

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



ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE AGUA DE LLUVIA EN EL GALPÓN DE SALA DE VENTAS DEL SUPERMERCADO EL DIAMANTE, UBICADO EN LA AVENIDA ANDRÉS BELLO, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR.

**TRABAJO DE GRADO
PRESENTADO POR LAS
BACHILLERES BROWN M.
REBECA M. Y NÚÑEZ C.
YSLEIDA C. PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL**

CIUDAD BOLÍVAR, AGOSTO 2012

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado “ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE AGUA DE LLUVIA EN EL GALPÓN DE SALA DE VENTAS DEL SUPERMERCADO EL DIAMANTE, UBICADO EN LA AVENIDA ANDRÉS BELLO, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”, presentado por los bachilleres **REBECA MARINA BROWN MARTÍNEZ E YSLEIDA CAROLINA NÚÑEZ CONTASTI**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesor Carlos Grus
(Asesor)

Profesor Carlos Pérez
(Jurado)

Profesora Eniluz Rondón
(Jurado)

Profesor Javier Ramos
Jefe del Departamento de Ingeniería Civil

Ciudad Bolívar, Agosto de 2012.

DEDICATORIA

A mis padres Nell Martínez y Samuel Brown, por el apoyo incondicional que me han dado hasta llegar a este día en el que todos sus esfuerzos se ven finalizados con mi éxito académico. A Jowel Díaz por haber compartido cada momento de felicidad y tristeza a mi lado, gran parte de este logro te lo debo a ti.

A la Universidad de Oriente por ser mi casa de estudios y ofrecerme cada día una nueva oportunidad de aprender tanto de la vida como de la carrera.

A todos mis amigos y compañeros de estudios que en algún momento fueron parte de mi constante progreso, aquellos con los que compartí un salón de clases, muchas horas arduas de estudio y que hoy en día puedo llamar colegas.

Rebeca M. Brown M.

DEDICATORIA

Este éxito se lo dedico principalmente a mis padres, Ysleida Contasti y Wilfredo Núñez, quienes han sido mis principales motores que me han impulsado a mejorar cada día como persona, que a pesar de las distancias, han estado siempre ahí invirtiendo su tiempo, sabiduría y paciencia, además brindándome todo el apoyo y amor para seguir adelante.

A mi segunda casa, la casa de estudio la Universidad de Oriente, que ha sido parte fundamental en mi aprendizaje como profesional y además en lo personal.

A mis queridos compañeros de clases, con los que puede compartir momentos de alegría y de sana competencia en este camino de retos.

Ysleida C. Núñez C.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer este logro a Dios, por haberme dado la oportunidad de existir, la fuerza para continuar y la voluntad para llegar a este momento tan importante y feliz en mi vida.

A mi madre Nell Martínez por haberme dado todos los valores necesarios para ser quien soy hoy en día, por haber luchado cada día junto a mí y por creer ciegamente que si podía lograr mi meta. ¡Gracias mamá!

A mi padre Samuel Brown por apoyarme a su manera, por darme todo lo necesario para cumplir mis metas, por creer en mí y por ser un gran ejemplo a seguir. ¡Gracias papá!

A mi hermana Samanta Brown, simplemente por ser quien es y para que este logro sea para ti un ejemplo de que con constancia y dedicación todo es posible si se está dispuesto a luchar por un sueño. A mi hermana Erika Brown, por existir y para que recuerdes que por mas difícil que sea el camino, siempre se puede llegar a la meta.

A mi tío Freddy Brown por haber sido mi guía hace 4 años al iniciar mis estudios y darme la oportunidad de compartir su hogar; y a mis tíos Jacqueline Brown y Victor Brown por brindarme la ayuda que necesité en cada momento, incondicionalmente.

A Jowel Díaz quien es tanto un gran compañero como el más fiel de los amigos. Gracias por formar parte de este éxito del que te debo tanto y que sin ti hubiera sido más difícil. ¡Gracias por acompañarme en el camino!

A mis amigos y compañeros de estudio: Mayleen Mok, Estefanía Márquez, Luis Rodríguez, Cesar Martínez, Katherine Rabat y Victoria Mérida, quienes compartieron conmigo desde los inicios de ésta carrera, para la cual luchamos hasta el final. Gracias por todos estos años de experiencia que he logrado a su lado y que considero los mejores de mi vida.

A nuestro tutor académico, el Profesor Carlos Grus por habernos brindado su apoyo y conocimientos en un lapso de la carrera, y por convertirse en nuestro segundo papá durante la realización de este trabajo de grado. ¡Nunca lo olvidaré profe! A todos los profesores de la Universidad de Oriente por darnos todos los conocimientos necesarios para salir adelante en el ámbito profesional.

En último lugar y más importante, a Ysleida Núñez, mi compañera en todo, gracias por estar conmigo en gran parte de la carrera y por compartir día a día buenos y malos momentos. Deseo lo mejor para ti nucita, ¡lo logramos!

Rebeca M. Brown M.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a Dios por brindarme la maravillosa oportunidad de vivir llena de salud y triunfos, permitiéndome así, alcanzar satisfactoriamente esta importante meta, por ser mi guía y fortaleza en esta trayectoria, y además por haberme bendecido con excelentes seres que desde siempre me han apoyado, protegido, guiado hacia el buen camino, y por supuesto, brindando su infinito amor, ellos mis padres y demás familiares.

A mi amiga motivadora, maestra de las cosas bellas la vida, mi madre Ysleida Contasti, quien ha sido mi fuente de inspiración, por ser una mujer luchadora y siempre constante. Gracias mami por prepararme para afrontar estos retos con perseverancia y dedicación, y además aceptar los éxitos con humildad.

A mi amigo, mi buen consejero, mi padre Wilfredo Núñez, por impulsarme a dar este gran paso en mi vida venciendo los miedos, y con la fe de que sí se puede ante las adversidades. Gracias papá por tu motivación, comprensión y amor.

A mis demás familiares, quienes fueron pilares fundamentales para construir mi puente hasta este ansiado logro como lo es mi carrera profesional. Gracias a mi tía Nancy Rivas, por brindarme su amor y estar presente en los momentos en que necesite apoyo en esta ciudad, sobretodo en mis inicios en esta trayectoria. Gracias a mis hermanos, Gabriel Núñez y Sebastián Núñez por ser parte de mi vida, y contagiarme de sus alegrías en todo momento.

A nuestra casa de estudio la Universidad de Oriente y todos los profesores que con paciencia y esfuerzo nos han aportado los conocimientos necesarios para

formarnos como profesionales en esta vida. Sobre todo agradezco especialmente al profesor Carlos Grus, que asumió con responsabilidad y dedicación este trabajo de asesor académico, involucrándose en cada uno de los pasos en que avanzábamos para la culminación exitosa de este trabajo.

A todos mis compañeros de estudio, con quienes tuve la maravillosa oportunidad de compartir horas de clases, de esfuerzo, trabajo, y por supuesto de éxitos y satisfacción. A mis compañeras que desde el inicio fueron mi guía en esta etapa universitaria, como Diana De Almeida y Andrea Castillo, y por supuesto con quienes finalmente compartí mayor tiempo, disfrute buenos momentos y aprendí del compañerismo y a la vez la sana competencia: Mayleen Mok, Luis Rodríguez, Estefanía Márquez y Victoria Mérida.

Finalmente agradezco a mi Nucita, Rebeca Brown, quien ha sido mi compañera tanto en el trayecto de la carrera, como en éste tan importante logro como lo es el trabajo de grado. Gracias Rebe, por tu optimismo, paciencia y apoyo en todas las circunstancias de nuestra etapa de estudiantes. Te deseo de corazón lo mejor.

Ysleida C. Núñez C.

RESUMEN

El presente estudio se ha realizado con el fin de analizar el funcionamiento del sistema de drenaje de aguas de lluvias en el galpón de sala de ventas del Supermercado El Diamante, ubicado en la Avenida Andrés Bello, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. Con el objetivo principal de determinar si dicho sistema de drenaje, trabaja correctamente y de acuerdo a las capacidades y exigencias que amerita el galpón, para la protección de su estructura y resguardo de los bienes almacenados en el mismo. El desarrollo de este trabajo está guiado por los requerimientos de una investigación descriptiva con un diseño de campo, debido a que se estudian las características reales del sistema general de drenaje de agua de lluvia, mediante un proceso basado en la recopilación de información detallada de sus capacidades y características geométricas y físicas de cada uno de los elementos que la componen, el estudio de la precipitación, mediante la determinación de las curvas IDF de Ciudad Bolívar por el método Gumbel, el cual permitió obtener resultados exactos de intensidad de lluvia; el análisis, crítica e interpretación de datos como velocidad, gasto, entre otros, obtenidos en una serie de ensayos con modelos del sistema de drenaje, contruidos en base a las similitudes geométricas y dinámicas del modelo real estudiado, y aplicando la Ecuación de Bernoulli, para la posterior comparación de los datos con las tabla de datos de áreas mínimas de proyección horizontal en m^2 que pueden ser drenadas por bajantes de aguas de lluvias de diferentes diámetros para varias intensidades de lluvia, de acuerdo a lo establecido en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 4044 Extraordinario, Capítulo XXXI, De la recolección, conducción y disposición de aguas de lluvia.

CONTENIDO

Página

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	ix
CONTENIDO	x
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE TABLAS	xv
LISTA DE APÉNDICES	xvi
LISTA DE ANEXOS.....	xx
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.....	7
1.4 Alcance de la investigación.....	8
 CAPÍTULO II. GENERALIDADES	 9
2.2 Características físicas y naturales.....	9
2.2.1 Relieve.....	9
2.2.2 Límites	10
2.2.3 Clima.....	10
2.2.4 Vegetación.....	11
2.2.5 Fauna	11
2.2.6 Hidrografía de la zona.....	11
 CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	 12
3.1 Antecedentes de la investigación.....	12
3.2 Bases teóricas de la investigación	14
3.2.1 Galpones.....	14

3.2.1.1	Cerchas o armaduras de techo.....	16
3.2.1.2	Correas de techo.....	17
3.2.2	Intensidad.....	18
3.2.3	Curvas de Masas.....	19
3.2.4	Duración.....	19
3.2.5	Frecuencia.....	20
3.2.6	Relaciones de Intensidad - Duración – Frecuencia.....	21
3.2.7	Distribución de la Lluvia en el área.....	23
3.2.8	Aplicación de las Curvas IDF.....	23
3.2.9	Aplicación de las curvas IDF en Venezuela.....	25
3.2.10	Importancia de las curvas IDF.....	26
3.2.11	Fluido.....	26
3.2.12	Viscosidad.....	27
3.2.13	Presión.....	29
3.2.14	Tasa de Flujo de un fluido y la ecuación de continuidad.....	31
3.2.15	Conservación de la Energía. Ecuación de Bernoulli.....	32
3.2.16	Pérdidas de Energía.....	34
3.2.16.1	Fricción del Fluido.....	34
3.2.16.2	Válvulas y accesorios.....	35
3.2.17	Ecuación General de la Energía.....	35
3.2.18	Pérdidas menores según coeficiente de Resistencia.....	36
3.2.19	Pérdida en la entrada.....	36
3.2.20	Número de Reynolds.....	37
3.2.21	Número de Reynolds Críticos.....	38
3.2.22	Ecuación de Darcy.....	39
3.2.23	Pérdida por fricción en el flujo Laminar.....	40
3.2.24	Pérdida de Fricción en el Flujo Turbulento.....	41
3.2.25	Diagrama de Moody.....	42
3.2.26	Canal de recolección de agua de lluvia.....	44
3.2.27	Orificios.....	44
3.2.28	Capacidad de un orificio de pared delgada.....	45
3.2.29	Bajante de agua de lluvia.....	47
3.2.30	Similitud Dinámica.....	48
3.2.31	Semejanza. Estudio sobre modelos.....	50
3.2.32	Flujo en tuberías.....	51
3.3	Bases Legales.....	52
3.4	Definición de términos básicos.....	55
3.4.1	Bajante.....	55
3.4.2	Conducto de desagüe de aguas de lluvias.....	55
3.4.3	Gasto.....	55
3.4.4	Intervalo de bajante.....	55
3.4.5	Ramal de aguas de lluvia.....	56
3.4.6	Ramal de desagüe.....	56

3.4.7	Sistema de drenaje de agua de lluvia	56
3.4.8	Tubería de desagüe.....	56
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DEL TRABAJO		57
4.1	Tipo de investigación	57
4.2	Diseño de investigación	57
4.3	Población y muestra	58
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	59
4.4.1	Primera etapa de la investigación.....	59
4.4.2	Segunda etapa de la investigación.....	59
4.5	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	61
4.5.1	Análisis cualitativo de los datos.....	61
4.5.2	Análisis cuantitativo de los datos.....	62
4.6	Flujograma de la metodología y descripción del flujograma.....	62
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS		66
5.1	Selección de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) aplicables en la región.....	66
5.2	Calculo del caudal de agua de agua de lluvia que recibe el canal, utilizando las curvas IDF antes mencionadas.	67
5.3	Características geométricas y físicas de los componentes del sistema de drenaje existente en el galpón de sala de ventas.	70
5.4	Determinación de la capacidad hidráulica de los componentes del sistema de drenaje	75
5.4.1	Cálculo de la capacidad del orificio	76
5.5	Aplicación de la ecuación de Bernoulli para el cálculo de la capacidad del sistema.....	77
5.6	Consideraciones de la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 4044 Extraordinario, Capitulo XXXI, De la recolección, conducción y disposición de agua de lluvia.	79
5.7	Cálculo de los caudales máximos correspondientes a las áreas máximas de proyección horizontal en m ² que pueden ser drenadas por bajantes de aguas de lluvias.....	79
5.8	Modelación del sistema de drenaje del galpón del Supermercado El Diamante.	80
5.9	Características de los modelos físicos	81
5.10	Análisis de los resultados obtenidos de la modelación de cada sistema...	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		87
Conclusiones.		87
Recomendaciones.....		90

REFERENCIAS.....	91
APÉNDICES.....	92
ANEXOS	141

LISTA DE FIGURAS

	Página
3.1 Esquema de un galpón. (María Fratelli, 1991).....	15
3.2 Orificio de Pared Delgada.....	45
3.3 Atlas Pluviométrico. (Gaceta 4044 de la República Bolivariana de Venezuela).....	53
4.1 Flujograma de la metodología.....	65
5.1 Canal de recolección de agua de lluvia del galpón.....	71
5.2 Características del canal de recolección de agua de lluvia del galpón.....	72
5.3 Orificio de pared delgada presente en el galpón.....	73
5.4 Canal de recolección de agua de lluvia con orificio.....	73
5.5 Tubos de descarga del sistema de drenaje del galpón.....	75
5.6 Ubicación del valor de la profundidad al centro del orificio.....	76
5.7 Modelo del sistema de drenaje del galpón.....	78

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Valores de diseño de la rugosidad de tubos.....	42
3.2 Áreas mínimas de proyección horizontal en m ² que pueden ser drenadas por bajantes de aguas de lluvias de diferentes diámetros para varias intensidades de lluvia.....	54
5.1 Cálculo del área tributaria del techo.....	68
5.2 Cálculo del área de la pared.....	68

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A. CURVAS IDF (INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA) APLICABLES EN LA REGIÓN.....	93
A.1 Curvas intensidad-duración-Frecuencia calculadas por el método de Gumbel.....	94
A.2 Gráfico de Curvas IDF por método Gumbel para un Tr= 2 Años.....	95
A.3 Gráfico de Curvas IDF por método Gumbel para un Tr= 10 Años.....	96
A.4 Gráfico de Curvas IDF por método Gumbel para un Tr= 25 Años.....	97
A.5 Gráfico de Curvas IDF por método Gumbel para un Tr= 50 Años.....	98
A.6 Gráfico de Curvas IDF por método Gumbel para un Tr= 100 Años.....	99
B. FIGURAS PARA EL CÁLCULO DE LAS CAPACIDADES DE SISTEMA DE DRENAJE.....	100
B.1 Variación de los coeficientes de velocidad, contracción y gasto, con el número de Reynolds en un orificio circular.....	101
B.2 Diagrama de Moody.....	102
B.3 Coeficientes de resistencia de entrada.....	103
C. TABLAS PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA DE DRENAJE UTILIZANDO LA ECUACIÓN DE BERNOULLI.....	104
C.1 Propiedades del agua.....	105
D. CÁLCULO DEL CAUDAL DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL GALPÓN DEL SUPERMERCADO EL DIAMANTE UTILIZANDO LA ECUACIÓN DE BERNOULLI.....	106
E. CÁLCULO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS PARA LAS ÁREAS MÁXIMAS HORIZONTALES QUE PUEDEN SER DRENADAS POR BAJANTES DE AGUA DE LLUVIA DE DIFERENTES DIÁMETROS PARA VARIAS INTENSIDADES DE LLUVIA.....	111

E.1	Conversión de los valores de las áreas máximas para el cálculo de los caudales máximos.....	112
E.2	Conversión de las intensidades para el cálculo de los caudales máximos...	112
E.3	Caudales máximos drenados por las áreas máximas para distintas intensidades de precipitación en litros por segundo (lps).....	113
E.4	Caudales máximos drenados por las áreas máximas para distintas intensidades de precipitación en metros cúbicos por segundo (m ³ /s).....	113
E.5	Áreas máximas horizontales en metros cuadrados que pueden ser drenadas por bajantes de agua de lluvia de diferentes diámetros para variar intensidades de lluvia y sus respectivos caudales máximos.....	114
F.	MODELOS REPRESENTATIVOS DEL SISTEMA UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO, CON SU RESPECTIVA DENOMINACIÓN SEGÚN SU ORDEN DE EJECUCIÓN.....	115
F.1	Sistema de Orificio de diámetro ½”.....	116
F.2	Sistema de Orificio de diámetro ¾”.....	116
F.3	Sistema de drenaje 1 diámetro ½”.....	117
F.4	Sistema de drenaje 1 diámetro ¾”.....	117
F.5	Sistema de drenaje 2 diámetro ½”.....	118
F.6	Sistema de drenaje 2 diámetro ¾”.....	118
F.7	Sistema de drenaje 3 diámetro ½”.....	119
F.8	Sistema de drenaje 3 diámetro ¾”.....	119
F.9	Sistema de drenaje 4 diámetro ½”.....	120
F.10	Sistema de drenaje 4 diámetro ¾”.....	120
F.11	Sistema de drenaje 5 diámetro ½”.....	121
F.12	Sistema de drenaje 5 diámetro ¾”.....	121
G.	DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS DE LA REALIZACIÓN DE LOS MODELOS DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE.....	122
G.1	Datos obtenidos del experimento con orificios para diámetro ½”.....	123
G.2	Datos obtenidos del experimento con orificios para diámetro ¾”.....	123
G.3	Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 1, diámetro ½”.....	124
G.4	Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 1, diámetro ¾”.....	124
G.5	Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 2, diámetro ½”.....	125

G.6	Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 2, diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	125
G.7	Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 3, diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	126
G.8	Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 3, diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	126
G.9	Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 4, diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	127
G.10	Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 4, diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	127
G.11	Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 5, diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	128
G.12	Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 5, diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	128
H.	RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE A LOS EXPERIMENTOS PARA CÁLCULO DE LA VELOCIDAD Y EL CAUDAL PARA LOS SISTEMAS DE DRENAJE.....	129
H.1	Resultados obtenidos para orificios con diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	130
H.2	Resultados obtenidos para orificios con diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	130
H.3	Resultados obtenidos empleando el Teorema de Torricelli para el cálculo de la velocidad y la Ecuación de Continuidad para el cálculo del caudal, para orificios con diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	131
H.4	Resultados obtenidos empleando el Teorema de Torricelli para el cálculo de la velocidad y la Ecuación de Continuidad para el cálculo del caudal, para orificios con diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	132
H.5	Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 1, diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	133
H.6	Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 1, diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	133
H.7	Resultados obtenidos aplicando la ecuación de Bernoulli para el sistema de drenaje 1, diámetro $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ".....	133
H.8	Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 2, diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	134
H.9	Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 1, diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	134
H.10	Resultados obtenidos aplicando la ecuación de Bernoulli para el sistema de drenaje 2, diámetro $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ".....	134
H.11	Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 3, diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	135
H.12	Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 3, diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	135
H.13	Resultados obtenidos aplicando la ecuación de Bernoulli para el sistema de drenaje 3, diámetro $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ".....	135
H.14	Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 4, diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	136
H.15	Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 4, diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	136

H.16	Resultados obtenidos aplicando la ecuación de Bernoulli para el sistema de drenaje 4, diámetro $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ".....	136
H.17	Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 5 diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	137
H.18	Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 5, diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	137
H.19	Resultados obtenidos aplicando la ecuación de Bernoulli para el sistema de drenaje 5, diámetro $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ".....	137
I.	TABLAS COMPARATIVAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE FORMA EXPERIMENTAL Y APLICANDO EL TEOREMA DE TORRICELLI, LA ECUACIÓN DE CONTINUIDAD Y EL PRINCIPIO DE BERNOULLI.....	138
I.1	Comparación de resultados reales y teóricos para los orificios de diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	139
I.2	Comparación de resultados reales y teóricos para los orificios de diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	139
I.3	Comparación de resultados reales y teóricos para los diferentes sistemas de diámetro $\frac{1}{2}$ ".....	140
I.4	Comparación de resultados reales y teóricos para los diferentes sistemas de diámetro $\frac{3}{4}$ ".....	140

LISTA DE ANEXOS

- 1 MATERIALES UTILIZADOS PARA REALIZAR EL EXPERIMENTO CON EL ORIFICIO PARA DIAMETRO DE $\frac{1}{2}$ " Y $\frac{3}{4}$ "
- 2 EJEMPLO DE SISTEMA 3 DE DRENAJE EMPLEADO PARA EL ESTUDIO.
- 3 SISTEMA DE TUBOS Y CODOS UTILIZADOS PARA REALIZAR LOS EXPERIMENTOS.
- 4 EJEMPLO DE SISTEMA 1 DE DRENAJE UTILIZADO PARA REALIZAR LOS EXPERIMENTOS.
- 5 EJEMPLO DE SISTEMA 9 DE DRENAJE UTILIZADO PARA REALIZAR LOS EXPERIMENTOS.
- 6 EJEMPLO DE SISTEMA 11 DE DRENAJE UTILIZADO PARA REALIZAR LOS EXPERIMENTOS.
- 7 EFECTOS DEL MAL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE TECHO DEL GALPÓN DEL SUPERMERCADO EL DIAMANTE
- 8 INCORRECTA INSTALACIÓN DEL CANAL DE RECOLECCIÓN DE AGUA DE LLUVIA DEL GALPÓN DEL SUPERMERCADO EL DIAMANTE.
- 9 GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA N°4044 EXTRAORDINARIO, CAPITULO XXXI, DE LA RECOLECCIÓN, CONDUCCIÓN Y DISPOSICIÓN DE AGUAS DE LLUVIA

INTRODUCCIÓN

El drenaje constituye un factor imprescindible en el diseño de determinada edificación, ya que éste le proporciona la evacuación de las aguas provenientes de las lluvias que precipitan y corren por la superficie de las cubiertas de techo. Por lo que es de tal consideración, contar con un buen diseño del sistema de drenaje que garantice la seguridad y mantenimiento de las estructuras, evitando ser afectadas por las acciones degradantes del agua.

Para obtener éste buen diseño del sistema de drenaje, es necesario en primer lugar determinar ciertos factores o condiciones, que de un modo u otro alteren el pleno funcionamiento de los elementos del sistema. Entre los factores que podemos mencionar, se encuentran, en primer lugar, las dimensiones o extensiones de superficie de cubierta que desagua, y en segundo lugar, y el cual es muy poco apreciado en el cálculo de éstos sistemas, correspondería a las condiciones climatológicas de la localización, caracterizado principalmente por las intensidad, duración y frecuencia de las lluvias en determinada región.

El trabajo realizado se desglosa en diferentes capítulos:

Capítulo I. Situación a investigar: en esta fase de investigación se exponen los argumentos que respalden el planteamiento del problema central de este estudio. Así mismo, se definen tanto el objetivo general como los objetivos específicos que orientaron el desarrollo del trabajo, los alcances y justificación del mismo.

Capítulo III. Marco teórico: se recopila una serie de elementos conceptuales relacionados con el tema de la presente investigación que sirven de base al desarrollo de la misma.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: se explica la forma en que se desarrollará el estudio para poder dar respuesta al problema planteado, haciendo referencia al tipo y diseño de la investigación, población, muestra e instrumentos de recolección de datos, procesamientos y análisis de los mismos.

Capítulo V. Análisis e interpretación de resultados: aquí se hace referencia al desarrollo y resolución de cada uno de los objetivos que fueron planteados para la investigación. Comprende la interpretación de datos y el estudio detallado de cada resultado para finalmente obtener un conjunto de conclusiones.

Conclusiones y Recomendaciones: comprende el conjunto de ideas y afirmaciones a las que se llegaron como producto del trabajo de investigación realizado.

Finalmente se presentan los apéndices y anexos relacionados con los objetivos del tema a investigar que permiten ilustrar de manera sencilla alguno de los elementos empleados en el trabajo.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del Problema

Toda estructura, ya sea una vivienda, edificio, supermercado, centro comercial, entre otros, se encuentra provista de sistemas que permitan la recolección y conducción del agua de lluvia que cae y se acumula en el techo, así como también de su disposición final, es decir, la descarga de dicha agua hacia la superficie u otro sistema de recolección.

Dichos sistemas, conocidos también como sistemas de desagüe de agua de lluvia, están compuestos por un conjunto de elementos que cumplen la función principal de evitar la acumulación del agua que es producto de las precipitaciones y que si no se les da el trato adecuado puede provocar alteraciones en el funcionamiento del sistema y por lo tanto, daños severos a la estructura para la cual fue diseñado.

Entre los elementos que conforman un sistema básico de recolección de agua de lluvia para techos, se encuentran: en primer lugar, el canal de recolección el cual se encargará de recibir el agua afluente del techo que proviene de las precipitaciones y que será conducida en segundo lugar, hacia cada uno de los bajantes dispuestos en forma vertical mediante un orificio, para que finalmente el agua pase a través de la tubería de descarga y sea dispuesta según se requiera.

Para que dicho sistema trabaje de manera óptima y eficiente, es necesario que cada uno de los componentes antes mencionados, cumpla con una serie de parámetros y especificaciones que permitan plantear un diseño del sistema capaz de garantizar la conducción y disposición final del agua de lluvia que corre por el techo de la estructura. Sin embargo, frecuentemente se establecen diseños que no cumplen con los requisitos necesarios en cuanto a capacidad, por lo que se requiere realizar una evaluación de cada uno de los elementos del sistema para definir las posibles modificaciones que permitan obtener los resultados deseados.

Tal es el caso de los sistemas de drenaje de agua de lluvia en los galpones. Estas estructuras de gran envergadura, que ocupan extensas áreas libres y que son destinadas a almacenes y fábricas entre otros; presentan un sistema de desagüe similar al de cualquier edificación, es decir, dicho sistema se compone de forma general por un canal de recolección, un orificio, y un bajante o tubería de descarga. Regularmente los galpones se encuentran ubicados en áreas específicas para uso industrial como por ejemplo, las zonas más alejadas de la ciudad destinadas a fábricas, empresas, etc. No obstante, dichas estructuras también pueden estar ubicadas en la ciudad y funcionar como mercados de atención al cliente o para el simple almacenamiento de mercancía en general.

Cabe destacar que dependiendo de las limitaciones o especificaciones en el diseño, en cuanto al espacio o estructuras complementarias al galpón, se produce un aumento de las exigencias en cuanto a la ubicación y buen funcionamiento del sistema de drenaje puesto que de lo contrario, se vería comprometida tanto la estructura del galpón en cuestión como las estructuras adyacentes al mismo.

