



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROPUESTA DE APLICACIÓN DEL SISTEMA DE TECHOS VERDES
COMO DRENAJE URBANO SOSTENIBLE EN LA URBANIZACIÓN LA
FUNDACIÓN MENDOZA (MARACAY, ESTADO ARAGUA).**

Autor:

GAMBOA C. ÁNGEL J.

Bárbula, Junio del 2012.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROPUESTA DE APLICACIÓN DEL SISTEMA DE TECHOS VERDES
COMO DRENAJE URBANO SOSTENIBLE EN LA URBANIZACIÓN LA
FUNDACIÓN MENDOZA (MARACAY, ESTADO ARAGUA).**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de
Carabobo para optar al título de Ingeniero Civil.

Autor:

GAMBOA C. ÁNGEL J.

Tutor:

Alexander Cabrera

Bárbula, Junio del 2012.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA AMBIENTAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“PROPUESTA DE APLICACIÓN DEL SISTEMA DE TECHOS VERDES COMO DRENAJE URBANO SOSTENIBLE EN LA URBANIZACIÓN LA FUNDACIÓN MENDOZA (MARACAY, ESTADO ARAGUA).”**; realizado por el bachiller Ángel Gamboa, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado
Alexander Cabrera.

Miembro del Jurado
Laura Albano

Miembro del Jurado
Gian Franco Morassutti

DEDICATORIA

Dedico esta publicación, en primer lugar a Dios todo poderoso, por darme toda sus bendiciones.

A mis padres Rosa Eneida y Ángel Manuel por darme el regalo de la vida, así mismo por protegerme, apoyarme y guiarme en todo momento.

A mis hermanos Rosa, Sory y Ángel quienes siempre estuvieron para darme ánimos.

A mi Aimée quien ha estado a mi lado desde el comienzo de mi carrera apoyándome con todo su amor en forma incondicional.

A Ariana, Andrea, Onirt, Erika, Pocho, Alejandro, Pedro y Alcibiades quienes se convirtieron en mi segunda familia en la universidad.

A mi tutor, profesor y amigo Alexander Cabrera por enseñarme que la ingeniería no es solo realizar diseños y cálculos, sino que se debe tomar en cuenta su sostenibilidad en los diseños, para así ayudar a nuestro medio ambiente.

A la UNIVERSIDAD DE CARABOBO y a la FACULTAD DE INGENIERIA, por ser la cuna de mis conocimientos y formarme como un profesional.

A todas aquellas personas que dedican su tiempo y esfuerzo, en ayudar y proteger nuestro planeta.

Y a la memoria de Jesús López y Luis Manuel Gamboa Lara.

AGRADECIMIENTOS

A la Familia Paternó Narváez y a la familia Navarro por toda su ayuda y apoyo brindado en esta investigación.

A la asociación de vecinos, concejo comunal, cuerpo policial y habitantes de la urbanización La Fundación Mendoza por brindarme su colaboración.

A las ingenieras Dinaba Perdonó y Naibhe Matute así mismo al ingeniero Dirck Gloy, por toda su ayuda y colaboración a nivel técnico en esta investigación.

A la alcaldía del Municipio Girardot de la Ciudad de Maracay por toda su colaboración brindada.

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	5
EL PROBLEMA.....	5
Planteamiento y Formulación.....	5
Formulación del Problema.....	9
Objetivos de la Investigación.....	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos.....	10
Justificación de la Investigación.....	11
Delimitación.....	14
CAPITULO II.....	16
MARCO TEORICO.....	16
Antecedentes de la Investigación.....	16
Bases Teóricas.....	18
Medidas no estructurales.....	31
Medidas estructurales.....	31
Cubiertas Verdes o Techos Verdes.....	32
Control de inundaciones.....	36
Reducción del efecto isla calor.....	39
Aislamiento Térmico.....	40
Extensión de la vida de la membrana de techo.....	40
Soporte Estructural.....	42
Aislación Térmica.....	43
Membrana impermeabilizante y protección anti-raíz.....	44
Membrana asfáltica.....	45
Membranas termoplásticas.....	45
Láminas de pvc.....	46

Láminas de tpo (Thermplasticolefin).....	46
Drenaje y reserva hídrica.....	47
Elemento filtrante.....	48
Medio de cultivo.....	48
Vegetación.....	49
Techos planos.....	51
Techos de leve inclinación.....	51
Techos de fuerte inclinación.....	52
Techos empinados.....	52
Bases Legales.....	53
CAPITULO III.....	54
MARCO METODOLÓGICO.....	54
Tipo de Investigación.....	54
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	55
Población.....	56
Muestra.....	56
Descripción de la Metodología.....	57
Fase I – Diagnóstico.....	58
Método Racional.....	60
Áreas Tributarias.....	60
Fase II – Factibilidad.....	62
Fase III –La Propuesta.....	63
CAPITULO IV.....	64
LA PROPUESTA.....	64
Fase I Diagnóstico.....	64
Caracterización de la zona.....	64
Historia.....	64
Caracterización Espacial.....	65
Ubicación Geográfica.....	65
Características Medio Ambientales.....	66
Habitantes y Crecimiento Poblacional.....	67
Descripción del sistema de drenaje.....	68
Sistemas de captación.....	71

Zona 1.....	77
Zona 2.....	79
Zona 3.....	82
Fase II – Factibilidad.....	100
Fase III: Describir la metodología necesaria para la aplicación del sistema de techos verdes como sistema de drenaje urbano sostenible en la Urbanización La Fundación Mendoza de la ciudad de Maracay.....	112
Metodología de colocación.....	115
CONCLUSIONES.....	135
RECOMENDACIONES.....	137
REFERENCIAS.....	139
Anexo 01.....	144
Anexo 02.....	145
Anexo 03.....	146
Anexo 04.....	147
Anexo 05.....	148
Anexo 06.....	149

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema ilustrativo de un sistema de drenaje urbano.	20
Figura 2: Ciclo hidrológico antes de ser urbanizado.	25
Figura 3: Cambios en el ciclo hidrológico posterior a ser urbanizado.	26
Figura 4: Hidrograma de comparación entre los sistema de drenaje convencional y sistema de drenaje alternativo.....	28
Figura 5: Sistemas de cubiertas vegetal del tipo extensivo e intensivo.	35
Figura 6 Componentes que conforman el sistema de cubierta vegetal.....	42
Figura 7: Croquis de ubicación de la urbanización La Fundación Mendoza	66
Figura 8: Contaminación difusa presente en el sistema de drenaje.....	71
Figura 9: Situación actual del estado de funcionamiento de los sumideros que conforman el sistema de drenaje urbano.	75
Figura 10: División en zonas de la Fundación Mendoza.....	77
Figura 11: Sumideros inspeccionados en la zona 1 en su límite sur.	78
Figura 12: Sumideros inspeccionados en la zona 2 límite oeste después de una leve precipitación.	80
Figura 13: Sumideros inspeccionados en la zona 2 en su límite este.....	81
Figura 14: Sumideros inspeccionados en la zona 3 en su límite sur.	83
Figura 15: Sumideros ubicados en la calle Arnoldo Gabaldon sur.....	83
Figura 16: Modelo de vivienda modelo tipo 1, con superficie impermeable en el área 1 y permeable en el área 2.	87
Figura 17: Coeficiente de escorrentía para diferentes superficies.	89
Figura 18: Curva IDF, región IV, litoral central con elevaciones mayor a 200msnm	91
Figura 19: Modelos de vivienda tipo I, con superficie impermeable en la totalidad de su área.	92
Figura 20: Modelo de vivienda tipo I, con superficie impermeable en el área 3 y permeable en el área 4.	94

Figura 21: Modelo tipo 1 de vivienda, el cual se determino la inclinación de las aguas de su azotea.	113
Figura 22: Vista de fachada frontal, en donde se indica la medición de ambas aguas de las azoteas de las viviendas en estudio.	114
Figura 23: Imagen ilustrativa de remoción de tejas.....	116
Figura 24: Imagen ilustrativa de la limpieza de las azoteas después de retirar las tejas y el sistema de impermeabilización.	117
Figura 25: Imagen ilustrativa de la instalación de la primera capa de geotextil.	118
Figura 26: Imagen ilustrativa de la instalación completa de la primera capa de geotextil.....	118
Figura 27: Imagen ilustrativa de la instalación completa de la membrana anti-raíces.	119
Figura 28: Imagen ilustrativa de las soldaduras termoplásticas para la realización de solapes.	119
Figura 29: Imagen ilustrativa de sellado de bordes de capas con su pretil, mediante el uso de un adhesivo tixotrópico de un componente a base de poliuretano.	120
Figura 30: Imagen de Ángulos diseñados, para soporte del pretil a utilizar.	121
Figura 31: Unión de ángulos de base del pretil a través de laminas de acero.	122
Figura 32: Imagen de ubicación de la membranas de pvc plastificado sin armadura, para evitar filtraciones por el orificio de los pernos de anclaje... ..	122
Figura 33: Imagen de elementos estabilizador del geotextil en posición vertical.	123
Figura 34: Diagrama de explosión del diseño del pretil.	124
Figura 35: Imagen ilustrativa del ancho granular utilizado para drenaje de fluidos.	125
Figura 36: Imagen ilustrativa de la colocación de la lamina de drenaje.	126

Figura 37: Imagen ilustrativa de la colocación de la capa de geotextil sobre la lamina de drenaje.....	127
Figura 38: Imagen ilustrativa de la colocación de la capa de sustrato.	128
Figura 39: Capa vegetal a utilizar, Zoyisa Esmeralda.	129
Figura 40: Imagen ilustrativa de la instalación de la capa vegetal.	129
Figura 41: Imagen ilustrativa del sistema de cubiertas vegetales después de ser instalado.....	130
Figura 42: Imagen ilustrativa del sistema de cubiertas vegetales después de ser instalado, en una azotea de pendiente moderada.	130
Figura 43: Diseño de aplicación del sistema de cubiertas vegetales, para una vivienda modelo tipo 1 que se encuentra en la urbanización La Fundación Mendoza.	131
Figura 44: Detalle 1 de las capas del sistema de cubiertas vegetales propuesta para la imagen de la figura 44.....	131
Figura 45: Detalle del pretil y del ancho de drenaje para la propuesta de la figura 44.....	132

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación entre sistema de drenaje convencional y sistema de drenaje alternativo.	30
Tabla 2: Porcentaje de lluvia retenida según se pendiente y espesor del medio de cultivo	38
Tabla 3: Porcentaje de retención anual según el tipo de sistema y vegetación	38
Tabla 4: Clasificación de las azoteas según su inclinación.	51
Tabla 5: Número de sumideros e indicación del sentido de escorrentía	70
Tabla 6: Minuta de campo utilizada en la inspección a los sumideros existente en la zona de estudio.....	73
Tabla 7: Cantidad de sumideros encontrados en cada zona de estudio según el estado de funcionalidad en el cual se encuentra.	84
Tabla 8: Valores del coeficiente de escorrentía y del caudal aportado por los diferentes tipos de viviendas, según su estado de entrega original, su estado actual y con la utilización de las cubiertas verdes.....	96
Tabla 9: Clasificación de las azoteas según su inclinación.	114
Tabla 10: Pesos Permanentes actuales en las azoteas	133
Tabla 11: Pesos de la carga permanentes con el uso de las cubiertas vegetales.	133

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Distribución porcentual del estado de funcionamiento de los sumideros en la zona de estudio.	76
Grafico 2: Condición de funcionalidad en los sumideros de la zona 1.....	84
Grafico 3: Condición de funcionalidad en los sumideros presentes en la zona 2.....	85
Grafico 4: Condición de funcionalidad en los sumideros que se encuentran en la zona 3.	85
Grafico 5: Aumento del caudal aportado por las viviendas en porcentaje. ...	97
Grafico 6: Disminución del caudal aportado por las viviendas en porcentaje.	98
Grafico 7: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema para evitar la ocurrencia de inundaciones.	101
Grafico 8: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema para evitar la ocurrencia de inundaciones.	102
Grafico 9: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema de libre mantenimiento.....	103
Grafico 10: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema que aumenta la vida útil de las capas de impermeabilización en las azoteas de los hogares.....	104
Grafico 11: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema que mejora el ciclo hidrológico en la zonas donde es aplicado y aumenta las emisiones de O ₂ y disminuyendo las de CO ₂	105
Grafico 12: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema que disminuye el efecto de isla calor, aclimatando en forma más agradables a las ciudades.	106
Grafico 13: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema que la aplicación de las capas que lo conforman es de fácil colocación.....	107

Grafico 14: Aceptabilidad del uso otro sistema de impermeabilización para las azoteas de los hogares, sabiendo que tiene mayor durabilidad que las cubiertas asfálticas. 108

Grafico 15: Aceptabilidad de colocación de una cubierta vegetal en las azoteas de los hogares..... 109

Grafico 16: Divulgación o recomendación que tendrá el sistema de cubiertas verdes en la comunidad en estudio. 110

Grafico 17: Distribución de aceptación del sistema en la población en estudio 111



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROPUESTA DE APLICACIÓN DEL SISTEMA DE TECHOS VERDES
COMO DRENAJE URBANO SOSTENIBLE EN LA URBANIZACIÓN LA
FUNDACIÓN MENDOZA (MARACAY, ESTADO ARAGUA).**

Autor: GAMBOA ÁNGEL

Tutor: Alexander Cabrera

Fecha: Junio 2012

RESUMEN

La ocurrencia de inundaciones en los centros poblados son causante de grandes problemas para los habitantes que residen en las mismas; en algunos casos se han producido desastres naturales relacionados con precipitaciones intensas, los cuales han traído consecuencias devastadoras a nivel económico como a nivel humano. En el presente trabajo se hace referencia a la aplicación del sistema de techos verdes como sistema de drenaje urbano sostenible en la urbanización la Fundación Mendoza (Maracay, Estado Aragua). La investigación se basa en un diseño no experimental, de tipo documental y de campo simultáneamente. Se realizó un estudio diagnóstico de la situación actual del sistema de drenaje urbano, seguido de un estudio de aceptabilidad del sistema mediante el uso de encuestas y posteriormente se describió la metodología de aplicación de dicho sistema en las azoteas de la zona en estudio. Finalmente, se determinó que la urbanización antes mencionada presenta problemas con su sistema de drenaje y por ello la propuesta del sistema de cubierta vegetal o techos verdes tuvo gran aceptación por los habitantes de la zona, e igualmente se demostró que la carga permanente aportada por este sistema, es inferior a la que soporta en la actualidad la losa del techo.

Descriptor: Techos verdes, drenaje urbano sostenible, Inundaciones, aceptación.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil, como ciencia y disciplina en la actualidad, no sólo se encarga del diseño y ejecución de todo tipo de proyectos estructurales en los cuales se abarca todas sus ramas y menciones de estudio, sino también se está encargando del estudio del impacto de estos proyectos e invenciones que puedan repercutir tanto en forma favorable como desfavorable en nuestro medio ambiente natural.

Este cambio en la manera de realizar los diseños, es debido a un número considerable de problemáticas que se han presentando en algunos años posteriores a la culminación de los proyectos. Tal es el caso de las áreas que se han convertido en zonas urbanas en donde algunos servicios como el sistema de drenaje han presentado fallas en su normal funcionamiento.

Ahora bien, esta problemática radica en el hecho que al construirse las áreas urbanas, se produce una transformación de las áreas naturales, convirtiéndolas en áreas impermeables, y el aumento de éstas áreas impermeables ha alterado el ciclo hidrológico natural existente antes de ser urbanizadas, produciendo como consecuencia un incremento de volúmenes de escorrentía debido a la disminución en los niveles de infiltración de los suelos, impidiendo así la recarga natural de los acuíferos y a su vez el proceso de evotranspiración.

Tal como es expuesto por *Altarejo, (2007)*: “La expansión urbana de las ciudades hacia las zonas rurales supone una ocupación de espacios y una transformación de usos, con importantes consecuencias sobre los procesos medioambientales naturales”.

Estas alteraciones del ciclo hidrológico, han dado pie a un gran número de desastres naturales, en donde según un estudio realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA, 2007), reveló que durante el período comprendido entre 1.996 y 2.005, cerca del 80% de todos los desastres naturales fueron de origen meteorológico o hidrológico. Calculándose así que entre los años de 1.992 y 2.001 las pérdidas por desastres relacionados con el agua sobrepasaron los 440 millones de dólares americanos a nivel mundial, lo que representa un 65% de las pérdidas económicas causadas por la totalidad de los desastres naturales.

Adicional a esto, en Venezuela en los últimos años se han presentado grandes problemas referentes a inundaciones producto de las aguas pluviales, tal es el caso de la zona sur de la ciudad de Maracay en el estado Aragua, la cual ha tenido muchos inconvenientes por esta problemática, ya que no se consideraron los impactos ecológicos producto de la construcción de diversas edificaciones en estas áreas. Es por ello que se hace necesario realizar estudios sobre la aplicabilidad de los sistemas de drenaje alternativos, para que puedan ser adaptados a estas ciudades y se logren nuevas soluciones apegadas a la preservación del medio ambiente.

El propósito de esta investigación consiste en realizar una propuesta de aplicación del sistema de techos verdes como drenaje urbano sostenible en la Urbanización la Fundación Mendoza (Maracay, estado Aragua). Y de esta manera se pretende determinar la factibilidad funcional del sistema de cubiertas vegetales para el control y disminución de los volúmenes de escorrentías producto de las precipitaciones ocurridas en dicha urbanización.

Uno de los principales aspectos de motivación para la realización de la evaluación de este sistema de techos verdes es porque inicialmente fue diseñado para resolver problemas en tiempo húmedo, debido a su capacidad de absorción de las escorrentías durante las precipitaciones, pero también es útil para controlar otros tipos de escorrentía superficial durante el periodo de verano. Beneficios que en los sistemas de drenaje actualmente existentes en Venezuela no son brindados, ya que en estos sistemas se tiene un control muy limitado de los niveles de inundaciones en los lugares de cotas muy cercanas a las superficies inundables de los lagos y ríos.

Ahora bien, el diseño de la presente investigación se considera del tipo no experimental porque no ocurre alguna manipulación deliberada de variables, y es de tipo mixta porque presenta una parte documental y otra parte como investigación de campo.

Así mismo, esta investigación se encuentra dividida en cuatro capítulos, los cuales aportan todos los aspectos necesarios para la elaboración de esta propuesta y se describirán a continuación:

El en capítulo I, se describirá toda la problemática que este estudio pretende emprender para proponer posibles soluciones a la misma; Se explicará de qué manera la alteración del ciclo hidrológico producto del aumento de las áreas impermeables ha llevado a la ocurrencia de grandes desastres naturales y a su vez se citarán basamentos de algunos expertos referentes a esta problemática.

De igual manera en este capítulo, se describen los objetivos de la investigación los cuales son los pasos a seguir para alcanzar el éxito de la misma y también indican cómo estarán conformados los capítulos

posteriores. Seguidamente se analiza la factibilidad del estudio y los alcances y limitaciones del mismo.

En el capítulo II, se describen todos los aspectos referentes a las bases teóricas, desde los elementos que conforman el estudio hidrológico hasta una descripción completa de todos los componentes y características que conforman el sistema de cubiertas vegetales.

Seguidamente en el capítulo III, se definen los criterios metodológicos necesarios que permitirán la planificación adecuada para la obtención de los datos necesarios, a fin de cumplir con los objetivos trazados en esta investigación, detallando así el conjunto de acciones destinadas a describir y analizar el problema planteado y de esta manera, encontrar las soluciones de la problemática.

Finalmente, se presenta el cuarto y último capítulo, en el que se realizan actividades prácticas para recolectar la información requerida y analizar y procesar los resultados para determinar la aceptación de la propuesta de aplicación del sistema de techos verdes o de cubiertas vegetales en las azoteas de las viviendas que conforman la urbanización la fundación Mendoza de la ciudad de Maracay.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento y Formulación

Desde el inicio del auge tecnológico, los seres humanos han utilizado los avances científicos para la obtención de beneficios propios y para el aumento de los niveles de confort de su vida cotidiana. Estos desarrollos han ocasionado las migraciones de gran cantidad de personas, desde poblaciones rurales; surgiendo de esta manera los grandes centros poblados que se conocen en la actualidad.

