intensidades de lluvias calculadas para las curvas IDF del año 2017 (para duraciones de lluvia de 5 y 10 min) muestran una disminución con respecto a las curvas IDF de la Región hidrológica III publicadas en el año 1967.

Asimismo, se puede observar que las medias aritméticas de las diferencias de intensidades de lluvia presentan valores que oscilan entre 0.786 mm y 13.4 mm para períodos de retorno entre 5 y 50 años; sin embargo, para períodos de retorno de 50 años se mantuvieron en el mismo rango pero haciendo la salvedad que las intensidades de lluvia son mayores en las curvas IDF de 2017 en relación a las de 1967, mientras que las diferencias de intensidad de lluvia se mantienen dentro del mismo rango (11 mm). Por otra parte, la desviación estándar presentó un comportamiento de variación desde 15.6 mm a 20.9 mm.

En las figuras 5.23 a la 5.26, correspondientes a períodos de retorno de 25 y 50 años, se puede observar que las diferencias de intensidades de lluvia se hacen máximas para duraciones de precipitación de 5 min y 10 min.

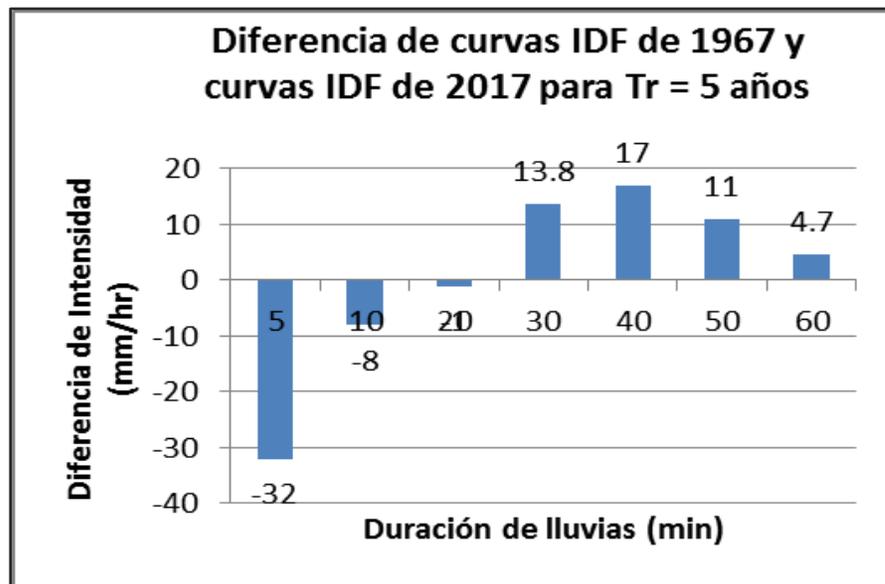


Figura 5.23 Comparación de la curvas IDF del año 1967 y del año 2017 para un Tiempo de retorno de 5 años.

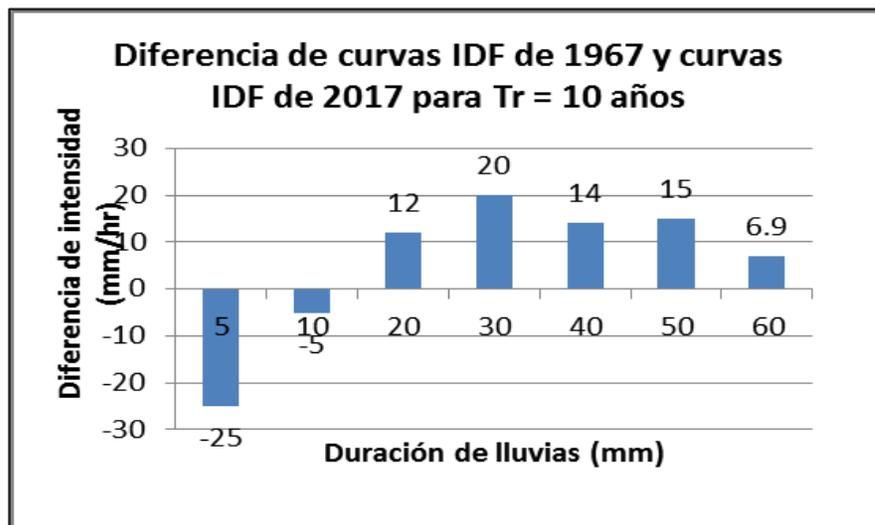


Figura 5.24 Comparación de la curvas IDF del año 1967 y del año 2017 para un Tiempo de retorno de 10 años.