Como evidencia de esta situación se encuentra el galpón de sala de ventas del Supermercado El Diamante, ubicado en la Avenida Andrés Bello, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. Dicha estructura posee un sistema de drenaje interno debido a las

características antes mencionadas, específicamente, por el método de construcción empleado puesto que, en dicho galpón se extendieron las paredes perimetrales hasta más allá de la altura de la cumbrera. Cuando las precipitaciones en la región son intensas y de larga duración, el conjunto de elementos que componen el sistema de recolección y desagüe del agua de lluvia que se acumula en el techo del galpón, rebosa su capacidad produciendo que el agua que se encuentra en el canal se desborde y caiga en el interior de la estructura, trayendo como consecuencia que la mercancía almacenada en el mismo y las instalaciones como por ejemplo las oficinas, sufran un deterioro parcial.

Este inconveniente se presenta por diversos factores entre los cuales destacan en primer lugar la intensidad, velocidad, duración y frecuencia de las precipitaciones en la región, y en segundo lugar, que las dimensiones y cantidades de cada uno de los elementos que componen el sistema de drenaje, no resultan las adecuadas para satisfacer las necesidades de recolección y disposición del agua de lluvia.

Por tal motivo, se hace notar que si persiste ésta problemática, no solo se verá deteriorada la estructura interna del galpón, sus paredes perimetrales entre otras estructuras, sino que obviamente, la mercancía y oficinas presentes en éste galpón se verán dañadas por el flujo de agua que precipita hacia el interior de la edificación; traduciendo dichos perjuicios en notables gastos a la empresa, de tiempo y dinero, tanto para la contratación de personal capacitado para llevar a cabo el rediseño de un sistema de drenaje que sea óptimo, como para recuperar materiales, productos o mercancía afectados, que causaron pérdidas económicas a la empresa.

Es por ello, que debido a tal importancia, la presente investigación tiene por objeto central, realizar el análisis detallado de cada elemento en particular, para luego evaluar sus respectivos rendimientos y capacidades dentro del sistema general de drenaje de agua de lluvia del galpón de sala de ventas del Supermercado El

Diamante, ubicado en la Avenida Andrés Bello, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, de tal manera que permita obtener las relaciones y ajustes correspondientes para la conformación de todo el conjunto o sistema, que funcione a cabalidad, sin generar inconvenientes en cuanto a desbordamientos en los canales, y por siguiente la entrada de las aguas hacia el interior de la estructura.

Por lo tanto, de acuerdo a lo planteado anteriormente, surgen las siguientes interrogantes a la problemática:

¿Cómo deberá ser el sistema de drenaje de aguas de lluvias?, es decir, ¿Por cuántos elementos estará constituido?, ¿Cuáles serán las capacidades aptas de éstos elementos para lograr un óptimo funcionamiento en el sistema? Y si realmente ¿Será necesario tomar en consideración la intensidad, duración y frecuencia de las lluvias, en el diseño de éste sistema?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar el funcionamiento del sistema de drenaje de aguas de lluvias en el galpón de sala de ventas del Supermercado El Diamante, ubicado en la Avenida Andrés Bello, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar los componentes de un sistema de drenaje para agua de lluvia en techos de galpones.

2. Seleccionar las curvas IDF (Intensidad, Duración y Frecuencia) aplicables en la región.
3. Determinar la capacidad hidráulica de los componentes de un sistema de drenaje.
4. Calcular las características geométricas y físicas del sistema de drenaje existente en el galpón de sala de ventas.
5. Modelar el funcionamiento del sistema de drenaje de aguas de lluvia descrito en el objetivo anterior.

1.3 Justificación de la investigación

Los sistemas de drenaje de aguas de lluvia constituyen unidades primordiales para la recolección, conducción y descarga final de dichas aguas en los techos de los galpones. Su correcto diseño es importante para la protección de la estructura y resguardo de los bienes almacenados en el recinto.

El presente estudio se encuentra orientado hacia el análisis de los elementos que conforman el sistema de drenaje del galpón de sala de ventas del Supermercado El Diamante.

Con ésta investigación se pretende beneficiar, a aquellas empresas que posean galpones, ya sea para almacenamiento de las mercancías o el funcionamiento de sus oficinas, entre otras.

Por otra parte, constituyen un aporte teórico para todos aquellos investigadores que deseen obtener información en cuantos a los sistemas de drenajes de techo de las estructuras en general, y específicamente de los galpones.

1.4 Alcance de la investigación

Con esta investigación se busca hacer un análisis del funcionamiento del sistema de drenaje de aguas de lluvias en el galpón de sala de ventas del Supermercado El Diamante, ubicado en la Avenida Andrés Bello, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, específicamente de cada uno de los componentes de dicho sistema entre los cuales se encuentran los canales, tuberías de descarga, bajantes, entre otros. A medida que se avance en la investigación se desarrollaran una serie de objetivos que delimitaran el alcance del proyecto pudiendo así determinar las causas que permitirán establecer las posibles causas de las fallas que se presentan en la estructura ocasionando diversos inconvenientes tanto en el área de trabajo como en el área de almacenamiento del galpón a investigar.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área

Ciudad Bolívar es la capital del estado Bolívar, Venezuela, y se ubica en la parte norte de dicho estado, y en el margen derecho del río Orinoco. Sus coordenadas geográficas son: Latitud 8° 7'N y Longitud 63° 33'W. Por otro lado, el municipio Heres forma parte de uno de los 11 municipios que conforman al estado Bolívar. Se encuentra situado hacia la parte norcentral de la entidad; tiene una extensión de 5851 Km² y una población de 366.097 habitantes. Éste contiene 9 parroquias de las 37 que conforman a este estado, las cuales son las siguientes: Parroquia Agua Salada, Parroquia Catedral, Parroquia José Antonio Páez, Parroquia La sabanita, Parroquia Vista Hermosa, Parroquia Orinoco, Parroquia Panapana, Parroquia Zea y Parroquia Marhuanta.

2.2 Características físicas y naturales

2.2.1 Relieve

El área abarcada es una zona llana, con ondulaciones suaves que se encuentran cubiertas con hierbas y escasos arbustos, este relieve se debe que la ciudad se encuentra situada gran parte de ella sobre rocas ígneas y metamórficas en cercanías al río Orinoco.

2.2.2 Límites

El municipio Heres limita al Norte con el río Orinoco, en el Sur, limita con el municipio Raúl Leoni, al Este limita con los municipios Caroní y Piar, finalmente, al Oeste con el municipio Sucre. Ciudad Bolívar, está constituido por las parroquias: Catedral, Agua Salada, Sabanita, Vista Hermosa, Marhuanta, José Antonio Páez, Orinoco, Panapana y Zea.

2.2.3 Clima

El clima es tropical, muy cálido aunque varía según las zonas; así, las áreas bajas presentan unas altas temperaturas. Donde la temperatura media anual (Max-Min): Entre 27° y 31° C.

Los vientos predominantes son los alisios del noreste, y los alisios del sureste. Con una velocidad del viento de 14 km/h con ráfagas de viento de 34 km/h una dirección de 29° en la coordenada NE. Ciudad Bolívar presenta una fuerte evaporación, llegando a los 1.022 mm anuales.

La pluviosidad está representada por los periodos de lluviosidad que van desde el mes de abril y sequía desde el mes de diciembre hasta abril, estos altos montos pluviométricos favorecen la presencia de ríos de gran caudal como el Orinoco y otros de menor caudal como el Orocopiche, Marcela, La Candelaria, etc.

2.2.4 Vegetación

La vegetación es, en un resumen, una típica vegetación guayanesa-amazónica en el cual, vemos la vida de varios seres, tanto como plantas, como animales, estos son típicos en la Guayana principalmente, y minoritariamente típicos del amazonas, pero, algo interesante, es que Ciudad Bolívar se ve relativamente industrializado, tiene una gran cantidad de plantas como animales, tanto afuera como adentro de la ciudad. Se pueden contemplar morichales, chaparrales. Especies como árboles Carob, la sarrapia, el merecure, entre otros.

2.2.5 Fauna

La fauna de la región es una de la más rica y variada del país. Hay una inmensa gama de mamíferos, desde pequeños monos a grandes felinos como el jaguar, el león y el puma, dantas, lapas, chigüires , osos, también reptiles, anfibios como la baba, el caimán del Orinoco, tortugas, morrocoyes, anacondas, tragavenados y una gran diversidad de culebras. Aves como la hermosa guacamaya, tucanes, loros, pericos, paujés, etc. Peces, desde el temido caribito o piraña, pasando por el temblador y los comestibles como el sabroso pavón, bagres, guabina y otros.

3.2.6 Hidrografía de la zona

La región de Ciudad Bolívar se encuentra representada por una de las mayores reservas de agua dulce del mundo, como es el caso del río Orinoco y a su vez la gran cantidad de afluentes que desembocan en él.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Montilla y Pereira. (2012), en su Trabajo de Grado titulado “Modelado hidrológico de curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para Ciudad Bolívar. Municipio Heres del Estado Bolívar- Venezuela”, plantean la construcción mediante formulas y programas computarizados, de las curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia aplicables en el municipio.

Dicho trabajo consistió en muestreos sobre el pluviógrafo respectivo ubicado en el MPPPA de Ciudad Bolívar, con el fin de obtener las intensidades máximas por año, para las duraciones de 24, 12, 9, 6, 3, 2, 1 hora, y 30 minutos; las bandas estudiadas fueron bandas semanales. Los datos se llevaron a intensidad horaria y para cada duración se ajustaron la función de Gumbel y Log Pearson tipo III. Luego, se construyeron las curvas IDF para los períodos de retorno 5, 20, 50, 100, y 200 años.

Esta investigación proporciona las bases necesarias para el cálculo de las curvas, bien sea por el método de Gumbel o por Log Pearson así como también, las graficas necesarias para su posterior utilización en la determinación de la intensidad para un periodo de tiempo dado.

Ramírez, Ghanem y Lárez. (2006), desarrollaron un trabajo que llevó por nombre “Estudio comparativo de los diferentes métodos utilizados para la predicción de intensidades máximas de precipitación para el diseño adecuado de estructuras hidráulicas”. El objetivo principal de este trabajo de investigación fue comparar los diferentes métodos utilizados en la predicción de intensidades máximas de precipitación, para el diseño de estructuras hidráulicas, para lo cual se aplicaron el método de Gumbel, Log-Pearson Tipo III y método Gráfico a un grupo de doce estaciones pluviográficas de la región Oriental del país.

La metodología utilizada para efecto del desarrollo del estudio tomó como base una investigación documental y de campo, donde concluyeron que al comparar los diferentes métodos aplicados, se obtuvo que los valores mayores de intensidades máximas de precipitación se alcanzaron para los períodos de retorno de 2, 5 y 10 años a partir de los métodos Gumbel y Log-Pearson Tipo III, y para los períodos de retorno de 25, 50 y 100 años a partir del método Gráfico. Estos resultados sugieren que los métodos Gumbel y Log-Pearson Tipo III son aplicables para períodos de retorno menores a 25 años, para períodos de retorno mayores a 25 años debería utilizarse el método Gráfico.

El aporte de este estudio hacia nuestra investigación es necesario porque se pudieron observar la aplicación de varios métodos fundamentales específicamente para diferentes períodos de retorno, donde se aclara que los métodos mejor sugeridos son Gumbel y Log-Pearson Tipo III para el tratamiento de estos datos y la obtención de las curvas IDF. A su vez, determinaron la importancia del cálculo de las intensidades de lluvia en el cálculo de estructuras hidráulicas.

3.2 Bases teóricas de la investigación

En relación a las bases teóricas referente a Galpones, Fratelli, M. (1999) en su libro llamado “Proyectos estructurales de Acero”, señala:

3.2.1 Galpones:

Se designan por galpones las construcciones de una sola planta y forma rectangular, que cubren grandes áreas libres y se destinan a depósitos, fábricas, almacenes, hangares, cuarteles, talleres o mercados, otros. La estructura metálica del techo de los galpones consiste en cerchas o armaduras de luz L, colocadas a distancias “s” entre sí y con los extremos apoyados en columnas, pilares o muros de mampostería, contruidos con ladrillos macizos o bloques huecos de concreto o arcilla.

Uniando los nodos del cordón superior de las cerchas paralelas, se colocan vigas de techo llamadas correas, que resultan los soportes longitudinales de la cubierta, la cual está materializada generalmente por láminas onduladas de zinc, hierro galvanizado, asbesto cemento o aluminio, etc. para algunos tipos usuales en el mercado. Las cerchas o armaduras pueden tener pendiente simple o doble, en cuyo caso se designan por cubierta a dos aguas. La correa superior colocada en el quiebre del techo se conoce por cumbrera, y las correas inferiores, en contacto con las paredes laterales, son las vigas de alero. En la figura 3.1 se muestra un esquema de los miembros estructurales que conforman un galpón.

Los galpones pueden tener paredes resistentes de cerramiento, longitudinales y transversales, o muros perimetrales, en toda su altura, del pavimento a las vigas de alero, capaces de resistir las cargas gravitacionales del techo y las fuerzas laterales debidas al viento o sismo.

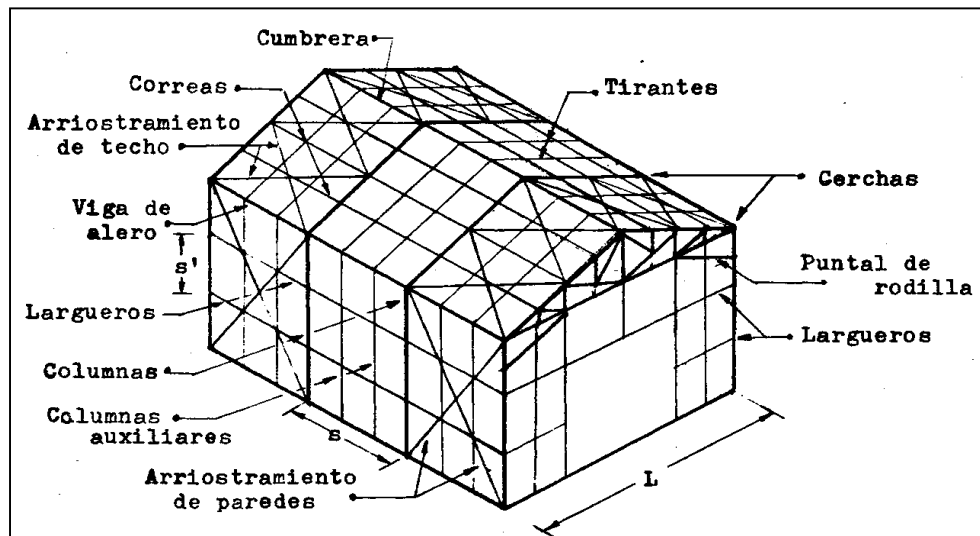


Figura 3.1. Esquema de un galpón. (María Fratelli, 1991).

En algunos casos, sin embargo, la rigidez de estas paredes es insuficiente, por ejemplo cuando los muros son livianos de bloques huecos o cuando los cerramientos son las mismas láminas onduladas de la cubierta, y las cerchas deben apoyar en columnas perimetrales que llevan las cargas a las fundaciones. Se deben colocar por lo tanto, vigas de pared llamadas largueros, sobre los cuales descansan las paredes o los cerramientos.

Estos largueros a su vez apoyan en las columnas, pero si la distancia “s” entre ellas es excesiva, se colocan columnas auxiliares intermedias o parales, que brindan apoyos adicionales a los largueros. Estos parales conectan su cabeza a las vigas de alero y su base al encadenado de la fundación.

Para asegurar la estabilidad del conjunto, los galpones deben estar provistos de arriostramientos en las direcciones longitudinal y transversal, en planos horizontales, verticales e inclinados según la pendiente de la cubierta, con lo cual se logra que la construcción adquiera rigidez suficiente para resistir las fuerzas exteriores. Aún cuando se coloquen paredes perimetrales suficientemente rígidas, es conveniente

suministrar adecuado arriostramiento a los galpones, mediante barras cruzadas conocidas como cruces de San Andrés.

3.2.1.1 Cerchas o armaduras de techo: las cerchas constituyen la estructura resistente sobre las que apoyan las correas, la cumbrera y las vigas de alero. Para diseñar una cercha se debe escoger:

- La forma de los cordones superior e inferior
- La altura de la cercha
- La ubicación de las diagonales y montantes
- El tipo de apoyos

A veces esta decisión depende de las limitaciones de espacio, de ventajas económicas o de exigencias constructivas. La forma de los cordones puede ser curva, plana, quebrada o inclinada.

Las armaduras de cuerdas paralelas son más comunes en puentes. En techos de galpones, el drenaje, la iluminación y la ventilación resultan generalmente definitivos en la elección de la inclinación del cordón superior, o en la colocación de lucernarios cenitales.

Generalmente el cordón inferior de las armaduras de techo es horizontal, pero se lo suele construir quebrado cuando la altura libre requerida en el centro del galpón es considerable, y se mantiene en un mínimo la altura de las paredes perimetrales, por razones de economía. Cuando la luz L de las cerchas es pequeña, no superando los 8 metros, se las arma usualmente en el taller y se las transporta completas a la obra.

En cerchas de 12mt o más de luz, se suele dar una contra-flecha en la mitad de la luz al cordón inferior de $L/300$ para que la deflexión debida al peso propio no haga lucir la armadura como combada. Esta contra-flecha se logra acortando convenientemente los correspondientes montantes y diagonales concurrentes a los nodos centrales.

3.2.1.2 Correas de techo: las correas constituyen los apoyos de las láminas de cerramiento del techo de los galpones, a las cuales se sujetan con ganchos. Las longitudes comerciales de las láminas determinan la distancia máxima permisible entre correas, y con ello la óptima ubicación de los nodos de las cerchas.

En armaduras con el cordón superior en pendiente, las correas se colocan apoyadas en los nodos de la armadura. Las secciones usuales en que se materializan las correas son vigas I, canales o vigas armadas prefabricadas de alma calada, cuando la luz entre cerchas es considerable.

Debido a la inclinación del techo, las cargas gravitacionales originan flexión biaxial en las correas. Para absorber la componente tangencial de las cargas del techo que actúan según la dirección débil del perfil de las correas, se colocan tensores o tirantes intermedios. Dependiendo de la luz de las correas y del tipo de cubierta, se coloca uno o varios tirantes que se anclan en la viga de cumbrera o en las cerchas.

Las correas se diseñan como simplemente apoyadas en las cerchas, si bien son vigas continuas que se sueldan entre sí sobre los nados, y con el ala superior del perfil del cordón superior de la cercha donde descansan. Las correas resisten la acción del viento, que se supone siempre actuando perpendicular a la superficie donde actúa, originando presión o succión, según la dirección del viento y la inclinación del techo.

En regiones donde existe poca o ninguna nieve, su efecto no se toma en cuenta, pero es exigencia que en la mitad, de la luz de las correas, se aplique una carga $P=100$ Kg, correspondiente al peso por montaje o maquinas.

Las cargas gravitacionales y de viento que actúan sobre la cubierta, son uniformemente distribuidas, y cada correa resiste la magnitud correspondiente a su área tributaria. La luz de las correas corresponde a la separación s entre cerchas paralelas, que varía de 3 a 8 m, dependiendo de la luz L de la armadura de techo.

Con respecto a las Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF), Sánchez A. (1981), en su Trabajo Final de Grado llamado “Estudios de Intensidad, Duración, Frecuencia de Precipitación Pluvial para Ciudad Bolívar y sus alrededores, establece:

3.2.2 Intensidad

A menudo se observa en un aguaceros diferentes formas de manifestarse, de acuerdo a la mayor o menor cantidad de agua que precipita en un determinado lapso de tiempo; se dice comúnmente que llueve suave o fuerte, estos términos con los cuales se describe la forma como ocurre la precipitación es en cierto modo una medida de la intensidad de la lluvia. En términos técnicos, la intensidad se define como “el volumen de agua que precipita por unidad de tiempo” y generalmente se expresa en unidades de mm/hora, mm/min, mm/seg/Ha ó Lts/seg/hora.

Existen varias maneras de determinar la intensidad de una lluvia, si se trata de un pluviómetro, debe anotarse la hora de comienzo y el fin del aguacero. Sería también deseable cualquier otro dato complementario como una lectura intermedia. Con estos datos se puede elaborar una curva de masas (lluvias vs. Tiempo) la cual es más fácil de elaborar cuando se trata de un pluviómetro registrador, puesto que se puede obtener de las gráficas la precipitación registrada en función del tiempo. Se

puede también determinar la intensidad mediante el análisis de la lluvia para agruparla en períodos cortos determinando sus incrementos respecto al tiempo y obteniendo las intensidades máximas que luego se plotean para dibujar curvas de intensidad y frecuencia.

3.2.3 Curvas de Masas

Una curva de masa es la representación grafica de la precipitación durante el periodo en que ocurrió, tomando las unidades de tiempo como se deseen. La curva de masa revela la posición de los periodos máximos de lluvia y de los periodos continuos, lo cual es de sumo interés cuando se elaboran mapas isoyéticos de incrementos de lluvia, o cuando se determinan gastos picos en cuencas pequeñas.

El criterio que se sigue para la elaboración de las curvas de masa es el de agrupar las estaciones de regímenes de lluvia parecidos, así como las que están sujetas a las mismas influencias orográficas. Se debe tener en cuenta que el patrón de las curvas de masa elaborada con los datos de un cántaro debe acomodarse al patrón definido por los datos de un pluviómetros registrador o pluviógrafo.

3.2.4 Duración

La duración de las lluvias es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, este final puede ser el total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos. La lluvia según su duración puede denominarse como cortas, cuando la duración es menor de 120 minutos, y larga, cuando es mayor de 140

minutos. La intensidad de las lluvias depende de la duración de éstas, teniendo las lluvias de corta duración generalmente intensidades mayores que las de larga duración.

3.2.5 Frecuencia

El factor frecuencia es determinante al considerar la definición de “lluvias más intensas” porque la ocurrencia de éstas no sigue un mismo patrón. La frecuencia, cuando se aplica a los fenómenos meteorológicos no significa que dichos fenómenos ocurrirán con intervalos regulares, sino que se limita a evidenciar la posibilidad que un evento se produzca dentro de un cierto intervalo de tiempo. En nuestro caso específico, la frecuencia nos indica que si contamos con un registro de un número de años, puede pronosticarse una lluvia de cierta intensidad y duración, que podrá ser alcanzada o excedida en ese cierto número de años.

El análisis de frecuencia y las conclusiones a que se llegan son muy particulares para la región en estudio, porque la lluvia es un fenómeno de mucha variabilidad y por consiguiente dependerá del número de años observados y su aplicabilidad dependerá del criterio del ingeniero. La frecuencia está relacionada con la intensidad y a duración de la lluvia y se han determinado relaciones entre esas variables que sirven de ayuda invalorable en la solución muchos problemas de ingeniería hidráulica.

Para estudiar la frecuencia cuando se cuenta con un número suficiente de datos, se toman los registros de las lluvias importantes de una estación, se arreglan en orden de magnitud decreciente el valor más alto se le asigna a un número de orden “n” igual a uno, éste será el valor que ocurrirá una vez en el número de años de registro, el

segundo valor, de orden de magnitud $n-2$, será el que ocurra dos veces durante el período o una vez en la mitad de tal período, el 3er valor, de orden de magnitud $n-3$, será el que ocurra tres (3) veces durante el período y así sucesivamente, es decir, que el período de recurrencia será igual a:

$$Tr = \frac{n + 1}{n} \quad (3.1)$$

Donde:

n = Número de años de registro.

Se pueden hacer estimaciones de frecuencia para varias estaciones ubicadas en un área determinada y para duraciones determinadas, plotear esos valores en un mapa de la región y trazar isolineas de igual frecuencia, de donde, mediante interpolación, se pueden estimar valores para puntos sin medición. La técnica más común en Venezuela para el análisis de frecuencia es el Método de Gumbel; el mismo se basa en la distribución de valores extremos.

3.2.6 Relaciones de Intensidad - Duración – Frecuencia.

Las relaciones entre la intensidad de la lluvia, el tiempo durante el cual ocurre y la frecuencia con la cual se repite son de gran interés para el ingeniero. Las dimensiones de obras, tales como drenajes, aliviaderos, canales, etc., se basan en la predicción de las variables anteriores, sin embargo, debe tenerse criterio para le

desarrollo y empleo de estas relaciones de acuerdo a la seguridad y la economía de las obras.

Para el desarrollo de las relaciones mencionadas, deben observarse ciertas normas:

1. La lluvia de una estación determinada puede tomarse como una lluvia puntual aplicable a un área circundante pequeña de alrededor de 3 Km^2 , sin embargo, en nuestro medio, que es una región tropical, los fenómenos son tan locales que debe tenerse cuidado en la aplicación rígida de esta norma.
2. La frecuencia de ocurrencia de una cantidad de lluvia sobre un area determinada, es difícil de determinar con un grado de certeza suficiente cuando los datos disponibles son pocos y las lluvias son de corta duración.
3. El concepto de frecuencia de una cierta cantidad de lluvia de una intensidad determinada, se expresa mejor con el término “Intervalo de Recurrencia”, es decir el periodo de T_r años necesarios para que el evento sea igualado o excedido una vez.
4. La frecuencia promedio no significa periodicidad, o sea, que el valor esperado una vez cada 50 años no ocurrirá exactamente cada 50 años.

El concepto de frecuencia es muy incierto para tomarlo al pie de la letra; cuando se trata de resolver problemas que incluyan la frecuencia, se recomienda el estudio a fondo de los pluviograma y el buen criterio basado en los propósitos que ha de cumplir la obra a proyectarse en lugar de utilizar el criterio matemático estricto. Como los conocimientos actuales y los datos disponibles son reducidos, las frecuencias probables están restringidas a la extensión en el tiempo de los datos de una estación determinada.

3.2.7 Distribución de la Lluvia en el área.

Frecuentemente la densidad de las estaciones disponibles en una cuenca no es suficiente para permitir el trazado de isoyetas con el objeto de estimar la lluvia media sobre la misma, lluvia ésta que, especialmente, es menor que la puntual medida por alguna estación cercana al centro de la tormenta, esto obliga a recurrir a la transposición de un factor de reducción de la lluvia en el área, partiendo de una lluvia puntual medida de la cuenca. Se traspone entonces, de otra cuenca a la región similar, una curva de altura de lluvia vs. área. El factor de reducción se puede estimar también a partir de algún patrón isoyético en la misma cuenca. Es de notar cómo una característica del clima tropical, el registro de crecimiento de la intensidad de la lluvia promedio con el aumento del área, de tal forma que a las 3 horas se obtiene un 80% de la lluvia de 24 horas.

La elaboración de estas curvas es sencilla y solo requiere dibujar el mapa isoyético de la tormenta, determinar las áreas encerradas por las isoyetas partiendo del centro de la lluvia en forma progresiva hasta cubrir toda la cuenca, calcular la lluvia media correspondiente a cada área y luego plotear los porcentajes de esas lluvias medias respecto a la puntual en el centro, contra las áreas correspondientes.

Según Chow, V. (1994), en su libro Manual de Hidrología Aplicada, indica lo siguiente:

3.2.8 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 que no posee 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 deben 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 lluvia que deben usarse. 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 las frecuencias o períodos de retorno. Esta relación se denomina curvas IDF, que son determinadas para cada sitio en particular.

Los datos suministrados por estas curvas son fundamentales en el diseño de numerosas obras de ingeniería, así son útiles en el diseño de obras de riego planificadas, para el cálculo de los drenajes de alcantarillas, carreteras, ferrocarriles, de calles, aeropuertos y pistas de aterrizajes, campos deportivos y en todos aquellos sitios donde el agua acumulada ponga en peligro la infraestructura de una obra de ingeniería.

En obras de acueductos y cloacas, para la determinación de períodos de concentración de hoyas. En el diseño de puentes y aún en las viviendas para el cálculo de las superficies de techos a drenar. En protección de inundaciones y canalizaciones de ríos. En el drenaje de estacionamientos y otras aplicaciones de acuerdo a la durabilidad de la obra a servir.

3.2.9 Aplicación de las curvas IDF en Venezuela

Es importante mencionar, que a nivel nacional son muy pocos los estudios relacionados con el diseño de las curvas IDF, siendo esta relación de vital importancia para la planificación hidrológica del país.

En Venezuela, el más utilizado es el método de Gumbel, sin embargo, el de Log-Pearson Tipo III tiene buena aceptación.