Como consecuencia de estas migraciones se puede mencionar lo siguiente, según Altarejo, (2007); “La expansión urbana de las ciudades hacia las zonas rurales supone una ocupación de espacios y una transformación de usos, con importantes consecuencias sobre los procesos medioambientales naturales”.

De lo anterior se puede considerar que en todo desarrollo urbano en donde se realice la construcción de edificaciones, urbanizaciones, calles y estacionamientos, suele ocurrir una alteración radical del funcionamiento hidrológico de la zona con respecto a su situación preexistente, ocasionando de esta manera una acción de impermeabilización de la superficie del terreno que se está ocupando.

Estos cambios han alterado el ciclo hidrológico natural de las zonas urbanizadas, produciendo como consecuencia un aumento de volúmenes de escorrentía y una disminución en los niveles de infiltración de los suelos, impidiendo así la recarga natural de los acuíferos, entre otros aspectos. Tal

como es expresado por Hough, (1998). ((citado por Altarejos, (2008)). Donde explica que:

En un ciclo hidrológico natural de un 100% de lluvia precipitada, un 40% es evotranspirado, un 10% es lo que es recogido por la capa superficial y un 50% es infiltrado en el suelo, mientras que para una superficie que ha sido impermeabilizada de cada 100% de lluvia precipitada un 25% es evotranspirado, un 43% es captado por los sistemas de drenaje y solo un 32% es infiltrado al suelo.

Una de las consecuencias inmediatas de este proceso de impermeabilización, es que se produce una acumulación de agua de lluvia sobre las zonas urbanizadas, y para evitar dicha acumulación en estas superficies impermeables, se han construido en el subsuelo infraestructuras de drenaje que captan rápidamente la acumulación generada, dando lugar a los sistemas convencionales de drenaje que se encuentran actualmente en las ciudades, constituidos por obras de captación y colectores, cuyo objetivo primordial es captar y conducir lo antes posible las escorrentías generadas por las lluvias hacia el medio receptor haciéndola desaparecer de las zonas urbanas y así minimizan los riesgos de sufrir inundaciones.

Palacios (2008) afirma que el sistema de drenaje urbano, “es aquel conjunto de obras, cuya función es interceptar y conducir las aguas de origen pluvial hacia un sitio de disposición previamente seleccionado, que no causen u originen problemas de inundación.”

Con el transcurso de los años se han detectado algunos problemas que causan deficiencia en los sistemas de drenaje urbano actuales. En primer lugar, en los sistemas convencionales existen problemas con el volumen de agua que puede ser captada por los receptores, cuando los índices de escorrentías superan los valores de diseño y consecuentemente, las infraestructuras quedan sin suficiente capacidad de captación de los volúmenes de escorrentías, dando lugar a las inundaciones y ocasionando

de esta manera, grandes pérdidas materiales, económicas y en el peor de los casos hasta vidas humanas.

Según un estudio realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2007), reveló que las estadísticas publicadas por el Centro de Investigaciones sobre Epidemiología de Desastres (CRED) en Bélgica, indican que:

El aumento de personas afectadas por desastres naturales desde principios del siglo XXI es alarmante. Durante el período entre 1996 y 2005, cerca del 80% de todos los desastres naturales fueron de origen meteorológico o hidrológico. Se calcula que entre 1992 y 2001 las pérdidas por desastres relacionados con el agua se elevaron a 446 millones de USD a nivel mundial, lo que representa un 65% de las pérdidas económicas causadas por la totalidad de los desastres naturales.

Así mismo, el PNUMA, determinó que durante el período de 2000 a 2004, 1.942 desastres relacionados con el agua cobraron la vida de 247.045 personas y afectaron a más de 1.500 millones de personas en donde la distribución de desastres relacionados con el agua por continente fue: Asia 38%, América 25%, África 21%, Europa 11% y Oceanía 5%.

En Venezuela han ocurrido grandes desastres naturales, tal es el caso de diciembre de 1999 donde según una publicación realizada por la organización panamericana de la salud (OPS), (1999) se reportó que:

Entre los días del 1 al 18 de diciembre se registraron un total acumulado de 1,207 mm de precipitación, presentándose valores diarios máximos durante los días 15 de diciembre de 381 mm y el 16 del mismo mes de 410 mm.

De acuerdo con los datos obtenidos por la OPS, se puede decir que durante esos días se rompió el récord histórico de precipitación diaria, mensual y anual, debido a que este volumen de precipitaciones tiene un

período de retorno calculado en mil años. Según los datos estadísticos ofrecidos por la OPS, la media de precipitación para el mes de diciembre era de 57 mm, la máxima fue de 221 mm. Así mismo estos datos indican que para el año de 1985 la media anual fue de 523 mm y la máxima observación anual fue en 1951 donde la media anual alcanzó valores de 961 mm. Por lo tanto, llovió más del doble del promedio anual y 20% más que las peores inundaciones que se tienen registradas, las cuales ocurrieron en el año de 1951.

Luego, para el mismo mes de diciembre del año 2009, se presenta una situación muy similar: Como consecuencia de grandes precipitaciones en el eje norte de Venezuela, se ven afectadas las poblaciones costeras desde el este hasta el oeste del país, ocurriendo grandes inundaciones como las apreciadas en los estados Miranda, Vargas y Anzoátegui, entre otros y a su vez numerosas pérdidas materiales y de vidas humanas.

Sin embargo, no es necesario que se produzcan precipitaciones con periodos de retorno tan altos para que se presenten problemas de inundaciones, tal es el caso de la ciudad de Maracay, en donde precipitaciones con intensidades moderadas generan grandes problemas de inundaciones, con más énfasis en la parte sur en de esta localidad, debido a que se encuentra en la zona con menor cota en toda la ciudad y es el punto de disposición final del sistema de drenaje de aguas de lluvias.

Otra problemática que no se puede pasar por alto es la calidad de las escorrentías que llegan a los elementos receptores, tal como lo expresa Perales, (2008):

Las aguas de lluvias no se encuentran en una clasificación de aguas claras, éstas son una fuente importante de contaminación ambiental, gracias a todos los elementos orgánicos e inorgánicos que son

arrastrados por ellas, ocasionando de esta manera lo que se conoce como contaminación difusa y a su vez la destrucción parcial o total de la fauna y flora existente en los lugares de disposición final de estas aguas producto de la caída en los niveles del oxígeno disuelto que son vitales para los seres vivos que habitan en ellas.

Ahora bien, como ya se ha mencionado, la acción del hombre es la principal causante del desequilibrio en nuestro ecosistema; pero también es la que está haciendo grandes esfuerzos para minimizar en lo posible dichas inestabilidades, con la utilización de diferentes técnicas conservacionistas, como el uso de los sistemas de drenaje urbano sostenible (SDUS), en el ramo de la ingeniería civil, teniendo como principal finalidad la fiel reproducción del ciclo hidrológico que se encontraba en la zona antes de ser desnaturalizada por la acción humana, derivando de esta aseveración, surge la siguiente interrogante:

Formulación del Problema

¿Cuál es la situación actual que presenta el sistema de drenaje de aguas de lluvias en la Urbanización La Fundación Mendoza de la ciudad de Maracay?

¿Habría aceptación sobre implementar sistema de techos verdes por parte de la comunidad en sus hogares como sistema de drenaje urbano sostenible?

¿Qué se necesita para aplicar el sistema de techos verdes como sistema de drenaje urbano sostenible en los hogares de la Urbanización La Fundación Mendoza de la ciudad de Maracay?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Evaluar la propuesta de aplicación del sistema de techos verdes como drenaje urbano sostenible en la Urbanización La Fundación Mendoza de la ciudad de Maracay.

Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la situación actual del sistema de drenaje de aguas de lluvias en la Urbanización La Fundación Mendoza de la ciudad de Maracay.
2. Determinar la aceptación de la aplicación del sistema de techos verdes por parte de la comunidad en sus hogares como sistema de drenaje urbano sostenible.
3. Describir la metodología necesaria para la aplicación del sistema de techos verdes como sistema de drenaje urbano sostenible en la Urbanización La Fundación Mendoza de la ciudad de Maracay.

Justificación de la Investigación

Los sistemas de drenaje urbano, son un conjunto de obras que fueron diseñados y construidos con la finalidad de captar y conducir las aguas producto de las precipitaciones lo más rápido posible en los centros poblados, hacia un sitio de disposición ya seleccionado, disminuyendo así el riesgo de ocurrencia de inundaciones en las ciudades.

Sin embargo, con el crecimiento de los centros urbanos, los niveles de superficies impermeables aumentaron ocasionando nuevas conexiones a los sistemas de drenaje existentes y así con el pasar de los años se ha podido observar el desmejoramiento en su funcionalidad.

De lo anterior planteado se considera que se deben realizar un mayor número de investigaciones en el campo de la ingeniería, para desarrollar técnicas y métodos alternativos que favorezcan el óptimo funcionamiento de los sistemas de drenaje urbano.

Ya que en Venezuela en los últimos años se han presentado grandes problemas referentes a inundaciones producto de las aguas pluviales, y adicional a esto, no se han considerado los impactos ecológicos generados por la construcción de diversas edificaciones y urbanismos, se necesitan estudios sobre la aplicabilidad de los sistemas de drenaje sostenibles para ser adaptados a las ciudades del país, y de esta manera, se puedan aportar nuevas soluciones a esta problemática.

Ahora bien, como el objetivo principal de los sistemas de drenaje urbano sostenible es reducir en forma considerable los volúmenes de escorrentías superficiales producto de la ocurrencia de las precipitaciones y de ésta

manera facilitar el trabajo de los sistemas de captación y conducción existentes, y ya que Venezuela cuenta con muy pocas investigaciones en la materia de drenaje urbano sostenible, se plantea este trabajo con el fin de determinar la factibilidad a nivel funcional y de aceptabilidad de las cubiertas vegetales como sistema de drenaje urbano sostenible en la Urbanización La Fundación Mendoza de Maracay, la cual presenta problemáticas en el mencionado ámbito.

Es por eso que se propone el trabajo titulado: “Propuesta de aplicación del sistema de techos verdes como drenaje urbano sostenible en la urbanización La Fundación Mendoza (Maracay, Estado Aragua)”. Considerando que con la utilización de este sistema se aportaría una solución para la disminución de los niveles de caudales picos producidos durante las precipitaciones.

Adicionalmente se puede mencionar, que el sistema de techos verdes, según el Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina, (INTI), inicialmente fue diseñado para resolver problemas en tiempo húmedo, debido a su capacidad de absorción de las escorrentías durante las precipitaciones, pero también es útil para controlar otros tipos de escorrentía superficial durante el periodo de verano, beneficios que no son brindados por los drenajes urbanos existentes en Venezuela, ya que en estos sistemas se tiene un control muy limitado de los niveles de inundaciones en los lugares de cotas muy cercanas a las superficies inundables de los lagos y ríos.

También es importante conocer los beneficios ambientales que este sistema brinda, como es la reducción de la velocidad de escurrimiento, lo cual ha sido expuesto por el INTI, de la siguiente manera:

Puede absorber hasta un 90% de las aguas de lluvias en su área efectiva, posee capacidad de aislante y enfriamiento de los edificios reduciendo así las emisiones de CO₂ y el gasto innecesario de energía, mejora la calidad del aire que ha sido afectada por el tránsito automotor y las industrias.

El INTI también determinó, que el sistema de techos verdes puede duplicar y triplicar la vida útil del manto de impermeabilización de las azoteas de las edificaciones debido a que este sistema lo aísla de los agentes contaminantes y de la exposición directa de los rayos solares, aumentando el valor de la propiedad y reduciendo los gastos derivados de la utilización de energía para el enfriamiento de las edificaciones.

Así mismo, el estudio de los techos verdes abre las puertas para nuevas investigaciones para su aplicación en los distintos sistemas constructivos, creando de esta manera nuevos criterios de diseños más amigables con el medio ambiente, disminuyendo así los impactos negativos a nivel de construcción como es la reducción del número de áreas impermeables en los centros urbanos.

Por otra parte, reduce las temperaturas de los hogares donde se aplique durante la época de verano y así mismo la aumenta durante la ocurrencia del invierno, disminuyendo de esta manera el consumo de energía eléctrica utilizada por los elementos climatizantes de temperatura favoreciendo al medio ambiente.

Finalmente, el sistema de techos verdes crea una conciencia ecológica y de ayuda al medio ambiente por parte de la comunidad, debido a que este sistema proporciona una vista más amigable de las edificaciones, favorece la producción del oxígeno que es vital para los seres humanos y como ya se ha mencionado se reducen los riesgos de inundaciones por efecto de las precipitaciones y todos los efectos negativos que esto conlleva.

Delimitación

Según lo descrito por Sabino, (1992). "Delimitar un tema significa enfocar en términos concretos nuestro campo de interés, especificar sus alcances, determinar sus límites".

Con la finalidad de garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en la urbanización La Fundación Mendoza, (Maracay, Estado Aragua), durante la ocurrencia de las precipitaciones, se trazarán un conjunto de estrategias para así garantizar el mejoramiento de los procesos para el control de las aguas pluviales.

El alcance de estas estrategias, se enfocará en diagnosticar el estado de funcionalidad que presenta actualmente el drenaje urbano en dicha urbanización, así mismo en determinar el nivel de aceptación que tendrá el sistema de cubiertas vegetales en los habitantes de la población antes mencionada y posteriormente, proponer los lineamientos necesarios para aplicar los techos verdes como sistema de drenaje urbano sostenible, ayudando así a solucionar los problemas en el drenaje urbano de la zona y a su vez fomentar la reproducción de una manera más exacta del ciclo hidrológico natural.

Siguiendo este orden de ideas, se nombrarán a continuación las limitaciones que presenta la investigación, en donde en primer lugar, no se estudiarán obras hidráulicas de gran magnitud como es la red de colectores existentes en la urbanización La fundación Mendoza, tampoco el sistema constructivo ni la capacidad de resistencia estructural que posean las viviendas ubicadas en esta zona de estudio y finalmente no se hará

referencia a la factibilidad económica que pueda presentar la instalación del sistema de cubiertas vegetales como sistema de drenaje urbano sostenible.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Antecedentes de la Investigación

Según Claret, (2010),

Los antecedentes se refieren a la revisión de trabajos previos sobre el tema en estudio realizado en instituciones de educación superior reconocidas o en su defecto en otras organizaciones. Los antecedentes pueden ser de tesis de grados o de postgrado, resultados de investigaciones institucionales, ponencias, revistas, entre otros

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, en la elaboración de esta investigación, se puntualizan la revisión documental de trabajos relacionados con la misma, se tomaron como antecedentes diversos estudios previos, como por ejemplo tesis de grados y opiniones de algunas teorías relacionadas con los sistemas de cubiertas vegetales como sistemas de drenaje urbano sostenibles, donde se destacan los siguientes:

Castro Y Villalonga, (2011). **”Propuesta de lineamientos generales para la aplicación de un sistema de drenaje urbano sostenible en Venezuela”** el propósito de la investigación consiste en el desarrollo de lineamientos dirigidos a la aplicación de sistemas de drenaje urbano sostenible en Venezuela, basados en documentación de experiencias en otros países. Su metodología es descriptiva y el tipo de investigación es documental. El aporte es el análisis respecto a las condiciones que permiten la aplicación de los sistemas de drenaje urbano sostenible y finalmente la propuesta de los lineamientos los cuales en función de las necesidades y las

características del país fueron adaptados a Venezuela. Trabajo no publicado de la Universidad de Carabobo.

López y López (2010). **“Un acercamiento a las cubiertas verdes”** El propósito fue brindar una gran data información tanto a nivel teórico como a nivel práctico de la implementación del sistema de techos verdes o cubiertas vegetales en las azoteas como sistema de drenaje urbano sostenible. **la** investigación es del tipo documental. Aporta información documental, presentando lineamientos sugeridos por diversos autores para la selección del tipo de cubierta vegetal y los materiales utilizados en la implementación de las mismas en las edificaciones.

Mompaler y Doménech, (2010). **“Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: Una alternativa a la gestión de agua de lluvia”** Su propósito es identificar las principales causas que provocan la falla de los sistemas de drenaje urbanos actuales y el de promover soluciones alternativas como son los sistemas urbanos de drenaje sostenible como posible solución a esta problemática. Su investigación es del tipo documental. Su aporte es describir los beneficios del sistema urbano de drenaje sostenible y al mismo tiempo realiza una comparación de estos sistemas con los sistemas de drenaje actualmente existentes en los centros poblados.

Ibáñez, (2009). **“Techos vivos extensivos”** Su propósito es definir las cubiertas verdes extensivas y presentar sus ventajas a nivel económico, técnico, social y ambiental. Además busca incentivar el uso y desarrollo de esta tecnología. Su investigación es documental. Su aporte es proporcionar soluciones a problemas en algunas urbanizaciones como son: la contaminación del aire y del agua, el efecto isla calor, alteraciones climáticas, entre otros.

Altarejos, (2008). **“Aplicación de Sistema de Drenaje Urbano Sostenible en el Desarrollo Urbanístico de PATERNA (VALENCIA)”** su propósito es buscar soluciones a los inconvenientes presentados en la ciudad de Paterna, Valencia, España, por el aumento de los caudales de punta producto de las precipitaciones que ocurren en esta localidad. Su investigación es documental y experimental. Su aporte es describir la reducción de los valores de los caudales de punta, en forma considerable durante la ocurrencia de lluvias, utilizando los sistemas de drenaje urbano sostenible.

Gernot, (2007). **“Techos verdes, planificación, ejecución, consejos prácticos”** El propósito es describir una breve reseña histórica sobre el sistema de techos verdes, identificar los diferentes tipos de cubierta vegetal que existen según el tipo de vegetación utilizada y la inclinación de las azoteas, así como el estudio según los diferentes estados de cargas aplicadas a las azoteas, siendo de esta manera su investigación del tipo experimental. Su aporte es del tipo documental debido a que describe los resultados obtenidos de distintas experiencias realizadas por el autor en la implementación de este sistema de drenaje.

Bases Teóricas

Según Labrador y Orozco, (1999). (Citados en Sierra, 2004). Las bases teóricas se refieren a los postulados, principios, leyes y teorías que dan sustento al tema de investigación, éstas deben ser coherentes con los planteamientos y posturas tomadas por el investigador.

De acuerdo a lo anterior planteado y siguiendo este orden de ideas, a continuación se presentan una serie de elementos teóricos, los cuales tienen

como finalidad el enriquecimiento conceptual y el entendimiento al lector sobre esta investigación.

Un sistema de drenaje urbano, es aquel sistema que se ha diseñado y construido con el fin de cumplir dos objetivos primordiales durante todo su funcionamiento. En primer lugar tiene, el sistema básico, en el cual evita al máximo posible los daños que las aguas de lluvias puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano donde se encuentre, y en segundo lugar, se encuentra el sistema complementario, en donde se debe garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria de los habitantes en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de precipitaciones y después de las mismas. Según Bolinaga, (1979).

Así mismo, Palacios, (2008). Define al sistema de drenaje urbano como “aquel conjunto de obras, cuya función es interceptar y conducir hacia un sitio de disposición previamente seleccionado las aguas de origen pluvial, de modo que ellas no causen u originen problemas de inundación en una urbanización.”

Teniendo en cuenta que el término aguas pluviales, no son solamente las originadas de las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas urbanizadas que conforman la población, sino también aquellas que se precipiten sobre otras áreas, pero que circulen a través de la ciudad, bien sea por cauces naturales, canales artificiales, o simplemente a lo largo de toda su superficie.

Como ya se mencionó anteriormente, los sistemas de drenaje urbano deben cumplir con dos objetivos primordiales, pero a su vez dichos sistemas deben garantizar el cumplimiento de un conjunto de acciones, que no son

más que todas las medidas, materiales o no, que conforman un sistema de drenaje.

Dicho de otra manera Bolinaga, (1979). Expresa que estas acciones pueden ser de dos tipos:

Las preventivas: En el cual, se disminuyen los daños mediante la administración adecuada de los usos de las áreas urbanas potencialmente sujetas a ellos.

Las correctivas: Las cuales, alivian los daños en las áreas donde las medidas de tipo preventivo son insuficientes o poco efectivas.