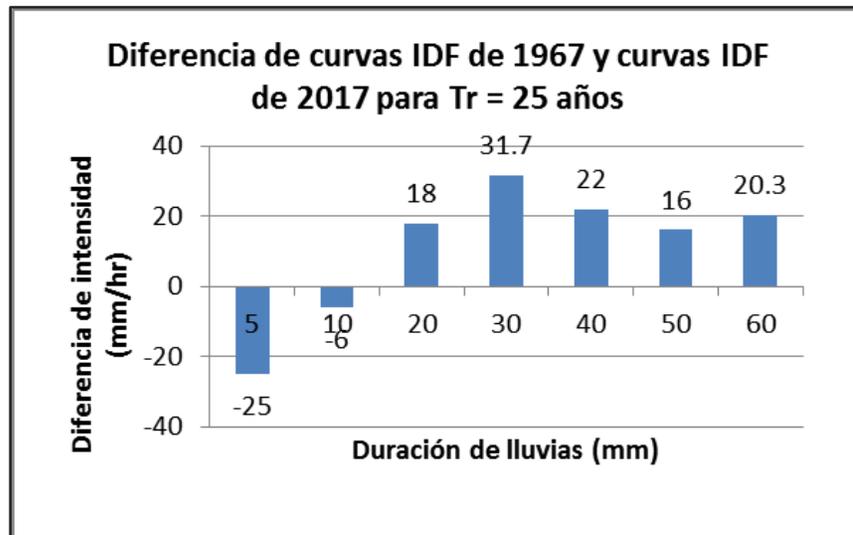


Figura 5.25 Comparación de la curvas IDF del año 1967 y del año 2017 para un Tiempo de retorno de 25 años.

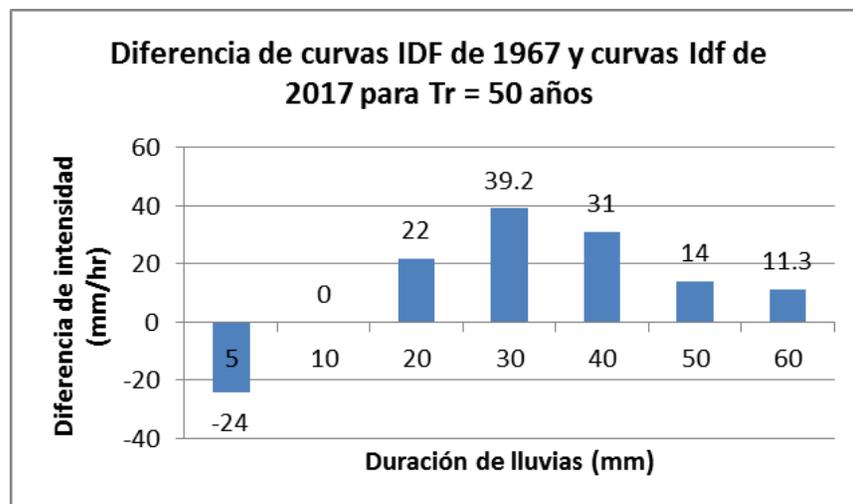


Figura 5.26 Comparación de la curvas IDF del año 1967 y del año 2017 para un Tiempo de retorno de 50 años.

Finalmente, es necesario acotar que el incremento observado en las intensidades de lluvia calculadas para las curvas IDF producidas en esta investigación, para períodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años años se corresponden con duraciones de precipitaciones entre 20 y 60 min; es decir, se incrementó la intensidad de las lluvias

de gran duración y disminuyó la intensidad de las precipitaciones cortas (de 5 y 10 min). Tales circunstancias podrían ser producto de las variaciones climáticas que pudieron ocurrir en la zona probablemente por la creación de los bosques de pino ubicados al este de la zona estudio (sur de los estados Monagas y Anzoátegui), los cuales tienen una edad inferior a los 50 años transcurridos desde la generación de las curvas IDF de 1967.

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 1088 mm anuales, con una temperatura media anual que oscila alrededor de los 27°C y evaporación promedio que supera los 2.200 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. La humedad relativa media anual está por el orden del 75 %, según los datos de la estación Puerto Ordaz y la velocidad media anual del viento, estimada para la zona, está cerca de los 1,8 km/h, con dirección prevaleciente este-noreste.
2. Con base a los registros pluviométricos de las estaciones de Upata, Macagua y Puerto Ordaz correspondiente al período 1988 - 2007, la precipitación promedio anual oscila entre 949 mm y 1317 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 área de impacto afectada por la variable pluviométrica se delimitó la superficie en estudio en dos vertientes a saber: una pequeña zona que escurre hacia el caño Los Arrendajos y otra que drena hacia el río Orinoco y el caño Palital.

4. Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia fueron construidas siguiendo los criterios de Gumbel con los registros máximos diarios correspondientes a un período de registros de pluviosidad de 20 años (1968-2000), considerando duraciones de lluvia de 15 min, 30 min, 1 hr, 3 hr, 6 hr, 9 hr, 12 hr y 24 hr y períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años.