Actualmente, debido a la gran cantidad de precipitaciones repentinas ocurridas en todo el territorio nacional muchas universidades y entes dedicados a la hidrología se han tomado la tarea de realizar este estudio tan importante, principalmente para el resguardo de toda la población que vaya hacer afectada por estas precipitaciones otro punto esencial y no menos importante es la obtención de valores de estas curvas es el diseño y ejecución de obras hidráulicas en nuestro país. . (Fuente: Archivos MPPPA. Ciudad Bolívar estado. Bolívar, 2002).

Por fuente del misterio del ambiente los principales estados con mayor información acerca de estas curvas son Carabobo, Aragua y Cojedes que tienen un amplio estudio de este contexto, debido a que son estados altamente vulnerables a precipitaciones intensas de largas duraciones. Otro estado con el estudio de esta información es Mérida que tiene una facultad encargada de este estudio, los demás estados tienen esta información desactualizada o carecen de ella en su totalidad. (Fuente: Archivos MPPPA. Ciudad Bolívar estado. Bolívar, 2002).

3.2.10 Importancia de las curvas IDF

Hoy en día las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), siguen siendo una de las herramientas más utilizadas en la estimación de caudales de diseño, especialmente en el diseño de obras de drenaje de vías y alcantarillados pluviales en las zonas urbanas y rurales y en la estimación de las tormentas de diseño en sitios donde, debido a la falta de información de caudales, es necesario recurrir a los modelos lluvia escorrentía para el cálculo de los caudales máximos.

Las intensidades máximas de la lluvia en distintos intervalos de tiempo en un mismo sitio y con distintas probabilidades de excedencia o períodos de retorno, se resumen en las IDF. La precipitación exhibe una gran fluctuación tanto en el espacio como en el tiempo. Gracias a las nuevas tecnologías para el registro de la precipitación, ha sido posible identificar las características no lineales de este fenómeno y su estructura de variabilidad espacial. (Fuente: Archivos MPPPA. Ciudad Bolívar estado Bolívar.2002).

En referencia al flujo de fluidos en tuberías, Mott, R. (2006), en su libro “Mecánica de Fluidos” indica:

3.2.11 Fluido

Es una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a una tensión de cortadura, por muy pequeña que esta sea. Una fuerza cortante es la componente tangente a la superficie de la fuerza y esta fuerza, dividida por el área de la superficie es la tensión de cortadura media sobre el área considerada. La tensión de

cortadura en un punto es el límite del cociente de la fuerza cortante por el área cuando se reduce a cero en el punto.

Los fluidos están sujetos a variaciones grandes de presión en función del sistema en el que se utilizan. La leche contenida en un vaso se halla a la misma presión que ejerce el aire sobre ella. El agua, en un sistema de tuberías doméstico. Esta a una presión más grande que la atmosférica para que salga con rapidez del grifo. Con frecuencia almacenamos gases como el oxígeno, nitrógeno y helio en cilindros muy resistentes a presión alta para permitir que haya una cantidad grande en un volumen relativamente pequeño. También es frecuente que en las estaciones de servicio y manufactura utilicemos aire comprimido, para operar herramientas o inflar llantas.

Dichos fluidos pueden ser líquidos o gases. Si un líquido se almacena en un contenedor, tiende a adoptar la forma de este, y cubre el fondo y las paredes laterales. La superficie, en contacto con la atmósfera, mantiene un nivel uniforme. Cuando el contenedor se inclina, el líquido tiende a derramar. Si se mantiene un gas a presión en un recipiente cerrado, tiende a expandirse y llenarlo por completo. Si el contenedor se abriera, el gas tendería a expandirse aun más y a escapar de él.

3.2.12 Viscosidad

De todas las propiedades del fluido, esta es la que requiere mayor atención en el estudio del movimiento del fluido. La naturaleza y características de la viscosidad se estudian en este número, así como sus dimensiones y los factores de conversión de viscosidades absolutas y cinemáticas de unas unidades a otras. La viscosidad es la propiedad del fluido en virtud de la cual ofrece resistencia a las tensiones de

cortadura. Las melazas y el alquitrán son ejemplos de líquidos muy viscosos, el agua y el aire son fluidos poco viscosos.

La viscosidad de un gas aumenta con la temperatura mientras que la viscosidad de un líquido disminuye con la temperatura. Este distinto comportamiento con las variaciones puede explicarse examinando las causas de la viscosidad. La resistencia de un fluido a la tensión de cortadura depende de su cohesión y del grado de transferencia de cantidades de movimiento de sus moléculas. Un líquido con moléculas mucho más cercanas que un gas, tiene unas fuerzas de cohesión mayores que este.

El hecho de que el esfuerzo cortante en el fluido sea directamente proporcional al gradiente de velocidad se enuncia en forma matemática así:

$$\tau = \eta (\Delta_v / \Delta_y) \quad (3.2)$$

Donde a la constante de proporcionalidad η se le denomina viscosidad dinámica del fluido. En ocasiones se emplea el término viscosidad absoluta y realizando el despeje correspondiente resulta:

$$\eta = \frac{\tau}{\Delta_v / \Delta_y} \quad (3.3)$$

Muchos cálculos de la dinámica de fluidos involucran la razón de la viscosidad dinámica en la densidad del fluido. Por conveniencia, la viscosidad cinemática ν se define como:

$$\nu = \eta/\rho \quad (3.4)$$

Debido a que η y ρ son propiedades del fluido, ν también es una propiedad.

3.2.13 Presión

La fuerza normal que actúa sobre un área plana dividida por el área es la presión media. La presión en un punto es el límite del cociente de la fuerza normal por el área, cuando el área tiende a cero en el punto. Si un fluido ejerce una presión contra las paredes de un recipiente, entonces el recipiente ejercerá una reacción sobre el fluido que será de compresión.

Los líquidos pueden soportar presiones de compresión muy elevadas, pero a menos que sea extremadamente puros, son muy débiles frente a la tracción. La presión tiene unidades de fuerza por unidad de área (kg/cm^2 o kg/m^2). También se puede expresar en función de una longitud equivalente.

Al hacer cálculos que involucren la presión de un fluido, se deben efectuar relación con alguna presión de referencia. Es normal que la atmosférica sea la presión de referencia. Así, la presión que arroja la medición del fluido se llama presión manométrica. La presión que se mide en relación con un vacío perfecto se denomina presión absoluta. Tiene importancia extrema que se conozca la diferencia entre estas dos maneras de medir la presión, para poder convertir una en la otra. Para facilitar el entendimiento de estos términos, se tienen los siguientes conceptos básicos:

1. Un vacío perfecto es la presión más baja posible. Por tanto, una presión absoluta siempre será positiva.
2. Una presión manométrica superior a la presión atmosférica siempre es positiva.
3. Una presión manométrica inferior a la presión atmosférica es negativa y en ocasiones se llama vacío.
4. Una presión manométrica se expresara en las unidades de Pa (man) que significa Pascal para presión manométrica.
5. La presión absoluta ha de expresarse en las unidades de Pa (abs) que significa Pascal para presión absoluta.
6. La magnitud de la presión atmosférica varía con la ubicación y condiciones climáticas. La presión barométrica, como la que se emite en los reportes del clima, es un indicador de la variación continua de la presión atmosférica.

Existe una cierta relación entre la presión y la elevación; entendiéndose la elevación como la distancia vertical entre un nivel de referencia y un punto de interés. La elevación siempre se mide en forma positiva en dirección hacia arriba. En otras palabras en un punto más elevado tiene una elevación mayor que otro más bajo.

En un líquido homogéneo en reposo el cambio de presión debido a un cambio en la elevación, se calcula por medio de:

$$\Delta_p = \gamma h \quad (3.5)$$

Donde Δp es el cambio de presión, γ es el peso específico del líquido y h es el cambio de elevación.

Algunas conclusiones generales de esta ecuación son las siguientes:

1. La ecuación sólo es válida para un líquido homogéneo en reposo.
2. Los puntos en el mismo nivel horizontal tienen la misma presión.
3. El cambio en la presión es directamente proporcional al peso específico del líquido.
4. La presión varía en forma lineal con el cambio en la elevación o profundidad.
5. Una disminución de la elevación ocasiona un incremento de la presión.
6. Un incremento en la elevación provoca una disminución de la presión.

3.2.14 Tasa de Flujo de un fluido y la ecuación de continuidad

La cantidad de fluido que pasa por un sistema por unidad de tiempo puede expresarse por medio de tres términos distintos:

Q = El flujo volumétrico es el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

W = El flujo en peso es el peso específico que circula en una sección por unidad de tiempo.

M = El flujo másico es la masa de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

El flujo volumétrico Q es el más importante de los 3 y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = A.v \quad (3.6)$$

Donde:

A = Área de la sección.

v = Velocidad promedio del flujo.

Al consultar el Sistema Internacional, obtenemos las unidades de Q del modo siguiente:

$$Q = Av = m^2 \times \frac{m}{s} = \frac{m^3}{s} \quad (3.7)$$

3.2.15 Conservación de la Energía. Ecuación de Bernoulli

En el análisis de un problema de tubería, se toman en cuenta las siguientes energías:

1. *Energía Potencial.* Debido a su elevación, la energía potencial del elemento en relación con algún nivel de referencia es:

$$EP = wz \quad (3.8)$$

Donde:

w = Peso del elemento.

2. *Energía Cinética.* Debido a su velocidad, la energía cinética del elemento es:

$$EC = \frac{wv^2}{2g} \quad (3.9)$$

3. *Energía de Flujo.* También llamada energía de presión o trabajo de flujo, y representa la cantidad de trabajo necesario para mover el elemento de fluido a través de cierta sección contra la sección p . La energía de flujo se abrevia EF y se calcula por medio de

$$EF = wp/\gamma \quad (3.10)$$

Entonces, la cantidad total de energía de estas tres forma que posee el elemento de fluido es la suma E .

$$E = EF + EP + EC$$

$$E = wp/\gamma + wz + wv^2/2g$$

Evaluando un elemento de fluido que se mueve en dos secciones, con valores de p , z y v diferentes, se igualan las sumatorias de energías en ambas secciones, y se dividen entre el peso del elemento, por ser éste común a todos los términos, finalmente dando como resultado la Ecuación de Bernoulli:

$$\frac{p_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (3.11)$$

Cada término de la ecuación de Bernoulli es una forma de energía que posee el fluido por unidad de peso del fluido que se mueve en el sistema.

3.2.16 Pérdidas de Energía

3.2.16.1 Fricción del Fluido: un fluido en movimiento presenta resistencia por fricción al fluir. Parte de la energía del sistema se convierte en energía del sistema se convierte en energía térmica, que se disipa a través de la paredes de la tubería por la que circula el fluido. La magnitud de la energía que se pierde depende de las propiedades del fluido, velocidad del flujo, tamaño de la tubería, acabado de la pared de la tubería y longitud de la misma.

3.2.16.2 Válvulas y accesorios: los elementos que controlan la dirección o el flujo volumétrico del fluido en un sistema generan turbulencia local, lo que ocasiona que la energía se disipe como calor. En un sistema grande la magnitud de las pérdidas por las válvulas y accesorios, por lo general es pequeña en comparación con las pérdidas por fricción en las tuberías. Por lo tanto, estas pérdidas reciben el nombre de pérdidas menores.

3.2.17 Ecuación General de la Energía

La ecuación general de la energía, como extensión de la ecuación de Bernoulli, permite resolver problemas en los que hay pérdida y ganancia de energía. Éstas a su vez, se presentan cantidad de energía por unidad de peso de fluido que circula por el sistema. Las unidades comunes del SI son N.m/N, o metros. Las del sistema tradicional de Estados Unidos son lb-pie/lb, o pies.

$$\frac{p_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (3.12)$$

Donde:

h_A = Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba;
es frecuente que se le denomine carga total sobre la bomba.

h_R = Energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico, como
un motor de fluido.

h_L = Pérdidas de energía del sistema por la fricción en tuberías, o pérdidas menores
por válvulas y otros accesorios.

3.2.18 Pérdidas menores según coeficiente de Resistencia

La magnitud de las pérdidas de energía que produce la fricción del fluido, el paso por un codo, la expansión o contracción de la sección de flujo, o por válvulas, es directamente proporcional a la carga de velocidad del fluido. Esto se expresa en forma matemática así:

$$h_L = K(v^2/2g) \quad (3.13)$$

El termino k es el coeficiente de Resistencia, y se obtiene a través de la ecuación de Darcy, y v es la velocidad promedio del flujo en el tubo e la vecindad donde ocurre la pérdida menor. En ciertos casos puede haber mas de una velocidad de flujo, como en las expansiones y contracciones.

El coeficiente de resistencia es adimensional debido a que representa una constante de proporcionalidad entre la pérdida de energía y la carga de velocidad. La magnitud del coeficiente de resistencia depende de la geometría del dispositivo que ocasiona la pérdida, y a veces la velocidad del flujo.

3.2.19 Pérdida en la entrada

Un caso especial de contracción sucede cuando un fluido se mueve en un depósito o tanque relativamente grande hacia una tubería. El fluido debe acelerar desde una velocidad despreciable a la velocidad de flujo en la tubería. La facilidad con que la aceleración se lleva a cabo determina la cantidad de la pérdida de energía

y, por tanto, el valor del coeficiente de resistencia de la entrada depende de la geometría de ésta.

La figura B:3 del Apéndice B, muestra cuatro configuraciones diferentes y el valor sugerido de k para cada una. Las líneas de corriente ilustran el movimiento del fluido dentro de la tubería y muestran que la turbulencia asociada con la formación de una vena contracta en la tubería es la causa principal de la pérdida de energía. Esta condición es más severa para la entrada que se proyecta hacia adentro, por lo que se recomienda un valor de $K=1.0$. Para una entrada bien redondeada con $r/D_2 > 0.15$, no se forma contracta, la pérdida de energía es muy pequeña y se utiliza $K=0.04$.

En resumen, después de seleccionar un valor para el coeficiente de resistencia por medio de la figura B.3 del Apéndice B, podemos calcular la pérdida de energía en la entrada.

3.2.20 Número de Reynolds

El número de Reynolds es una cantidad adimensional, que permite caracterizar un flujo, relacionando variables importantes como: la velocidad, tamaño de la trayectoria de flujo, densidad y viscosidad del fluido.

La ecuación siguiente muestra la definición básica del número de Reynolds:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta} = \frac{vD}{\nu} \quad (3.14)$$

Donde:

N_R = Número de Reynolds.

v = Velocidad promedio del flujo.

D = Diámetro del orificio.

ρ = Densidad del fluido.

η = Viscosidad Dinámica.

Cabe destacar, que estas dos formas de la ecuación son equivalentes debido a que $\nu = \eta / \rho$.

El Número de Reynolds es la relación de la fuerza de inercia sobre un elemento de fluido a la fuerza viscosa. La fuerza de inercia se desarrolla a partir de la segunda ley del movimiento de Newton $F = m.a$.

Los fluidos tienen número de Reynolds grandes debido a una velocidad elevada y/o una viscosidad baja, y tienden a ser turbulentos. Aquellos fluidos con viscosidad alta y/o que se mueven a velocidades bajas, tendrán número de Reynolds bajos y tenderán a comportarse en forma laminar.

3.2.21 Número de Reynolds Críticos

Para aplicaciones prácticas del flujo en tuberías, encontramos que si el número de Reynolds para el flujo es menor que 2000, éste será laminar. Si el número de Reynolds es mayor que 4000, el flujo será turbulento. En el rango de número de Reynolds entre 2000 y 4000 es imposible predecir qué flujo existe; por tanto, le denominaremos región crítica. Las aplicaciones prácticas involucran flujos que se encuentran bien dentro del rango laminar o bien dentro del turbulento, por lo que la existencia de dicha región de incertidumbre no ocasiona demasiadas dificultades. Si se encuentra que el flujo en un sistema se halla en la región crítica, la práctica usual

es cambiar la tasa de flujo o diámetro del tubo para hacer que el flujo sea en definitiva laminar o turbulento. Entonces es posible realizar análisis más precisos.

Con la minimización cuidadosa de las perturbaciones externas es posible mantener el flujo laminar para números de Reynolds tan grandes como 50.000. Sin embargo, cuando N_R es mayor que 4.000, una perturbación pequeña en la corriente ocasionará que el flujo cambie de forma súbita de laminar a turbulento. Por esta razón, tomaremos en cuenta las siguientes condiciones:

Si $N_R < 2000$, el flujo es laminar.

Si $N_R > 4000$, el flujo turbulento.

3.2.22 Ecuación de Darcy

Se utiliza para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondo, tanto para flujo laminar como turbulento. La diferencia entre los dos flujos está en la evaluación del factor de fricción adimensional f .

La forma matemática de la ecuación de Darcy es la siguiente:

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3.15)$$

Donde:

h_L = pérdida de energía debido a la fricción (N.m/N, m, lb-pie/lb o pies).

L = Longitud de la corriente del flujo (m o pies).

D = Diámetro de la tubería (m o pies).

v = Velocidad promedio del flujo (m/s o pies/s).

f = Factor de fricción (adimensional).

3.2.23 Pérdida por fricción en el flujo Laminar

Cuando existe un flujo laminar el fluido parece moverse como si fueran varias capas, una sobre la otra. Debido a la viscosidad del fluido, se crea un esfuerzo cortante entre sus capas. Se pierde energía del fluido por la acción de las fuerzas de fricción que hay que vencer, y que son producidas por el esfuerzo cortante. Debido a que el flujo laminar es tan regular y ordenado, es posible obtener una relación entre la pérdida de energía y los parámetros mensurables del sistema de flujo. Dicha relación se conoce como ecuación de Hagen-Poiseuille:

$$h_L = \frac{32 \eta L v}{\gamma D^2} \quad (3.16)$$

Los parámetros que involucra son las propiedades de fluido en cuanto a la viscosidad y peso específico, las características geométricas de la longitud y diámetro de la tubería, y la dinámica del flujo caracterizada por la velocidad promedio. La Ecuación de Hagen-Poiseuille ha sido verificada muchas veces en forma experimental. De acuerdo a la Ecuación 3.17, se puede observar que la pérdida de la energía en el flujo laminar es independiente de las condiciones de la superficie de la tubería. Son las pérdidas por fricción viscosa en el interior del fluido las que gobiernan la magnitud de la pérdida de energía.

3.2.24 Pérdida de Fricción en el Flujo Turbulento

Cuando se trata de un flujo turbulento es más conveniente usar la ecuación de Darcy para calcular la pérdida de energía debido a la fricción. El flujo turbulento es caótico y varía en forma constante. Por estas razones, para determinar el valor de f debemos recurrir a los datos experimentales.

Las pruebas han demostrado que el número adimensional f depende de otras cantidades adimensionales, el número de Reynolds, y la rugosidad relativa de la tubería. La rugosidad relativa es la relación del diámetro de la tubería de D a la rugosidad promedio de la pared ϵ . La condición de la superficie de la tubería depende sobre todo del material de que está hecho el tubo y el método de fabricación. Debido a que la rugosidad es algo irregular, con el fin de obtener su valor global tomaremos valores promedios.

En la tabla 3.1 se aprecian los valores ϵ de la rugosidad promedio de la pared de tuberías y tubos existentes comercialmente. Estos son valores promedios para tuberías nuevas y limpias. Es de esperarse cierta variación. Una vez que una tubería ha estado en servicio durante algún tiempo, la rugosidad cambia debido a la corrosión y a la formación de depósitos en la pared.

Tabla 3.1 -- Valores de diseño de la rugosidad de tubos.

MATERIAL	RUGOSIDAD ϵ (m)	RUGOSIDAD ϵ (Pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruído; cobre, laton y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero commercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro Galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro ductile, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro ductile, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

3.2.25 Diagrama de Moody

Uno de los métodos mas utilizados para evaluar el factor de fricción emplea el diagrama de Moody, él muestra la grafica del factor de fricción f versus el numero de Reynolds N_R , con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa D/ϵ . Estas curvas las generó L. F. Moody a partir de datos experimentales.

Se grafica en escalas logarítmicas tanto a f como a N_R , debido al rango tan amplio de valores que se obtiene. A la izquierda de la grafica, para números de Reynolds menores de 2000, la línea de recta muestra la relación $f = 64/N_R$ para el flujo laminar. Para $2000 < N_R < 4000$ no hay curvas, debido a que ésta es la zona crítica entre el flujo laminar y el flujo turbulento, y no es posible predecir cuál de ellos ocurrirá. El cambio de flujo laminar a turbulento da como resultado valores para los factores de fricción dentro de la zona sombreada, Más allá de $N_R = 4000$, se grafica la familia de curvas para distintos valores de D/ϵ . Podemos hacer algunas observaciones importantes acerca de estas curvas:

1. Para un flujo con número de Reynolds dado, conforme aumenta la rugosidad relativa D/ϵ , el factor de fricción f disminuye.
2. Para una rugosidad relativa D/ϵ , el factor de fricción disminuye con el aumento del número de Reynolds, hasta que alcanza la zona de turbulencia completa,
3. Dentro de la zona de turbulencia completa, el número de Reynolds no tienen ningún efecto sobre el factor de fricción.
4. Conforme se incrementa la rugosidad relativa D/ϵ , también se eleva el valor del número de Reynolds donde comienza la zona de turbulencia completa.

En el diagrama de Moody se identifican varias zonas. La zona laminar que se encuentra a la izquierda. A la derecha de la línea punteada y hacia la parte inferior del diagrama se encuentra la zona de turbulencia completa. El factor de fricción más bajo posible para un número de Reynolds dado en el flujo turbulento está indicado por la línea de tuberías lisas.

Entre la línea de tuberías lisas y la línea que señala el inicio de la zona de turbulencia completa está la zona de transición. Aquí, las líneas distintas D/ϵ , son curvadas y se debe tener cuidado para evaluar el factor de fricción en forma apropiada.

Si es posible, hay que evitar la zona crítica entre los números Reynolds 2000 y 4000 porque no puede predecirse el tipo de flujo dentro de ese rango. La banda sombreada muestra la manera en que el factor de fricción podría cambiar de acuerdo con el valor de rugosidad relativa. Para valores bajos de D/ϵ (que indican rugosidad

grande de la pared de la tubería), el incremento del factor de fricción es grande conforme el flujo pasa de laminar a turbulento.

3.2.26 Canal de recolección de agua de lluvia

Es un conducto en el cual el agua fluye en una superficie libre. Puede variar su tamaño según los requerimientos exigidos por el diseño o según las especificaciones que se pueden encontrar en el mercado. Las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñados para cumplir unos requisitos determinados.

En el caso del techo de los galpones, el canal cumple la función de recolectar las aguas que fluyen por el techo para conducir las posteriormente a través de tuberías que permiten disponer el agua de la manera más conveniente para el diseño, ya sea en tanques especiales de recolección de agua de lluvia o simplemente, conduciré el agua para que circule en una superficie como por ejemplo, el suelo.

3.2.27 Orificios

Son espacios huecos efectuados en una de las paredes del canal o canaleta del techo. Generalmente son de forma circular y su diámetro depende de la capacidad de agua que necesite ser evacuada por el mismo. La cantidad de orificios que deben practicarse a lo largo de una canaleta de recolección de agua de lluvia es calculada por el especialista en el diseño y al igual que sus dimensiones, depende de la cantidad de agua que será evacuada a través del orificio.

En muchos casos, el orificio descarga de manera libre; es decir, no existe un tubo de conducción siguiente al orificio. Sin embargo, en el caso de los galpones, generalmente se coloca un conjunto de tubos de descarga tanto horizontales como verticales que permiten conducir el agua que es captada por el orificio hasta un sitio final.

3.2.28 Capacidad de un orificio de pared delgada

Para su determinación debe establecerse en primer lugar el valor de H , el cual corresponde a la distancia vertical desde la superficie del líquido que en este caso es agua, hasta el centro del orificio como se muestra a continuación:

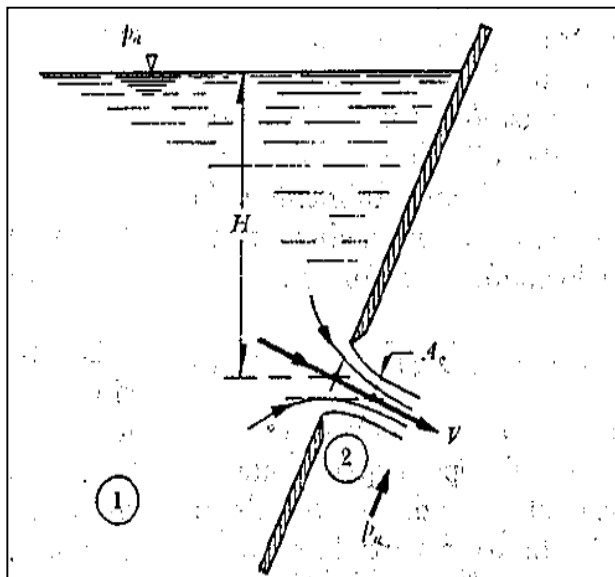


Figura 3.2 Orificio de Pared Delgada

Luego de tener identificado el valor de H , se procede al cálculo de la velocidad del flujo que atraviesa por el orificio con la ecuación del Teorema de Torricelli.

La Ecuación se le denomina Teorema de Torriceli, en honor de Evangelista Torriceli, quien la descubrió en 1645, aproximadamente. Y viene dado por la siguiente expresión matemática:

$$v_2 = \sqrt{2gh} \quad (3.17)$$

Donde:

v = Velocidad media (m/s)

g = Gravedad (m/s²)

h = Profundidad al centro del orificio (m)

Posteriormente, se determina la capacidad o gasto que conduce el orificio se empleando la siguiente ecuación:

$$Q = C_d A \sqrt{2gH} \quad (3.18)$$

Donde:

Q = Caudal o gasto (lts/s)

C_d = Coeficiente de gasto igual a $C_v \times C_c$

C_v = Coeficiente de Velocidad

C_c = Coeficiente de Contracción

A = Área del orificio igual a $\frac{\pi D^2}{4}$ (m²)

g = Gravedad (m/s²)

H = Profundidad al centro del orificio (m)

NOTA: Los coeficientes adimensionales C_v y C_c se obtienen de la figura B.1. del Apéndice B. Para esto debe calcularse primero el Número de Reynolds como se indica:

$$R = \frac{(\sqrt{2gH})D}{\nu} \quad (3.19)$$

Donde:

R = Numero de Reynolds

D = Diámetro del orificio

ν = Viscosidad Cinemática del agua de la tabla C.1, Apéndice C.

g = Gravedad (m/s^2)

H = Profundidad al centro del orificio (m)

3.2.29 Bajante de agua de lluvia

Corresponde al conjunto de tuberías conectadas mediante codos o tee, que sirven para conducir el agua, lejos de la estructura. Esto con la finalidad de descargar el agua que se acumula en el techo del galpón y cuya acumulación puede ser causante de filtraciones o diversas fallas que debiliten la estructura.

Dicho bajante está compuesto principalmente por un tubo horizontal conectado directamente con el orificio practicado en la pared del canal. Mediante un codo, este tubo se conecta con un tubo de mayor longitud colocado de manera vertical que

conduce el agua hacia la parte inferior de la estructura. En algunos casos, el codo es sustituido por una tee que a la vez que sirve de conexión, permite por uno de sus lados que se realice la ventilación del sistema y fluya el aire atrapado en el proceso de drenaje del agua de lluvia.

Por último se encuentra un tubo horizontal que sirve de conductor final al agua que ha realizado todo el recorrido desde el techo. Comúnmente este tubo se encuentra a nivel del suelo o de cualquier superficie donde se desee descargar la cantidad de agua.

De acuerdo a Sotelo, G. (1997), en su libro Hidráulica General Vol. 1, señala:

3.2.30 Similitud Dinámica

En mecánica de fluidos el riguroso tratamiento matemático de los problemas, con base exclusivamente en los métodos analíticos, no siempre permite llegar a la solución completa, a menos que se planteen hipótesis simplificadoras que, además de restar generalidad a la solución, pueden llegar a falsear los resultados a tal grado que no tengan relación alguna con el comportamiento real del fenómeno. Por otra parte debido a la variedad de problemas, muchas veces resulta difícil establecer las condiciones de frontera previas a cualquier solución matemática. En otros casos las soluciones analíticas se deben plantear de tal manera que no se ignoren los aspectos físicos del fenómeno y que determinados puntos de la respuesta queden supeditados a la experimentación.