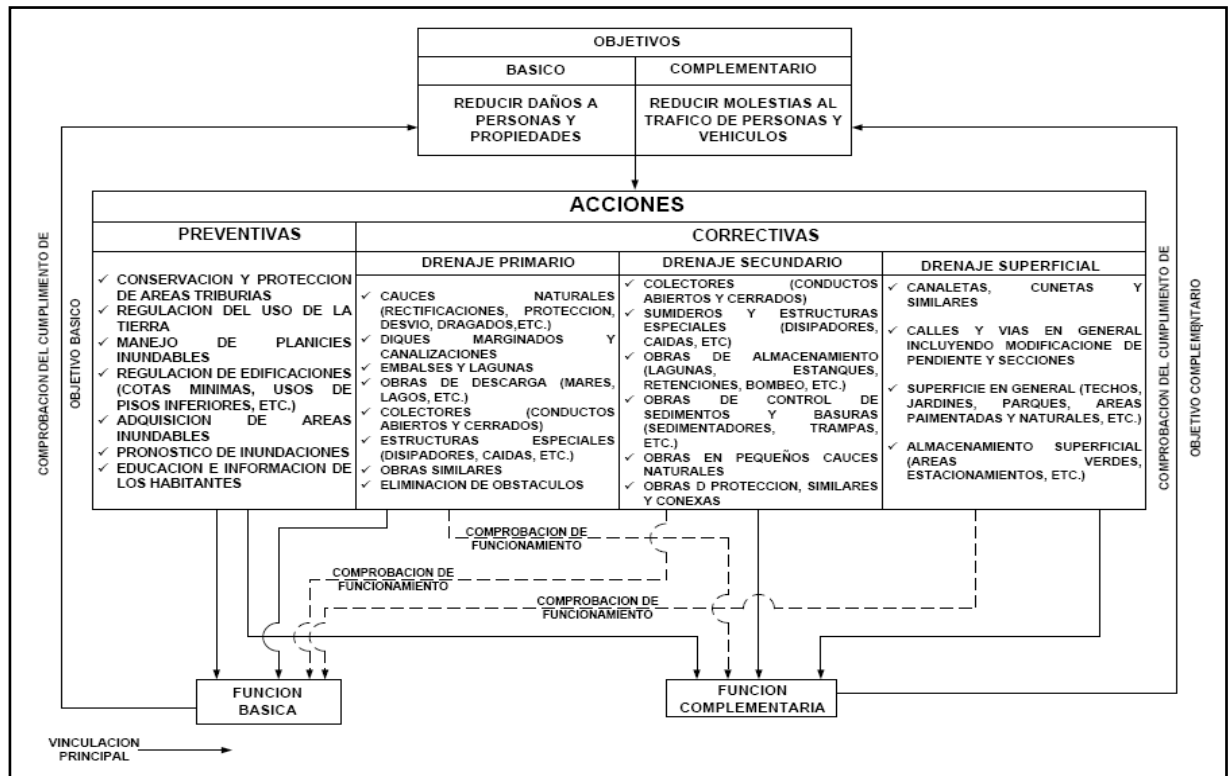


Figura 1: Esquema ilustrativo de un sistema de drenaje urbano. Bolinaga, (1979).

Adicionalmente, los sistemas de drenaje urbanos deben garantizar un grado de protección, en el cual se establece un nivel aceptable de riesgo de ocurrencia de daños y molestias, producto por las precipitaciones, es decir los grados de protección se traducen en la fijación de la probabilidad de

ocurrencia de los escurrimientos cuyos daños deben ser minimizados o eliminados con el establecimiento de los niveles de inundación aceptables.

Se entenderá por niveles de inundación aceptables, a las alturas máximas de agua permitidas en las calles y avenidas, así como en las otras superficies urbanas, después de una precipitación, las cuales pueden o no originar las áreas inundables, que son aquellas superficies diferentes de las planicies inundables, que pueden ser ocupadas durante un tiempo prudencialmente largo, por aguas provenientes del escurrimiento superficial, de tal manera que siempre se garantice el cumplimiento de los objetivos primordiales y las acciones que rigen a los sistemas de drenaje urbano.

Ahora bien, es importante mencionar que los sistemas de drenaje urbano, por ningún motivo deben ser un sistema aislado en la planificación urbana integral, por el contrario este deben ser coordinado e integrado a la misma, y de esta manera se deben considerar, todos los factores que influyen en la ejecución del mismo, en el cual se pueden mencionar como elementos principales de diseño los factores hidrológicos.

Según lo expresado por Palacios, (2008):

El drenaje dentro del proyecto integral de una urbanización, ocupa un lugar de primordial importancia en razón a su alto costo y de que es un factor condicionante de primer orden para los proyectos de vialidad y de la topografía modificada; de allí la importancia que tiene el ingeniero hidráulico para que realice un buen proyecto y disponga de toda la información básica necesaria.

Por ello, se debe tomar en cuenta que los factores hidrológicos tienen gran importancia en el diseño y dimensionamiento de los sistemas de drenaje urbano debido a que estas condiciones pueden variar según la

ubicación geográfica en donde se instalará dicho sistema, en función a las diferentes condiciones climáticas que presenta Venezuela.

En este sentido, se explicarán brevemente algunas definiciones hechas por diferentes autores y expertos en la materia sobre los elementos hidrológicos que intervienen en el diseño de dichos sistemas:

Las siguientes definiciones fueron extraídas del libro “Drenaje Urbano y Diseño De Alcantarillas” de Camacho, (2004):

Cuenca.

Toda aquella parte del terreno rodeado por una divisoria, donde el agua de lluvia que se escurre por la superficie, se concentra y pasa por un punto del cauce principal.

Precipitación.

Es la lluvia que cae sobre una determinada cuenca y las características fisiográficas de esta última, determinan el caudal de escurrimiento que sirve de base para el diseño de un drenaje.

Lluvia efectiva.

Se define como la diferencia entre la lluvia total y las pérdidas, siendo las pérdidas, la suma del agua que se infiltra, evapora, transpira y es interceptada.

Hidrograma.

Es una representación gráfica o tabular, que muestra los cambios de flujo en función del tiempo en un lugar dado de una corriente o cauce. En consecuencia, el hidrograma es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y la esorrentía de una cuenca en particular.

Las siguientes definiciones fueron extraídas del libro “Acueductos, Cloacas y Drenajes” de Palacios, (2008).

Intensidad.

Es la cantidad de agua que precipita en un tiempo dado en una unidad de superficie. Suele expresarse en mm/hora o Lps/ha.

Duración.

Es el tiempo que tarda una determinada lluvia en precipitar sobre una zona; la intensidad decrece conforme la duración de la lluvia.

Frecuencia.

Es el número promedio de año que transcurren entre el momento en que ocurre una lluvia de una cierta intensidad y una lluvia de intensidad igual o mayor que la primera; siendo importante aclarar que se trata de valores probabilísticos.

Curvas IDF.

Es la relación entre la intensidad de la lluvia, el tiempo durante el cual ocurre y la frecuencia con la cual se repite. Estas curvas que se presentan para lluvias de duraciones de 15', 30', 45', 60' y 120' minutos, en las diferentes estaciones pluviométricas que tenía en operación en Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) para el año de 1969.

Tiempo de Concentración.

Es el tiempo que dura el viaje de una gota de agua desde el punto más remoto de la cuenca hasta el sitio en consideración.

Método Racional.

Consiste en la resolución de la ecuación $Q = C * I * A$. En donde el valor de Q es el gasto máximo instantáneo en litros por segundo, C representa el coeficiente de escurrimiento, el valor de I indica la intensidad de la precipitación en (lps/ha) para una duración igual al tiempo de concentración, y finalmente A representa el valor del área tributaria en hectáreas. En definitiva, todo se reduce a encontrar los valores de C e I.

Ahora bien, ya se han mencionado los elementos hidrológicos que intervienen en el diseño de los sistemas de drenaje urbano, pero también es importante conocer aquellos elementos que garantiza el funcionamiento óptimo y el cumplimiento de las acciones preventivas y correctivas de dicho sistema, en donde llamaremos sumideros a las estructuras que se encargan de la captación y transporte de las aguas de origen pluviales desde el

sistema de drenaje externo al sistema de drenaje interno, en donde para esta investigación, sólo se hará referencia a los sumideros de tipo de reja.

Arocha, (1983) definió que los sumideros de rejillas, “Consisten en una tanquilla colocada en la cuneta la cual se cubre con unas rejillas, preferiblemente con barras en el sentido de la corriente, sin embargo la mayor ventaja radica en la captación de mayor volumen de escorrentía.”

Como se ha explicado en el capítulo anterior, las actividades humanas y el desarrollo urbano ha conllevado a un aumento exponencial en los niveles de impermeabilización debido al crecimiento de las poblaciones y de la expansión de las mismas hacia las zonas rurales, generando nuevas conexiones a los sistemas de drenaje y un desequilibrio en el ciclo hidrológico natural preexistente.

En un ciclo hidrológico natural, solamente un pequeño porcentaje de la precipitación se transforma en escorrentía, debido a la capacidad de almacenamiento que presentan los distintos elementos presentes en la naturaleza. Este almacenamiento se produce en la vegetación, en las masas de agua que se forman en terrenos inundados como los lagos, en el subsuelo, y en las propias riberas de los ríos. Todos estos elementos, aparte que retienen el agua la filtran al terreno para de esta forma obtener el mayor aprovechamiento de estas infiltraciones.

Después del proceso de impermeabilización en las ciudades, el ciclo hidrológico natural es modificado ya que un volumen importante de escorrentía que no es infiltrada al suelo, dicha escorrentía viaja por distintos canales artificiales desde el lugar de su precipitación, hasta la red de colectores y una vez allí se dirigen a su lugar de disposición final. En algunos

de los casos la falta de capacidad en la recolección de esorrentías por parte del sistema de drenaje producen un aumento de las mismas ocasionando de esta manera la ocurrencia de inundaciones en los centros poblados.

En la figura 2 y en la figura 3, se puede observar en forma gráfica como (Hough, (1998)),(citado por Altarejos, (2008)) hace la comparación entre el ciclo hidrológico natural y el ciclo hidrológico modificado, después del proceso de impermeabilización y colocación de los sistemas de drenaje urbano.

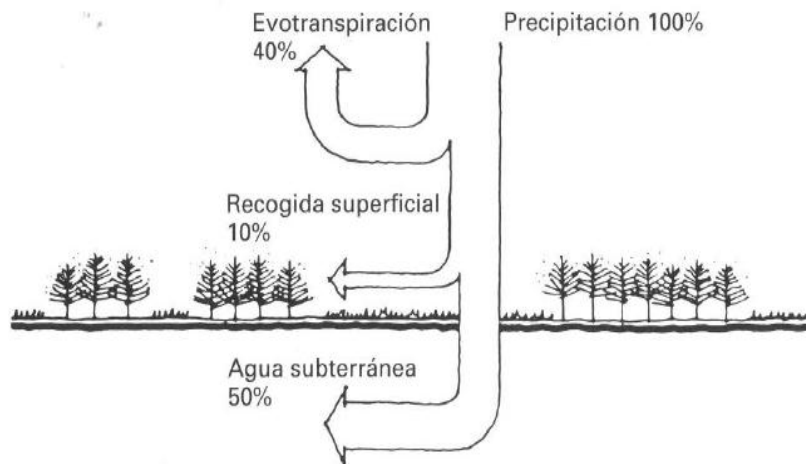


Figura 2: Ciclo hidrológico antes de ser urbanizado.
Naturaleza y ciudad (hough, 1998), (citado en "Aplicación De Sistemas De Drenaje Urbano Sostenible En El Desarrollo Urbanístico De PATERNA (VALENCIA)", Altarejos, (2008))

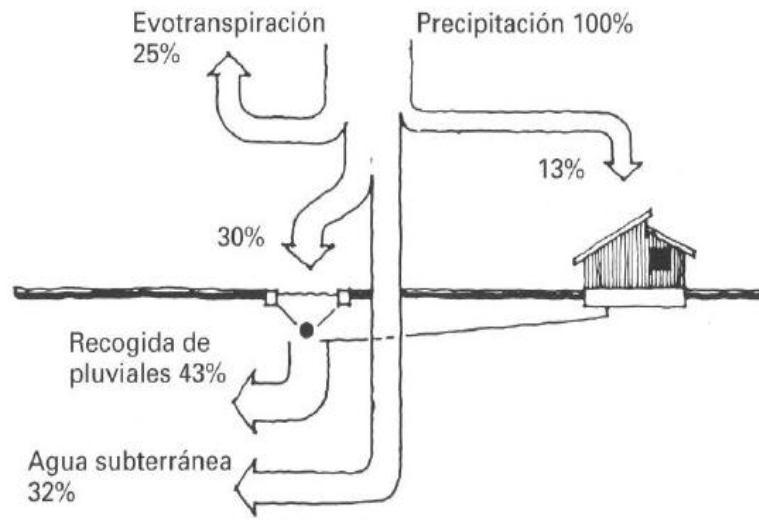


Figura 3: Cambios en el ciclo hidrológico posterior a ser urbanizado. *Naturaleza y ciudad (hough, 1998), (citado en "Aplicación De Sistemas De Drenaje Urbano Sostenible En El Desarrollo Urbanístico De PATERNA (VALENCIA)", Altarejos, (2008))*

Sumado a la problemática anterior, se presenta un incremento de los niveles de contaminación difusa en las cuencas urbanas, definiéndose como una amplia gama de elementos contaminantes entre los cuales podemos mencionar: Los sedimentos, materia orgánica, hidrocarburos, elementos patógenos, etc. Los cuales durante las precipitaciones son arrastrados y transportados por el sistema de drenaje urbano hacia la red de colectores, en donde la acumulación de estos elementos en los lugares de disposición generan alta consecuencias perjudiciales para el medio ambiente.

Todos estos eventos perjudiciales para el ecosistema han traído como consecuencias la búsqueda de nuevas tendencias, técnicas y sistemas cuya función cumpla con los objetivos y acciones del sistema de drenaje urbano y a su vez, sea lo más amigable con el medio ambiente. Es por este motivo que se crearon los sistemas urbanos de drenajes sostenibles (SUDS).

En donde Mompaler, y Doménech, (2010). Indican que:

Estos sistemas se encargan de reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana. Su objetivo es minimizar los impactos del desarrollo urbanístico en cuanto a la cantidad y la calidad de la escorrentía (en origen, durante su transporte y en destino), así como maximizar la integración paisajística y el valor social y ambiental de la actuación.

Los SUDS engloban una amplia diversidad de soluciones que permiten afrontar desde un nuevo punto de vista el planeamiento, diseño y gestión de aguas pluviales dando tanta importancia a los aspectos medioambientales como a los hidrológicos e hidráulicos. Estos sistemas fueron concebidos inicialmente para resolver problemas en estaciones lluviosas, son además útiles para gestionar otros tipos de escorrentía superficial en estaciones secas, como la producida por sobrantes de riego, limpieza de calles, vaciado de fuentes, etc.

Con la utilización de estos sistemas se puede garantizar una reducción de los volúmenes de escorrentía y los caudales punta debido a que se maximizan la capacidad de almacenamiento y de recargas de escorrentías, solucionando así la incapacidad hidráulica de la red de colectores convencional debido a las conexiones no previstas en la fase de planificación de la misma y de esta manera puede evitarse el hecho de tener que asumir inundaciones más frecuentes, una representación grafica de esto se puede observar en la figura 4 en donde se compara en un hidrograma la utilización de los sistemas convencionales contra los sistemas sostenibles.

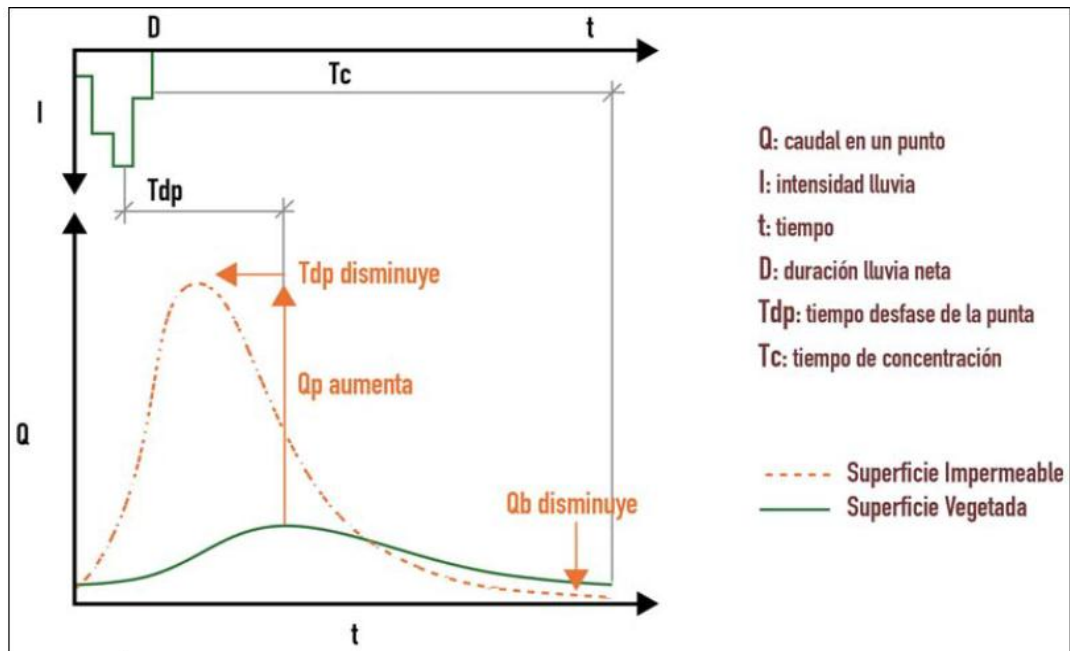


Figura 4: Hidrograma de comparación entre los sistemas de drenaje convencional y sistema de drenaje alternativo. *Sistemas urbanos de drenaje sostenible: Una alternativa a la gestión de agua de lluvia (Mompaler y Doménech (2010)).*

Tal como fue expresado por Altajeros, (2008). “Cuanto mayores sean el almacenamiento y la recarga de un sistema, menor será la escorrentía generada, reduciendo las inundaciones, la capacidad erosiva y la pérdida de calidad del agua de las masas receptoras.”

Con lo explicado con anterioridad, se podrán resumir los objetivos de los sistemas urbanos de drenaje sostenibles en los siguientes aspectos tal como es expresado por (Mompaler y Doménech (2010)):

- Proteger y mejorar el ciclo del agua en entornos urbanos, ya que aumenta la infiltración y evotranspiración.
- Proteger la calidad de las aguas receptoras de escorrentías urbanas, de modo que favorezcan los procesos naturales de depuración impidiendo que los elementos contaminantes alcancen los medios receptores sensibles.

- Reducir caudales punta procedentes de zonas urbanizadas mediante elementos de retención y minimizando áreas impermeables evitando así la concentración de fluidos.
- Minimizar los costos de las infraestructuras de drenaje al mismo tiempo que aumenta el valor del entorno.

Es apreciable que los objetivos de los SUDS, brindan mayores beneficios que los que los que pueden ofrecer los sistemas de drenajes convencionales, es por esto, que es conveniente realizar una comparación entre cada sistema y así determinar la diferencia existente entre ambos. Para ello se muestra la tabla 1 en donde se compara el funcionamiento de cada sistema por separado.

Tabla 1 Comparación entre sistema de drenaje convencional y sistema de drenaje alternativo.

	SISTEMA CONVENCIONAL COLECTORES	SISTEMA ALTERNATIVO SUDS
Coste de construcción	Pueden ser equivalentes, aunque los usos indirectos de los SUDS reducen su coste real	
Costes de operación y mantenimiento	Establecido	No establecido: falta experiencia
Control de inundaciones en la propia cuenca	Sí	Sí
Control de inundaciones aguas abajo	No	Sí
Reutilización	No	Sí
Recarga / Infiltración	No	Sí
Eliminación de contaminantes	Baja	Alta
Beneficios en servicios al ciudadano	No	Sí
Beneficios educacionales	No	Sí
Vida útil	Establecida	No establecida: falta experiencia
Requerimientos de espacio	Insignificantes	Dependiendo del sistema, pueden ser importantes
Criterios de diseño	Establecidos	No establecidos: falta experiencia

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: Una alternativa a la gestión de agua de lluvia (Mompaler y Doménech (2010)).