5. Una vez comparadas las curvas IDF publicadas en el Manual de Drenaje del MOP (1967) y las generadas en esta investigación se concluye que las estimaciones de intensidad de lluvia actualizadas están mostrando una disminución para duraciones de lluvias cortas (5 y 10 min) y por el contrario se observa un incremento en las intensidades para lluvias largas (entre 20 y 60 min). Por otra parte, se observa un comportamiento directamente proporcional entre las diferencias de intensidades de precipitación y el período de retorno. Asimismo, se puede notar que las mayores desviaciones estándar de estas diferencias de intensidades de precipitación ocurren con períodos de retorno de 25 y 50 años. Lo cual se presume sea producto del micro clima generado en el sur de los estados Monagas y Anzoátegui por los bosques de pinos de edad más reciente a la de las curvas IDF generadas por el MOP en 1967.

Recomendaciones

1. Considerando la fecha de generación de las curvas IDF publicadas en el Manual de Drenaje del MOP (1967) se recomienda la producción de curvas IDF actualizadas para las localidades urbanas que requieran nuevas obras civiles que ameriten el diseño de sistemas de drenaje con estimaciones de la pluviosidad más cercanas a la realidad climática del momento.

2. Se sugiere a las autoridades de la Escuela de Ciencia de la Tierra a exponer oficialmente al Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología la importancia de mantener actualizadas y disponibles las bases de datos correspondientes a los

registros de los parámetros climatológicos de las estaciones que se mantienen activas efectuando mediciones en todo el oriente del territorio del país, con la finalidad de que sirvan de insumo para los análisis pluviométricos que académicamente se requieren para el desarrollo de investigaciones que involucren tal variable climática.

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, (pp. 25-31).

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**, (pp. 37-53).

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), (pp. 1603-1621).

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

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, (p. 584).

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, (p. 600).

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. (p. 285).

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, (p. 420).

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

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

Maidment, D. (1993). **HANDBOOK OF HYDROLOGY.** Editorial McGraw-Hill. New York, USA, (p. 1325).

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

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.

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

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, (p. 208).

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

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, (p. 111).

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, (p. 69).

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).

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

Título	ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS IDF PARA LA POBLACIÓN DE PALITAL EN EL MUNICIPIO INDEPENDENCIA, ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
DAZA CASTILLO MIGUEL ALEJANDRO	CVLAC	23.498.024
	e-mail	mdaza94@hotmail.com
	e-mail	
AVILA VAHLIS CARLOS MIGUEL	CVLAC	23.732.148
	e-mail	carlos_av_94@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Comportamiento pluviométrico
Caracterización climatológica
Caudales de cuencas y sub cuencas
Parámetros hidráulicos
Curvas IDF

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Ingeniería Civil	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

El presente estudio se realizó con base a las necesidades urbanísticas que requiere la población de Palital en el estado Anzoátegui. En ese sentido, es necesario acotar que esta población requiere del diseño idóneo de sistemas de drenaje lo cual implica contar con un estudio integral del comportamiento pluviométrico de la zona de estudio. Dicho análisis deberá contar con la construcción de las curvas IDF actualizadas 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 analítica 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 efectuadas en las cartas y mapas de la zona. Asimismo, se tomó nota de las condiciones bióticas, de la hidrografía y 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 construyeron las curvas IDF para la zona, utilizando el criterio de Gumbel, con los datos de las precipitaciones máximas registradas en las estaciones climatológicas de Puerto Ordaz. Una vez construidas las curvas IDF estas se cotejarían contra las publicadas en el Manual de Drenaje del MOP (1967). De la aplicación antes descrita se produjeron como resultados relevantes que en primer lugar 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 en dos cuencas. La pluviosidad de la zona alcanza unos 1088 mm anuales. Las curvas IDF se construyeron basándose en 30 años (1968 – 2000) de mediciones de la pluviosidad. La curvas IDF construidas muestran para las duraciones de lluvia de 5 y 10 min una disminución de las intensidades de lluvia, y para las lluvias de mayor duración (de 20 min a 1 hora) se observó un incremento en las intensidades de lluvia al compararlas con las contenidas en las curvas IDF publicadas en el Manual de Drenaje del MOP (1967).

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	echeverriabcc92@gmail.com
	e-mail	
Devera, Stefany	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	23.551.572
	e-mail	stefany_devera@gmail.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	04	20

Lenguaje: spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
TESIS CURVAS IDF PALITAL

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:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Ingeniería Civil

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"**.

Leído 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.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *Martínez*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Curvelo
JUAN A. BOLAÑOS CURVELO
Secretario



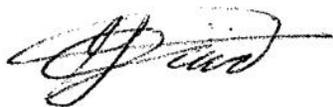
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación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

JABC/YGC/marija

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

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):

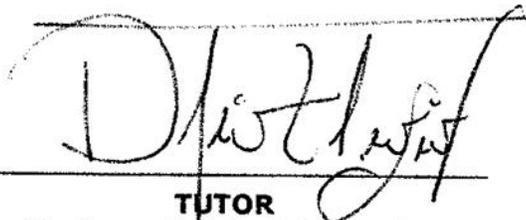
“Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo al Consejo Universitario, para su autorización.”



AUTOR
Miguel Daza
C.I.:23.498.024



AUTOR
Carlos Avila
C.I.:23.732.148



TUTOR
Profesor Dafnis Echeverría
C.I.:4.506.408