Los modelos hidráulicos han encontrado creciente aplicación para controlar y modificar diseños analíticos de estructuras hidráulicas. Mediante el uso de modelos

físicos es posible experimentar a costos relativamente bajos y con economías substanciales de tiempo, hasta obtener condiciones óptimas.

La adecuada combinación del análisis matemático y la verificación experimental permite superar esos obstáculos, restringiendo las hipótesis a aquellas cuya experiencia y razonamiento físico han mostrado no tener serios efectos sobre las características esenciales del fenómeno.

Mientras el tratamiento empírico recalca el desarrollo algebraico de una fórmula deducida de la investigación experimental, a menudo con poca justificación física, el análisis racional intenta una solución completa para la función correcta y las constantes numéricas involucradas. Por otra parte, la mecánica de fluidos emplea los principios del análisis dimensional para incorporar las variables, que la experiencia ha demostrado como esenciales, en una expresión adimensional básica, sistemática y matemáticamente ordenada; asimismo toda que sea posible se desarrolla, al menos aproximadamente, la interrelación funcional de los diferentes miembros de esta expresión. Por último, la investigación experimental suministra constantes numéricas y la verificación esencial sobre la exactitud del análisis; también trae consigo el estudio de las características del flujo aunadas a las propiedades del fluido y a las condiciones de frontera o geometría del mismo.

La técnica seguida para encontrar las combinaciones posibles se apoya en el empleo de parámetros adimensionales formados con las diferentes variables del problema que permite la transposición de los resultados de un modelo físico a la estructura real. La teoría de la similitud que satisface esta necesidad fue establecida por Kline: “ Si dos sistemas obedecen al mismo grupo de ecuaciones y condiciones gobernantes, y si los valores de los parámetros y las condiciones se hacen idénticas, los dos sistemas den en exhibir comportamientos similares con tal que exista una solución única para el grupo de ecuaciones y condiciones.

El análisis dimensional, constituye un procedimiento sencillo y puramente matemático para determinar los parámetros mas aplicables en cada caso.

La experimentación se basa en la construcción y operación de un modelo reducido a escala cuyo tamaño se supedita a factores como espacio disponibles, capacidad de las instalaciones del laboratorio, costo del modelo efectos de escala, etc. Para la operación se requieren los aparatos y dispositivos que midan las características hidráulicas del escurrimiento: gastos y velocidades, presiones, tiempos, etc.

En general, la similitud va mas allá de los aspectos superficiales de similitud geométrica, con la cual erróneamente se confunde; aquella debe entenderse como la correspondencia conocida y usualmente limitada entre el comportamiento del flujo estudiado en el modelo y el flujo real, con similitud geométrica o sin ella. La similitud rara vez es perfecta debido a que comúnmente es imposible satisfacer todas las condiciones requeridas para lograrla.

Según Streeter, V. (1975), en su obra titulada Mecánica de los Fluidos, en lo referente al estudio sobre modelos, indica lo siguiente:

3.2.31 Semejanza. Estudio sobre modelos

Los estudios sobre modelos de maquinaria o estructuras hidráulicas en proyecto sirven frecuentemente de valiosa ayuda al proyectista, ya que permiten una inspección visual del flujo y hacen posible la obtención de ciertos datos numéricos, como por ejemplo, calibrado de vertederos y compuertas, profundidades de flujo, distribuciones de velocidades, fuerzas sobre compuertas, rendimientos y capacidades de bombas y turbinas, entre otros.

Si requieren obtener valores precisos para un proyecto a partir del estudio de un modelo ha de existir semejanza dinámica entre el modelo y el prototipo. Esta semejanza requiere, primero una semejanza geométrica exacta y segundo, que la relación de las presiones dinámicas en puntos correspondientes sea constante. La otra parte se puede expresar también como semejanza cinemática, es decir, las líneas de corriente deben ser geoméricamente semejantes.

La semejanza geométrica se refiere también a la rugosidad superficial del modelo y del prototipo. Si cada dimensión lineal del modelo es una décima parte de la correspondiente dimensión lineal del prototipo, las alturas de las rugosidades han de estar en la misma proporción. Para que sean iguales las relaciones de las presiones dinámicas en puntos correspondientes de modelo y prototipo, las relaciones de los diversos tipos de fuerzas deben ser iguales en puntos correspondientes. Por consiguiente, para la semejanza dinámica estricta los números de Mach, Reynolds, Froude y Weber deben ser iguales en el modelo y en el prototipo.

3.2.32 Flujo en tuberías

En el flujo permanente en una tubería las únicas fuerzas de importancia son las fuerzas de inercias y las viscosas; por consiguiente, cuando existe la semejanza geométrica y los números de Reynolds son iguales en el modelo y en el prototipo, también se da la semejanza dinámica. Los diversos coeficientes de presión correspondientes son los mismos.

En experiencias con fluidos que tienen la misma viscosidad cinemática en el modelo y prototipo, el producto VD deben ser los mismos. Frecuentemente esto requiere velocidades muy altas en pequeños modelos.

3.3 Bases Legales

De acuerdo a lo establecido en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 4044 Extraordinario, Capítulo XXXI, De la recolección, conducción y disposición de aguas de lluvia, se señala lo siguiente:

“Artículo 455. Se prohíbe que las aguas de escurrimiento provenientes de los techos o cubiertas de las edificaciones, desagüen directamente desde tales niveles a las y/o predios vecinos.”

Según éste artículo, señala que las aguas pertenecientes a los techos o cubiertas de las edificaciones, no podrán drenar directamente desde tales alturas hacia los terrenos vecinos.

“Artículo 459. La capacidad de drenaje de los elementos del sistema de recolección y conducción de lluvia, se calcularán en función de la proyección horizontal de las áreas drenadas; de la intensidad, frecuencia y duración de las lluvias que ocurren en la respectiva localidad y de las características y especificaciones de los mismos”.

Es decir, que dependiendo de las lluvias, su intensidad, frecuencia y duración, correspondientes a una determinada localidad; y de la proyección horizontal de dichas áreas drenadas, se hará el cálculo respectivo de la capacidad de los elementos del sistema que recolectaran y conducirán tales aguas de lluvia.

“Artículo 460. Para la determinación de la intensidad de la lluvia en la respectiva localidad con duración de 10 minutos y frecuencia de 5 años, se podrá usar el Atlas pluviométrico”.

De acuerdo a el presente mapa pluviométrico de la figura 3.3 y dependiendo de la localidad específica a estudiar, se podrá determinar la intensidad de la lluvia con duración de 10 minutos y frecuencia de 5 años, según lo establecido en las Normas Sanitarias para Proyectos, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento De Edificaciones, gaceta 4044 de la República Bolivariana de Venezuela, (08 de Septiembre de 1988).

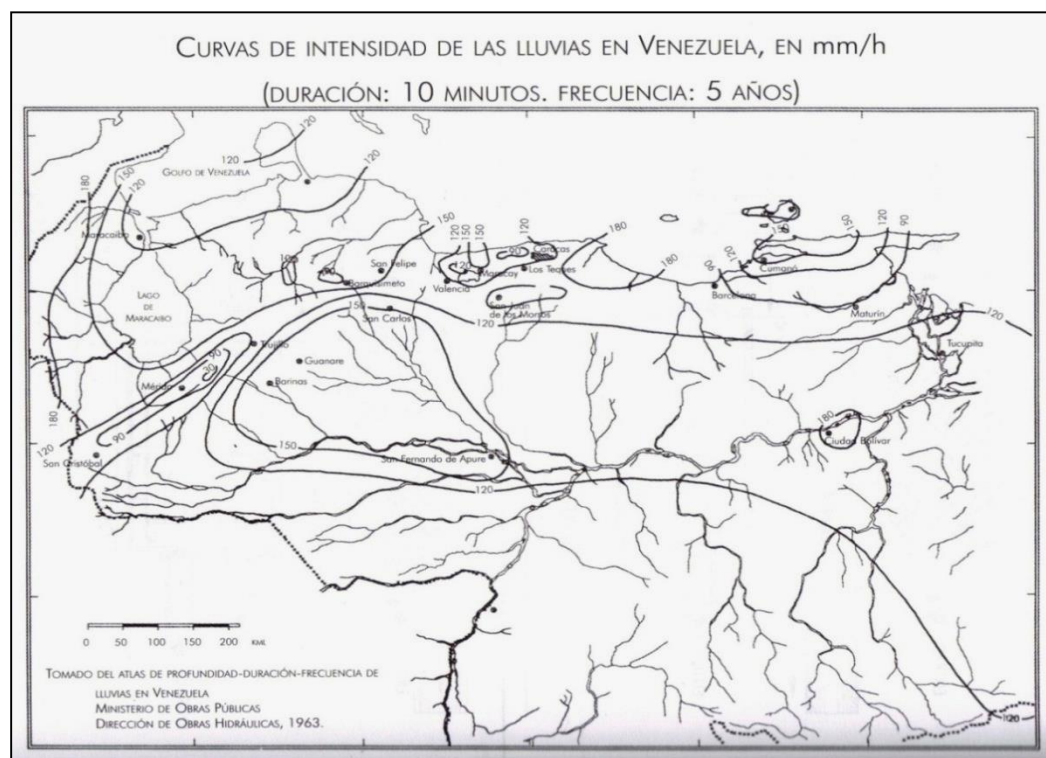


Figura 3.3. Atlas Pluviométrico. (Gaceta 4044 de la República Bolivariana de Venezuela).

“Artículo 465. Cuando se proyecten canales de recolección de sección rectangular, se podrá tomar como diámetro equivalente, el del círculo de área equivalente al de la sección adoptada”.

En cuanto al tamaño de los diámetros a adoptar, específicamente para canales de recolección rectangular, se puede tomar el del círculo de área equivalente de la sección ya determinada.

“Artículo 466. Los diámetros de los bajantes para aguas de lluvia se calcularan de acuerdo con lo indicado en el artículo 459. En la tabla 47 se indican las áreas máximas de proyección horizontal que pueden ser drenadas por bajantes de diferentes diámetros y para distintas intensidades de lluvias en mm por hora. Para intensidades de lluvias no especificadas las áreas drenadas deberán modificarse de acuerdo con lo indicado en el artículo 464.”

Tabla 3.2. Áreas mínimas de proyección horizontal en m² que pueden ser drenadas por bajantes de aguas de lluvias de diferentes diámetros para varias intensidades de lluvia.

Diámetro del bajante		Intensidad de lluvia (mm/hora)					
Cm	Pulg.	50	75	100	125	150	200
		Áreas máximas de proyección horizontal drenadas (m ²)					
5,08	2	140	90	65	50	45	30
6,35	2	240	160	120	100	80	60
7,62	3	400	270	200	160	135	100
10,16	4	850	570	425	340	285	210
12,70	5	1.600	1.070	800	640	535	400
15,24	6	2.510	1.670	1.250	1.000	835	630
20,32	8	5.390	3.590	2.690	2.155	1.759	1.350

3.4 Definición de términos básicos

De acuerdo a las Definiciones, del capítulo XXXIX de la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, N° 4044 Extraordinario, se extrajeron los siguientes términos:

3.4.1 Bajante

Es una tubería vertical que recibe aguas negras, aguas servidas o aguas de lluvia de tuberías de desagüe de los pisos superiores de una edificación y las conduce a las correspondientes cloacas de la misma.

3.4.2 Conducto de desagüe de aguas de lluvias

Es la tubería del sistema de desagüe de aguas de lluvia comprendida entre el dispositivo receptor de dichas aguas ubicado en el piso o en el techo, has su conexión con cualquier otra tubería de desagüe del sistema.

3.4.3 Gasto

Volumen de líquido que pasa por la sección transversal de un conducto en la unidad de tiempo.

3.4.4 Intervalo de bajante

Es la distancia medida a lo largo de un bajante y que corresponde a la altura de un piso de una edificación, en el cual se conectan al bajante uno o más ramales de desagües provenientes de ese piso.

3.4.5 Ramal de aguas de lluvia

Es la tubería del sistema de desagüe de aguas de lluvia de la edificación, que recibe la descarga de más de un conducto de desagüe de dichas aguas.

3.4.6 Ramal de desagüe

Es la tubería del sistema de desagüe de una edificación, que recibe la descarga de más de un conducto de desagüe.

3.4.7 Sistema de drenaje de agua de lluvia

Es el conjunto de tuberías y equipos que se instalan en una edificación pública o particular, para captar y conducir las agua de lluvia que escurren de las áreas de la edificación y de la parcela o terreno, hasta el sitio de su disposición final.

3.4.8 Tubería de desagüe

Es cualquier tubería que forma parte del sistema de desagüe de aguas servidas o de aguas de lluvia de una edificación.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Según los objetivos propuestos en este trabajo el tipo de investigación es descriptiva que según lo plantea Sabino C. (1986), su preocupación primordial es describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento (p.51); en este caso se describió el funcionamiento del sistema de drenaje de aguas de lluvias en el galpón de sala de ventas del Supermercado El Diamante, ubicado en la Avenida Andrés Bello, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, tomando en cuenta sus diferentes elementos y características que permitieran su posterior interpretación.

4.2 Diseño de investigación

La estrategia que se adapta a la investigación para dar respuesta satisfactoria al problema planteado es documental y de campo. De acuerdo al manual para la elaboración de tesis de grado de la Universidad de Oriente, Núcleo de Bolívar, una investigación documental es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otro tipo de documentos. Arias (2006) define la Investigación Documental de esta manera: “Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuente documentales: impresas,

audiovisuales o electrónicas” (p. 27). Así mismo, define la investigación de campo como “aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlara variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes” (p.31).

En el caso de la siguiente investigación se hace necesaria la revisión de diversos materiales impresos o digitalizados, a fin de conocer las características principales de los sistemas de drenajes de agua de lluvia en general con lo cual se facilitará su comprensión para su posterior análisis. De igual forma, se hacen visitas preliminares al galpón en estudio de manera que sea posible observar y caracterizar el problema de manera directa y así buscar las posibles soluciones a dicha situación realizando comparaciones con los aspectos teóricos y la realidad que se presenta.

4.3 Población y muestra

De acuerdo con Arias F. (2006), “La población, o en términos más precisos población objetiva, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y los objetivos del estudio. (p.81).

En la presente investigación, referida al análisis del funcionamiento del sistema de drenaje de aguas de lluvia en el galpón de sala de ventas del Supermercado El Diamante, la población de estudio estará constituida por los elementos del sistema de drenaje y el área correspondiente al techo del galpón en estudio. En cuanto al muestreo, el siguiente proyecto tendrá como muestra el mismo universo que la población.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Arias (1996), define la técnica de recolección de datos como “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p.67). De acuerdo con esto y en función de los objetivos establecidos para la presente investigación (ubicada dentro de la modalidad de investigación documental y de campo), se emplearan una serie de técnicas de recolección de datos. Dichas técnicas se clasificaran en dos etapas:

4.4.1 Primera etapa de la investigación

Está referida a todos los aspectos teóricos de la investigación. Para ello se hace uso de las siguientes técnicas:

1. Revisión bibliográfica: esta técnica permite obtener la información necesaria para realizar la investigación del proyecto; es decir, la bibliografía referente a drenajes, elementos de un sistema de drenaje, características de un sistema de drenaje, sistema de drenaje de aguas de lluvia, drenaje de techo, entre otros conceptos necesarios. Todo esto a través de visitas a las bibliotecas y revisión del contenido de materiales documentales, informes, manuales, portales intranet y tesis referidas a temas relacionados.

4.4.2 Segunda etapa de la investigación

Está referida a conocer los aspectos relacionados al funcionamiento del sistema y sus necesidades, para conseguir este fin se emplearán las siguientes técnicas:

1. Análisis documental: esta técnica permite la comprensión del funcionamiento, situación actual y deficiencias del sistema de drenaje de aguas de lluvia del galpón del Supermercado El Diamante, mediante la lectura de planos existentes, diagnósticos realizados, informes, y otros documentos necesarios para la realización del presente proyecto de investigación.
2. Entrevista no estructurada: esta técnica se efectuará estableciendo comunicación directa con el personal encargado del diseño, construcción y mantenimiento del sistema de drenaje del galpón; con el fin de recolectar información que permita conocer en profundidad sus características y funcionamiento. De igual manera se elaborará un registro de las conversaciones con el personal de la empresa que permita obtener información sobre la frecuencia de las inundaciones y los daños causados a la mercancía, entre otros.
3. Aforos: esta técnica permitirá determinar la capacidad de los distintos elementos del sistema de drenaje de aguas de lluvia en el galpón estudiado y con esto, cumplir con los objetivos planteados en la investigación.
4. Observación directa: esta técnica permite conocer la situación real del sistema de drenaje del galpón en estudio, así como la actualización de los diagnósticos efectuados a la misma. Los datos fueron tomados en forma directa y participativa sin ningún intermediario, a través de recorridos realizados por las zonas afectadas por el desborde de agua de lluvia así como también, visitas al techo del galpón para determinar las condiciones actuales en las que se encuentra el sistema de drenaje.
5. Mediciones de Campo: dichas mediciones permitirán obtener las dimensiones reales de los elementos del sistema de drenaje y con estas, realizar los cálculos de las capacidades correspondientes a cada elemento.

4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Una vez obtenida toda la información ya sea cualitativa o cuantitativa, todos los datos deben ser procesados, tal como lo expresa Sabino (1986): “Finalizadas las tareas de recolección el investigador quedará en posesión de un cierto número de datos, a partir de los cuales será posible sacar las conclusiones generales que apunten a esclarecer el problema formulado en los inicios de la investigación. Pero esa masa de datos por sí sola, no nos dirá nada, no nos permitirá obtener ninguna síntesis de valor si, previamente, no ejercemos sobre ella una serie de actividades tendientes a organizarla, a poner en orden todo su conjunto. Estas acciones son las que integran el procesamiento de datos.” (p.153).

4.5.1 Análisis cualitativo de los datos

La información obtenida será organizada, resumida e interpretada, verificando la fiabilidad e importancia de la misma para el desarrollo de la investigación de modo que puedan eliminarse divergencias o contradicciones en la información manejada, presentando un estudio confiable. Sabino (1986), establece sobre el procesamiento de los datos cualitativos que: “...el análisis se efectúa cotejando los datos que se refieren a un mismo aspecto y tratando de evaluar la fiabilidad de cada información...” (p.199).

1. Diagnóstico del funcionamiento del sistema de drenaje de agua de lluvia: la información respecto al sistema de drenaje que se obtendrá mediante visitas al galpón y los registros documentales; se analizará a manera de establecer las características de dicho sistema, lo cual permitirá determinar las posibles fallas aparentes que ocasionen que dicho sistema colapse y produzca los efectos ya mencionados. Para tales fines se reunirá toda la información y se clasificará de

acuerdo a cada elemento del sistema de drenaje al cual corresponda. Dicha información permitirá realizar un diagnóstico de la situación que se presenta.

2. **Diagnóstico de la situación:** consistirá en el resultado del análisis de las entrevistas realizadas tanto al personal obrero como al personal técnico; dichos resultados permitirán obtener una visión amplia y desde distintos puntos de vista del problema a investigar. Para esto, la información suministrada en las entrevistas se tabulará tomando en consideración cada aspecto destacado en la entrevista. Posteriormente se realizará un análisis general de los datos que dará como resultado el diagnóstico.

4.5.2 Análisis cuantitativo de los datos

Sabino (2003) establece que: “...el análisis de los datos cuantitativos se efectúa, con toda la información numérica resultante de la investigación. Esta, luego del procedimiento sufrido, se presentará como un conjunto de tablas, cuadros y medida, a las cuales habrá que pasar en limpio, calculando sus porcentajes y otorgándoles forma definitiva... (p.197). Para el cumplimiento de los objetivos de la investigación, los datos numéricos obtenidos se procesarán de la siguiente manera:

1. **Determinación de las capacidades hidráulicas de los elementos del sistema de drenaje:** Consistirá en la aplicación de las fórmulas pertinentes para cada elemento del sistema de drenaje para luego realizar la modelación correspondiente a todo el sistema como un conjunto.

4.6 Flujograma de la metodología y descripción del flujograma

El desarrollo de la investigación se realizará siguiendo un plan de trabajo constituido por 4 fases, como se muestra en la figura 4.1.

Fase I. Recopilación de la información

En esta fase se logra obtener la información que se necesita a través de la documentación bibliográfica y de la búsqueda de campo. La primera corresponde a información teórica de libros, normas, leyes, planos y demás elementos que guarden relación con el objeto de estudio; mientras que la segunda se refiere a toda aquella información que es recolectada a través de la observación del sitio y de la aplicación del instrumento de recolección de datos a la población del lugar en cuestión.

Fase II. Clasificación de la información

En esta etapa se organiza la información de acuerdo a cada uno de los aspectos relevantes de la investigación los cuales abarcan todo lo relacionado con viviendas, vialidad y servicios básicos (acueductos, cloacas y alumbrado público); además todas las bases legales que respaldan la investigación, a manera de poder interpretarla y utilizarla para plantear soluciones a la problemática señalada.

Fase III. Análisis y presentación de resultados

Por medio de la información organizada inicialmente, se extraerán los datos necesarios para realizar el análisis del sistema de drenaje del galpón de estudio. Posteriormente, se realizará un diagnóstico de la situación actual del galpón que contempla una comparación entre la información obtenida en campo y lo extraído de planos y demás fuentes de información. A partir de este diagnóstico se procederá a realizar los cálculos pertinentes que permitan analizar la situación del sistema de drenaje existente y analizar las causas que impiden que funcione de manera eficiente.

Fase IV. Procesamiento de la Información

Posteriormente, se plantearán conclusiones y recomendaciones; en esta sección, se presentan en forma resumida los resultados de la investigación, los análisis e interpretación de los datos obtenidos en el estudio; además, se plantean algunas recomendaciones que sirvan para el desarrollo de futuras investigaciones sobre el tema estudiado.

Finalmente, se realiza la redacción del informe final siguiendo las indicaciones de formato dada por la comisión de tesis de grado.

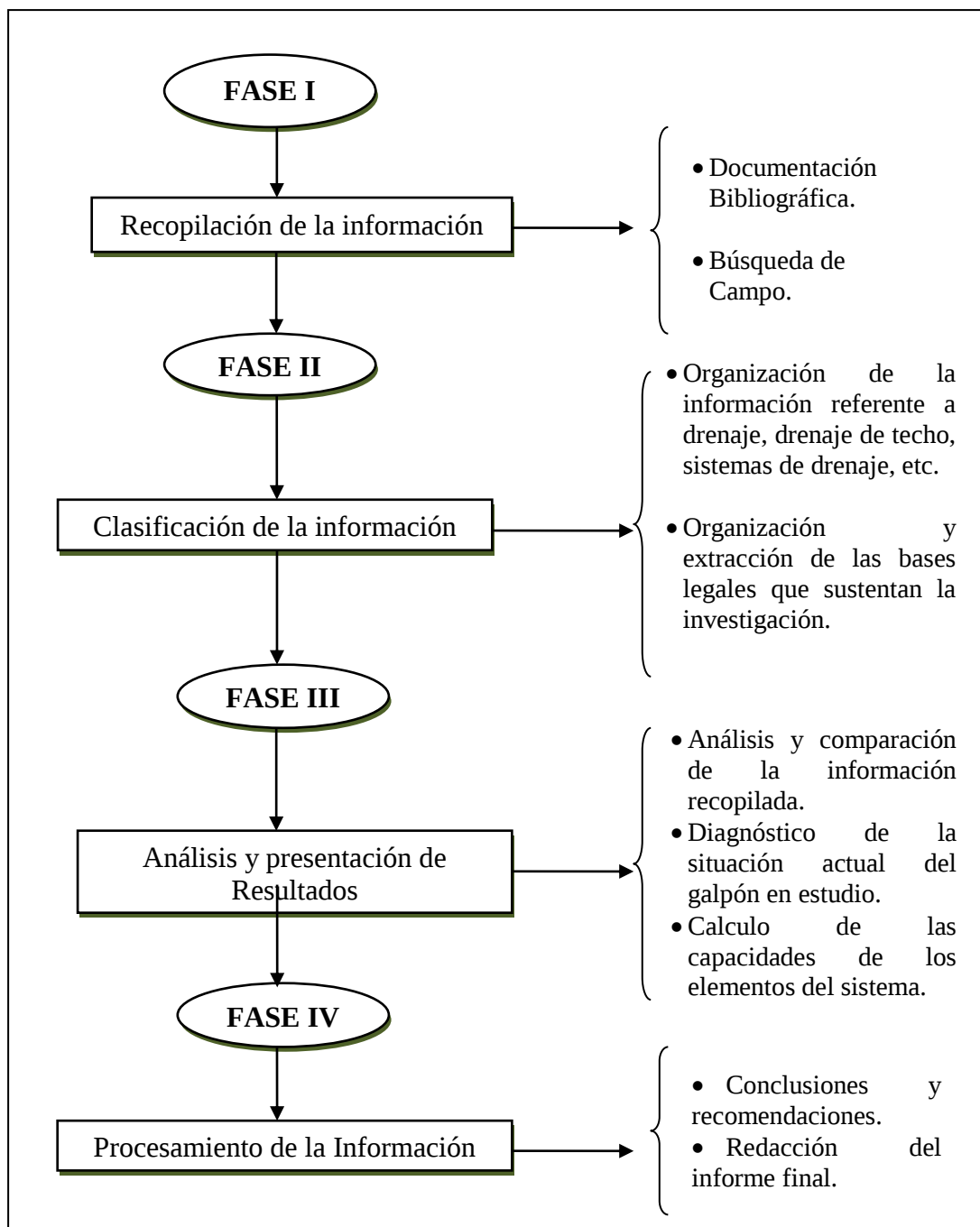


Figura 4.1. Flujograma de la metodología.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

A manera de describir cada uno de los resultados obtenidos de la interpretación de los datos provenientes de las diferentes etapas que se requieren para realizar el análisis del funcionamiento del sistema de drenaje de aguas de lluvias en el galpón de sala de ventas del Supermercado El Diamante, ubicado en la Avenida Andrés Bello, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar fue necesaria la utilización de diversos instrumentos y herramientas que serán reflejadas a continuación, a su vez, se comentará sobre cada objetivo de la investigación.

5.1 Selección de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) aplicables en la región.

Para esto se tomó como referencia el trabajo de investigación realizado por Montilla y Pereira (2012) denominado “Modelado hidrológico de curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para Ciudad Bolívar. Municipio Heres del Estado Bolívar- Venezuela”. Se seleccionaron las curvas realizadas mediante el método de Gumbel, puesto que este permite obtener resultados mas efectivos para obras con periodos de retorno menores a 25 años como es nuestro caso. A continuación se presenta un breve resumen del método de obtención de dichas curvas:

1. A partir de las bandas de registro de los Pluviógrafos, seleccionar para cada año los valores extremos de precipitación asociados a diferentes duraciones.

2. Tomar los valores de cada una de las series y dividirlos por su duración (en horas), obteniéndose así las intensidades en mm/h.
3. Ajustar, para cada duración, los valores de intensidad de precipitación a una función de distribución de probabilidad (Gumbel, Log Pearson Tipo III, Normal, Log Normal Tipo II, Log Normal Tipo III, Gamma de 2 Parámetros, etc.)
4. Efectuar pruebas de bondad de ajuste (Chi-cuadrado; Kolmogorov- Smirnov) con la finalidad de determinar cuál de las distribuciones probabilísticas consideradas se ajusta mejor a la serie histórica de datos. Ello permitirá seleccionar la distribución con la cual se efectuará las proyecciones de intensidades máximas para diferentes periodos de retorno.
5. Seleccionada la distribución probabilística de mejor ajuste, proceder a estimar, para cada duración, los valores de las intensidades máximas correspondientes a diferentes períodos de retorno ($T= 2, 5, 10, 25, 50, 100$ y 200 años).
6. Se procede a graficar las intensidades obtenidas en el paso anterior versus las duraciones y periodos de retorno correspondientes. (Monsalve S. 1999, pp 110 y se obtienen las curvas presentas en el Apéndice A.