A pesar que algunas características en los SUDS no se han podido establecer por la falta de experiencia, se pone en manifiesto que su operatividad es superior a los sistema convencionales, es por esto que en su planificación, diseño y ejecución, es necesario cumplir con un conjunto de medidas que garanticen de esta manera, un funcionamiento más óptimo para

así alcanzar en una forma más eficiente altos rendimientos en dichos sistemas, entre los cuales podemos mencionar:

Medidas no estructurales.

Son todas aquellas medidas, que previenen por una parte la contaminación del agua reduciendo las fuentes potenciales de elementos contaminantes y por otra parte, evitan parcialmente el tránsito de las escorrentías hacia aguas abajo minimizando así su contacto con dichos contaminantes.

Entre las cuales, según Gernot (2007) podemos mencionar:

- Educación y programas de participación ciudadana.
- Planificar y diseñar minimizando las superficies impermeables para reducir la escorrentía y el aumento de los caudales picos.
- Limpieza frecuente de superficies impermeables para reducir la acumulación de contaminantes.
- Controlar la aplicación de herbicidas y fungicidas en parques y jardines.
- Controlar las zonas en obras de construcciones para evitar el arrastre de sedimentos.
- Control de las conexiones ilegales al sistema de drenaje.
- Recolección y reutilización de las aguas pluviales

Medidas estructurales.

Se consideran medidas estructurales aquellas que gestionan la escorrentía contaminada mediante la utilización de elementos constructivos que supongan la adopción de criterios urbanísticos. En la actualidad, existen una gran variedad de elementos estructurales utilizados en los SUDS pero

para efectos de esta investigación describiremos a los techos verdes o cubiertas.

Cubiertas Verdes o Techos Verdes.

Según Ibáñez, (2009).

Son un sistema de techo multicapa que permite la propagación de la vegetación en una superficie expuesta y al mismo tiempo garantiza la integridad de las capas inferiores y la estructura de cubierta del edificio. Estos techos proporcionan un conjunto de funciones adicionales a las de un techo convencional y se diseñan y construyen con parámetros técnicos relativamente sencillos sin necesidad de utilizar tecnologías costosas o altamente especializadas.

Todo sistema de techos verdes o cubierta vegetal, al menos que por especificaciones adicionales lo requiera, debe contar como mínimo con las siguientes capas:

- Membrana de filtro (geotextil).
- Membrana aislante térmica.
- Sistema impermeabilizante anti-raíz.
- Drenaje-Reserva hídrica.
- Membrana de filtro (geotextil).
- Medio de cultivo.
- Vegetación.

Los techos verdes son conocidos desde hace siglos, en donde se tienen conocimientos que fueron utilizados tanto en los climas fríos de Islandia y Canadá, como en los climas cálidos de Tanzania. La eficacia de la acumulación de calor y la capacidad de aislamiento térmico de un techo de paneles de césped, es fácilmente comprobable en la tradicional casa de terrones de turba de Islandia, las cuales estas estaban conformadas por una capa de gran espesor de sustrato en donde descansa la capa vegetal,

recubierta de ese modo, siendo estas también habitadas en invierno sin calefacción artificial, de modo que sólo el calor humano es suficiente para lograr una confortable temperatura ambiente.

“En una técnica similar fueron construidas hace aproximadamente 100 años las casas de terrones de césped de las poblaciones del norte de USA y Canadá. En donde se presume que el sistema constructivo empleado probablemente proceda de Europa del Norte”. Según lo indicado por Gernot (2007).

En Alemania, desde 1960, se vienen realizando estudios para la implementación del sistema de techos o cubiertas verdes. En consecuencia este país se ha convertido en el precursor de este sistema y hoy en día, probablemente es el más adelantado en la utilización de esta técnica. Para la década de los años 80 el mercado alemán en techos verdes se había expandido rápidamente, pasando de uno a diez millones de esta cubierta en todo el país.

Años más tarde, alrededor de 75 municipalidades europeas dan incentivos o instruyen sobre los requerimientos necesarios para la instalación de techos verdes, Europa lleva alrededor de 50 años desarrollando esta tecnología a pesar que en los países de los demás continentes apenas se encuentra en desarrollo.

Según HOLCIM en (2005) (citado por Mompaler y Doménech, (2010)).

En América Latina, Argentina el país pionero en la utilización de esta tecnología, ya que en 2006 comenzó la construcción de un proyecto que busca convertir en jardines 3500 de las 20.000 hectáreas de la ciudad de Buenos Aires, luego de haber ganado el concurso promovido por la empresa cementera.

Estudios realizados sobre las cubiertas verdes han demostrado que no existe un tipo único de ellas, en donde las mismas se pueden clasificar en cubiertas del tipo extensiva y cubiertas del tipo intensivas.

Las cubiertas del tipo extensivas, son aquellas en donde su vegetación puede crecer en forma natural sin ser sembradas, por lo general, se utiliza a la familia Crassulacea, (genero *sedum*), hierbas y flores silvestres, cuyas raíces no sean invasivas, debido a que son plantas que se regeneran fácilmente y son resistentes al fuego y a las sequías. En donde Las plantas del genero Sedum han tenido éxito debido a su dureza, fácil cultivo, baja tasa de resiembra, resistencia a la sequía, etc. (EPA, (2008)), (citado por Mompaler y Doménech, (2010)).

Esta capa vegetal, según descripciones realizadas por los autores antes mencionados, descansa sobre una capa pequeña de sustrato, cuyo espesor varía entre unos 3 hasta 15 cm, en el cual pueden vivir con muy poca cantidad de agua y nutrientes. En el cual todo este sistema aporta una carga adicional de entre 60 y 180 Kg/m² a la estructura en donde se apoye.

Por otra parte, las cubiertas del tipo intensivas, son aquellas que aportan en mayor parte los beneficios buscados en el sistema de techos verdes, debido a que su estrato de cultivo cuenta con un espesor de entre 15 a 30 cm, lo cual permite cultivar una gran variedad de especies de vegetación incluyendo hasta árboles.

Éstas cubiertas son más pesadas, costosas y requieren de un cuidado continuo y posiblemente de un sistema de irrigación, aunque esto dependerá de las plantas seleccionadas. Este tipo de sistema no es recomendable instalarse sobre techos inclinados si no solo en techos planos, debido a que aportan una carga entre 180 y 400 Kg/m².

En consecuencia, las estructuras en donde se encuentre apoyada este sistema, deben tener resistencia para una alta capacidad de carga, es decir, podrían necesitarse modificaciones en el diseño estructural en las edificaciones donde serán aplicadas, de forma tal que soporten el peso de medios de cultivo más amplios y de plantas de gran tamaño.

En la figura 5 se muestra un esquema de cómo está conformado tanto el sistema de cubiertas extensivas como el de cubiertas intensivas, mostrándose así una diferencia gráfica entre el espesor de su sustrato y el tipo de vegetación utilizado.

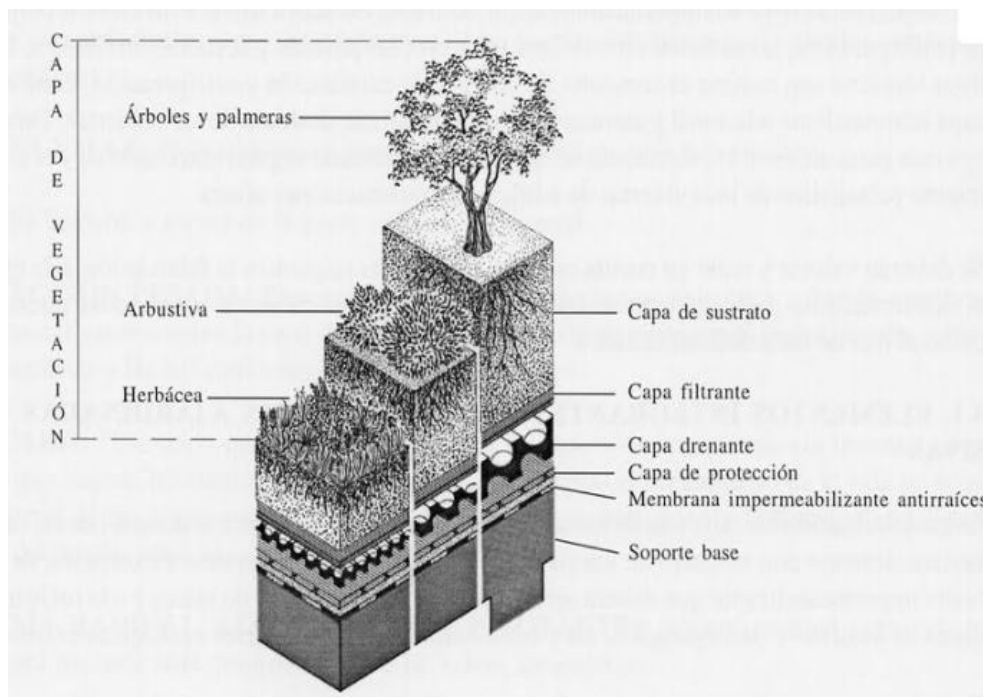


Figura 5: Sistemas de cubiertas vegetal del tipo extensivo e intensivo. *Jardinería y paisajismo. Revista digital para el paisajista.* Bosch, (2010)

Como es de apreciar en la figura anterior, los componentes que conforman tanto los sistemas de cubierta vegetal del tipo extensivo e intensivo son los mismos, sólo difieren por el espesor de su estrato. En donde se puede determinar según Mompaler y Doménech, (2010). Que, "las construcciones típicas de una ciudad, hacen que los techos verdes de tipo extensivo sean los más apropiados para modificar cubiertas ya construidas"

Ahora bien, cuando se refirió anteriormente a los sistemas de drenaje urbano sostenible, se mencionaron el conjunto de beneficios que brindan en forma global estos sistemas en conjunto. A continuación, se mencionarán y describirán algunos aportes que se han obtenido por el mundo con la utilización del sistema de techos verdes como sistema sostenible.

Control de inundaciones.

El sistema de techos verdes ha demostrado en varios estudios, tener gran efectividad en el control de volúmenes de escorrentías producto de las precipitaciones, puesto que tiene la capacidad de retener entre el 60 y hasta un 100% de la lluvia que reciben. Esta retención de agua, alivia el exceso de volumen de agua en los sumideros del sistema de drenaje y además filtra los contaminantes del agua lluvia, esto según investigaciones realizadas por Gernot (2007).

Es por lo anterior que Mompaler y Doménech, (2010). Indican que:

Generalmente, retienen entre el 70 y el 90% del agua lluvia en verano y entre el 25 y 40% en invierno, y de acuerdo a la saturación del suelo en el momento de la lluvia. Adicionalmente, puede reducir los flujos pico entre un 50% - 90% en un solo evento de lluvia según Charles RiverWatershed Association,

Por otra parte, en investigación realizadas por Gernot, (2007). Determinó que “para superficies techadas enjardinadas con un mínimo de 10 cm de espesor, sólo el 30% de la lluvia caída desagua y el 70% queda retenida en el techo verde o se evapora”.

Así mismo gernot, revela que según Mediciones divulgadas por la Universidad de Kassel indican que

El retraso del desagüe de pluviales después de una fuerte lluvia es más decisivo aún para el alivio del sistema de desagüe: en un techo verde con 12° de inclinación y 14 cm de espesor de sustrato, después de una fuerte lluvia durante 18 horas, se cronometró un retraso de 12 horas del desagüe pluvial. Terminó de desaguar la lluvia recién 21 horas después de que dejara de llover.

Estas investigaciones muestran que los techos verdes, mediante su efecto de retardo, disminuye considerablemente el caudal en las redes de alcantarillado de la ciudad, que siempre deben ser dimensionadas para las precipitaciones máximas. Por lo tanto, se podría redimensionar el sistema de alcantarillado, enjardinando grandes urbanizaciones y zonas industriales y así disminuir los costos. En los sistemas separativos de cloacas y drenaje como es el caso Venezolano, podrían suprimirse las redes de alcantarillas para aguas pluviales, si el resto del agua se pudiera filtrar en el terreno.

En la tabla 2 y la tabla 3, se mostraran los resultados obtenidos en el estudio del sistema de techos verdes en Dublín, en donde se midió el porcentaje de lluvia retenida según la pendiente y su espesor de cultivo y el porcentaje de retención anual de acuerdo al tipo de sistema y vegetación utilizada.

Tabla 2: Porcentaje de lluvia retenida según se pendiente y espesor del medio de cultivo

Tratamiento	% de retención en evento Lluvia ligera (menos de 2mm)	% de retención en evento Lluvia media (2- mm)	% de retención en evento Lluvia fuerte (más de 6mm)	% de retención Total
Pendiente del 2% con 2,5 cm de medio	95,1	82,9	64,7	69,8
Pendiente del 2% con 4 cm de medio	97,1	85,5	65,1	70,1
Pendiente del 12% con 2,5 cm de medio	94,9	83,1	59,5	65,9
Pendiente del 12% con 6 cm de medio	95,8	84,6	62,0	68,1

Green Roofs Over Dublin - A green roof policy guidance paper for Dublin, 2008. (Citado por Mompaler y Doménech (2010)).

Tabla 3: Porcentaje de retención anual según el tipo de sistema y vegetación

Tipo de cubierta verde	Grosor (cm)	Tipo de vegetación	Promedio de retención anual de agua	Coefficiente de escorrentía anual/factor de permeabilidad
extensivo	>2-4	Musgo, <i>Sedum</i>	40	0.60
	>4-6	Musgo, <i>Sedum</i>	45	0.55
	>6-10	Musgo, hoja perenne, <i>Sedum</i>	50	0.50
	>10-15	Musgo, plantas herbáceas, <i>Sedum</i>	55	0.45
	>15-20	plantas herbáceas, hoja perenne	60	0.4
intensivo	15-25	Césped, arbustos	65	0.4
	>25-50	Césped, arbustos, hoja perenne	70	0.3
	>50	Césped, arbustos, hoja perenne, arboles	>90	0.1

Green Roofs Over Dublin - A green roof policy guidance paper for Dublin, 2008. (Citado por Mompaler, y Doménech (2010)).

Por otra parte, este sistema es capaz de prevenir que se pierdan por escorrentía los nutrientes que caen con la lluvia desde la atmósfera y el volumen de agua retenido, puede variar de acuerdo al grosor y porosidad del medio de cultivo y del tamaño del área con vegetación.

Adicionalmente, el medio de cultivo actúa como un poderoso medio de absorción de contaminantes presentes en las precipitaciones urbanas. La variable más importante que influye sobre esta propiedad de los techos verdes, es el tipo de sustrato y su contenido de material orgánico y el tipo y madurez de la vegetación plantada.

Reducción del efecto isla calor.

El efecto isla de calor se genera cuando se reemplazan la vegetación natural por las calles, edificios, aceras y techos, ya que los materiales que se utilizan para estas construcciones de las ciudades son impermeables al agua y no moderan las temperaturas como lo hacen los materiales naturales.

Es decir, las ciudades se convierten en “islas de calor” debido a los cambios ocasionados en la superficie y la atmósfera relacionados con el desarrollo humano. La intensidad de la isla de calor de una ciudad, está relacionada con su densidad y la configuración de sus edificios.

Estos materiales de construcción tienen adicionalmente alta capacidad de transferencia de calor lo cual implica que son buenos para retener la radiación que se genera durante el día. Según Earth Pledge, (2009). (Citado por Mompaler y Doménech, (2010)).

Según Hans, (2008), (citado por Ibáñez, (2009)). “La temperatura exterior puede reducirse hasta 8 grados centígrados en áreas con cubiertas verdes conforme a los estudios realizados en Estados Unidos y Alemania.”

Así mismo Ibáñez, asegura que Las áreas con masas de vegetación, son más frescas ya que las plantas absorben la mayoría de la energía recibida por el sol: El 2% es usado para la fotosíntesis, 48% pasa a

través de las hojas y es almacenado en la planta, 35% es transformado en calor usado para la transpiración y solo el 20% es reflejado.

Aislamiento Térmico.

Mompaler, y Doménech (2010)). Indican que:

La cubierta verde actúa como una barrera para la transferencia térmica de la energía solar a través de la azotea, por lo tanto, genera una reducción en la cantidad de energía usada en la edificaciones para mantenerlas frescas como es el caso del uso del los equipos de refrigeración de ambientes.

Debido a esto Earth Pledge, (2009) (Citado por Mompaler, y Doménech (2010)). Asegura que:

Como una cubierta verde acumula menos calor que un techo regular en los días calientes, transfiere menos calor a través del cielo raso a la habitación que se encuentra debajo, reduciendo la temperatura interior y demandando menos aire acondicionado. Por lo tanto, los techos verdes pueden contribuir a la disminución en el consumo de combustibles fósiles y por lo tanto, las emisiones de gases de efecto invernadero.

Según estudios realizados por Gernot, (2007).

En Alemania se comprobó reiteradamente, que para temperaturas al exterior de 30°C, la temperatura en la tierra del techo verde no subía por encima de 25°C. Esto está ligado, por un lado a que a causa de la sombra arrojada por la vegetación, la radiación solar no calienta la tierra; y por otro a que la energía solar es ampliamente usada para la evaporación de agua, reflexión y para la fotosíntesis.

Extensión de la vida de la membrana de techo.

La duración de todos los techos convencionales, sean éstos cubiertos con bitumen, tejas, metal, chapas onduladas o similares es limitada por la influencia de los elementos de la naturaleza. Las azoteas, diariamente experimentan las variaciones de los ciclos de temperatura los cuales generan estrés en las membranas impermeabilizantes de los sistemas de

techo, lo que conlleva a la generación de goteras y eventuales reemplazos de dichas membranas.

Según Mompaler, y Doménech (2010) “todos los sistemas utilizados actualmente para impermeabilización, pueden sufrir deterioro bajo la acción de la luz ultravioleta y los altos gradientes de temperatura.”

Sin embargo, esta complicación se elimina mediante la cubierta que proporcionan el sustrato de cultivo y la vegetación, por lo tanto, los techos verdes, si están bien diseñados, tienden a alargar la vida útil y no requieren casi ningún tipo de atención o reparación en lo que a su estanqueidad se refiere. Según realizados por Minke, (2007).

En la instalación de las cubiertas vegetales, es necesaria la utilización de una gama de elementos en donde su trabajo en conjunto garantice una óptima efectividad con el propósito de ayudar en forma sostenible al sistema de drenaje urbano existente. En la figura 6 se puede observar un ejemplo de las distintas capas que conforma el sistema de techos verdes para una azotea que presente inclinación y sin presentar pendiente.

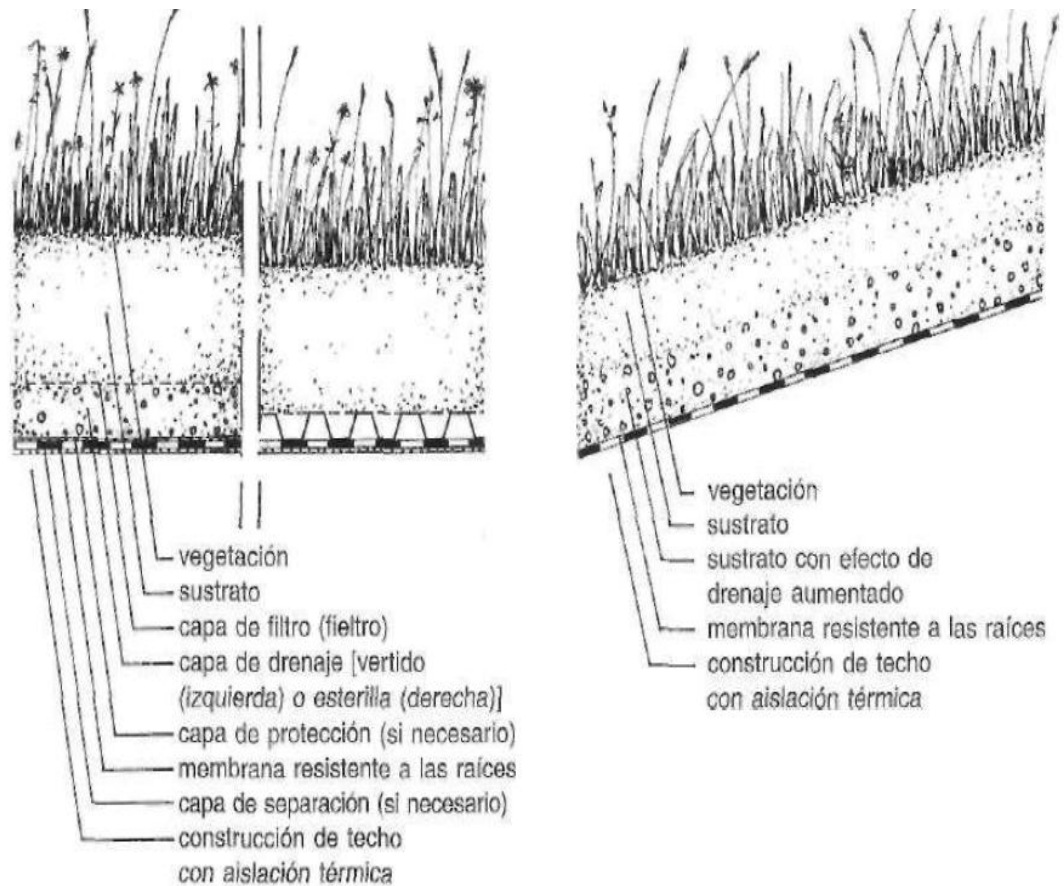


Figura 6 Componentes que conforman el sistema de cubierta vegetal Gernot, (2007).