5.2 Calculo del caudal de agua de lluvia que recibe el canal, utilizando las curvas IDF antes mencionadas.

En primer lugar, se procede a calcular el área tributaria que influye en el canal, para esto será necesario utilizar las dimensiones correspondientes al techo del galpón como se indica:

Tabla 5.1 Cálculo del área tributaria del techo.

Dimensiones del techo	Área tributaria del techo
Largo: 50 m Ancho: 40 m	$A_1 = 50\text{m} \times 20\text{m}$ $A_1 = 1000 \text{ m}^2$

Sin embargo, el canal se encuentra pegado a una pared y en el momento en que se presenta la lluvia, hace que las gotas choquen contra ella y luego se deslicen hasta la parte inferior del canal. Por lo tanto, debe incluirse también en el cálculo del caudal, el área correspondiente a la mitad de la altura de la pared.

Tabla 5.2 Cálculo del área de la pared.

Dimensiones de la mitad de la pared	Área de la pared
Largo: 50 m Alto: 1,25 m	$A_2 = 50\text{m} \times 1,25\text{m}$ $A_2 = 62,5 \text{ m}^2$

Entonces, el área que se tomará para el cálculo del caudal será igual a la suma de las áreas calculadas anteriormente:

$$A_{\text{TOTAL}} = A_1 + A_2 = 1000 \text{ m}^2 + 62,5 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 1062,5 \text{ m}^2$$

Esto quiere decir que el canal capta el agua proveniente de $1062,5 \text{ m}^2$.

Para obtener la intensidad de la lluvia, se utilizaran las curvas IDF mencionadas anteriormente, para esto se necesitaran los siguientes datos:

1. Tiempo de concentración (T_c): En este caso, el tiempo de concentración de una gota de agua desde que toca la cumbrera del galpón hasta que llega al canal de recolección es de algunos segundos. Sin embargo, las normas indican que el mínimo tiempo de concentración a utilizarse es de 5 minutos, lo que en nuestro estudio resulta poco efectivo. Por lo tanto, se estableció un T_c mínimo de 2 minutos para el presente cálculo.
2. Tiempo de retorno (T_r): También llamado Intervalo de recurrencia, es el intervalo promedio, en años, entre acontecimientos, que igualan o exceden una magnitud dada. Para nuestro estudio utilizaremos un periodo de retorno de 10 años, valor que se adapta al nivel de importancia de la estructura.

Establecidos estos valores, procedemos a entrar en las curvas que se encuentran en la figura A.3, Apéndice A. Buscamos el valor del T_c que se encuentra en el eje horizontal y lo interceptamos con la curva correspondiente al T_r establecido. Dicho valor, se proyecta al eje vertical y de esta manera hallamos el valor de la intensidad, que en este caso es $I = 75 \text{ mm/hora}$.

Luego procedemos a sustituir los valores en la fórmula para calcular el caudal presente en el techo del galpón, esto se realiza con la siguiente ecuación:

$$Q = C \times I \times A \quad (5.1)$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía igual a 1 para este caso

I = Intensidad de la precipitación en lps/há

A = Área total en há.

Para utilizar la ecuación 5.1, debe hacerse una serie de transformaciones de unidades:

$$1125 \text{ m}^2 \text{ a há}$$

$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$1062,5 \text{ m}^2 = 0,10625 \text{ há}$$

$$75 \text{ mm/hora a lps/há}$$

$$1 \text{ mm/hora} = 2,78 \text{ lps/h}$$

$$75 \text{ mm/hora} = 208,5 \text{ lps/há}$$

Por lo tanto el caudal será igual a $Q = 1 \times 208,5 \text{ lps/há} \times 0,10625 \text{ há}$
 $Q = 22,153 \text{ lps}$

5.3 Características geométricas y físicas de los componentes del sistema de drenaje existente en el galpón de sala de ventas.

En este punto se mencionaran por separado cada uno de los elementos que componen el sistema de drenaje utilizado en el galpón de sala de ventas del Supermercado El Diamante.

1. Canal de recolección de agua de lluvia: el canal presente en el sistema de drenaje del galpón en estudio posee las siguientes características descritas a continuación:

Altura (Izquierda): 15 cm

Altura (Derecha): 35 cm

Ancho: 60 cm

Largo: 50 mts

Pendiente: No presenta

Material: Hierro liso (pintado).

En la figura 5.1 y 5.2 se pueden apreciar las características del canal de recolección del galpón.



Figura 5.1 Canal de recolección de agua de lluvia del galpón.



Figura 5.2 Características del canal de recolección de agua de lluvia del galpón.

2. Orificios de pared delgada: el sistema de drenaje está compuesto por 20 orificios de pared delgada a todo lo largo del canal de recolección de agua de lluvia; dichos orificios se encuentran separados a una distancia aproximada de 2.5 mts entre si y presentan las siguientes características:

Diámetro: 150 mm = 6"

Área: 0.017 m²

En la figura 5.3 y 5.4 se aprecian los orificios de pared delgada presentes en el galpón.



Figura 5.3 Orificio de pared delgada presente en el galpón.



Figura 5.4 Canal de recolección de agua de lluvia con orificio

3. Tubo de conducción horizontal (superior): adosado al canal y siguiente a cada orificio se encuentra un tubo de horizontal que conduce el agua que se encuentra en el canal y es recolectada por el orificio correspondiente. Dicho tubo se encuentra conectado a un codo que a su vez está conectado a un tubo vertical para conducir el agua finalmente a la superficie de descarga como se muestra a continuación:

Diámetro: 150 mm = 6"

Longitud: 20 cm

Pendiente: No presenta

Material: PVC

Cantidad de tubos a lo largo del canal: 20

4. Tubo de conducción vertical (bajante): mediante un codo, se encuentra conectado el tubo de conducción horizontal con el tubo vertical. Dicho tubo permite la descarga del agua que atraviesa el orificio y la conduce hacia la parte inferior del sistema para luego proceder a su disposición final. El tubo presenta características similares al tubo mencionado en el punto anterior.

Diámetro: 150mm = 6"

Longitud: 1.50 mts

Material: PVC

Cantidad de tubos a lo largo del canal: 20

5. Codos: además de servir de conexión entre los tubos tanto verticales como horizontales, permiten direccionar el flujo de agua en el sentido que requiera el diseño establecido.

Diámetro: 150mm = 6"

Material: PVC

Cantidad de codos en el sistema: 40

En la figura 5.5 se muestra los tubos de descarga presentes en el sistema de drenaje del galpón.

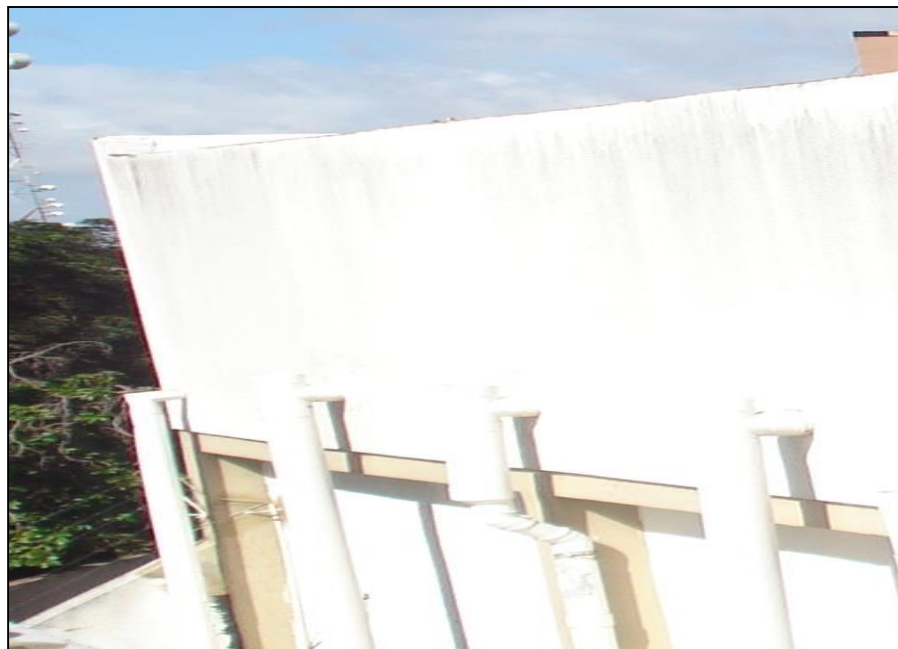


Figura 5.5 Tubos de descarga del sistema de drenaje del galpón.

5.4 Determinación de la capacidad hidráulica de los componentes del sistema de drenaje

Para determinar el gasto que es capaz de conducir el sistema de drenaje es necesario calcular ciertas capacidades por separado y luego realizar el cálculo del sistema completo.

5.4.1 Cálculo de la capacidad del orificio

En primer lugar definimos la altura H, como se muestra en la figura 5.12.

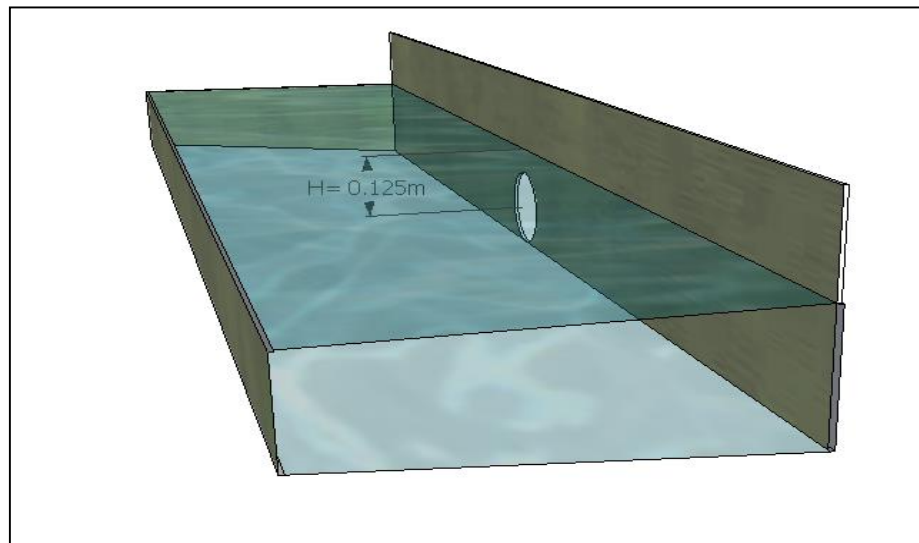


Figura 5.6 Ubicación del valor de la profundidad al centro del orificio.

Con el valor de $H = 0.125\text{m}$, calculamos el Numero de Reynolds para ese flujo con la ecuación 3.19 el valor de v lo obtenemos de la tabla C.1 del Apéndice C, para una temperatura de 25°C .

$$R = \frac{(\sqrt{2 \times 9.81 \times 0.125}) (0.15)}{8.94 \times 10^{-7}} = 262759.39 = 2.62 \times 10^5$$

Con este valor, entramos a la grafica de la figura B.1 del Apéndice B y encontramos que los valores para cada coeficiente son: $C_d = 0.61$, $C_v = 0.99$, $C_c = 0.62$ y calculamos la capacidad del orificio con la ecuación 3.18.

$$Q = 0.61 \times 0.017 \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.125} = 0.0162 \frac{m^3}{s} = 16.2 \text{ lps}$$

Esto indica que por el orificio están saliendo 16.2 litros cada segundo. Si comparamos esto con el resultado de la capacidad hidráulica del techo calculada en el punto 5.2 igual a 22,153 lps, podemos notar que un orificio es capaz de drenar más de la mitad de la capacidad total del techo. Como se mencionó anteriormente, el canal consta de 20 orificios en toda su longitud, por lo tanto, multiplicando el valor de la capacidad de un orificio por 20, nos da un total de 324 lps; este valor es aproximadamente 13.8 veces mayor a la capacidad del techo.

Ya que toda la tubería es del mismo diámetro que el orificio y por lo tanto poseen el mismo valor del área, puede decirse que con la capacidad del orificio, el sistema de drenaje es capaz de recolectar y conducir la cantidad de agua que llega a él.

5.5 Aplicación de la ecuación de Bernoulli para el cálculo de la capacidad del sistema.

En la figura 5.7 se especifican los puntos A y B que se tomaron en consideración para la aplicación de la ecuación 3.11. Según los criterios explicados

en el capítulo 2, asumimos que la velocidad en el punto A es igual a cero y la presión (por estar el agua en contacto directo con la atmosfera) también es igual a cero. De igual manera, en el punto B las condiciones de presión son las mismas, sin embargo el valor de la velocidad y el gasto que sale por el bajante son incógnitas que se resolverán con la aplicación de la ecuación de Bernoulli. En el apéndice D, se explica el procedimiento y cálculos del sistema de drenaje del galpón, cuyos elementos y dimensiones se presentan en la figura 5.7.

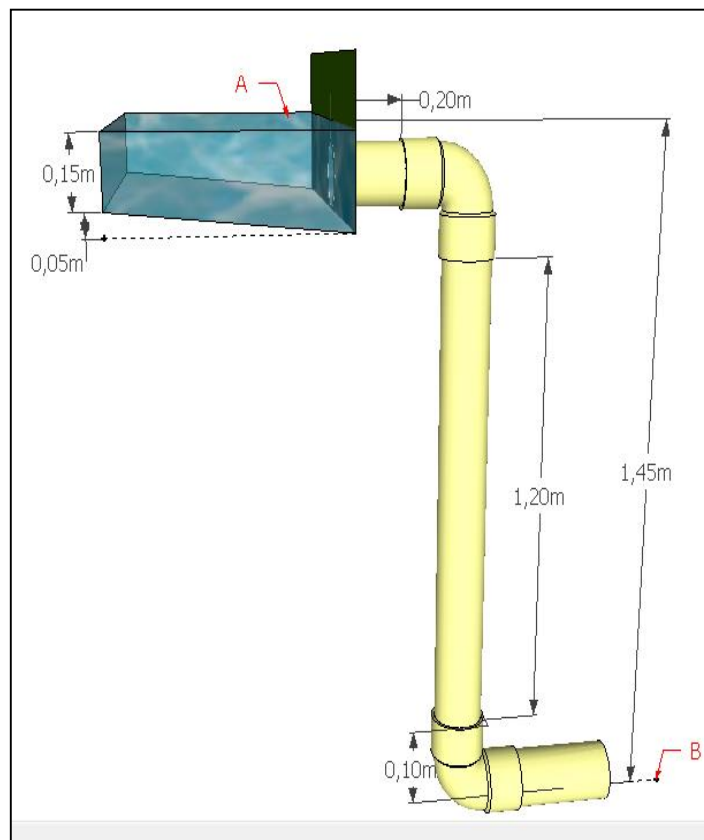


Figura 5.7 Modelo del sistema de drenaje del galpón.

5.6 Consideraciones de la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 4044 Extraordinario, Capítulo XXXI, De la recolección, conducción y disposición de agua de lluvia.

Tomando en consideración lo que indican las normas sanitarias en cuanto a los sistemas de drenaje, tomamos la tabla 3.2 referente a las áreas máximas de proyección horizontal en m^2 que pueden ser drenadas por bajantes de agua de lluvia de diferentes diámetros para varias intensidades de lluvia.

En dicha tabla 3.2 encontraremos el diámetro del bajante que requiere nuestro sistema de drenaje ubicando en primer lugar, el valor de intensidad que resultó para el sistema de drenaje en estudio igual a $I = 75 \text{ mm/hora}$ y el resultado del cálculo del área de techo a drenar que es igual a $1062,5 \text{ m}^2$. Para entrar en la tabla, tomamos el valor de 1070 m^2 puesto que es el más cercano al valor del área que calculamos para este estudio. Con estos datos, obtenemos que el diámetro adecuado para drenar los $1062,5 \text{ m}^2$ de techo es de 5 pulgadas que equivalen a $12,70 \text{ cm}$.

Los bajantes del sistema de drenaje del galpón en estudio poseen un diámetro de 6 pulgadas que equivalen a $15,24 \text{ cm}$, es decir, superan la condición anterior y por lo tanto poseen una capacidad mayor para transportar el gasto que se presenta.

5.7 Cálculo de los caudales máximos correspondientes a las áreas máximas de proyección horizontal en m^2 que pueden ser drenadas por bajantes de aguas de lluvias.

Considerando los datos de la tabla 3.2, se puede realizar el cálculo de los caudales máximos que corresponden a cada área máxima que es capaz de drenar un bajante de agua de lluvia de un diámetro determinado. Para ello hacemos uso de la

ecuación 5.1 para calcular los caudales, estos resultados y la tabla final se presentan en el apéndice E. Aquí observamos que, a medida que los diámetros aumentan, los valores de caudales también aumentan; de igual manera para valores grandes de áreas, el caudal que transporta el tubo se hace más grande. Además se puede notar que para diámetros de bajante entre 5" y 6" los valores de los caudales máximos oscilan entre 22,24 lps y 35,00 lps, lo que indica que dichos bajantes pueden conducir gastos bastante altos por si solos.

En dicha tabla encontraremos el caudal máximo que drena un bajante, haciendo uso de los mismos pasos del punto anterior. En primer lugar se ubica, el valor de intensidad que resultó para el sistema de drenaje en estudio igual a $I = 75\text{mm/hora}$ y el resultado del cálculo del área de techo a drenar es igual a $1062,5\text{ m}^2$. Luego para entrar en la tabla, tomamos el valor de 1070 m^2 puesto que es el más cercano al valor del área que calculamos para este estudio. Con estos datos, obtenemos que el caudal máximo que soporta los $1062,5\text{ m}^2$ de techo sea igual a $0,02231\text{ m}^3/\text{s}$ que equivalen a 22,31 lps.

Por otro lado, como el conjunto de bajantes del galpón poseen un diámetro de 6", buscamos el valor del gasto máximo que es igual a $0,03482\text{ m}^3/\text{s}$ equivalentes a 34,82 lps y lo comparamos con el valor de la capacidad del techo que nos dio 22,153 lps. Esto nos indica que un bajante de ese diámetro en el sistema de drenaje, es capaz de conducir un gasto mayor al que circula por el techo del galpón estudiado.

5.8 Modelación del sistema de drenaje del galpón del Supermercado El Diamante.

Para realizar el análisis del funcionamiento del sistema de drenaje del galpón en estudio, se llevo a cabo un conjunto de experimentos con distintos modelos o

maquetas que permitieron determinar el comportamiento de dicho sistema en distintas situaciones. Cabe destacar que realizar un modelo representativo del propio sistema de drenaje del galpón es casi imposible puesto que, a pesar de contar con los materiales en el mercado, al momento de adicionar el caudal equivalente a la precipitación que cae sobre el techo, solo podría realizarse con elementos hidráulicos que posean caudales elevados como por ejemplo, el caudal que suministra la manguera de un sistema contra incendios.

Sin embargo, se realizaron una serie de modelos con la finalidad de establecer comparaciones que nos permitan simular el sistema y aproximarnos al comportamiento que este debería presentar durante su funcionamiento. Con estos modelos se buscó obtener valores experimentales que tengan relación y se asemejen a los resultados que se obtienen de la aplicación de diversas ecuaciones de la hidráulica que permitan determinar la capacidad, es decir el caudal que debería conducir cada sistema y la velocidad a la que viaja dicho caudal.

5.9 Características de los modelos físicos

Cada sistema modelo consta de un canal, el cual viene representado por una bandeja metálica que cumple la función de almacenar el agua que luego será transportada por los bajantes, los cuales están constituidos por tubos de plástico de diámetro $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ". A su vez, el sistema se encuentra conectado con codos del mismo material de los tubos de la misma forma que en el sistema de drenaje real. En el Apéndice F se presentan cada uno de los modelos utilizados para el estudio, con su respectiva denominación según su orden de ejecución.

Dichos modelos poseen características similares al sistema de drenaje real en cuanto a similitudes físicas por ejemplo: los tubos utilizados son de plástico de

manera tal que el coeficiente de rugosidad, la viscosidad cinemática y el coeficiente de fricción sean lo más parecido a los propios del sistema del galpón en estudio.

De igual manera, se tomaron las consideraciones necesarias para simular el comportamiento de todo el sistema; las mediciones se realizaron utilizando el máximo nivel posible del recipiente que funciona como canal de recolección y se trato de mantener dicho nivel para que las mediciones resultaran con la mayor exactitud requerida.

Para cada uno de los modelos se obtuvieron los valores correspondientes al tiempo en que tardaba en llenarse un litro, en base a un recipiente de 4 litros. Por lo tanto, se obtuvieron 4 lecturas seguidas de las cuales se utilizaron los valores más coherentes y se despreció el valor más alejado al conjunto de resultados.

5.10 Análisis de los resultados obtenidos de la modelación de cada sistema

Se realizó el análisis de los resultados de cada uno de los sistemas modelados, dicho análisis se presenta a continuación haciendo referencia a cada uno por separado para facilitar su comprensión.

1. Sistema de orificios: como se muestra en la figura F.1 del Apéndice F, el sistema de orificios está compuesto por el recipiente que funciona como canal de recolección y a través de una de sus paredes se realizo un orificio por el cual se conectó un tubo de 2cms de largo.

Los modelos correspondientes a este experimento, se realizaron para diámetros de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ". Los resultados para ambos diámetros se encuentran en

la tabla G.1 y la tabla G.2 del Apéndice G, en dichas tablas podemos notar que los valores del tiempo para ambos casos disminuyen a medida que aumenta el nivel de agua. Tomando en consideración los caudales y las velocidades, podemos notar en la tabla H.1 y en la tabla H.2 del Apéndice H, que ambos valores aumentan a medida que el nivel del agua aumenta.

Por otro lado, la tabla H.3 del apéndice antes mencionado, muestras los resultados obtenidos aplicando las ecuaciones 3.14 y 3.18. Si comparamos estos valores con los obtenidos experimentalmente, puede notarse que se asemejan, lo que nos indica que los resultados obtenidos de los cálculos empleando las ecuaciones anteriores, arrojan valores cercanos a los valores reales, sin embargo las pequeñas desviaciones o diferencias numéricas que se presentan pueden deberse a diferentes factores entre los cuales están: la precisión de las mediciones, la exactitud en los niveles de agua y los diversos errores que pueden tenerse por parte de los realizadores de los experimentos.

Comparando dichos valores con el cálculo del orificio para el sistema de drenaje del Supermercado El Diamante, podemos establecer que la ecuación 3.18 si ofrece un valor de referencia lo suficientemente cercano al valor real que indica la cantidad de agua, es decir el caudal que es capaz de transportar un orificio con las características y el diámetro que presente. Por lo tanto, el valor de los 16 lps que conduce el orificio que se encuentra en el canal de recolección, es un valor lo suficientemente representativo del caudal real que se encuentra en el sistema.

2. Sistema de drenaje 1: este sistema se encuentra representado en las figura F.3 y F.4 del Apéndice F. Como puede notarse, este sistema de drenaje es similar al presente en el galpón por lo tanto sus resultados resultan de gran ayuda para la realización de este estudio. Al igual que todos los modelos, estos

se realizaron para un diámetro de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ " y, como lo indican las tablas H.5 y H.6 del Apéndice H, el valor del tiempo se reduce prácticamente a la mitad de uno a otro.

Así mismo, los valores correspondientes a caudales y velocidades son mayores para el sistema de $\frac{3}{4}$ ". Es decir, a mayor diámetro, mayor capacidad. Si comparamos los valores de la tabla H.7 del apéndice antes mencionado, podemos notar que los valores tanto para el caudal como para la velocidad son prácticamente iguales, quedando demostrado que los cálculos aplicando la ecuación de Bernoulli para un sistema de drenaje como el del galpón son semejantes a los valores reales de la capacidad del sistema.

3. Sistema de drenaje 2: aquí se presenta una variación puesto que, se intenta demostrar que cambiando las longitudes y ubicación (horizontal y vertical) de los tubos, las velocidades del sistema aumentan o disminuyen según sea el caso. Como lo muestran las figuras F.5 y F.6 del Apéndice F, este sistema se compone solo del canal y de un tubo largo colocado de manera horizontal.

Si observamos los resultados expresados en las tablas H.8 y H.9, notamos que el valor del tiempo para un diámetro de $\frac{3}{4}$ " se reduce considerablemente en mas del triple de el valor obtenido para $\frac{1}{2}$ ". De igual manera, realizando la comparación de los resultados experimentales y los resultados aplicando la ecuación de Bernoulli, se observa que la diferencia entre los mismos aunque no es elevada posee un rango de error superior a los experimentos anteriores. Esto puede deberse principalmente a que el valor del coeficiente de fricción depende del tipo de flujo que se presenta en la tubería y de la rugosidad del mismo. Este experimento aunque no es fundamental para el estudio, permite establecer un margen de error en los resultados de la aplicación de la ecuación de Bernoulli y de cada elemento involucrado en su utilización.

4. Sistema de drenaje 3: este sistema posee características similares a las del sistema anterior con la salvedad de que el tubo horizontal es de una longitud mayor como lo indica la figura F.9 del Apéndice F. El comportamiento del sistema cumple con las mismas condiciones del anterior debido a que como ya se menciono, diferentes factores como la rugosidad y la fricción intervienen en los resultados. Los cálculos pertinentes para este sistema se encuentran en las tablas H.11, H.12 y H.13 del Apéndice H.

5. Sistema de drenaje 4: como lo indican las figuras F.9 y F.10 del Apéndice F, este sistema es una variación del sistema 1, es decir, posee un tubo horizontal de mayor longitud que permite observar el comportamiento del flujo para este caso. De igual manera los valores del tiempo, velocidad y caudales disminuyen desde el diámetro $\frac{1}{2}$ " al diámetro de $\frac{3}{4}$ ".

En la tabla I.3 del Apéndice I, pueden observarse la comparación de los resultados experimentales con los obtenidos por la ecuación de Bernoulli, donde notamos que los valores presentan cierta similitud, apreciando un error poco considerable. Dicho error puede deberse principalmente a errores por parte de los operadores del experimento en la medición o toma de datos.

6. Sistema de drenaje 5: en este sistema la variante es la colocación de un tubo vertical en vez de un tubo horizontal como en los sistemas 2 y 3. Esto nos permite ver el comportamiento del sistema cuando la mayor longitud de la tubería esta colocada de manera vertical, como se muestra en las figuras F.11 y F.12 del Apéndice F.

Los valores del tiempo, caudal y velocidad para ambos diámetros varían de manera similar a los sistemas anteriores presentándose una disminución en todos ellos. En las tablas I.3 e I.4 del Apéndice I, se muestra una comparación

de los resultados obtenidos para cada diámetro en dicho sistema, volviendo a hacer mención de que las variaciones de uno a otro no representan un error alto en los resultados finales del experimento.

Con la realización de esta serie de modelaciones de diferentes sistemas, logramos apreciar que los valores que se obtienen de cada experimentos en comparación con los obtenidos por la ecuación de Bernoulli, son en su mayoría similares al comportamiento real que tiene el sistema, por lo que las capacidades obtenidas representan un punto de partida para determinar el caudal total que soporta cualquier sistema de drenaje de techo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Sobre la base del análisis y discusión de los resultados de esta investigación se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. En un sistema de drenaje de agua de lluvia, es fundamental conocer la cantidad de agua que va a caer en el canal, para ello se requiere conocer la precipitación, por medio de la recolección de datos distintas regiones y la aplicación de métodos estadísticos. Para el presente trabajo de investigación se utilizaron las curvas IDF, producto de los resultados del trabajo de grado de Montilla y Pereira. (2012), titulado “Modelado hidrológico de curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para Ciudad Bolívar. Municipio Heres del Estado Bolívar- Venezuela”, dichas curvas se representan en éste trabajo en el apéndice A.1
2. El tiempo de concentración (T_c) regularmente utilizado es de 5 minutos, el cual no es el adecuado para los cálculos del sistema de drenaje de techo, debido a que los tiempos reales de concentración en el área de techo es de pocos segundos, para la presente investigación se tomó un tiempo mínimo de 2 minutos, por considerar que los cálculos de intensidad para tiempos menores, no son confiables.

3. El Período de retorno debe elegirse tomando en consideración tanto la importancia de la estructura como la magnitud de los daños que una precipitación dada pueda causar a la misma. Para el caso de sistemas de drenajes de techo, donde su desbordamiento no cause daños graves a la estructura se puede tomar un periodo de retorno de 10 años, o en caso contrario, se toma un periodo igual a la vida útil de la estructura.
4. Los elementos del sistema de drenaje deben ser los adecuados para permitir la conducción del agua que fluye por el techo del galpón. El cálculo de sus dimensiones, capacidades y cantidades debe garantizar un diseño eficiente con el cual cumpla su función e impida que la estructura en sí, sea perjudicada o se produzcan daños a las estructuras adyacentes a la misma. Sin embargo, aunque dicho cálculo se realice de manera correcta, es de suma importancia que la instalación en sitio de dichos elementos se haga de manera cuidadosa, contando con un equipo de supervisión e inspección rigurosa que asegure que la obra se está ejecutando según los planos y diseños establecidos.
5. Las normas sanitarias existentes en Venezuela, solamente contemplan información del área máxima a drenar por un bajante de un determinado diámetro, y también contemplan el área máxima a drenar en un ramal con una pendiente de 1%, sin arrojar información sobre sistemas que en la practica son mas complejos. Éstas normas indican que para un bajante de 6", el gasto conducido es igual a 34,82 lps, mientras que en los cálculos realizados a través de la ecuación de Bernoulli, el caudal conducido por este bajante es de 48,5 lps, lo que indica que un bajante de 6" es capaz de conducir un caudal entre 30 y 50 lps.

6. La cantidad de agua que debe drenar el techo es de 23,153 lps, por lo tanto cada uno de los orificios debería tener una capacidad aproximada a ese valor, lo que resulta que el diseño se encuentra ampliamente sobredimensionado.
7. A pesar de que el techo del galpón del Supermercado El Diamante es capaz de drenar más de 23,153 lps, y se determinó que el sistema en condiciones ideales puede conducir un caudal equivalente a 50 lps, es relevante destacar que debido a que la capacidad del orificio es de 16 lps, es decir, la más baja de todo el sistema, dicha capacidad resulta ser la limitante. Sin embargo, el canal de recolección del sistema cuenta con un total de 20 orificios con las mismas características por lo que resulta evidente que el sistema puede conducir de manera eficiente el caudal que por el circula.
8. De acuerdo a las comparaciones realizadas de los artículos de las normas sanitarias, los cálculos basados en dichas normas y la realización de los modelos hidráulicos, se puede concluir que el sistema de drenaje de techo del Supermercado El Diamante, es capaz de conducir eficientemente mucho mas del caudal que circula por el mismo, sin producir filtraciones, desbordes o inundaciones en sus adyacencias.
9. Se puede suponer la posibilidad de que la instalación deficiente del canal de recolección, permite que el agua en el momento de que se produce la precipitación, choque contra la pared perimetral del techo y fluya a través de la misma penetrando finalmente en el punto en que las pestañas que trae el canal, se introducen y se ajustan en el lugar establecido en el diseño. Debido a esto, se produce una filtración de agua que ocasiona que el techo del galpón, específicamente en el área de oficinas, se humedezca dañando así la estructura y dando mal aspecto al sitio.

10. Debe tomarse en cuenta en un sistema de drenaje de techo, que aunque los bajantes tengan una buena capacidad desde el momento en que éstos dejan de ser de descarga libre, sino que se conecta a un ramal de descarga, el mismo frena la capacidad del bajante, produciendo una disminución de la velocidad.

Recomendaciones.

1. No es recomendable que a un bajante con mucha altura se coloque un ramal de desagüe, porque en lugar de producir un flujo libre en el ramal horizontal, se produce flujo a presión, lo cual no es deseable en un sistema de drenaje.
2. Se recomienda hacer un estudio minucioso de las posibles causas alternas al funcionamiento del sistema de drenaje del galpón, que permitan establecer los factores determinantes que producen las filtraciones en las paredes del galpón.
3. Se recomienda realizar investigaciones que permitan estudiar a fondo el comportamiento de las estructuras y elementos que componen el sistema de drenaje de techo tanto en galpones como en cualquier estructura o edificación con la finalidad de establecer el comportamiento de dichos sistemas.
4. De igual manera se recomienda realizar los estudios necesarios que permitan generar ecuaciones para determinar de manera fácil y rápida la capacidad requerida por todo un sistema de drenaje de agua de lluvia.
5. Por último, el estudio de un sistema de drenaje de techo no resulta de tal sencillez como lo aparenta, por lo tanto se recomienda a los estudiantes e investigadores prestar la atención necesaria que merece dicho estudio.

REFERENCIAS

Arias, F. (2000). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Episteme. Caracas, (pp. 60).

Aparicio, F. (1997). **FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**. Limusa. Balderas, México, (P.303).

Chow, V.; Maidment, D.; Mays, L. (1994). **MANUAL DE HIDROLOGÍA APLICADA**. Mc Graw-Hill. Santafé de Bogotá, Colombia, (pp. 19-23, 201-365 y 372-413).

Aparicio, F. (1997). **FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**. Balderas, México: Limusa, (P.303).

Sabino, Carlos. (1992). **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Panapo, Caracas, Venezuela. (pp. 47 – 120).

Mott, R. (2006). **MECÁNICA DE FLUIDOS**. Editorial Pearson Educación, México, (pp. 152-165, 199-202 y 230-245).

Streeter,V. (1966). **MECÁNICA DE FLUIDOS**. Editorial Mc Graw-Hill, México. (pp. 200, 201 y 216).

Sotelo, Gilberto. (1997). **HIDRÁULICA GENERAL**. Editorial Limusa, Naucalpan de Juárez, México, (pp. 183-197).

APÉNDICES

APÉNDICE A

Curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) aplicables en la región.

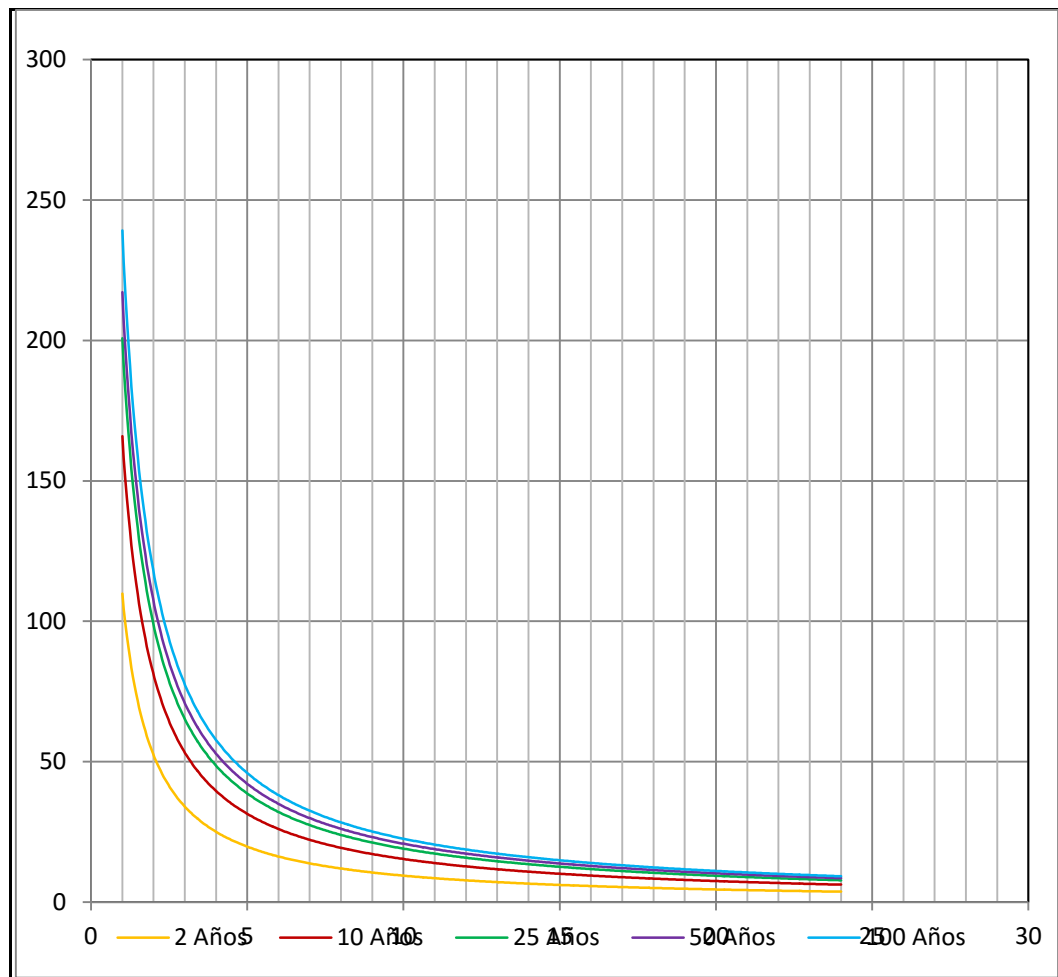


Figura A.1 Curvas intensidad-duración-Frecuencia calculadas por el método de Gumbel.

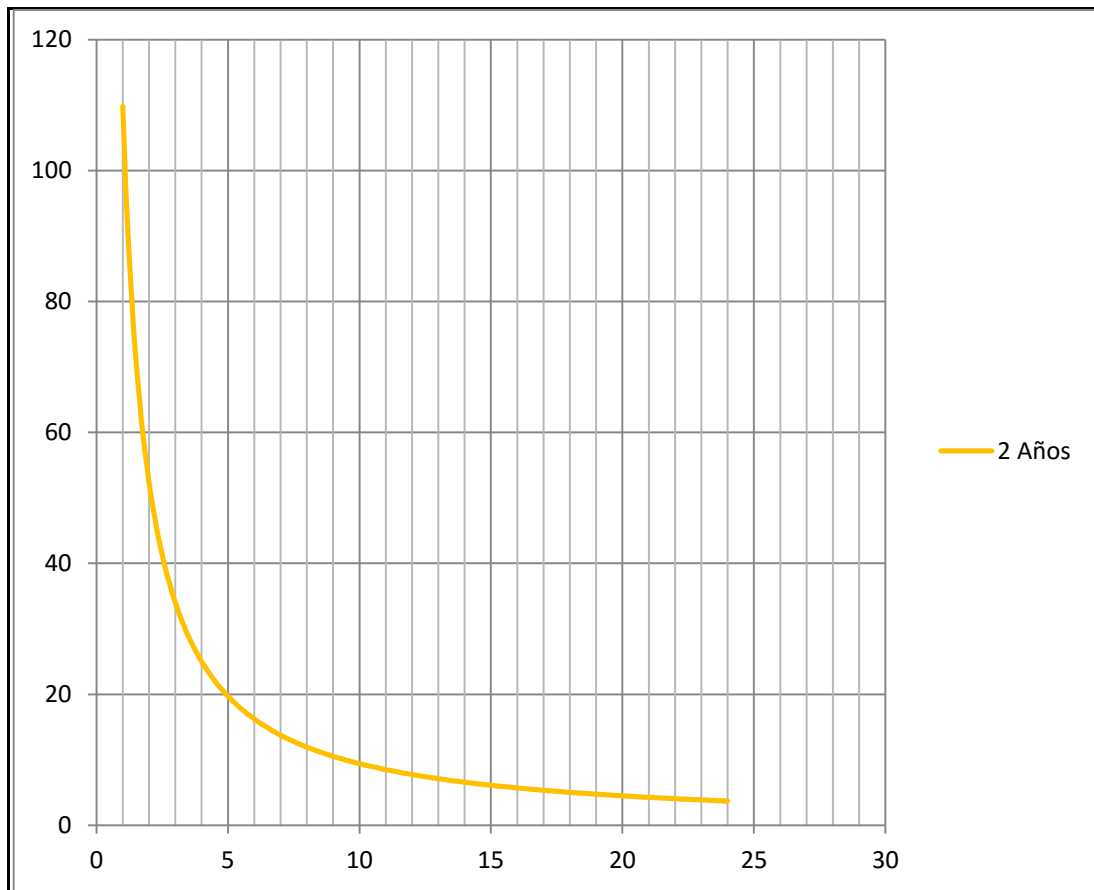


Figura A.2 Gráfico de Curvas IDF por método Gumbel para un $Tr = 2$ Años:

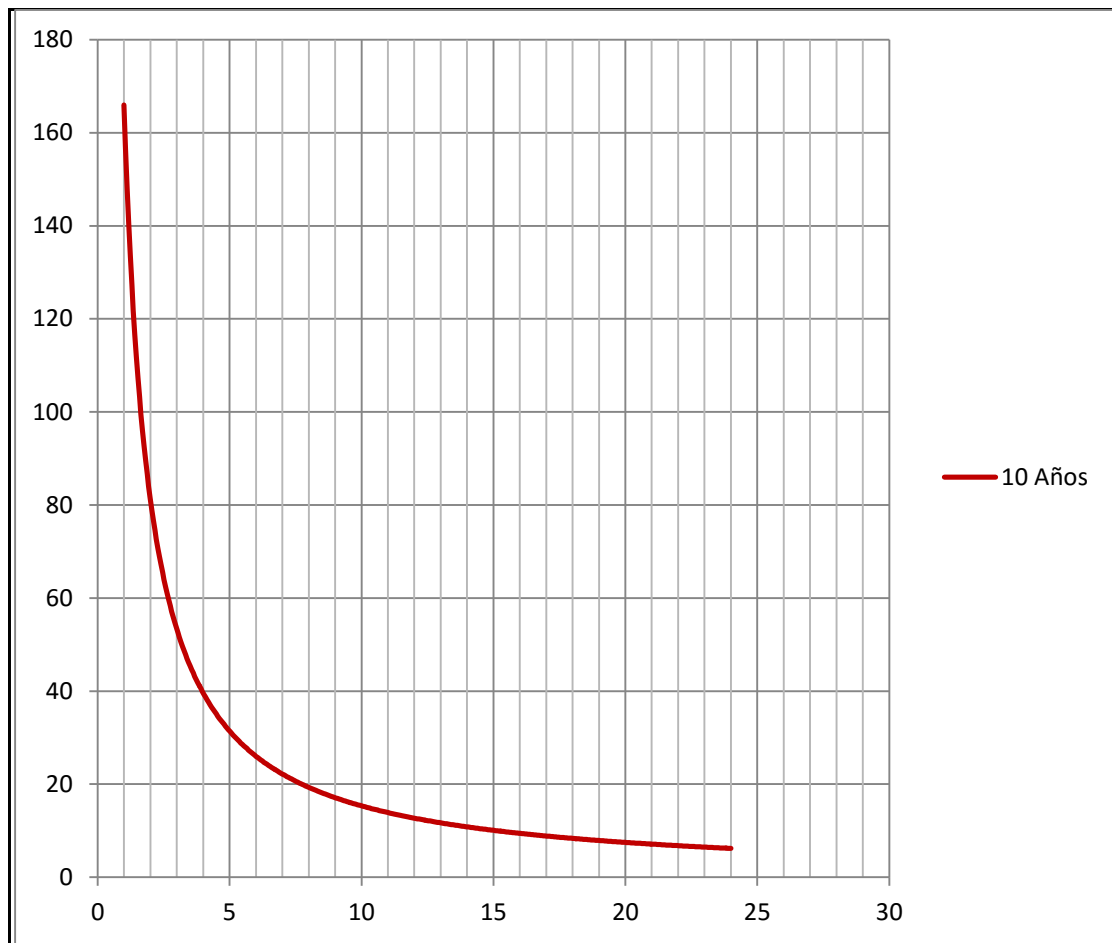


Figura A.3 Gráfico de Curvas IDF por método Gumbel para un Tr= 10 Años.

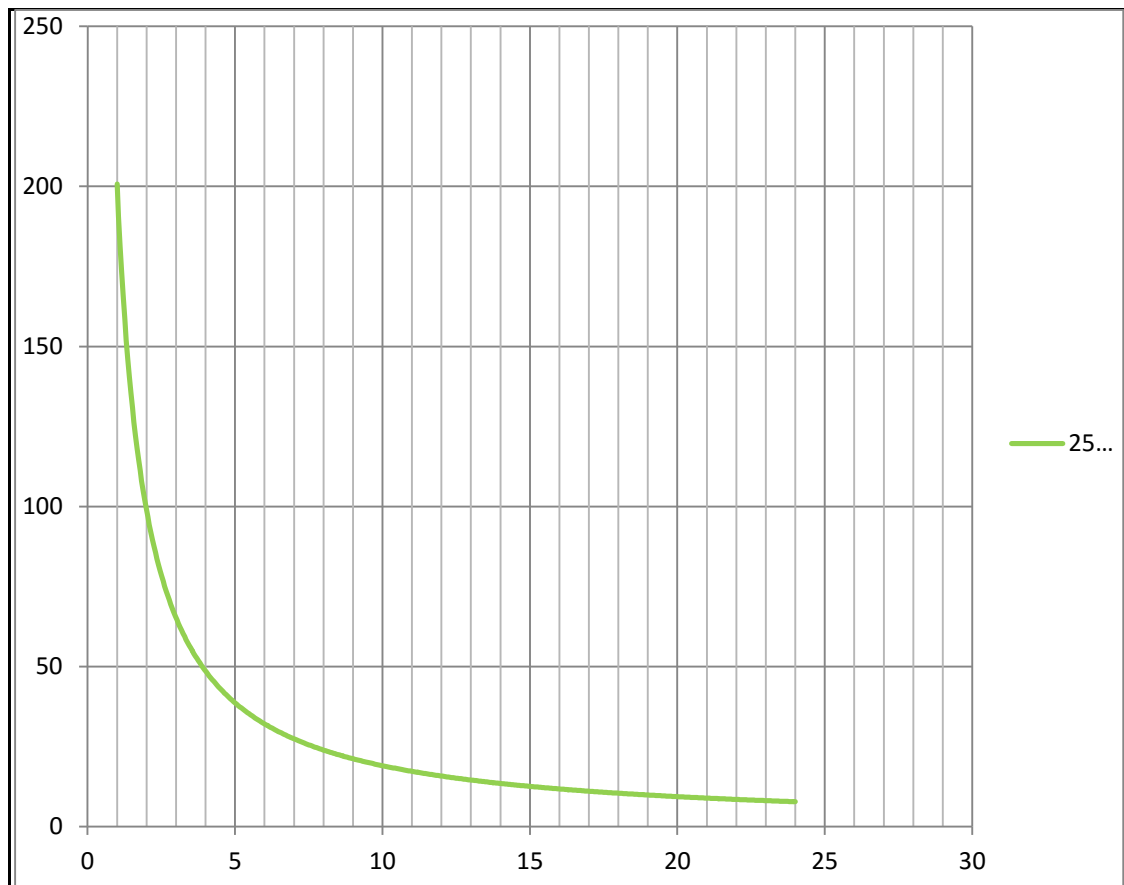


Figura A.4 Gráfico de Curvas IDF por método Gumbel para un Tr= 25 Años.

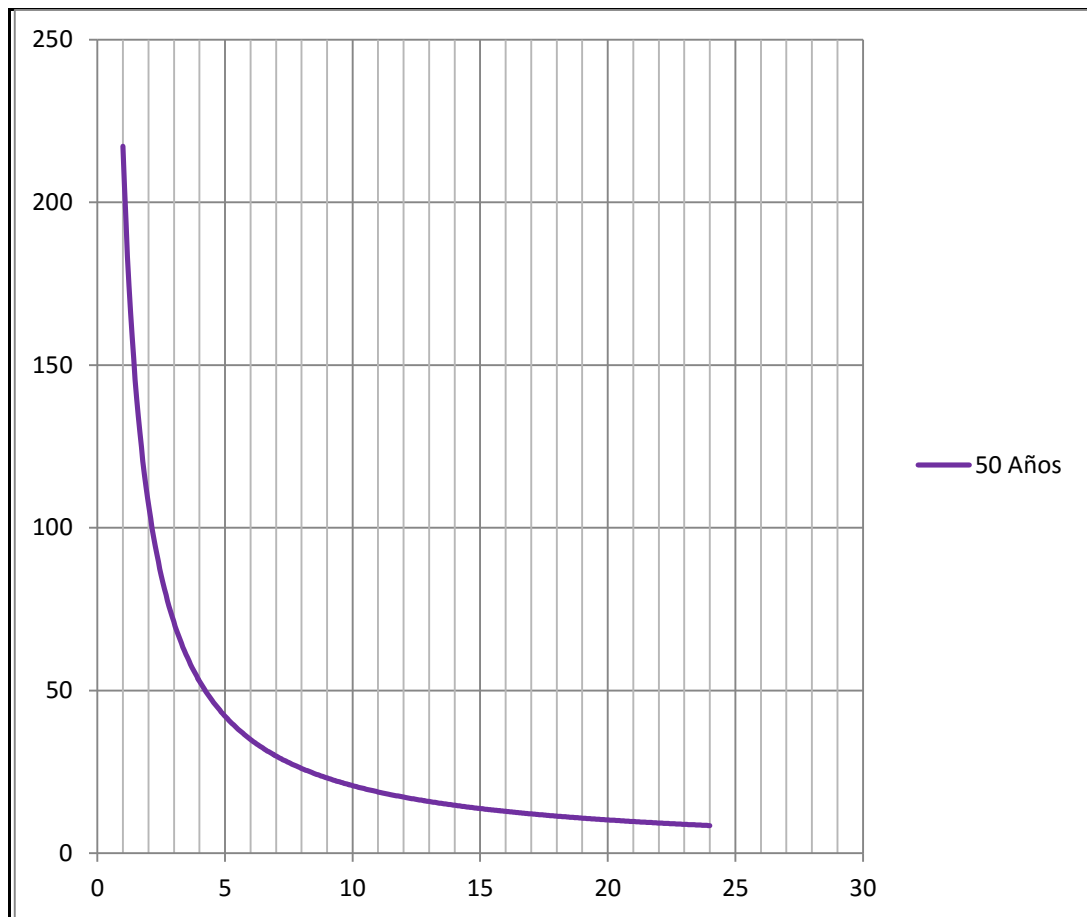


Figura A.5 Gráfico de Curvas IDF por método Gumbel para un $Tr= 50$ Años

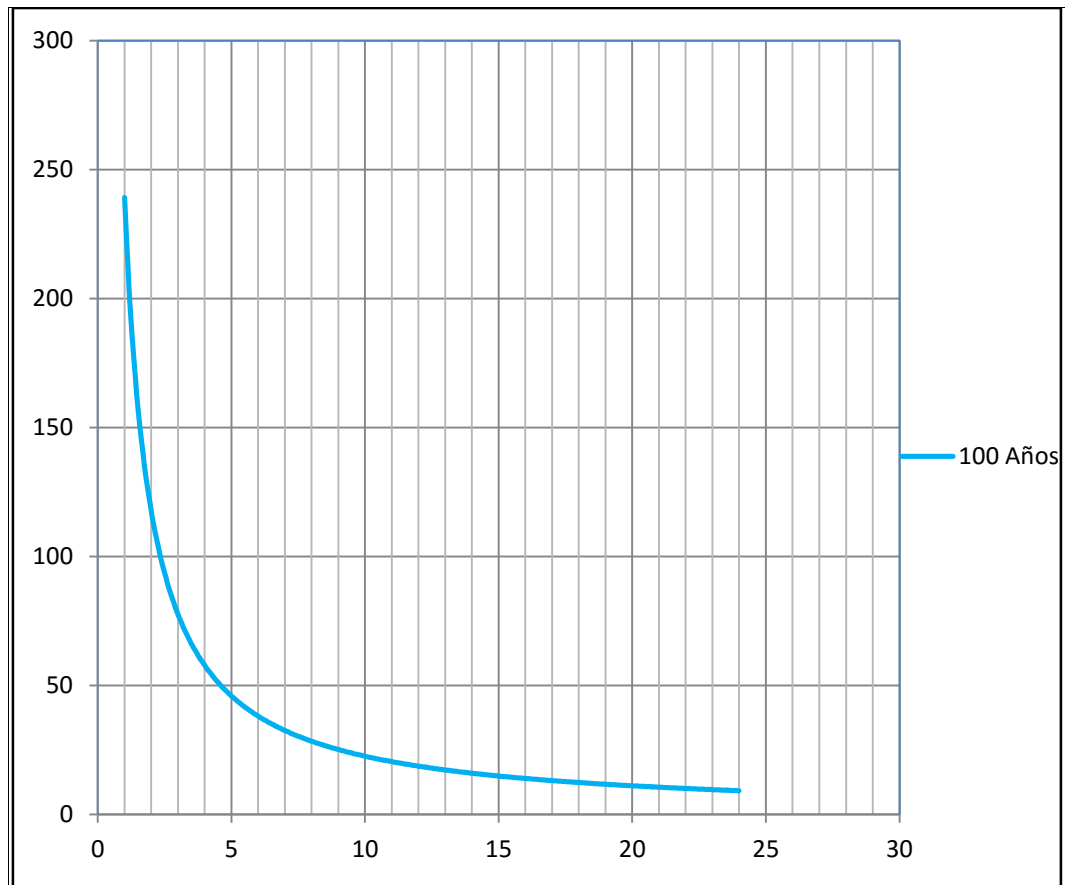


Figura A.6 Gráfico de Curvas IDF por método Gumbel para un $Tr = 100$ Años.

APÉNDICE B

Figuras para el cálculo de las capacidades del sistema de drenaje.

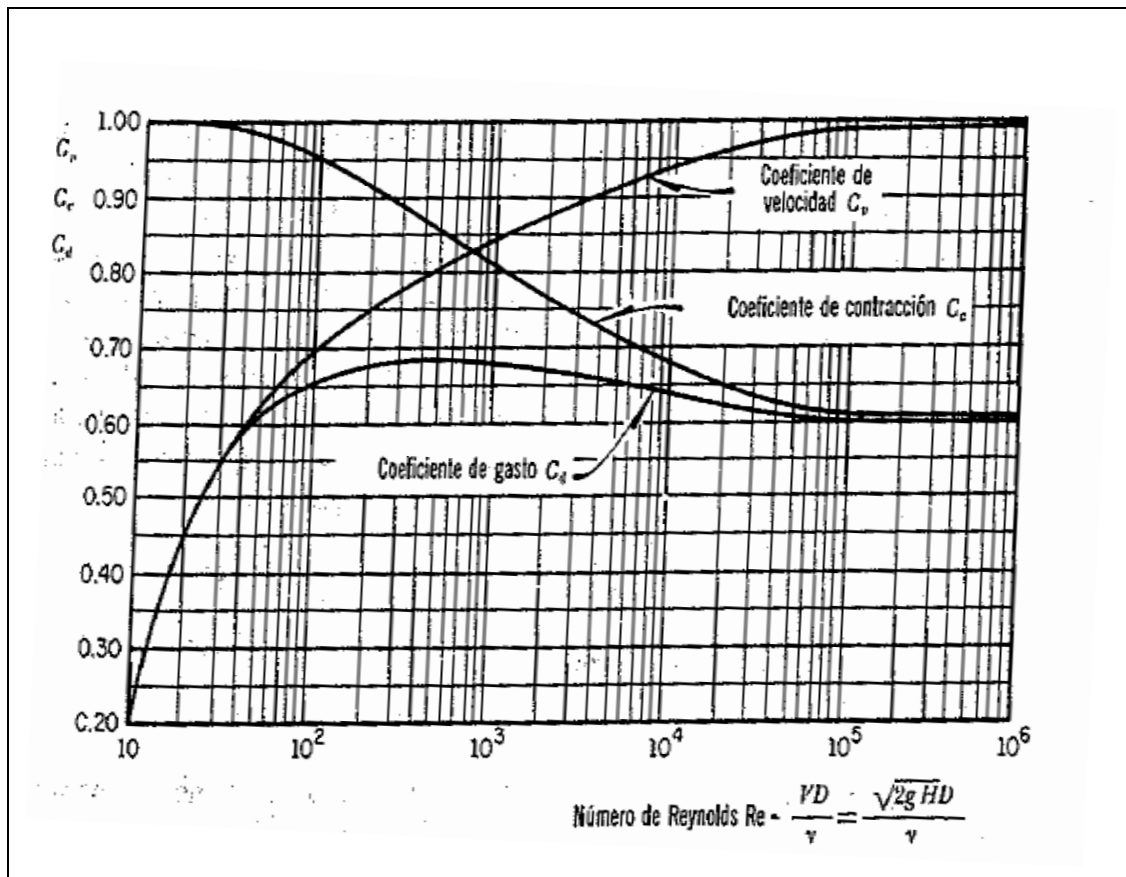


Figura B.1. Variación de los coeficientes de velocidad, contracción y gasto, con el número de Reynolds en un orificio circular.