A continuación se describirán los elementos que son esenciales para la construcción de un sistema de cubierta vegetal en una estructura o edificación:

Soporte Estructural.

Este estudio es de vital importancia en la elaboración del sistema de cubiertas vegetales, debido a que por la naturaleza de funcionamiento de este sistema se puede tener sustrato en estado saturado, lo cual aportaría una considerable carga adicional a la estructura en la cual se apoya y es por

este motivo que se debe garantizar una buena distribución de esfuerzos a nivel estructural para así evitar la generación de posibles deformaciones en las mismas.

Las siguientes consideraciones fueron aportadas por Factory Mutual Insurance Company , (2007). (Citado por Mompaler y Doménech (2010)).

- Los soportes estructurales de concreto se consideran más apropiados que los de acero para instalar techos verdes, dado que cuando son fabricados en concreto tienen mayor fuerza y rigidez, mejor resistencia al ingreso de agua y a la corrosión.
- Las cubiertas estructurales de concreto deben ser usadas en todos los casos en que el medio de cultivo supere los 15 cm de espesor. aunque es importante mencionar que estas cubiertas son propensas a deflactarse debido a cargas sostenidas por un periodo largo de tiempo.
- Dada la naturaleza de los sistemas de techos verdes, se debe poner especial atención al drenaje para evitar estancamientos localizados que acarrearán problemas como: residencia prolongada del agua sobre la impermeabilización, fomento de medios favorables para la aparición de hongos y bacterias, aumentos de carga sobre la estructura etc.
- Es fundamental asegurarse de que la estructura de soporte haya sido diseñada y verificada por un ingeniero estructural certificado.

Aislación Térmica.

Esta capa se encuentra entre el manto de protección anti-raíz y el manto de impermeabilización tradicional y en algunos casos también se puede encontrar por debajo de este, su función principal es evitar el paso de vapor de agua minimizando de esta manera el riesgo de condensación en el interior de esta capa, al mismo tiempo, aumenta el confort interior y así abarata los

costos por recurrir en mayor medida a los sistemas de aclimatación mecánica al interior de la edificación.

Según Epa (2008). (Citado por Mompaler y Doménech (2010)). Se Indica que:

El aporte que como aislante térmico brinda el medio de cultivo, aumenta en la medida en que su contenido de humedad disminuye. Sin embargo, los techos verdes no pueden considerarse como un sustituto de los sistemas de aislamiento térmico tradicional sino más bien como un importante complemento. Elegir un sustrato de aislamiento térmico tradicional, debe estar ligado a las condiciones de diseño de la temperatura interior buscada, que a su vez depende del gradiente térmico que establece el clima promedio del lugar.

Membrana impermeabilizante y protección anti-raíz

Es la segunda capa en orden ascendente y una de las más importantes en la aplicación del sistema de techos verdes, esta capa se encuentra entre la capa de fieltro y la capa de aislación térmica.

Su importancia radica en que esta capa evita los daños que pueden producir las raíces de la capa de vegetación utilizadas en el sistema de cubiertas verdes sobre las capas inferiores hasta llegar a la capa de impermeabilización tradicional. Según Gernot (2007) demuestra que:

Testeos de largos años muestran que las impermeabilizaciones de bitumen fueron atravesadas por raíces de distintas plantas de prueba y que ciertos microorganismos, que viven en las puntas de las raíces, pueden disolver materiales bituminosos. Incluso en uniones pegadas se presentan perforaciones causadas por éstas. Se deduce entonces que no es siempre posible en la práctica realizar un sellado hermético perfecto.

De lo anterior se concluye, que las membranas soldadas de bitumen no son resistentes a las raíces, es por esto que la membrana que se instale en el sistema de cubiertas verdes debe ser absolutamente impermeabilizante y

contar con algún tipo de protección contra esta problemática. Es por esto que a continuación se describen algunos tipos de membranas anti-raíces utilizadas en la aplicación de este sistema.

Membrana asfáltica.

Según Gernot (2007). Indica que “En este tipo de membrana, se incluyen aditivos químicos que se involucran en el compuesto asfáltico. Estas membranas bituminosas pueden recurrir a refuerzos mecánicos como foil de aluminio o refuerzos de Poliéster con tratamiento químico anti-raíz.”

Lo más recomendado es la utilización de un sistema de doble capa, en donde, según el tipo de cubierta verde (intensiva o extensiva) y al tipo de plantas seleccionadas, se utiliza la membrana superior anti-raíz, o una superior y una inferior.

Según Mompaler y Doménech, (2010). Se aconseja que:

La membrana asfáltica debe tener refuerzo en tela poliéster no tejida, lo que le otorga unas prestaciones mecánicas superiores a las que se ofrecen con refuerzo de fibra de vidrio, esto es, mayor resistencia a la tensión, y una elongación superior al 30%.

Membranas termoplásticas.

“Son aquellas membranas que no se encuentran formadas por ningún elemento bituminoso; éstas presentan características superiores en cuanto a estabilidad en el tiempo y a su vez poseen elevada resistencia al envejecimiento.” Según Mompaler y Doménech, (2010). Entre las cuales podemos mencionar:

Láminas de pvc.

“Son materiales de elevada estabilidad dimensional, muy resistentes al envejecimiento. Pueden ser producidas en diferentes colores, lo que le adiciona un mejor comportamiento térmico”. Según Mompaler y Doménech, (2010).

Según resultados obtenidos por Gernot, (2007). Comenta que:

Generalmente no son resistentes al bitumen, y a productos aceitosos protectores de madera. Para evitar un "ablandamiento" (que puede llevar a la descomposición del material), deberá separarse la membrana de PVC de los materiales bituminosos con un material sintético o un manta de fibra de vidrio (mínimo 200g/m²) o una lámina de polietileno de por lo menos 0,2 mm de espesor.

Sin embargo, en investigaciones más recientes se determinó que “Las membranas a base de PVC, han demostrado liberar toxinas cloradas, por lo que debe ser evitado su uso si existen otras opciones disponibles” según CITY OF INDIANAPOLIS, DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS, (2008). (Citado por Mompaler y Doménech, (2010)).

Láminas de tpo (Thermplasticolefin).

Según Mompaler y Doménech, (2010)

Estas membranas presentan una mayor resistencia al envejecimiento, y un comportamiento ambientalmente superior que las láminas de pvc, pues carece de moléculas de cloro, que afectan negativamente el ambiente al retornar a la atmosfera como consecuencia del envejecimiento que le genera la exposición a las condiciones climáticas.

Drenaje y reserva hídrica.

La capa de drenaje tiene como función el de dirigir el agua excedente, y hasta cierto modo almacenar agua en el sistema de techos verdes. Esta capa puede estar compuesta por diversos materiales como son los minerales porosos y livianos, granos gruesos, arcilla expandida, pizarra expandida, lava expandida, piedra pómez y materiales reciclados de escoria y ladrillo.

Según Van, (2008). (Citado por Mompaler, y Doménech, (2010)). “Esto asegura que las condiciones sean óptimas para la supervivencia de las plantas al garantizar un buen balance entre agua y aire. Esta capa controla la escorrentía superficial, y como tal, es parte del sistema de manejo de inundaciones”

Para alcanzar el efecto de almacenaje deseado, el cual es entre un 15-25 en porcentaje de volumen, los materiales deben ser preponderantemente de poros abiertos. Por ese motivo se utiliza, arcilla expandida principalmente en situación fraccionada.

En estudios realizados sobre esta capa Gernot, (2007) comenta que:

En techos planos y en los muy poco inclinados, la capa de drenaje se cubre con un fieltro o tela. Éste impide que el sustrato se haga lodo y se pase a la capa de drenaje. En techos con fuerte pendiente esta medida es generalmente innecesaria, ya que en este caso se fortalece el efecto de drenaje a través de la inclinación.

Elemento filtrante.

Mompaler, y Doménech (2010). Explican que:

Esta capa se ubica entre el medio de cultivo y el sistema de drenaje y de impermeabilización. Es usada para retener el medio de cultivo y prevenir de esta manera el lavado de partículas finas, es decir el paso de partículas muy pequeñas de una capa a otra; normalmente está constituido por un geotextil de tela no tejida de fibras de poliéster.

Medio de cultivo.

Gernot. (2007). Establece que:

El sustrato es la capa en donde se produce el trabajo de las raíces, con el fin de proporcionar las condiciones adecuadas para un mejor desarrollo de los techos verdes. Esta capa proporciona un anclaje a la cubierta vegetal además de agua y nutrientes y está conformada por materiales orgánicos e inorgánicos.

Según datos suministrados por Factory Mutual Insurance Company, (2007). (Citado por Mompaler, y Doménech (2010)).

“Normalmente, los suelos son mezclados antes de su aplicación con el fin de proporcionar una combinación de materiales que cuente con una adecuada retención de agua, permeabilidad, capacidad de aireación y una resistencia a la erosión óptima, además de lograr sustratos más livianos”

Según observaciones realizadas en los estudios de Gernot. (2007) concluye que:

Para verdeados extensivos con césped pobre, hierbas silvestres y Sedum, es conveniente que el sustrato no contenga demasiado humus. Debido a que en una urbanización de techos de pasto Laher Wiesen en Hannover fue notorio que el sustrato contenía nutrientes en demasía. Los pastos crecieron hasta llegar a 70 cm de altura y fueron castigados por el viento, se secaron rápidamente y ya no era posible ningún crecimiento posterior. Pero después del rastrillado la vegetación se regeneró lentamente de nuevo.

Debido a lo anterior, en general se recomienda que se deba empobrecer el sustrato con arena. No deberá tener más de 20% de arcilla y limo. Es

recomendable, empobrecer la tierra madre con 25 hasta 75 % de minerales livianos de granulometría 0-16 mm. Para esto se adaptan bien, por ejemplo, piedra pómez, lava, pizarra expandida, arcilla expandida partida y material reciclado de ladrillos porosos de arcilla y piedra pómez. Según investigaciones realizadas por Gernot. (2007).

Adicionalmente Mompaler y Doménech (2010). Indican que:

La Sociedad Colombiana de Arquitectura, (2009) recomiendan que en las cubiertas extensivas se tenga una proporción del 75% de suelo mineral y 25% de suelo orgánico, mientras que en las intensivas un 55% de suelo mineral y un 45% de material orgánico. Sin embargo, una mezcla típica para un medio de cultivo adecuado a una cubierta verde extensiva puede ser: 50% suelo mineral (tierra), 20% cisco de arroz, 20% perlita molida, 10% abono orgánico. Sin embargo estas proporciones, pueden variar según los requerimientos del material vegetal seleccionado.

Vegetación.

Es la primera capa que conforma el sistema de cubiertas verdes, que se encuentra expuesta a los elementos de la naturaleza. Es por esto que su selección es de vital importancia para así garantizar la resistencia y durabilidad en el momento de aplicación de esta tecnología.

Para Gernot. (2007). Los criterios que se deben tomar en cuenta para la selección de la vegetación en las cubiertas verdes son los siguientes:

- Espesor del sustrato y su efectividad de almacenaje de agua.
- Inclinación del techo (cuanto más empinado es el techo, mayor tiene que ser su efectividad de almacenaje de agua)
- Exposición al viento (hace que aumente la evaporación)
- Orientación (los techos que están inclinados hacia el sol se secan más rápido)
- Sombra

- Cuantía de precipitaciones

Así mismo, Mompaler y Doménech (2010) describen que, sin importar el tipo de cubierta verde que se esté utilizando, deben cumplir con algunos requerimientos los cuales son:

- Presentar una buena resistencia al fuego, resistencia a la sequía, y contar con un sistema de raíces que no sean agresivas.
- Las plantas escogidas para la cubierta deberían ser resistentes a las condiciones climáticas del lugar, actuar como tapizantes y no deberían necesitar mucho mantenimiento, sobre todo en los sistemas extensivos. Conviene que sean perennes para mantener la cubierta verde todo el año.
- La evaporación de un techo se ve influenciada principalmente por la carga de viento y la radiación solar, por lo tanto, estas características influyen en la elección de la vegetación.

Ahora bien, como ya se ha mencionado con anterioridad, la inclinación de las azoteas es uno de los principales factores que influye en la selección del tipo de cubierta vegetal a utilizar, debido a que ésta indicará el tipo de vegetación, el espesor del sustrato y si es necesario la implementación de elementos adicionales para su instalación.

Las azoteas, según su inclinación se pueden clasificar en cuatro categorías las cuales son: Los techos planos, techos de leve pendiente, techos de fuertes pendientes y techos empinados. En la tabla 4, se ilustra la clasificación de estas cuatro categorías.

Tabla 4: Clasificación de las azoteas según su inclinación.

Clasificación	Inclinación	Pendiente
Techo Plano	hasta 3°	5%
Techo de Leve pendiente	de 3° a 20°	5% hasta 35%
Techo de fuerte pendiente	de 20° a 40°	36% hasta un 84%
Techo empinado	Mayor a 40°	Mayor de 84%

Gernot (2007) (citado y modificado por Mompaler y Doménech (2010)).

Techos planos.

Son aquéllas azoteas que presentan inclinaciones menores al 5%, Gernot. (2007), indica que:

En techos planos enjardinados, la vegetación está más expuesta a las fuertes fluctuaciones de humedad, que en los techos verdes inclinados. De modo que existe el peligro de que en el caso de pequeños espesores de sustrato, la tierra sufra con el estancamiento de agua la falta de oxígeno y se produzca fácilmente acidez en el medio.

Es debido a esto que los sistemas de enjardinado para techos planos, deben poseer una capa de drenaje especial para la desviación del agua sobrante y también un riego de agua acumulada artificial. Y a su vez, la capa de drenaje debe estar separada del sustrato por un fieltro especial para evitar el paso de lodos.

Techos de leve inclinación.

Este tipo de azoteas, presentan una inclinación de entre el 5 y el 36% y de esta manera posibilitan una fácil y económica construcción del sistema de

techos verdes, debido que se puede realizar en una sola capa. Es decir, no va a ser necesaria ninguna capa de drenaje separada a través de un fieltro debido a que el sustrato absorbe el agua y desvía la sobrante.

Es por esto que es aconsejable que al sustrato se le agreguen partículas de grano grueso, así como material de mineral poroso, como por ejemplo piedra pómez, escoria, pizarra expandida o arcilla expandida.

Techos de fuerte inclinación.

Son aquellas azoteas que presentan una inclinación entre un 36% y un 84%. Estas estructuras se asemejan a la de los techos verdes de leve inclinación, con la diferencia que son necesarios diferentes dispositivos de seguridad para controlar el deslizamiento del sustrato, según la inclinación del techo y la altura del mismo.

Techos empinados.

Son aquellas azoteas en donde sus pendientes son mayores al 84%. Para la instalación de vegetación en este tipo de techos, se utilizan esteras prefabricadas, o se apilan sobre la construcción del techo, paneles de césped y terrones de turba respectivamente de 8 a 10cm de espesor, bien enlazados unos junto a otros como en un muro de ladrillos con la intención de evitar el deslizamiento del sustrato por su alta pendiente.

Bases Legales

Las bases legales son todo el conjunto de Leyes, Reglamentos y Decretos, que establecen los basamentos jurídicos que sustentan a una investigación. Por lo tanto, se puede concluir que constituye el marco normativo y legal vigente sobre el cual se apoya la investigación para obtener buen desarrollo.

Según Villafranca (1995), (citados por Castro y Villalonga, (2011)). “Son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite”.

Debido a que los desastres ecológicos, se han convertido en una gran problemática que actualmente afectan a la mayoría de los países del mundo incluyendo a Venezuela, se han creado políticas y planes orientados a mitigar las causas que originan estos problemas.

En Venezuela, dentro de la principal normativa legal como es la constitución, se muestra la intención de preservar y garantizar la integridad de nuestros recursos naturales, dicho compromiso se puede ver reflejado en el artículo 127 de nuestra referida constitución, el cual indica lo siguiente:

“Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica.....”

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo, se definen los criterios metodológicos que permitirán la planificación más adecuada para la obtención de los datos necesarios, a fin de cumplir con los objetivos trazados en esta investigación, detallando así el conjunto de acciones destinadas a describir y analizar el problema planteado y de esta manera, se elaborarán conclusiones acerca de la resolución o desenvolvimiento del mismo.

Es por ello que, según lo expresado por Hurtado (1998), (citado por Sierra, (2004). “en el campo de la investigación, la metodología incluye el estudio de los métodos, las técnicas, las tácticas, estrategias y los procedimientos que el investigador utiliza para alcanzar los objetivos del trabajo...”

De acuerdo a lo anterior planteado, se indicarán los procedimientos específicos a nivel metodológico, en cada una de las fases de la investigación, lo cual incluye técnicas de recolección de datos como la observación, entrevistas, revisión bibliográfica; y los pasos a seguir para la realización del presente estudio.

Tipo de Investigación

El tipo de investigación, representa, “El esquema general o marco estratégico que le da unidad, coherencia, secuencia y sentido práctico a todas las actividades que se emprenden para buscar respuesta al problema y objetivos planteados” donde lo anterior fue expresado por Campos, (citado por Sierra, (2004).

Según lo anterior, se empleará un nivel de conocimiento para esta investigación del tipo descriptivo, ya que, se pretende describir la situación del problema de drenaje en la urbanización La Fundación Mendoza de la ciudad de Maracay, a través de la medición de los diversos parámetros y componentes del sistema de drenajes y la evaluación de los aspectos hidráulicos en el mismo.

De igual manera, se realizará un segundo análisis de las viviendas para determinar los pasos a seguir en la metodología de colocación del sistema de techos verdes el cual se propondrá, el sistema más adecuado según las características que presentan las azoteas de las viviendas que se encuentran en la urbanización en estudio.

Diseño de investigación

Es del tipo no experimental, porque en ningún momento ocurre alguna manipulación deliberada de variables y a su vez es del tipo mixta, debido al hecho de realizarse una investigación del tipo documental y de campo simultáneamente.

La presente investigación, se enmarca dentro de un proyecto factible, ya que según lo expuesto por Sierra, (2004), “Consiste en elaborar propuestas viables, que atiendan a necesidades en una institución, organización o grupo social que se han evidenciado a través de una investigación documental o una de campo”.

Población

“La población se refiere a la delimitación espacial del estudio, es decir hasta donde puede alcanzar la generación de los resultados.” Orozco y Labrador, (1999), (citado por Sierra, C, 2004).

De lo expuesto en el párrafo anterior, se delimitará como población para ésta investigación a las viviendas unifamiliares que se encuentran en la urbanización la Fundación Mendoza, de la ciudad de Maracay, el cual tiene un número igual a 608 viviendas.

Muestra

Según Sierra, (2004). “Es un subconjunto de la población, es decir es una parte de la población. Debe ser representativa de la población de donde procede”. Debido a lo anterior, se procederá a calcular un número representativo de viviendas y de esta manera encontrar resultados más confiables, en donde según la expresión de Rodríguez, (1999), se puede determinar el número de viviendas utilizadas como muestra con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N * (Z\alpha^2) * p * q}{d^2 * (N - 1) + (Z\alpha^2) * p * q} \quad (2)$$

En donde:

N: Población.

n: Muestra.

Z: Número de Unidades de desviación estándar en la distribución normal que producirá el nivel de confianza deseado, el cual tiene un valor de $Z=1,96$.

P: Probabilidad de ocurrencia.

q: Probabilidad de no ocurrencia

d: Margen de error.

$$n = \frac{608 * (1,96^2) * 0,05 * 0,95}{0,03^2 * (608 - 1) + (1,96^2) * 0,05 * 0,95}$$

Dando como resultado un valor de muestra para este estudio igual a:

$n = 152$ Viviendas.

Descripción de la Metodología

En este punto de la metodología, se indicarán todas y cada una de las actividades a desarrollar para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la investigación, éstas se encontrarán divididas en tres fases, en donde, por ser un proyecto factible, según Orozco, Labrador y Palencia (2002), (citado por Sierra, C, 2004). Las fases que se deben contemplar, y adaptar básicamente a este estudio son: Diagnóstico, Factibilidad y Desarrollo de la Propuesta, las cuales se explican a continuación:

Fase I – Diagnóstico

Para el desarrollo de esta primera fase, se realizaron visitas a la zona de estudio durante la época de lluvias y algunas de ellas durante la ocurrencia de las mismas, para efectuar la evaluación del funcionamiento del sistema de drenaje urbano existente. El objetivo principal que se estableció con estas visitas fue la determinación de las causas que originan el mal funcionamiento de dicho sistema.

Es por esto que se llevó a cabo un levantamiento de la situación actual correspondiente a las obras de captación de escorrentías existentes, con la utilización de planos de la urbanización en estudio. Para facilitar la recolección de estos datos, se sub-dividió la zona de estudio en tres sub-zonas con el objeto de determinar cuál es la cantidad de elementos de captación presentes en cada una de ellas, establecer las posibles causas que ocasionen su mal funcionamiento y así mismo clasificarlos según el estado actual en que se encuentren.

En efecto, los criterios fundamentales a utilizar para la determinación de la problemática del sistema de drenaje en la zona de estudio corresponden a los propuestos por Bolinaga, (1979). Descritos así en el Capítulo II de la presente investigación, el cual hace referencia a los objetivos básicos y complementarios del drenaje urbano. Básicamente, el autor expone la condición del funcionamiento correcto de un sistema de drenaje cuando se cumplen con ambos objetivos; para ello se hace uso del procedimiento expuesto en el Esquema Ilustrativo de Sistema de Drenaje, en la Figura 1.

De acuerdo a lo anterior se pudo determinar la importancia de la investigación de campo, ya que las observaciones realizadas permitieron establecer la situación actual o las condiciones en que se encuentra el sistema de drenaje y de esta forma se logró obtener información de interés, de igual manera con la utilización de las entrevistas estructuradas o no, se establecieron criterios útiles para la toma de decisiones en la formulación de métodos y procesos, con el fin de alcanzar eficientemente las metas planteadas y mejorar la calidad del sistema de drenaje en estudio con el uso de las cubiertas vegetales o techos verdes.

Así mismo, esta fase diagnóstica abarcó la evaluación de caudales aportados por las viviendas al sistema de drenaje urbano durante la ocurrencia de las precipitaciones, y en este estudio se realizó en tres etapas, las cuales se describirán a continuación:

En la primera etapa se determinó el caudal aportado en la condición que se encontraban originalmente las casas al momento de ser adquiridas, en donde existía una combinación de áreas permeables y a su vez impermeables, en la segunda se estableció el aporte realizado por cada parcela en la condición actual según la modificación más común que se pueda observar en la población de viviendas de la urbanización en estudio, en donde se aprecia un aumento de las áreas impermeables.

Finalmente en la tercera etapa se determinó el caudal aportado por dichas parcelas con la modificación estudiada en la etapa dos y adicionalmente con la utilización de las cubiertas vegetales en las azoteas de las viviendas en estudio.

Ahora bien, para la determinación de los valores de caudales aportados por las parcelas de las viviendas, se utilizaron criterios sencillos y de fácil

aplicación ya que de acuerdo a Franceschi (1984), “la práctica y la costumbre para el cálculo de caudales máximos en drenaje vial y urbano, ha sido recurrir a fórmulas empíricas o métodos simplificados, muchos de ellos desarrollados para otros climas y latitudes distintas a las nuestras”.

Debido a lo anteriormente expuesto, el cálculo de los caudales máximos aportados por las viviendas que se encuentran en la urbanización la Fundación Mendoza se efectuó a través del Método Racional.

Método Racional

En resumen, el método consiste en la solución de la llamada fórmula racional, expuesta de la siguiente manera:

$$Q = C * I * A \quad (1)$$

Áreas Tributarias

Las áreas tributarias se seleccionaron a partir de la medición directa, sobre un plano digital de la urbanización en estudio, en donde para los tres casos de estudios ya antes mencionado se determinó por separado el valor del área de construcción de una vivienda y así mismo el valor de área fuera de construcción en una parcela, esto con el fin de realizar un mejor estudio en el coeficiente de escurrimiento.

Para la obtención de éstas áreas se hizo uso del software AUTOCAD 2011 de AUTODESK, mediante el cual se graficaron las áreas consideradas

obteniéndose a partir de los comandos ofrecidos por el software, la magnitud de las áreas a estudiar.

Intensidad de la Lluvia

La intensidad de la lluvia se obtuvo a través de la curva de intensidad-frecuencia-duración de la región correspondiente. La intensidad de lluvia obtenida, se utilizó en las curvas IDF ejecutadas por los servicios de hidrología nacional para la región IV, zona centro, elevaciones mayores a los 200 msnm.

Tiempo de Concentración

El tiempo mínimo de concentración que se usó, se obtuvo según la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, número 5.318.

Coefficiente de Escurrimiento

Debido a que la parcela en estudio, representa nuestra cuenca hidrográfica, se puede determinar la presencia de coberturas tanto permeables como impermeables en los tres casos de estudio. Es por esto que el procedimiento recomendado para seleccionar el coeficiente de escurrimiento consistió en obtener un promedio ponderado de todos los coeficientes presentes, luego de realizar la división de la cuenca en zonas homogéneas o áreas tributarias en cuanto al tipo de suelo, pendiente y cobertura vegetal.

Debido a esto, se hizo referencia a los apartados 15 y 16 del Capítulo 3 de las Gaceta N° 5.318 de donde se obtiene el coeficiente de escurrimiento a aplicar a la zona de estudio en forma general ya que ésta se encuentra actualmente urbanizada en un gran porcentaje.

Fase II – Factibilidad

En la segunda fase de esta investigación, se determinó la factibilidad que representa la propuesta de aplicación del sistema de cubiertas vegetales en la Urbanización la Fundación Mendoza, en donde se evaluaron los siguientes casos:

Factibilidad Social

En el estudio de la factibilidad social, se evaluó el nivel de aceptación por parte de la comunidad perteneciente a la zona en estudio del sistema de techo verde como drenaje urbano sostenible en las azoteas de sus hogares, debido a los beneficios que este sistema aporta a los usuarios.

Para esta evaluación, se hizo uso de encuestas como instrumento de recolección de datos, aplicándose al número de muestra de esta investigación.

Factibilidad Técnica

El estudio de la factibilidad técnica de esta investigación, consistió en la evaluación de la sustitución del sistema de drenaje tradicional que se

encuentra en las azoteas de los hogares de la zona en estudio por el sistema de cubiertas vegetales. El objetivo fue determinar si la carga permanente aportada por el sistema de cubiertas vegetales supera o no a la carga permanente que se encuentra en la actualidad soportada por la losa de techo en dichos hogares, en donde este estudio se realizó en el capítulo IV, en la fase III de esta investigación.

Fase III –La Propuesta

Durante la realización de la tercera y última fase de la descripción metodológica, esta investigación se apoyó en una revisión documental, para así determinar el tipo de cubierta verde a utilizar, adaptada a las condiciones del área en estudio, los pasos y la metodología que se deben seguir en la implementación y la aplicación de dichas cubiertas en las viviendas de la urbanización La fundación Mendoza.

Así mismo, fue necesario la realización de una investigación de campo, con el fin de realizar una inspección a una casa modelo tipo 1, para realizar mediciones en la misma, esto con el fin de determinar las características que se encuentran en la losa de techos presente en las viviendas de la zona de estudio.

Finalmente, fusionando la investigación documental y la investigación de campo, se procedió con la realización de la metodología de colocación de las cubiertas verdes ya que con la información recolectada se puede realizar una selección del tipo de cubierta verde a utilizar y de igual modo se realizaron los cálculos necesarios de los elementos de soporte de fijación requeridos, tomando en cuenta las condiciones geométricas y estructurales que se encuentran presentes actualmente en dichas azoteas.

CAPITULO IV

LA PROPUESTA

Fase I Diagnóstico

Caracterización de la zona

Historia

Para el año de 1943, el Dr Oscar Gusto Machado le compra al Estado Venezolano, un lote de terreno equivalente a 342.000 m² de superficie. Años posteriores este lote de terreno es vendido por el Dr Oscar Gusto Machado a su hijo quien lleva su mismo nombre.

Oscar Gusto Machado (hijo), es contactado por Don Eugenio Mendoza, en donde le propone la construcción de un conjunto de viviendas como parte de proporcionar soluciones habitacionales para los trabajadores que laboran dentro de sus empresas y fuera de ellas, creando así el proyecto de construcción de la urbanización La Fundación Mendoza.

El proyecto consistió en la construcción de 608 viviendas, las cuales serían distribuidas en 7 etapas. En donde las primeras casas se comenzaron a construir en el año de 1965, teniendo la primera etapa lista para el año de 1967 y la séptima culminada para el año de 1972.

Caracterización Espacial

Espacialmente la urbanización La Fundación Mendoza, presenta una altitud que varía entre los 439 a 445 msnm y así mismo, se encuentra entre la intersección del sistema vial arterial 4 que se desplaza de este a oeste y el sistema colector 6 que se desplaza de norte a sur. Según datos suministrados por la oficina de planificación Urbana de la alcaldía de Girardot.

Ubicación Geográfica

Así mismo, La oficina de planificación Urbana, indica que geográficamente la Urbanización La Fundación Mendoza se encuentra en el estado Aragua, en la Ciudad de Maracay, en el municipio Girardot, en la parroquia Casanova Godoy, al sur este de la ciudad.

Sus límites geográficos son los siguientes: En el norte limita con la urbanización Santa Ana, en el sur con la avenida Aragua y el Barrio Andrés Eloy Blanco, en el oeste con la Urbanización Bermúdez y por el este limita con las avenida Fuerzas Aéreas y la urbanización Las Acacias.

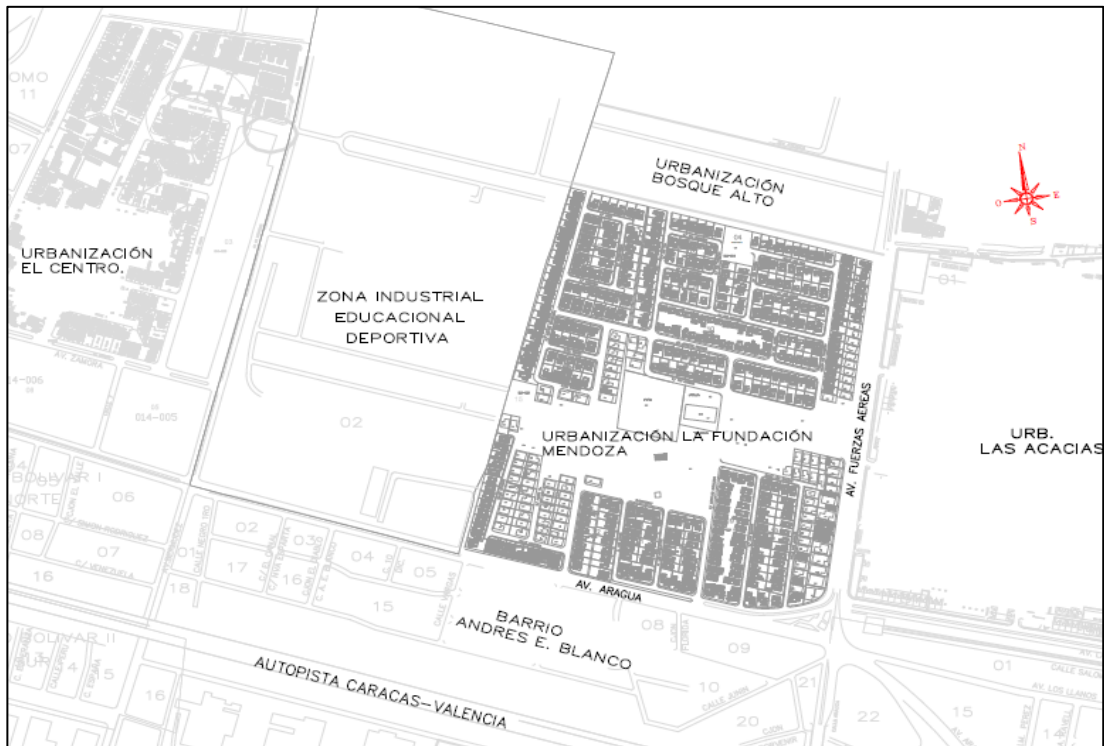


Figura 7: Croquis de ubicación de la urbanización La Fundación Mendoza
Oficina Municipal de catastro (2012).

Características Medio Ambientales

Clima: Según datos suministrados por la Base Sucre Maracay / Aeropuerto Florencio Gómez – SVBSEI, el clima en la ciudad de Maracay es del tipo tropical, que se caracteriza por presentar temperaturas medias de 27.1°C, así mismo con temperaturas máximas y mínimas iguales a 31.9°C y 22.6 °C respectivamente con pocos cambios estacionales de temperatura.

Precipitaciones: Las precipitaciones en la región correspondiente a la zona de estudio, según Martelo, (2003).

Varían dentro de un rango comprendido entre un mínimo de 746.6 mm, y un máximo de 1769.9 mm. El valor medio de las precipitaciones fue de 1018.4 mm, con una desviación estándar de 224.6 mm y un coeficiente de variación de 22.1%, la concentración de las precipitación se ubica entre el mes de Mayo – Octubre.

Flora: La presencia de los elementos vegetales en la zona de estudio, se encuentran primordialmente dentro de las propiedades de los hogares. En ellas se puede apreciar gran diversidad de estos elementos, entre los cuales podemos nombrar la presencia de pastos, arbustos, árboles frutales y no frutales, entre otros. Estos datos fueron recolectados según observaciones realizadas en dicha zona de estudio.

Uso del Suelo: La clasificación del uso del suelo en la urbanización La Fundación Mendoza, según la Ordenanza de Zonificación de Maracay, (2003).

Se encuentra distribuida de la siguiente manera: Las viviendas se encuentran en la clasificación de zona residencial R2, debido a que la parcelas son menores a 500 m² y cumple con todas las características que implican esta clasificación. A su vez tiene una clasificación de zona comercial local CL, destinadas a la prestación de servicios y venta al detal de artículos de abastecimiento diario, que se corresponden con el ámbito urbano primario.

Adicional a esto, presenta una clasificación de zona de comercio comunal, destinada a la prestación de servicios y venta de artículos de abastecimiento periódico, en zonas residenciales que se corresponden con el ámbito urbano intermedio.

Habitantes y Crecimiento Poblacional

Según datos suministrados por la asociación de vecinos y el consejo comunal de esta localidad, estima que la población de la Urbanización La

Fundación Mendoza se encuentra alrededor de unos 3.500 habitantes. Por lo cual su crecimiento no ha tenido gran variación debido a que estas viviendas no pueden ser modificadas para la construcción de un segundo nivel en ellas, lo que hace que mantengan su condición de viviendas unifamiliares.

Descripción del sistema de drenaje

Los sistemas constructivos de urbanismos en Venezuela y en gran parte del mundo, se basaron en la impermeabilización de casi la totalidad de la superficie en donde se desarrollaron estos proyectos. En consecuencia, se produjo la reducción de los tiempos de concentración de las precipitaciones y así mismo un aumento brusco de los caudales picos debido a la anulación de la existencia de grandes cuerpos vegetales y a las infiltraciones que ocurrían en el suelo de estos cuerpos antes de urbanizar.

Sin embargo, el sistema de drenaje urbano de la urbanización La Fundación Mendoza, está conformado por un total de 33 sumideros de rejas, cuya función primordial es el de captar las aguas de origen pluvial a través de estas estructuras y transportarlas por sus sistemas de colectores lo más rápido posible para de esta manera, evitar incomodidades en su población por consecuencias de las lluvias que pudieran tener ocurrencia.

Tal como es expresado por Palacios, (2008). Define al sistema de drenaje urbano como “aquel conjunto de obras, cuya función es interceptar y conducir hacia un sitio de disposición previamente seleccionado las aguas de origen pluvial, de modo que ellas no causen u originen problemas de inundación en una urbanización”.

A pesar que el sistema en estudio cuenta con este número de sumideros de rejas como elementos de captación de las agua pluviales, en entrevistas

realizadas a algunos habitantes de la zona, éstos mostraron su descontento con el funcionamiento del sistema de drenaje, ya que durante precipitaciones de mediana y gran intensidad se producen inundaciones en la totalidad de algunas calles que conforman esta urbanización.

De lo anterior se puede afirmar, que se incumple el objetivo complementario de sistema de drenaje urbano el cual es: “Garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de precipitaciones.” Según Bolinaga, (1979).

Como consecuencia de esta problemática, se realizó una inspección a los sumideros existentes en la zona de estudio. Se define a los sumideros de rejillas Según Arocha, (1983). Como “Una tanquilla colocada en la cuneta, la cual es cubierta en su parte superior por una rejilla inclinada preferiblemente en el sentido de la corriente de agua”. En la urbanización se encuentra una distribución de sumideros de rejillas, y dicha distribución es ilustrada en el anexo.

En el anexo 3, se puede observar que no todas las calles que conforman la urbanización presentan sumideros de rejillas, debido que de un total de 31 calles solo 10 los presentan, es por eso que en la tabla 5 se indicará la calle y número de sumidero que se encuentre en ella así como el sentido de flujo de las escorrentías durante las precipitaciones de las aguas pluviales.

Tabla 5: Número de sumideros e indicación del sentido de escorrentía

Calle o Avenida	Numero de sumideros	Sentido de flujo de escorrentía
Calle José Rafael Revenga	7	Norte a sur
Calle Humboldt	5	Este a Oeste Oeste a Este
Calle Arnoldo Gabaldon	3	Norte a Sur
Calle Río Turmero	1	Norte a Sur
Calle Río Guárico	2	Este a Oeste
Avenida Agustín Codazzi	3	Este a Oeste o Oeste a Este
Calle Santos Michelena	1	Norte a Sur
Calle 1	2	Oeste a Este
Calle de servicio	5	Este a Oeste
Calle Río Tuy	2	Norte a Sur
Calle Los Eucaliptos	2	Norte

Gamboa, (2012).

Sistemas de captación

El funcionamiento actual de los elementos de captación de aguas pluviales en la urbanización La Fundación Mendoza, presenta una serie de inconvenientes, y se pudo apreciar, en observaciones realizadas durante una inspección de campo que en la mayoría de sus brocales cuneta se encuentra agua arriba de ellos, existen restos de sedimentos orgánicos e inorgánicos, que junto a desechos de mayor tamaño son transportados hasta estos elementos durante las ocurrencias de la lluvias.

El arrastre de estos elementos que produce lo que se conoce como contaminación difusa, ocasiona la obstrucción parcial y en algunos casos total en las rejas del sumidero, originando un aumento en el ancho de inundación de las calles, en donde este ancho ha alcanzado cubrir el ancho total de la vialidad generando así incomodidad en los usuarios.



Figura 8: Contaminación difusa presente en el sistema de drenaje urbano que es arrastrada hasta los elementos de captación y en consecuencia ocasiona inconvenientes en el funcionamiento del mismo. Gamboa, (2012).