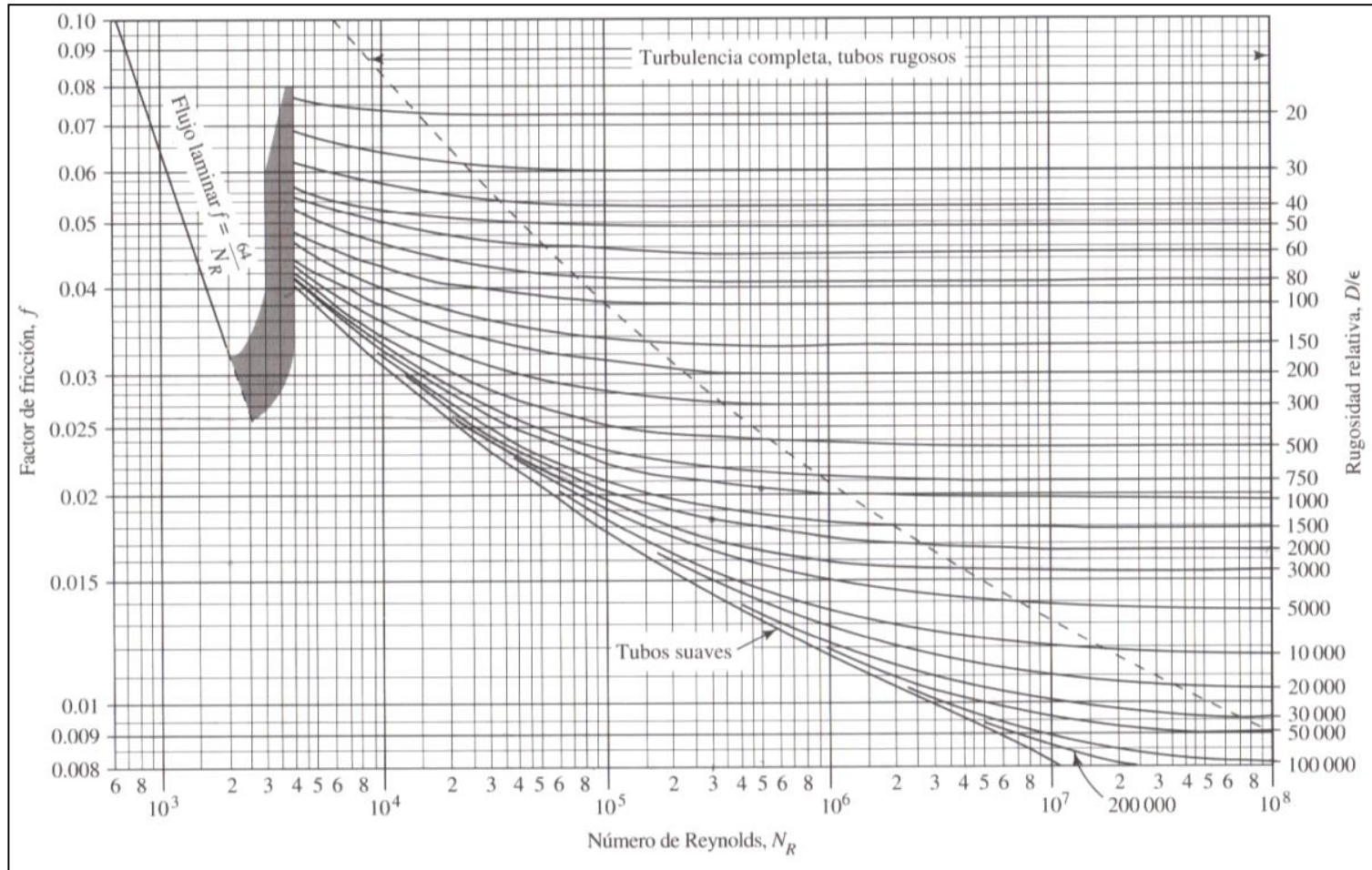


Figura B.2. Diagrama de Moody

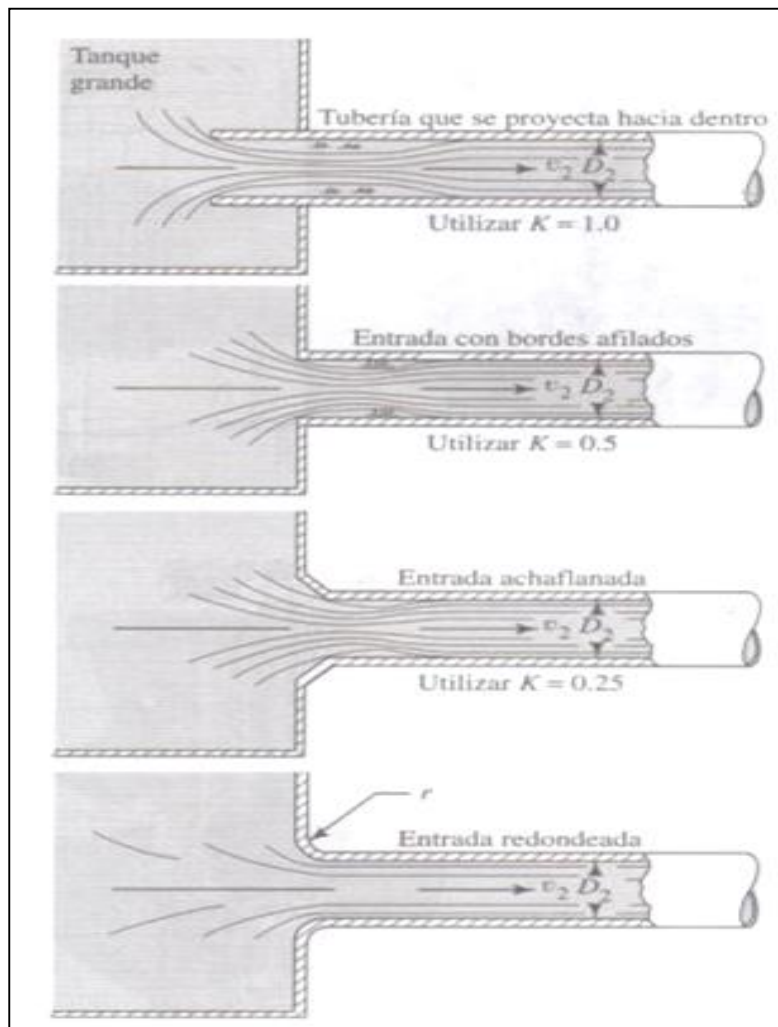


Figura B.3. Coeficientes de resistencia de entrada.

APÉNDICE C

Tablas para el cálculo del sistema de drenaje utilizando la ecuación de Bernoulli.

Tabla C.1. Propiedades del agua

Temperatura (°C)	Peso Específico γ (KN/m ³)	Densidad ρ (Kg/m ³)	Viscosidad Dinámica η (Pa*s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75x10 ⁻³	1.75x10 ⁻⁶
5	9.81	1000	1.52x10 ⁻³	1.52x10 ⁻⁶
10	9.81	1000	1.30x10 ⁻³	1.30x10 ⁻⁶
15	9.81	1000	1.15x10 ⁻³	1.15x10 ⁻⁶
20	9.79	998	1.02x10 ⁻³	1.02x10 ⁻⁶
25	9.78	997	8.91x10 ⁻⁴	8.94x10 ⁻⁷
30	9.77	996	8.00x10 ⁻⁴	8.03x10 ⁻⁷
35	9.75	994	7.18x10 ⁻⁴	7.22x10 ⁻⁷
40	9.73	992	6.51x10 ⁻⁴	6.56x10 ⁻⁷
45	9.71	990	5.94x10 ⁻⁴	6.00x10 ⁻⁷
50	9.69	988	5.41x10 ⁻⁴	5.48x10 ⁻⁷
55	9.67	986	4.98x10 ⁻⁴	5.05x10 ⁻⁷
60	9.65	984	4.60x10 ⁻⁴	4.67x10 ⁻⁷
65	9.62	981	4.31x10 ⁻⁴	4.39x10 ⁻⁷
70	9.59	978	4.02x10 ⁻⁴	4.11x10 ⁻⁷
75	9.56	975	3.73x10 ⁻⁴	3.83x10 ⁻⁷
80	9.53	971	3.50x10 ⁻⁴	3.60x10 ⁻⁷
85	9.50	968	3.30x10 ⁻⁴	3.41x10 ⁻⁷
90	9.47	965	3.11x10 ⁻⁴	3.04x10 ⁻⁷
95	9.44	962	2.92x10 ⁻⁴	2.94x10 ⁻⁷
100	9.40	958	2.82x10 ⁻⁴	x10 ⁻⁷

APÉNDICE D

Cálculo del caudal del sistema de drenaje del galpón del Supermercado El Diamante
utilizando la Ecuación de Bernoulli.

Cálculo del caudal del sistema de drenaje del galpón del Supermercado El Diamante utilizando la Ecuación de Bernoulli.

Escribiendo nuevamente la ecuación 3.2 para este sistema, queda de la siguiente manera:

$$\frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{V_A^2}{2g} - h_L = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{V_B^2}{2g}$$

Sustituyendo los valores respectivos de velocidad y presión, luego se ordenan los términos de la ecuación anterior y queda de la siguiente manera:

$$(z_A - z_B) = \frac{V_B^2}{2g} + h_L \quad (1)$$

Cálculo de las pérdidas

Se utilizará el factor $k = 0,5$ tomado de la figura A.3 del Apéndice A para el cálculo de la pérdida por entrada.

$$h_1 = 0,5 \frac{V_B^2}{2g}$$

Para el cálculo de la pérdida por fricción se sustituye el valor de $L = 1,40$ m y $D = 0,15$ m.

$$h_2 = f x \frac{1,40}{0,15} x \frac{V_B^2}{2g} = 9,33f \frac{V_B^2}{2g}$$

Se toma el valor de $k = 0,9$ para el cálculo de las pérdidas por conexiones, que en este caso son los codos; y se multiplica por 2 por existir dos codos en el sistema, como se muestra en la figura 5.13.

$$h_3 = 2x0,9 \frac{V_B^2}{2g}$$

Las pérdidas totales corresponden a la sumatoria de las perdidas por entrada, conexiones y fricción como se muestra a continuación:

$$h_L = (0,5 + 9,33f + 1,8) \frac{V_B^2}{2g}$$

$$h_L = (2,3 + 9,33f) \frac{V_B^2}{2g} \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1) tenemos,

$$1,325 = \frac{V_B^2}{2g} + (2,3 + 9,33f) \frac{V_B^2}{2g}$$

$$V_B = \sqrt{\frac{1,325 \times 2g}{1 + 2,3 + 9,33f}} = \sqrt{\frac{25,9965}{3,3 + 9,33f}} \quad (3)$$

Ahora se calcula el Número de Reynolds con la ecuación 3.14, dejando los términos en función de V_B . El valor de ν se tomó de la tabla del Apéndice B.

$$N_R = \frac{0,15 V_B}{8,94 \times 10^{-7}} = 1,67 \times 10^5 V_B \quad (4)$$

Luego se calcula la rugosidad relativa. El valor de ϵ se tomó de la tabla 3.1 para una tubería de plástico.

$$\frac{0,15}{3 \times 10^{-7}} = 500.000$$

Para iniciar la iteración, se empieza con un valor del factor de fricción f que depende de la relación anterior. En este caso, utilizamos un $f = 0,020$ y lo sustituimos en (3).

$$V_B = \sqrt{\frac{25,9965}{3,3 + (9,33 \times 0,020)}} = 2,72 \text{ m/s}$$

Sustituimos el valor de $V_B = 2,72 \text{ m/s}$ en (4) de la siguiente forma,

$$N_R = 1,67 \times 10^5 (2,72) = 4,56 \times 10^5$$

Buscando este valor en el Diagrama de Moody de la figura A.2 (Apéndice A), buscamos el verdadero valor del factor de fricción que dio igual a $f = 0,013$ y se repite el proceso anterior con este nuevo valor de f .

$$V_B = \sqrt{\frac{25,9965}{3,3 + (9,33 \times 0,013)}} = 2,75 \frac{m}{s}$$

$$N_R = 1,67 \times 10^5 (2,75) = 4,59 \times 10^5$$

Con el valor del Número de Reynolds se busca el factor de fricción y como este nuevo valor es similar al valor anterior $f = 0,013$, se toma dicho valor para continuar con el cálculo de la capacidad del sistema haciendo uso de la ecuación 3.6.

$$Q = \frac{\pi \times 0,15^2}{4} \times 2,75 = 0,0485 \frac{m^3}{s} = 48,57 \text{ lps}$$

APÉNDICE E

Cálculo de los caudales máximos para las áreas máximas horizontales que pueden ser drenadas por bajantes de agua de lluvia de diferentes diámetros para varias intensidades de lluvia.

Tabla E.1. Conversión de los valores de las áreas máximas para el cálculo de los caudales máximos.

ÁREA		ÁREA		ÁREA	
M2	HAS	M2	HAS	M2	HAS
140	0.014	65	0.0065	45	0.0045
240	0.024	120	0.012	80	0.008
400	0.04	200	0.02	135	0.0135
850	0.085	425	0.0425	285	0.0285
1600	0.16	800	0.08	535	0.0535
2510	0.251	1250	0.125	835	0.0835
5390	0.539	2690	0.269	1759	0.1759
90	0.009	50	0.005	30	0.003
160	0.016	100	0.01	60	0.006
270	0.027	160	0.016	100	0.01
570	0.057	340	0.034	210	0.021
1070	0.107	640	0.064	400	0.04
1670	0.167	1000	0.1	630	0.063
3590	0.359	2155	0.2155	1350	0.135

Tabla E.2. Conversión de las intensidades para el cálculo de los caudales máximos.

INTENSIDAD	
MM/HORA	LPS/HA
50	139
75	208.5
100	278
125	347.5
150	417
200	556

Tabla E.3 Caudales máximos drenados por las áreas máximas para distintas intensidades de precipitación en litros por segundo (lps).

Q = C*I*A (LPS)					
50 MM/HORA	75 MM/HORA	100 MM/HORA	125 MM/HORA	150 MM/HORA	200 MM/HORA
1.946	1.8765	1.807	1.7375	1.8765	1.668
3.336	3.336	3.336	3.475	3.336	3.336
5.56	5.6295	5.56	5.56	5.6295	5.56
11.815	11.8845	11.815	11.815	11.8845	11.676
22.24	22.3095	22.24	22.24	22.3095	22.24
34.889	34.8195	34.75	34.75	34.8195	35.028
74.921	74.8515	74.782	74.88625	73.3503	75.06

Tabla E.4 Caudales máximos drenados por las áreas máximas para distintas intensidades de precipitación en metros cúbicos por segundo (m³/s).

Q = C*I*A (M3/S)					
50 MM/HORA	75 MM/HORA	100 MM/HORA	125 MM/HORA	150 MM/HORA	200 MM/HORA
0.001946	0.0018765	0.001807	0.0017375	0.0018765	0.001668
0.003336	0.003336	0.003336	0.003475	0.003336	0.003336
0.00556	0.0056295	0.00556	0.00556	0.0056295	0.00556
0.011815	0.0118845	0.011815	0.011815	0.0118845	0.011676
0.02224	0.0223095	0.02224	0.02224	0.0223095	0.02224
0.034889	0.0348195	0.03475	0.03475	0.0348195	0.035028
0.074921	0.0748515	0.074782	0.07488625	0.0733503	0.07506

Tabla E.5 Áreas máximas horizontales en metros cuadrados que pueden ser drenadas por bajantes de agua de lluvia de diferentes diámetros para variar intensidades de lluvia y sus respectivos caudales máximos.

DIÁMETRO DEL BAJANTE		50		75		100		125		150		200	
cms	pulgadas	Áreas máximas de proyección horizontal drenadas (m2)- Gasto conducido por el bajante (m3/s)											
5,08	2"	140	0.001946	90	0.001877	65	0.001807	50	0.001738	45	0.001877	30	0.001668
6,35	2 1/2 "	240	0.003336	160	0.003336	120	0.003336	100	0.003475	80	0.003336	60	0.003336
7,62	3"	400	0.00556	270	0.00563	200	0.00556	160	0.00556	135	0.00563	100	0.00556
10,16	4"	850	0.011815	570	0.011885	425	0.011815	340	0.011815	285	0.011885	210	0.011676
12,70	5"	1600	0.02224	1070	0.02231	800	0.02224	640	0.02224	535	0.02231	400	0.02224
15,24	6"	2510	0.034889	1670	0.03482	1250	0.03475	1000	0.03475	835	0.03482	630	0.035028
20,32	8"	5390	0.074921	3590	0.074852	2690	0.074782	2155	0.074886	1759	0.07335	1350	0.07506

APÉNDICE F

Modelos representativos del sistema utilizados para el estudio, con su respectiva denominación según su orden de ejecución

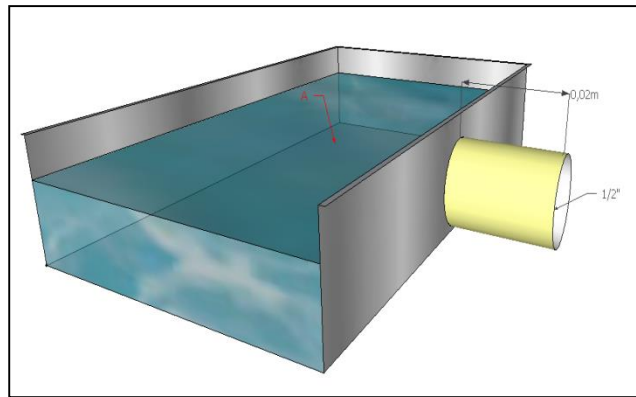


Figura F.1. Sistema de Orificio de diámetro 1/2".

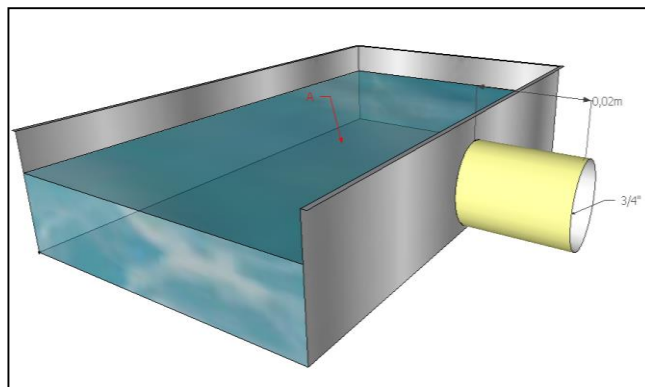


Figura F.2. Sistema de Orificio de diámetro 3/4".

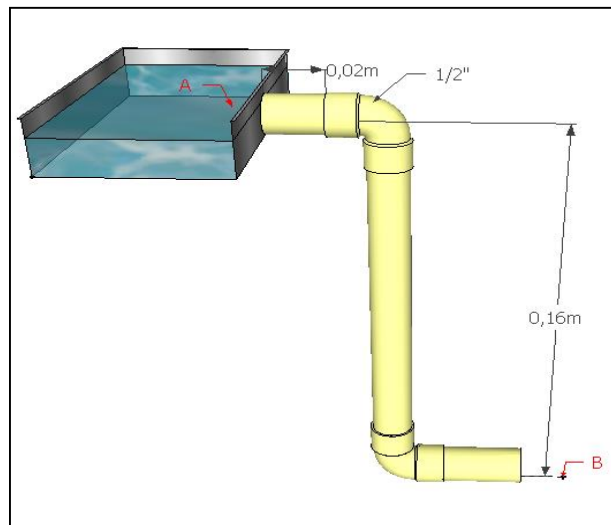


Figura F.3. Sistema de drenaje 1 diámetro 1/2".

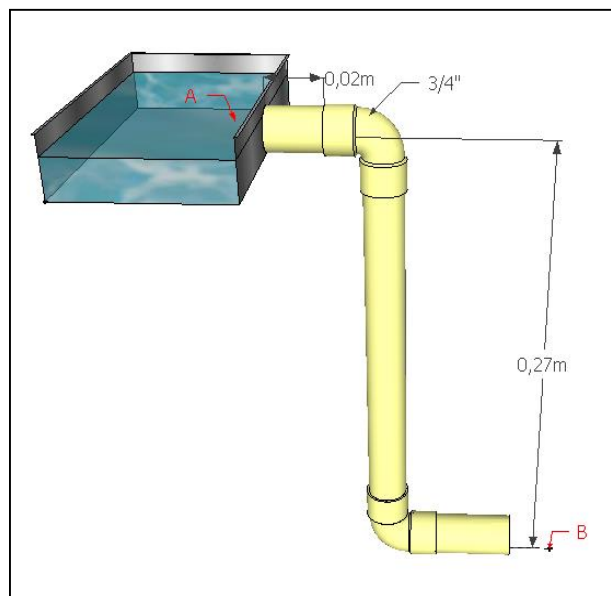


Figura F.4. Sistema de drenaje 1 diámetro 3/4".

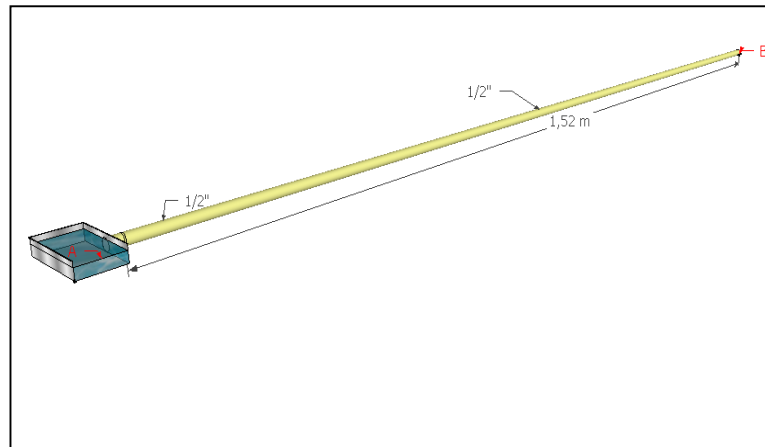


Figura F.5. Sistema de drenaje 2 diámetro $\frac{1}{2}$ ".

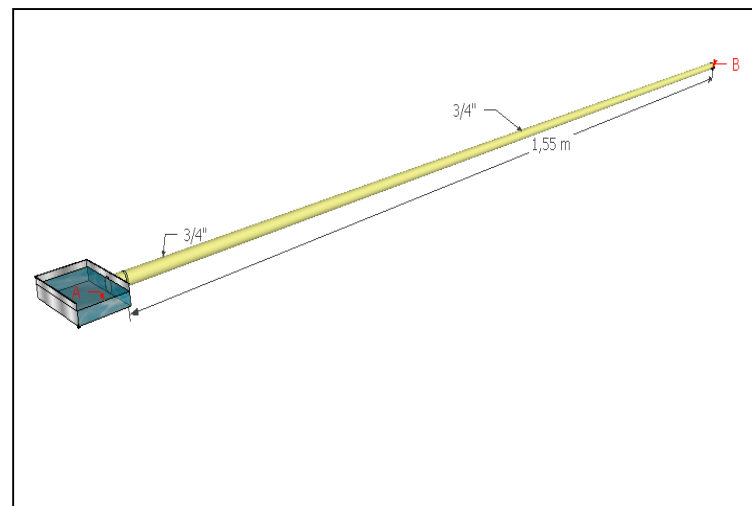


Figura F.6. Sistema de drenaje 2 diámetro $\frac{3}{4}$ ".

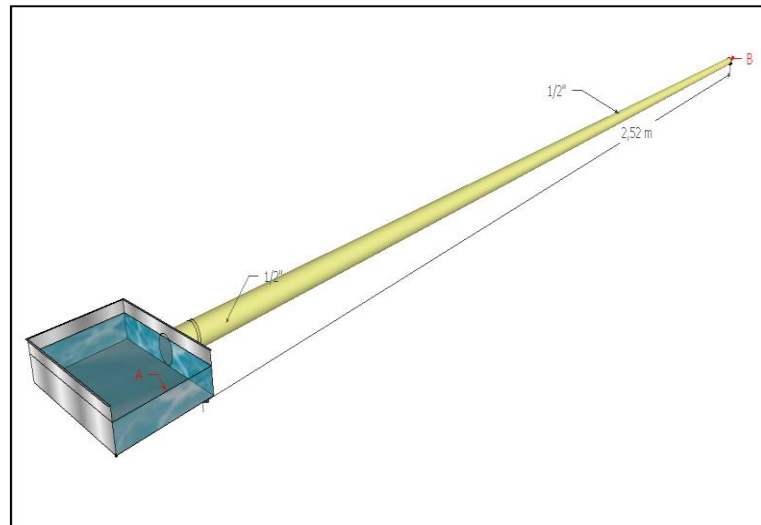


Figura F.7. Sistema de drenaje 3 diámetro $1/2''$.

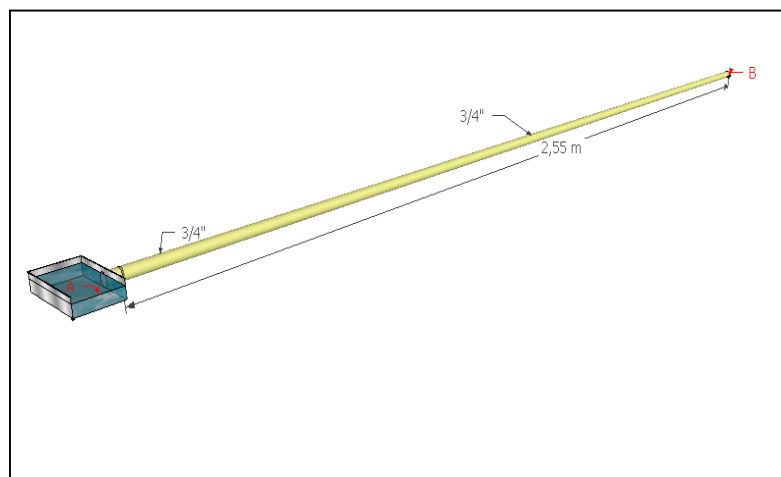


Figura F.8. Sistema de drenaje 3 diámetro $3/4''$.

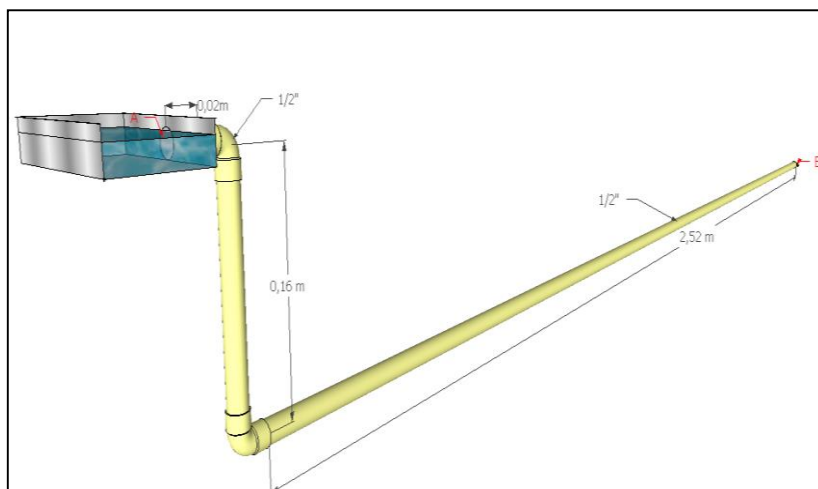


Figura F.9. Sistema de drenaje 4 diámetro $1/2''$.