Por otra parte, el paso de estos elementos contaminantes por las rejillas del sumidero ocasionan que sean depositados y acumulados en el interior de las tanquillas, en donde han producido daños en el funcionamiento de algunos de sus colectores lo que impide el transporte de las aguas de origen pluviales que son captadas por él, y en algunos casos los mismos se encuentran llenos a sección plena.

Como ya se mencionó anteriormente, para el estudio de esta problemática se realizó una inspección de campo, por no encontrarse suficiente documentación topográfica que indicara la posición exacta de cada uno de los elementos de captación. Se realizó un levantamiento de la población de sumideros de rejillas existentes en esta zona y se determinaron las características de funcionamiento actuales. Se pudo apreciar la carencia de mantenimiento en ellos, siendo este un factor primordial en el mal funcionamiento que presenta el sistema de drenaje urbano durante los eventos de precipitaciones.

En la tabla 6 se indicarán los resultados obtenidos durante la inspección visual realizada a los sumideros y a la entrada de los colectores en donde ellos descargan las escorrentías captadas.

Tabla 6: Minuta de campo utilizada en la inspección a los sumideros existentes en la zona de estudio.

Calle / avenida	Número	Tipo de Obra de Captación			Condiciones de funcionamiento			Número	Tipo de obra de conducción		Condiciones de funcionamiento			Observaciones
		Sumidero	Ventana	Reja	Optima	Regula	Deficiente		Colector	Canal	Optima	Regula	Deficiente	
Av Jose Rafael Revenga.	1	X			X			X		X			Seco y Limpio	
	2	X				X		X		X			Seco con Basura	
	3	X				X		X		X			Seco con Basura	
	4	X				X		X		X			Seco con Basura	
	5	X					X		X		X		Humedo/ Basura	
	6	X					X		X		X		Agua con Basura	
	7	X					X		X		X		Sedimento/agua	
C./Humboldt.	8	X			X			X		X			Seco con Basura	
	9	X			X			X		X			Seco con Basura	
	10								X		X		Canal Trapezoidal	
	11	X					X				X		Rejas Obstruidas	
C./ Arnoldo Gabaldon.	12	X					X					X	Rejas Obstruidas	
	13	X					X					X	Rejas Obstruidas	
	14	X					X					X	Rejas Obstruidas	
C./ Río Turmero.	15	X					X					X	Rejas Obstruidas	
	17	X					X				X		Rejas Obstruidas	
C./ Río Guarico	18	X					X				X		Rejas Obstruidas	
	19	X				X		X			X		Rejas Limpias	
	20	X				X		X			X		Seco/Sedimento	
	21	X				X		X			X		Seco/Sedimento	
C./ Agustin Codazzi	22	X					X					X	Sección Plena	
	23	X				X		X			X		Seco/Sedimento	
	24	X				X		X			X		Sedimento/agua	
C./ Santos Michelena	25	X				X					X		Seco/Sedimento /Hojas	
C./ Calle 1	26	X				X					X		Filtro/Hojas	
	27	X				X					X		Filtro/Hojas	
C./ Calle de servicio paralela a la Av Aragua	16	X					X						X	Sección Plena
	28	X					X						X	Sección Plena
	29	X					X						X	Sección Plena
	30	X					X						X	Sección Plena
	31	X					X						X	Sección Plena
C./ Calle LosEucaliptos	32	X				X					X		Parcialmente llenc	
	33	X				X				X			Seco	
Canal	34											X	Obstrucción Vegetal	

Gamboa, (2012).

Analizando los datos recolectados durante el proceso de inspección, se pudo determinar que de un total de 33 sumideros de rejillas, sólo 3 se encontraban en óptimas condiciones de funcionamiento, representando tan sólo un 9.1% del total inspeccionado, definiendo a la condición de óptimo a aquéllos en donde su tanquilla se encuentre seca y con una cantidad muy pequeña de elementos contaminantes que no impida su buen funcionamiento.

Así mismo, se pudo establecer que 17 sumideros se encuentran en estado regular representando el 51.5% del total, siendo aquellos que están en esta categoría los que presenten las siguientes características: Que se encuentren secos con una porción considerable de basura dentro de su tanquilla, que presente en el interior de su tanquilla líquido y una cantidad de elementos sólidos, así mismo que se encuentre contenido de líquido y sedimento y finalmente que presente basura la cual pueda obstruir parcialmente las rejillas del sumidero, es decir en donde aún se permite el funcionamiento parcial del elemento de captación.

Finalmente en esta inspección se estipuló que 13 de los sumideros, (lo cual representa el 39.4% de los 33 sumideros existentes), se encuentran en una situación de deficiencia, siendo ésta categoría aquella en donde el sumidero no cumple con su función de captar las escorrentías que son arrastradas hacia él, debido a que sus rejillas se encuentran totalmente obstruidas y su tanquilla se encuentra a capacidad de sección plena. Produciendo en este sentido el incumplimiento del objetivo complementario del funcionamiento del sistema de drenaje urbano como ya se ha citado anteriormente en este capítulo.

En la figura 9, se mostrará un ejemplo del estado de funcionamiento actual de los sumideros, según las categorías antes mencionadas.



(a)



(b)

(c)



Figura 9: Situación actual del estado de funcionamiento de los sumideros que conforman el sistema de drenaje urbano.

En la figura 9a representa un sumidero en estado óptimo, la figura 9b constituye un sumidero en categoría regular y la figura 9c ilustra a un sumidero en categoría deficiente.

Gamboa, (2012).



Grafico 1: *Distribución porcentual del estado de funcionamiento de los sumideros en la zona de estudio.*
Gamboa, (2012).

Con el fin, de realizar un diagnóstico con mayor profundidad del funcionamiento de los sumideros existentes en el sistema de drenaje urbano de la urbanización La Fundación Mendoza, se dividió su área en tres zonas, para determinar de esta manera, cuál de estas tres es la que se encuentra con mayor deficiencia en su funcionamiento.

El criterio de división parte desde los sumideros que se encuentran en cotas superiores, en donde encontramos a la zona 1, seguidamente se encontrarán a los sumideros que están en la zona de cotas intermedias o zona 2 y finalmente ubicamos a los sumideros que pertenecen a cotas inferiores o en la zona 3. Tal como se muestra en la siguiente figura:

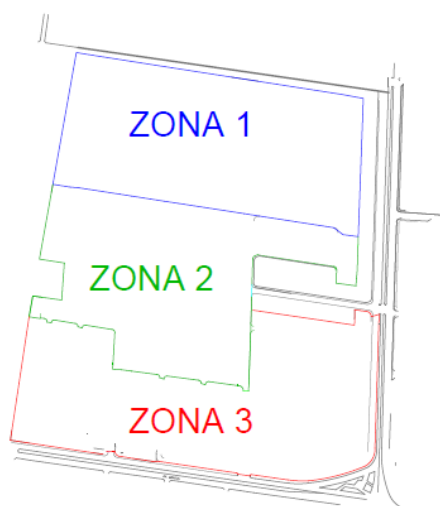


Figura 10: División en zonas de la Fundación Mendoza. Gamboa (2012).

Zona 1.

La zona 1 se encuentra ubicada en el extremo norte de la urbanización La Fundación Mendoza, en donde limita en el norte con su lindero norte, en el sur se encuentra la avenida Agustín Codazzi, en el este con la calle Río Turmero y por el oeste con la calle Santos Michelena, así mismo ésta zona se encuentra en el área con mayor cota de la urbanización. En ella se encuentran un total de nueve sumideros de rejás, representando un 27.3% de la cantidad total de elementos de captación, que como ya se ha mencionado es igual a 33 sumideros de rejás.

Según datos obtenidos durante el proceso de inspección y recolectados en la minuta de campo, se pudo determinar que el comportamiento de estos sumideros, cuya función primordial es la captación de escorrentías, no es muy eficiente, porque seis de estos se encuentran en una clasificación de regular por presentar algún tipo de obstrucción parcial en las rejás de las tanquillas o en el interior de las mismas, mientras que los otros tres se

encuentran en una clasificación de deficiente por encontrarse llenos a sección plena o fuertemente obstruidos con presencia de sedimentos en el interior de su tanquilla. En el anexo 4, se ilustra la ubicación espacial de la zona 1 con respecto a la zona en estudio y al mismo tiempo, se indicará la posición de cada uno de sus elementos de captación de escorrentías.

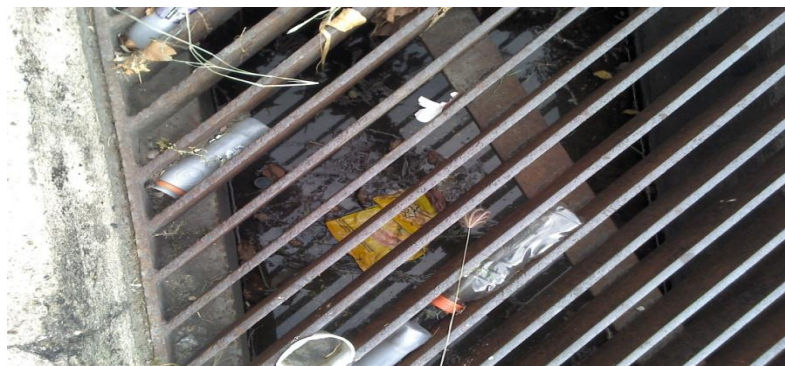
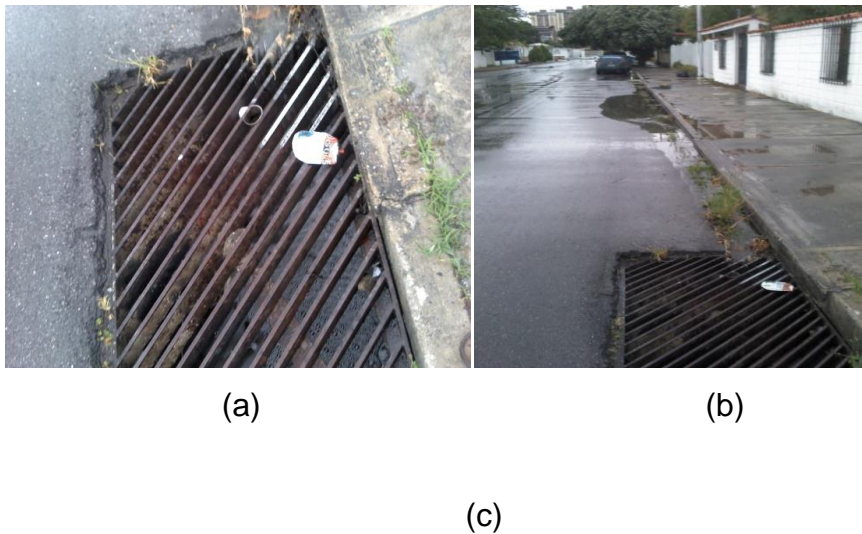


Figura 11: Sumideros inspeccionados en la zona 1 en su límite sur.

En la figura 11a, se ilustra un sumidero de rejas de clasificación regular debido a que se encuentra lleno a sección media. La figura 11b se muestra el mismo sumidero de la figura 11a con un crecimiento progresivo del su ancho de inundación. La figura 11c se observa un sumidero en clasificación regular por presentar obstrucción leve en su reja y elementos contaminantes en el interior de su tanquilla. Gamboa, (2012).

Zona 2.

Esta zona se encuentra en la parte céntrica de la urbanización, ella limita en el norte con la calle Río Aragua, por el este con la calle Río Turmero, por el oeste con la calle Santos Michelena y por el sur con la calle Humboldt, esta zona cuenta con un total de ocho sumideros de rejjas, representando un 24.4% del total de elementos de captación existentes en la urbanización.

La clasificación según el comportamiento funcional que presentan estos sumideros se encuentra distribuida de la siguiente manera: tres sumideros se encuentran en condiciones óptimas, dos se encuentran en condiciones regulares y tres se encuentran en condiciones deficientes.

Se pudo observar durante una leve precipitación que los sumideros que poseen un clasificación regular que se encuentran ubicados en la avenida José Rafael Revenga captan las aguas pluviales en forma muy lenta debido a la obstrucción que presentan en sus rejillas, provocando un aumento en las longitudes del ancho de inundación en ambos lados de la calle hasta el punto que se produce la inundación de la misma.

De igual forma se presenta esta problemática en los sumideros que se encuentran en el este de la calle Humboldt y en la calle Arnoldo Gabaldón, los cuales se encuentran en una clasificación de deficiente por presentar grandes obstrucciones en las rejjas de sus tanquillas impidiendo de esta manera el paso de fluidos para ser captado. Tal como se muestra en el anexo 5, Incumpliendo de esta manera, con el objetivo complementario del sistema de drenaje urbano el cual Según Bolinaga, J. (1979). Es el de "Garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones,

permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de precipitaciones.”



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 12: Sumideros inspeccionados en la zona 2 límite oeste después de una leve precipitación.

En la figura 12a, 12b y 12c se ilustra un aumento fuera de los valores normativos del ancho de inundación después de la ocurrencia de una precipitación de leve intensidad. En la figura 12d se observa la llegada de escorrentía a un sumidero clasificado como regular. Gamboa, (2012).



(a)



(b)



(c)

Figura 13: Sumideros inspeccionados en la zona 2 en su límite este.

En la figura 13a se muestra un sumidero en clasificación regular por presentar cantidad de sedimento que altera su funcionamiento en el interior de su tanquilla. En la figura 13b y 13c se observa el alto grado de obstrucción que se encuentra en las rejillas de los sumideros clasificándolo como sumideros deficientes. Es de mencionar que en estas imágenes se aprecian grandes concentraciones de contaminación difusa.

Gamboa, (2012).

Zona 3.

Esta zona se ubica en el extremo sur de la urbanización La Fundación Mendoza, limitando en su norte con la calle Los Cedros, en el este con la calle de servicio este, en el sur con la calle de servicio sur y por el oeste con su lindero oeste y a su vez esta zona es la que se encuentra con menor cota en toda el área de estudio. Así mismo, esta zona cuenta con un total de 15 sumideros de rejas representando un 45.5%, siendo la zona con mayor número de sumideros.

El comportamiento de éstos sumideros está en una clasificación de muy poca eficiencia, debido a que ocho de estos se encuentran en condición regular, y los siete restantes se encuentran en condición deficiente, es de mencionar que éstos últimos son los que se encuentran en peor estado de funcionamiento de los 33 sumideros existentes, porque presentan fluidos hasta casi su capacidad plena y según entrevistas realizadas a los habitantes de la zona, durante la ocurrencia de precipitación de intensidad moderada sus calles sufren inundaciones hasta la altura del brocal incumpléndose al igual que en la zona uno y dos el objetivo complementario del sistema de drenaje urbano.

En el anexo 6 de esta investigación, se ilustra la ubicación espacial de la zona 3 con respecto a la zona en estudio y a su vez se indica la posición en donde se encuentran los sumideros en estado de clasificación regular y los que se encuentran en clasificación deficiente.

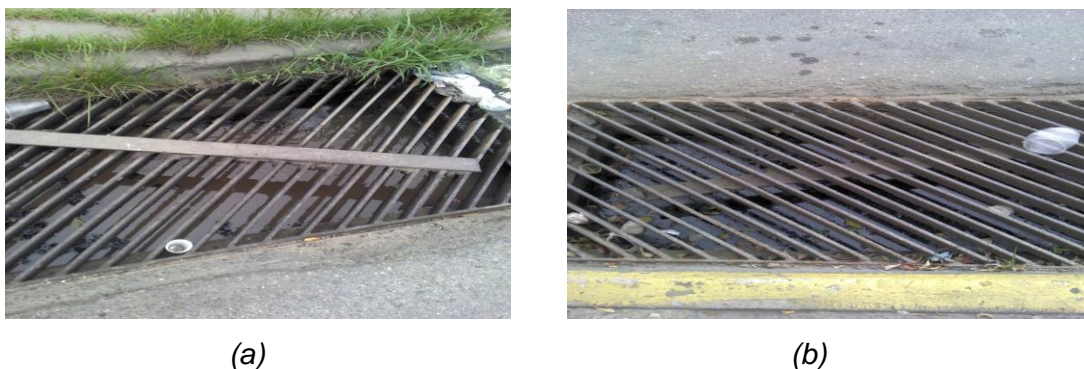


Figura 14: Sumideros inspeccionados en la zona 3 en su límite sur.

En la figura 14a y 14b se observa que ambos sumideros se encuentran en clasificación deficiente debido a que se encuentran llenos hasta sección plena lo cual impide que brinden un óptimo funcionamiento. Gamboa, (2012)

A su vez, en la figura 16 se ilustrará la calle Arnoldo Gabaldón inundada en su extremo sur, después de una precipitación debido a la deficiencia que presentan los sumideros que se encuentran en dicha calle.



Figura 15: Sumideros ubicados en la calle Arnoldo Gabaldon sur. En la figura 15a y 15b se observa, el estado en que se encuentra inundada la vialidad después de una precipitación, ocasionando incomodidad tanto al tránsito automotor como al peatonal Gamboa, (2012).

Ahora bien, después de describir la condición de funcionalidad en el cual se encuentra el sistema de drenaje urbano existente en la zona de estudio, en la siguiente tabla se mostrarán las tres zonas que han sido inspeccionadas, de igual forma se indicará la cantidad de sumideros según de condición en la cual se encuentran:

Tabla 7: Cantidad de sumideros encontrados en cada zona de estudio según el estado de funcionalidad en el cual se encuentran.

Zona	Tipo de Sumidero		
	Optimo	Regular	Deficiente
1	0	6	3
2	3	2	3
3	0	8	7

Gamboa (2012).

Una vez tabulada la cantidad de sumideros presentes en cada una de las tres zonas, a continuación se mostrarán una serie de gráficos que indicarán el porcentaje en que se encuentra cada zona de estudio según la funcionalidad en la que se encuentre según la cantidad de sumideros presentes en ellas.

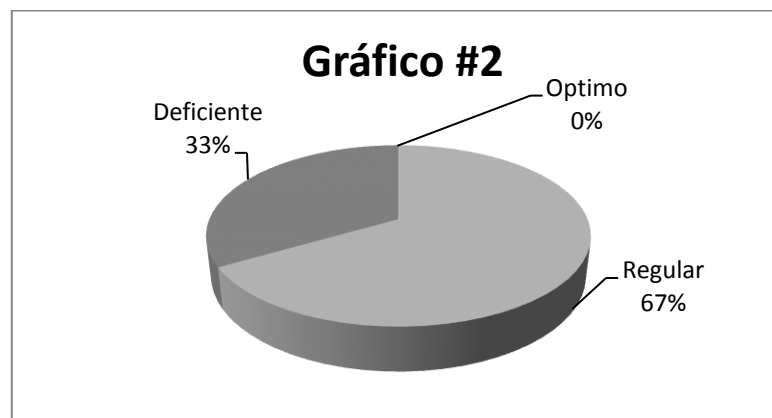


Gráfico 2: Condición de funcionalidad en los sumideros de la zona 1. Gamboa, (2012).

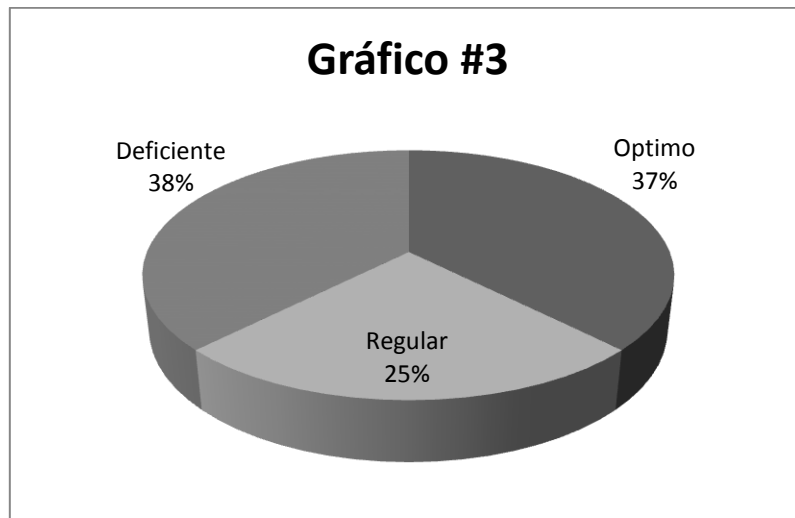


Gráfico 3: Condición de funcionalidad en los sumideros presentes en la zona 2.
 Gamboa, (2012)

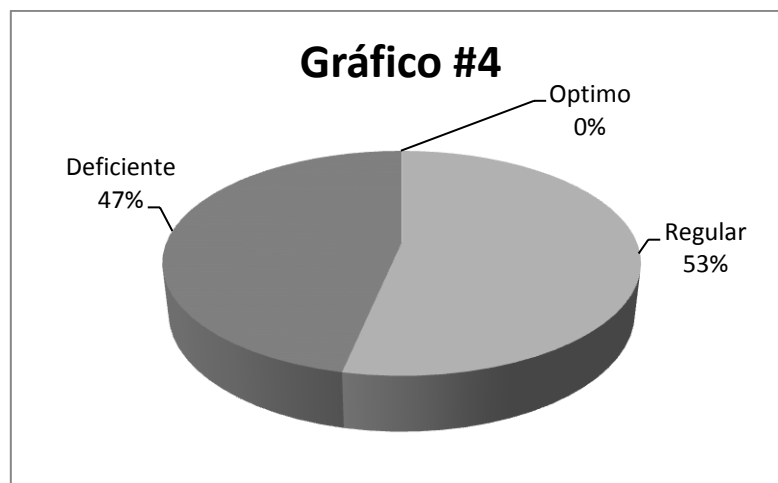


Gráfico 4: Condición de funcionalidad en los sumideros que se encuentran en la zona 3.
 Gamboa, (2012).