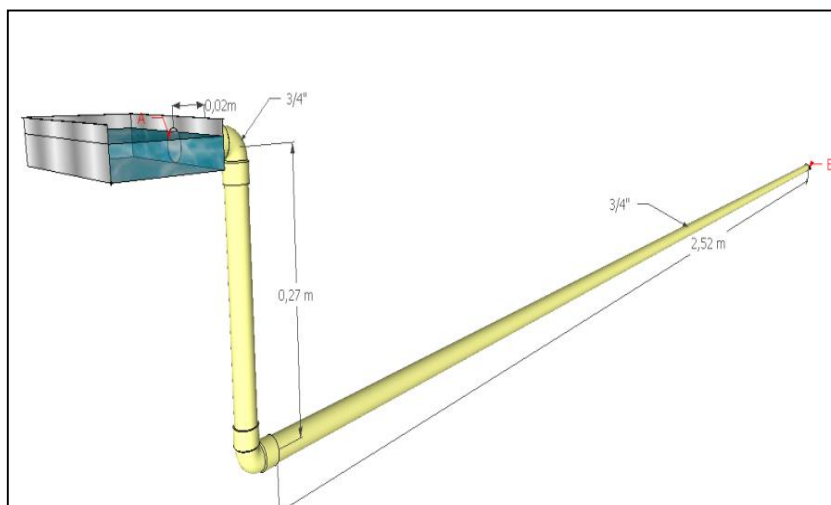


Figura F.10. Sistema de drenaje 4 diámetro $3/4''$.

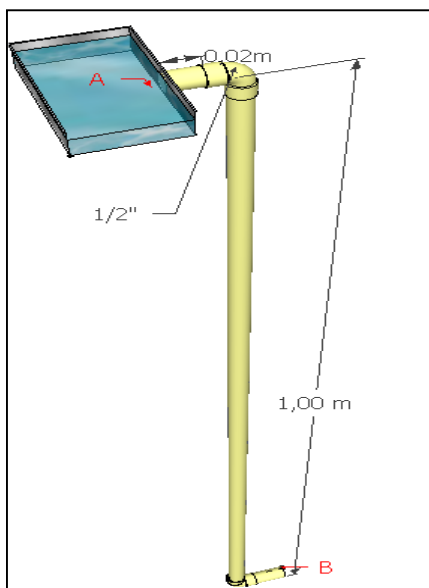


Figura F.11. Sistema de drenaje
5 diámetro $1/2''$.

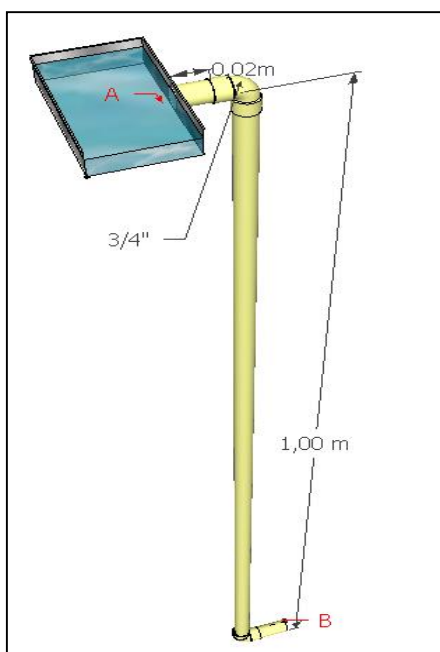


Figura F.12. Sistema de drenaje
5 diámetro $3/4''$.

APÉNDICE G

Datos experimentales obtenidos de la realización de los modelos de los sistemas de drenaje.

Para los orificios:

Tabla G.1 Datos obtenidos del experimento con orificios para diámetro 1/2".

		DIÁMETRO 1/2"							
NIVEL DE AGUA		H= 1.00	H= 1.5	H= 2	H= 2.5	H= 3	H= 3.5	H= 4	H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	93.50	28.71	24.69	20.07	15.83	14.57	14.09	12.12
	LECTURA 2	95.70	28.90	21.00	19.83	17.12	15.62	13.87	11.97
	LECTURA 3	95.3	26.3	24.65	22.29	17.02	15.2	15.26	13.75
	PROMEDIO	94.83	27.97	23.45	20.73	16.66	15.13	14.41	12.61

Tabla G.2 Datos obtenidos del experimento con orificios para diámetro 3/4".

		DIÁMETRO 3/4"							
NIVEL DE AGUA		H= 1.00	H= 1.5	H= 2	H= 2.5	H= 3	H= 3.5	H= 4	H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	56.48	27.98	13.29	10.49	8.72	7.33	5.57	6.02
	LECTURA 2	61.29	28.14	14.03	10.89	9.13	8.05	6.53	6.03
	LECTURA 3	66.09	28.77	14.95	10.35	9.53	7.40	6.00	5.85
	PROMEDIO	61.29	28.30	14.09	10.58	9.13	7.59	6.03	5.97

Para el sistema de drenaje 1:

Tabla G.3 Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 1, diámetro $\frac{1}{2}$ ".

DIAMETRO 1/2"		
NIVEL DE AGUA		H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	7.83
	LECTURA 2	7.73
	LECTURA 3	7.45
	PROMEDIO	7.67

Tabla G.4 Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 1, diámetro $\frac{3}{4}$ ".

DIAMETRO 3/4"		
NIVEL DE AGUA		H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	3.12
	LECTURA 2	2.79
	LECTURA 3	3.2
	PROMEDIO	3.04

Para el sistema de drenaje 2:

Tabla G.5 Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 2, diámetro 1/2".

DIAMETRO 1/2"		
NIVEL DE AGUA		H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	31.30
	LECTURA 2	32.95
	LECTURA 3	33.25
	PROMEDIO	32.50

Tabla G.6 Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 2, diámetro 3/4"

DIAMETRO 3/4"		
NIVEL DE AGUA		H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	8.84
	LECTURA 2	9.03
	LECTURA 3	9.83
	PROMEDIO	9.23

Para el sistema de drenaje 3:

Tabla G.7 Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 3, diámetro $\frac{1}{2}$ ".

DIAMETRO 1/2"		
NIVEL DE AGUA		H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	50.81
	LECTURA 2	56.38
	LECTURA 3	55.85
	PROMEDIO	54.35

Tabla G.8 Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 3, diámetro $\frac{3}{4}$ ".

DIAMETRO 3/4"		
NIVEL DE AGUA		H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	13.29
	LECTURA 2	13.33
	LECTURA 3	15.01
	PROMEDIO	13.88

Para el sistema de drenaje 4:

Tabla G.9 Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 4, diámetro $\frac{1}{2}$ ".

DIAMETRO 1/2"		
NIVEL DE AGUA		H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	12.02
	LECTURA 2	11.60
	LECTURA 3	11.69
	PROMEDIO	11.77

Tabla G.10 Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 4, diámetro $\frac{3}{4}$ ".

DIAMETRO 3/4"		
NIVEL DE AGUA		H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	3.44
	LECTURA 2	3.67
	LECTURA 3	3.64
	PROMEDIO	3.58

Para el sistema de drenaje 5:

Tabla G.11 Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 5, diámetro $\frac{1}{2}$ ".

DIAMETRO 1/2"		
NIVEL DE AGUA		H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	4.01
	LECTURA 2	3.81
	LECTURA 3	3.92
	PROMEDIO	3.91

Tabla G.12 Datos obtenidos del experimento para el sistema de drenaje 5, diámetro $\frac{3}{4}$ ".

DIAMETRO 3/4"		
NIVEL DE AGUA		H= 4.5
TIEMPO	LECTURA 1	1.74
	LECTURA 2	2.60
	LECTURA 3	2.06
	PROMEDIO	2.13

APÉNDICE H

Resultados obtenidos en base a los experimentos para cálculo de la velocidad y el caudal para los sistemas de drenaje.

Para los orificios:

Tabla H.1 Resultados obtenidos para orificios con diámetro ½”.

	DIÁMETRO 1/2" = 0.0127 m							
NIVEL DE AGUA	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50
TIEMPO PROMEDIO	94.83	27.97	23.45	20.73	16.66	15.13	14.41	12.61
CAUDAL (LPS)	0.010544815	0.035752592	0.04264999	0.04823927	0.06003602	0.06609385	0.06941231	0.07928118
CAUDAL (M3/S)	0.000010545	0.000035753	0.000042650	0.000048239	0.000060036	0.000066094	0.000069412	0.000079281
VELOCIDAD (M/S)	0.083284059	0.282377725	0.33685406	0.38099879	0.4741708	0.52201619	0.5482257	0.62617111

Tabla H.2 Resultados obtenidos para orificios con diámetro ¾”.

	DIÁMETRO 3/4"= 0.0191 m							
NIVEL DE AGUA	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50
TIEMPO PROMEDIO	61.29	28.30	14.09	10.58	9.13	7.59	6.03	5.97
CAUDAL (LPS)	0.016316763	0.035339852	0.07097232	0.09454775	0.10956903	0.13169447	0.16574586	0.16759777
CAUDAL (M3/S)	0.000016317	0.000035340	0.000070972	0.000094548	0.000109569	0.000131694	0.000165746	0.000167598
VELOCIDAD (M/S)	0.056976741	0.123403742	0.24782928	0.33015265	0.38260569	0.45986583	0.57877037	0.58523708

Tabla H.3 Resultados obtenidos empleando el Teorema de Torricelli para el cálculo de la velocidad y la Ecuación de Continuidad para el cálculo del caudal, para orificios con diámetro ½”.

	DIÁMETRO 1/2" = 0.0127 m						
NIVEL DE AGUA	0.015	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04	0.045
H (M)	0.0087	0.0137	0.0187	0.0237	0.0287	0.0337	0.0387
VELOCIDAD (M/S)	0.411962377	0.51750652	0.60490743	0.681185	0.74974196	0.81253492	0.87081169
REYNOLDS	5852.261954	7351.60271	8593.204	9676.78911	10650.6967	11542.7221	12370.5911
Cd	0.65	0.65	0.65	0.64	0.63	0.63	0.63
Cv	0.92	0.93	0.92	0.93	0.97	0.97	0.97
Cc	0.73	0.7	0.72	0.68	0.65	0.65	0.65
Caudal M3/s	0.0000350	0.000042655	0.000050733	0.000054542	0.000059851	0.000064864	0.000069516
Caudal Lps	0.03503042	0.04265539	0.05073251	0.05454237	0.05985136	0.06486407	0.06951627

Tabla H.4 Resultados obtenidos empleando el Teorema de Torricelli para el cálculo de la velocidad y la Ecuación de Continuidad para el cálculo del caudal, para orificios con diámetro ¾”.

	DIÁMETRO ¾" = 0.0191 m						
NIVEL DE AGUA	0.015	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04	0.045
H (M)	0.0055	0.0105	0.0155	0.0205	0.0255	0.0305	0.0355
VELOCIDAD (M/S)	0.327000	0.45280128	0.55057152	0.6334264	0.70663215	0.77293531	0.83398381
REYNOLDS	6986.241611	9673.94236	11762.7696	13532.9353	15096.9509	16513.495	17817.775
Cd	0.65	0.64	0.60	0.64	0.63	0.63	0.62
Cv	0.92	0.95	0.94	0.95	0.96	0.97	0.96
Cc	0.70	0.67	0.67	0.68	0.66	0.66	0.65
Caudal M3/s	0.0000603	0.000082536	0.000099301	0.000117183	0.000128217	0.000141708	0.000149032
Caudal Lps	0.060307317	0.08253582	0.09930081	0.11718312	0.12821681	0.14170827	0.14903168

Para el sistema de drenaje 1:

Tabla H.5 Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 1, diámetro 1/2".

DIAMETRO 1/2"	
NIVEL DE AGUA	H= 4.5
TIEMPO PROMEDIO	7.67
CAUDAL (LPS)	0.1303781
CAUDAL (M3/S)	0.00013038
VELOCIDAD (M/S)	1.02973989

Tabla H.6 Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 1, diámetro 3/4".

DIAMETRO 3/4"	
NIVEL DE AGUA	H= 4.5
TIEMPO PROMEDIO	3.04
CAUDAL (LPS)	0.32930845
CAUDAL (M3/S)	0.00032931
VELOCIDAD (M/S)	1.14991698

Tabla H.7 Resultados obtenidos aplicando la ecuación de Bernoulli para el sistema de drenaje 1, diámetro 1/2" y 3/4".

DIAMETRO 1/2"	
V (m/s)	Q (m3/s)
1.025938548	0.000129897
DIAMETRO 3/4"	
V (m/s)	Q (m3/s)
1.278445174	0.000366116

Para el sistema de drenaje 2:

Tabla H.8 Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 2, diámetro $\frac{1}{2}$ ".

DIAMETRO $\frac{1}{2}$ "	
NIVEL DE AGUA	H= 4.5
TIEMPO PROMEDIO	32.50
CAUDAL (LPS)	0.030769231
CAUDAL (M3/S)	0.0000307692
VELOCIDAD (M/S)	0.243018614

Tabla H.9 Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 1, diámetro $\frac{3}{4}$ ".

DIAMETRO $\frac{3}{4}$ "	
NIVEL DE AGUA	H= 4.5
TIEMPO PROMEDIO	9.23
CAUDAL (LPS)	0.108303249
CAUDAL (M3/S)	0.000108303
VELOCIDAD (M/S)	0.378185692

Tabla H.10 Resultados obtenidos aplicando la ecuación de Bernoulli para el sistema de drenaje 2, diámetro $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ".

DIAMETRO $\frac{1}{2}$ "	
V (m/s)	Q (m3/s)
0.44159454	0.0000458
DIAMETRO $\frac{3}{4}$ "	
V (m/s)	Q (m3/s)
0.42969804	0.000123055

Para el sistema de drenaje 3:

Tabla H.11 Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 3, diámetro 1/2".

DIAMETRO 1/2"	
NIVEL DE AGUA	H= 4.5
TIEMPO PROMEDIO	54.35
CAUDAL (LPS)	0.018400393
CAUDAL (M3/S)	0.00001840039
VELOCIDAD (M/S)	0.145328232

Tabla H.12 Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 3, diámetro 3/4".

DIAMETRO 3/4"	
NIVEL DE AGUA	H= 4.5
TIEMPO PROMEDIO	13.88
CAUDAL (LPS)	0.072063416
CAUDAL (M3/S)	0.0000720634
VELOCIDAD (M/S)	0.251639291

Tabla H.13 Resultados obtenidos aplicando la ecuación de Bernoulli para el sistema de drenaje 3, diámetro 1/2" y 3/4".

DIAMETRO 1/2"	
V (m/s)	Q (m3/s)
0.289812415	0.0000367
DIAMETRO 3/4"	
V (m/s)	Q (m3/s)
0.347369003	0.000099478

Para el sistema de drenaje 4:

Tabla H.14 Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 4, diámetro $\frac{1}{2}$ ".

DIAMETRO 1/2"	
NIVEL DE AGUA	H= 4.5
TIEMPO PROMEDIO	11.77
CAUDAL (LPS)	0.084961767
CAUDAL (M3/S)	0.00008496
VELOCIDAD (M/S)	0.671036956

Tabla H.15 Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 4, diámetro $\frac{3}{4}$ ".

DIAMETRO 3/4"	
NIVEL DE AGUA	H= 4.5
TIEMPO PROMEDIO	3.58
CAUDAL (LPS)	0.279069767
CAUDAL (M3/S)	0.00027907
VELOCIDAD (M/S)	0.974487784

Tabla H.16 Resultados obtenidos aplicando la ecuación de Bernoulli para el sistema de drenaje 4, diámetro $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ".

DIAMETRO 1/2"	
V (m/s)	Q (m3/s)
0.800866382	0.0001014
DIAMETRO 3/4"	
V (m/s)	Q (m3/s)
1.089697069	0.000312063

Para el sistema de drenaje 5:

Tabla H.17 Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 5 diámetro 1/2".

DIAMETRO 1/2"	
NIVEL DE AGUA	H= 4.5
TIEMPO PROMEDIO	3.91
CAUDAL (LPS)	0.255536627
CAUDAL (M3/S)	0.000255537
VELOCIDAD (M/S)	2.018255103

Tabla H.18 Resultados obtenidos para el sistema de drenaje 5, diámetro 3/4".

DIAMETRO 1/2"	
NIVEL DE AGUA	H= 4.5
TIEMPO PROMEDIO	2.13
CAUDAL (LPS)	0.46875000
CAUDAL (M3/S)	0.00046875
VELOCIDAD (M/S)	1.63683495

Tabla H.19 Resultados obtenidos aplicando la ecuación de Bernoulli para el sistema de drenaje 5, diámetro 1/2" y 3/4".

DIAMETRO 1/2"	
V (m/s)	Q (m3/s)
1.998964796	0.0002531
DIAMETRO 3/4"	
V (m/s)	Q (m3/s)
2.138794023	0.000612499

APÉNDICE I

Tablas comparativas de los resultados obtenidos de forma experimental y aplicando el Teorema de Torricelli, la Ecuación de Continuidad y el Principio de Bernoulli.

Tabla I.1. Comparación de resultados reales y teóricos para los orificios de diámetro $\frac{1}{2}$ ".

NIVEL DE AGUA	DIAMETRO 1/2"			
	REAL	TEORICO	REAL	TEORICO
	V (m3/s)		Q (m3/s)	
1.50	0.28237772	0.41196238	0.000035753	0.000035030
2.00	0.33685406	0.51750652	0.000042650	0.000042655
2.50	0.38099879	0.60490743	0.000048239	0.000050733
3.00	0.4741708	0.681185	0.000060036	0.000054542
3.50	0.52201619	0.74974196	0.000066094	0.000059851
4.00	0.5482257	0.81253492	0.000069412	0.000064864
4.50	0.62617111	0.87081169	0.000079281	0.000069516

Tabla I.2. Comparación de resultados reales y teóricos para los orificios de diámetro $\frac{3}{4}$ ".

NIVEL DE AGUA	DIAMETRO 3/4"			
	REAL	TEORICO	REAL	TEORICO
	V (m3/s)		Q (m3/s)	
1.50	0.12340374	0.3270000	0.000035340	0.000060307
2.00	0.24782928	0.45280128	0.000070972	0.000082536
2.50	0.33015265	0.55057152	0.000094548	0.000099301
3.00	0.38260569	0.6334264	0.000109569	0.000117183
3.50	0.45986583	0.70663215	0.000131694	0.000128217
4.00	0.57877037	0.77293531	0.000165746	0.000141708
4.50	0.58523708	0.83398381	0.000167598	0.000149032

Tabla I.3. Comparación de resultados reales y teóricos para los diferentes sistemas de diámetro 1/2".

DIAMETRO 1/2"				
	REAL	TEORICO	REAL	TEORICO
	V (m/s)		Q (m3/s)	
SISTEMA 1	1.029739892	1.025938548	0.000130378	0.000129897
SISTEMA 2	0.243018614	0.361548824	0.000030769	0.000045777
SISTEMA 3	0.145328232	0.289812415	0.000018400	0.00003669
SISTEMA 4	0.671036956	0.800866382	0.000084962	0.00010140
SISTEMA 5	2.018255103	1.998964796	0.000255537	0.000253094

Tabla I.4. Comparación de resultados reales y teóricos para los diferentes sistemas de diámetro 3/4".

DIAMETRO 3/4"				
	REAL	TEORICO	REAL	TEORICO
	V (m/s)		Q (m3/s)	
SISTEMA 1	1.149916979	1.278445174	0.000329308	0.000366116
SISTEMA 2	0.378185692	0.429698036	0.000108303	0.000123055
SISTEMA 3	0.251639291	0.347369003	0.000072063	0.00009948
SISTEMA 4	0.974487784	1.089697069	0.000279070	0.00031206
SISTEMA 5	1.63683495	2.138794023	0.00046875	0.000612499

ANEXOS



A.1. Materiales utilizados para realizar el experimento con el orificio para diámetro de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ".



A.2. Ejemplo de sistema 3 de drenaje empleado para el estudio.



A.3. Sistema de tubos y codos utilizados para realizar los experimentos.



A.4. Ejemplo de sistema 1 de drenaje utilizado para realizar los experimentos.



A. 5. Ejemplo de sistema 9 de drenaje utilizado para realizar los experimentos



Anexo 6. Ejemplo de sistema 11 de drenaje utilizado para realizar los experimentos



A. 7. Efectos del mal funcionamiento del sistema de drenaje de techo del galpón del Supermercado El Diamante.



A.8. Incorrecta instalación del canal de recolección de agua de lluvia del galpón del Supermercado El Diamante.

GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA DE VENEZUELA	
ANO CXV — MES XI Caracas: jueves 8 de septiembre de 1938 No. 4.044 Extraordinario	
SUMARIO Ministerios de Sanidad y Asistencia Social y del Desarrollo Urbano Regulación concerniente por la cual se dictan las Normas Sanitarias para Proveer, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edifi- caciones.	CAPITULO I DISPOSICIONES GENERALES <u>Artículo 1.</u> La construcción, reparación, ampliación o reforma total o parcial, de las edificaciones de cualquier tipo, tanto públi- cas como privadas, quedan sometidas al control y a la vigilan- cia por parte del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, en todo cuanto se refiere al cumplimiento de las disposicio- nes sanitarias contenidas en estas normas. <u>Artículo 2.</u> Los propietarios y los encargados de la obra están obli- gados a permitir a los funcionarios autorizados del Ministe- rio de Sanidad y Asistencia Social, en cualquier momento, la inspección de éstas y a suministrar los planos aprobados y cuentos ínteros y documentos correspondientes al proyecto, los seus requeridos. <u>Artículo 3.</u> Toda edificación deberá ser mantenida y operada en forma permanente de manera que se garanticen en todo momento las con- diciones de higiene y seguridad. A este fin, el o los propie- tarios de la edificación, deberán establecer un sistema de ad- ministración, el cual se encargará del mantenimiento y opera- ción tanto de la edificación, como de sus instalaciones y equi- pos. <u>Artículo 4.</u> Las edificaciones destinadas a vivienda multifamiliar de- berán disponer de una persona o grupo de personas responsables encargadas en forma permanente del mantenimiento de la edifi- cación en sus áreas comunes, así como también de la operación y del mantenimiento de las instalaciones y equipos de uso com- ún. La responsabilidad del mantenimiento de las áreas y ser- vicios comunes podrá estar a cargo del propietario o co-propie- tarios del edificio; de la Junta Administradora del mismo, del Administrador o cualquier otra persona natural o jurídica, de signado por dicha Junta. <u>Artículo 5.</u> Los ambientes, equipos e instalaciones de una edificación de las edificaciones deberán estar situados en áreas comunes de las mismas. El acceso a éstas deberá ser fácil y seguro y reali- zarse siempre a través de áreas comunes. <u>Artículo 6.</u> A los efectos del cumplimiento de los Artículos 3 y 4, toda edificación deberá disponer de las dependencias neces- arias para el alojamiento y servicio del personal designado pa- ra el mantenimiento de la edificación en sus áreas y servicios comunes. La dependencia mínima constará de un local de ofic- ina de 7 metros cuadrados de área y una sala sanitaria dotada de un inodoro de agua, un lavamanos y una ducha. <u>Artículo 7.</u> En el caso de edificaciones complejas por razón de sus equipos e instalaciones sanitarias, se fijarán, durante la etapa de su proyecto, las áreas necesarias para albergar al personal, equipos, etc., requeridos para su adecuada opera- ción y mantenimiento.
REPÚBLICA DE VENEZUELA. — MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL DECRETO DEL MINISTRO N° G- 7.121 MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO DECRETO DEL MINISTRO N° 440 (CARACAS: OT - OT - 38) De conformidad con los artículos 10° y 11° de la Ley Orgánica de la Administración Central, 12° y 14° de la Ley de Sanidad Nacional, 4° y 15° de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Salud y 4°, 11° y 18° de la Ley Orgánica de Organización Urbánica. CONSIDERANDO Que para el beneficio de las generaciones actuales y futuras, es de ben del Estado controlar y vigilar la construcción y reforma total y parcial de las edificaciones tanto públicas como privadas. CONSIDERANDO Que es deber del Estado establecer normas sanitarias para proveer, construcción, ampliación, reforma y mantenimiento de las edifica- ciones destinadas a usos: residenciales, comerciales, industriales, de posibles, recreacionales, educativos y otras con la finalidad de que éstas se ejecuten de acuerdo con las disposiciones sanitarias que rigen la materia, en resguardo de la Salud Pública. CONSIDERANDO Que las mencionadas normas facilitarán la edificación de las propie- dades en referencia y promoviendo la celeridad en su ejecución. RESUELVE Dictar las siguientes: NORMAS SANITARIAS PARA PROVEER, CONSTRUCCIÓN, REPARACIÓN, REFORMA Y MANTENIMIENTO DE EDIFICACIONES	

A.9. Gaceta

Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N°
4044 Extraordinario, Capítulo XXXI, De la recolección, conducción y disposición
de aguas de lluvia

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

Título	ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE AGUA DE LLUVIA EN EL GALPÓN DE SALA DE VENTAS DEL SUPERMERCADO EL DIAMANTE, UBICADO EN LA AVENIDA ANDRÉS BELLO, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Brown Martínez Rebeca Marina	CVLAC	20.554.701
	e-mail	Rebeca_brown21@hotmail.com
	e-mail	
Núñez Contasti Ysleida Carolina	CVLAC	19.076.717
	e-mail	Ysleidanunez@hotmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Drenaje de techo
Galpón
Curvas IDF
Ecuación de Bernoulli
Modelos

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 ha realizado con el fin de analizar el funcionamiento del sistema de drenaje de aguas de lluvias en el galpón de sala de ventas del Supermercado El Diamante, ubicado en la Avenida Andrés Bello, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. Con el objetivo principal de determinar si dicho sistema de drenaje, trabaja correctamente y de acuerdo a las capacidades y exigencias que amerita el galpón, para la protección de su estructura y resguardo de los bienes almacenados en el mismo. El desarrollo de este trabajo está guiado por los requerimientos de una investigación descriptiva con un diseño de campo, debido a que se estudian las características reales del sistema general de drenaje de agua de lluvia, mediante un proceso basado en la recopilación de información detallada de sus capacidades y características geométricas y físicas de cada uno de los elementos que la componen, el estudio de la precipitación, mediante la determinación de las curvas IDF de Ciudad Bolívar por el método Gumbel, el cual permitió obtener resultados exactos de intensidad de lluvia; el análisis, crítica e interpretación de datos como velocidad, gasto, entre otros, obtenidos en una serie de ensayos con modelos del sistema de drenaje, construidos en base a las similitudes geométricas y dinámicas del modelo real estudiado, y aplicando la Ecuación de Bernoulli, para la posterior comparación de los datos con las tabla de datos de áreas mínimas de proyección horizontal en m² que pueden ser drenadas por bajantes de aguas de lluvias de diferentes diámetros para varias intensidades de lluvia, de acuerdo a lo establecido en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 4044 Extraordinario, Capítulo XXXI, De la recolección, conducción y disposición de aguas de lluvia.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail			
Grus, Carlos.	ROL	CA ☐	AS ☐	TU ☒ JU ☐
	CVLAC			
	e-mail	cmgrus@gmail.com		
	e-mail			
Pérez, Carlos.	ROL	CA ☐	AS ☐	TU ☐ JU ☒
	CVLAC	49778		
	e-mail	caraugpertov@hotmail.com		
	e-mail			
Rondón, Eniluz.	ROL	CA ☐	AS ☐	TU ☐ JU ☒
	CVLAC			
	e-mail	eniluzrondon@hotmail.com		
	e-mail			

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2012	07	03

Lenguaje Spa

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
Sistema drenaje Diamante.Doc

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: Ingeniería Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Departamento de Ingeniería Civil

Otra Institución que garantiza el Título o grado: Universidad de Oriente

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



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

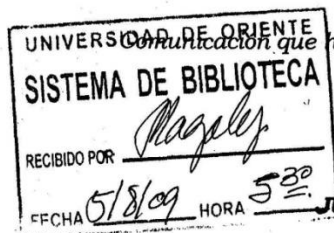
Cumaná, 04 AGO 2009

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.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Signature]
JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario



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

JABC/YGC/manuja

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 sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."



AUTOR 1



AUTOR 2



TUTOR