Evaluación de caudales aportados por las viviendas al sistema de drenaje urbano.

Como ya se ha descrito anteriormente, se ha hecho un diagnóstico del sistema de drenaje urbano en la urbanización La Fundación Mendoza, específicamente en sus elementos de captación de aguas pluviales que pertenecen a esta urbanización.

Ahora bien, para complementar éste diagnóstico, se hará un análisis de la variación que ha tenido en el transcurso del tiempo el coeficiente de escorrentía y el efecto que esto ha generado en los valores del caudal aportado debido a las modificaciones más observadas en los cuatro modelos existentes en dicha urbanización y de esta manera comparar el volumen del caudal aportado en la actualidad con el aporte que se puede obtener con la implementación de las cubiertas vegetales en las azoteas de las viviendas, el cual es el principal objetivo de esta investigación.

Según lo expresado por Arocha, (1983):

Las aguas pluviales, proveniente de los techos y patios interiores de las edificaciones, aunadas a las que reciben las calles directamente, constituirán un problema para la comunidad, que a veces toman proporciones económicas de cierta consideración, por lo cual es preciso determinar las magnitud de estos caudales que se van acumulando en las calles y avenidas, y cuyo incremento progresivo en el sentido de la pendiente de la calle llegarían a constituir serios problemas, que el proyectista debe evitar mediante un diseño eficiente.

Debido a lo anterior expuesto, se puede determinar que para obtener una mayor eficiencia en el funcionamiento de los sistemas de drenaje urbanos, se requiere que no todo el volumen de agua que es precipitado por las lluvias sea transportado a los sistemas de captación del mismo, sino que una parte de ella refleje pérdidas ya sea por retención superficial o por

infiltración para así, evitar un aumento de los caudales durante su captación y en consecuencia esto no genere incomodidad en la población durante los periodo lluviosos.

De ser esto posible, el volumen que no es retenido recibe el nombre de coeficiente de escorrentía definido por Guevara y Cartaya. (2004). Como “la porción de la precipitación que se convierte en caudal; es decir, es la relación entre el volumen de escorrentía y el volumen de precipitación.” En el caso de no existir la retención superficial o la infiltración, la diferencia entre la precipitación y el volumen de escorrentía sería nula, lo que daría como resultado que la relación entre ambos sea igual a la unidad en donde el volumen captado sería igual al volumen precipitado.

La urbanización La Fundación Mendoza, cuenta con cuatro modelos diferentes de viviendas de las cuales el modelo tipo 1 es el que cuenta con el mayor número construidas el cual lo podemos visualizar en la siguiente figura:

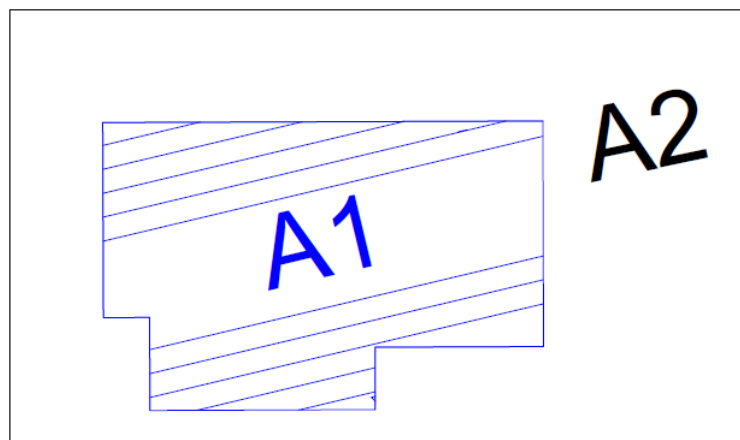


Figura 16: Modelo de vivienda modelo tipo 1, con superficie impermeable en el área 1 y permeable en el área 2.
Oficina de catastro alcaldía de Girardot Maracay Estado Aragua, (2012).

Las viviendas tipo 1, constan con una área de parcela igual a 369 m² y un área de construcción indicado con la nomenclatura “A 1” igual a 129 m² quedando así un total de 240 m² de área libre de construcción indicado con la nomenclatura “A 2” para el momento de ser entregada a sus propietarios. Debido a esto se puede determinar que en la parcela existen dos tipos de áreas: una impermeable que es el área de construcción y otra permeable que es la libre de construcción.

Para la obtención de los valores de caudales que es aportado por este tipo de modelo de vivienda, es necesario la utilización del método racional en donde según Palacios, A. (2008) indica que para el diseño del sistema de drenaje interno de urbanizaciones es muy efectivo debido a que las hoyas de las obras de captación son muy pequeñas y es más fácil determinar los valores del coeficiente de escorrentía y de su intensidad, en donde su ecuación es igual a:

$$Q = CIA$$

En donde

C= Coeficiente de escorrentía.

I= intensidad de la lluvia expresada en lps/ha.

A= Área en estudio expresada en ha.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía en este estudio, se debe encontrar el valor promedio de este coeficiente que no es más que la sumatoria de la multiplicación del área parcial por su respectivo coeficiente de escorrentía dividido entre la sumatoria de sus áreas parciales, tal como se indicará a continuación:

$$C_e = \frac{(A_1C_1 + A_2C_2)}{(A_1 + A_2)} \quad (3)$$

En donde:

A1= Área de construcción.

C1= Coeficiente de escorrentía para techados y azoteas.

A2= Área de no construcción.

C2= Caminos de grava debido a que no cuenta con vegetación a su entrega.

En donde los valores de C1 y C2, se encuentran en la figura 17 y el cálculo del coeficiente de escorrentía medio sería igual a:

$$C_e = \frac{(129 * 0.75) + (240 * 0.30)}{(129 + 240)}$$

$$C_e = 0.46$$

COEFICIENTES DE ESCORRENTIA

Características de la superficie	Coeficientes de escorrentia
Pavimentos de concreto.....	0,70 a 0,95
Pavimentos de asfalto	0,70 a 0,95
Pavimentos de ladrillo.....	0,70 a 0,85
Techados y azoteas.....	0,75 a 0,95
Pacios pavimentados.....	0,85
Caminos de grava.....	0,30
Jardines y zonas verdes.....	0,30
Praderas	0,20

Figura 17: Coeficientes de escorrentía para diferentes superficies. Arocha, (1983).

Una vez obtenidos los valores del coeficiente de escorrentía, se debe buscar el valor de la intensidad de lluvia "I", definiéndose como "la cantidad de agua que precipita en un tiempo dado en una unidad de superficie". Según lo descrito por Palacio, (2008). En donde para el uso del método racional se debe expresar en Lps/ha.

Ahora bien, para determinar el valor de la intensidad de lluvia se deben conocer dos elementos indispensables como son la duración y la frecuencia de ocurrencia de las lluvias. Definiéndose la duración de las lluvias según Palacio, (2008). Como "el tiempo que tarda una determinada lluvia en precipitar sobre una zona", para este estudio se tomará una duración de precipitación igual a 5 minutos, según datos suministrados por los habitantes de la zona.

La frecuencia de ocurrencia de precipitación se define como "el número promedio de año que transcurren entre el momento en que ocurre una lluvia de una cierta intensidad y una lluvia de intensidad igual o mayor que la primera" según Palacio, (2008). Así mismo para este estudio se considera el uso de una frecuencia igual a 10 años, debido a que el artículo 141° de las normas sanitarias para el proyecto, construcción, ampliación, reforma y mantenimiento de las instalaciones sanitarias para desarrollos urbanísticos. (4103) indica que la frecuencia mínima de lluvia es igual a 5 años, para ser conservador se tomará una frecuencia igual a 10 años.

Ya obtenidos estos valores, se procede a la utilización de las curvas IDF que no es más que la representación gráfica de la relación existente entre la duración de las lluvia y la frecuencia de las precipitación para así encontrar el valor de la intensidad de la lluvia. Para este cálculo tomaremos la curva correspondiente a la Región IV, perteneciente al litoral central, con

elevaciones mayores a los 200 msnm, basándonos en los datos suministrados en la explicación de la caracterización espacial de la zona en estudio, tal como se indica en la siguiente figura.

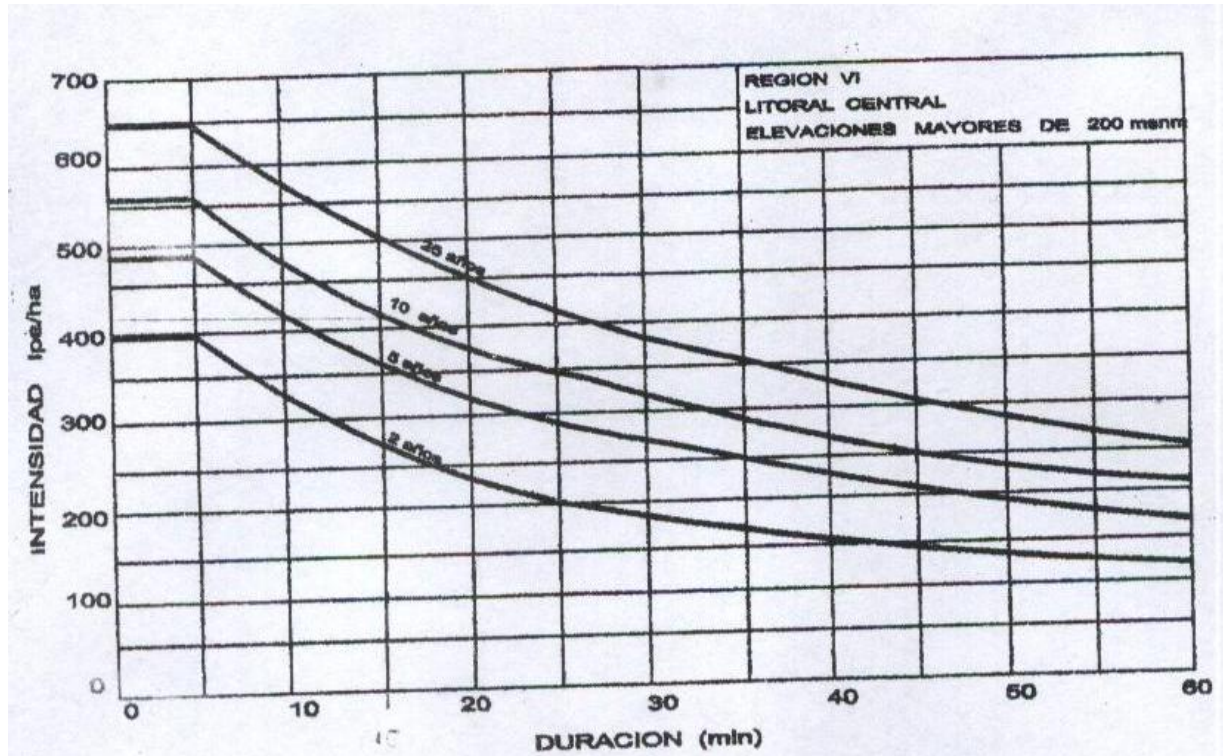


Figura 18: Curva IDF, región IV, litoral central con elevaciones mayores a 200msnm
Camacho, (2004)

De esta manera se tiene que el valor de la intensidad de lluvia para las condiciones indicadas es igual a 420 lps/ha, obteniéndose un valor de caudal igual a:

$$Q = 550 \frac{lps}{ha} * 0.0369ha * 0.46 ,$$

$$Q = 9.33lps,$$

El cual representa el caudal aportado por esta vivienda en el momento cuando fue culminada su construcción.

Ahora bien, en el transcurso del tiempo los propietarios de estas viviendas han realizado un conjunto de modificaciones en las cuales han impermeabilizado en la mayoría de los casos, la totalidad del terreno que se encuentra alrededor de la vivienda, ya sea con la construcción de losa de pisos para la construcción de estacionamientos o con construcciones secundarias en los patios de las mismas, con el fin de tener una mayor comodidad y evitar realizar las labores de mantenimiento que requiere un jardín.

Debido a esto, en la figura 19 se ilustrarán las modificaciones que se han realizado en las parcelas en donde, el área A1 representa el área de construcción de la vivienda como ya se apreció en el análisis anterior, sin embargo el área A3 representa la impermeabilización realizada en la totalidad del área que se encuentra fuera de la construcción el cual representa las modificaciones más comunes hechas en las parcelas de estas viviendas.

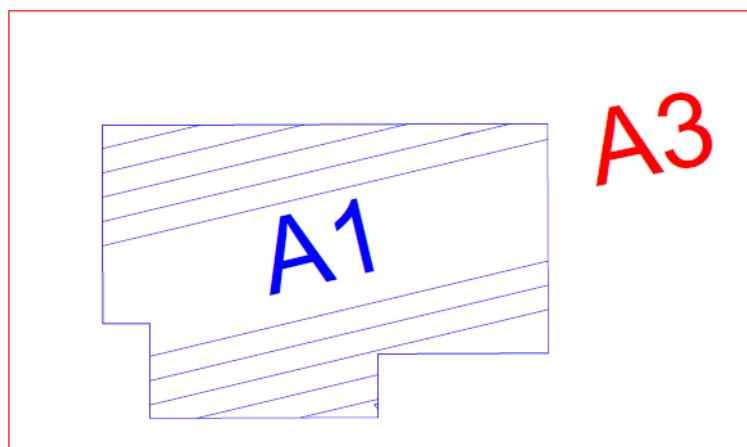


Figura 19: Modelos de vivienda tipo I, con superficie impermeable en la totalidad de su área.
Gamboa. (2012).

Para el cálculo de valor del caudal aportado al sistema de drenaje urbano por estas viviendas después de efectuadas estas modificaciones, se realizará el mismo análisis anterior, con la diferencia en el cálculo del coeficiente medio de escorrentía debido que la totalidad del área en estudio ahora es impermeable, en el cual para este caso tenemos que el coeficiente de escorrentía es igual a:

$$C_e = \frac{(129 * 0.75) + (240 * 0.75)}{(129 + 240)}$$

$$C_e = 0.75$$

Teniendo ahora un valor de caudal aportado igual a:

$$Q = 0.75 * 550 \frac{lbs}{ha} * 0.0369ha$$

$$Q = 15.22 \text{ lps}$$

Observando este valor de caudal después de las modificaciones realizadas en las viviendas, que es el caudal aportado por las viviendas en la actualidad y comparándolo con el caudal obtenido en el análisis anterior, se puede determinar que ha ocurrido un aumento de $Qd = (15.22 - 9.33)lps = 5.89lps$ adicionales, en donde se puede considerar que este aumento es debido al incremento de valor del coeficiente de escorrentía medio, ya que esta valor es directamente proporcional al valor del caudal y de esta manera, genera un aumentado en un 36.87%, tanto en el valor del coeficiente de escorrentía como en el valor del caudal aportado originalmente.

El objetivo primordial de esta investigación consta en una propuesta de aplicación de cubiertas vegetales en las azoteas de las viviendas ubicada en la urbanización La Fundación Mendoza, para así determinar la disminución del coeficiente de escorrentía y del caudal que es aportado por las viviendas al sistema de drenaje urbano y de esta manera ayudar a dicho sistema en su funcionamiento durante la ocurrencia de las precipitaciones.

Es por eso que en la figura 20 se ilustrará el mismo modelo tipo 1 de vivienda con la diferencia que ahora el área de su azotea contará con un coeficiente de escorrentía utilizado para vegetación.

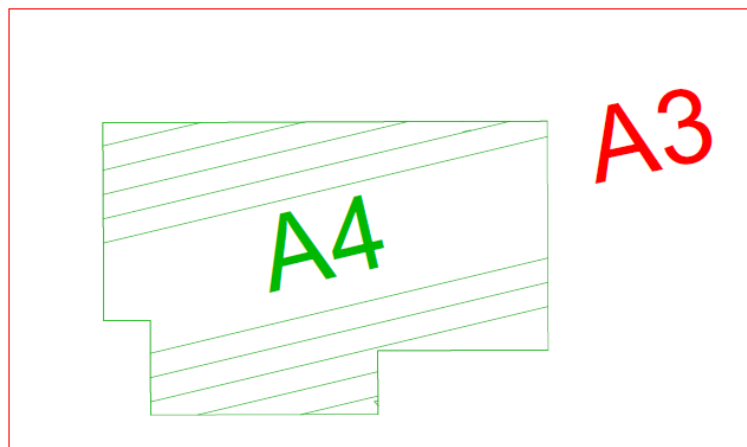


Figura 20: Modelo de vivienda tipo I, con superficie impermeable en el área 3 y permeable en el área 4.
Gamboa, (2012).

Ahora, para este estudio el área que será permeable es la perteneciente al área de las azoteas de los hogares, el cual para el cálculo del coeficiente de escorrentía se le asignará el valor correspondiente a una capa vegetal como se puede observar en la figura 21. En donde el valor del coeficiente de escorrentía es igual a:

$$C_e = \frac{(129 * 0.30) + (240 * 0.75)}{(129 + 240)}$$

$$C_e = 0.59$$

En el cual, con este valor de coeficiente de escorrentía se obtiene un valor de caudal aportado igual a:

$$Q = 0.59 * 550 \frac{Lps}{ha} * 0.0369ha$$

$$Q = 11.97lp$$

Debido al resultado anterior, se puede determinar que tanto el coeficiente de escorrentía como el valor del caudal disminuyen en un 21.35% con respecto al caudal que es aportado sin cubierta vegetal, el cual representan al caudal aportado en la actualidad. Es de hacer notar que con el proceso de impermeabilización que ocurrió en la mayoría de los hogares, el caudal aportado aumenta con un valor más alto que la reducción que se está presentando con el estudio de las cubiertas vegetales.

Sin embargo, de igual manera se puede apreciar la ayuda que el sistema de cubiertas verdes brinda al sistema de drenaje urbano ya con esta disminución de caudal aportado debido a la disminución de coeficiente de escorrentía se puede garantizar el cumplimiento de los objetivos primarios y secundarios del sistema de drenaje urbano que han sido explicados y descritos con anterioridad.

Ahora bien, se debe recordar que los tres estudios anteriores en donde se compararon los cambios que han sufrido el coeficiente de escorrentía, el caudal aportado al sistema de drenaje urbano y la variación que tendrá con la aplicación del sistema de cubiertas vegetales en sus azoteas se realizó

sólo el modelo de vivienda tipo 1 presente en la urbanización la fundación Mendoza, es por este sentido, que a continuación se presentará la tabla 3 en donde se encontrarán los cuatro tipos de viviendas presentes en la zona de estudio, con sus respectivos valores de áreas de cada parcela, el área referente a su azotea y la variación de sus valores de escorrentías y del caudal aportado por cada una de ellas en estos tres casos de estudio.

Tabla 8: Valores del coeficiente de escorrentía y del caudal aportado por los diferentes tipos de viviendas, según su estado de entrega original, su estado actual y con la utilización de las cubiertas verdes

Tipo de vivienda	Área de la parcela	Área de techo	Área libre de construcción	Ce1	Q1	Ce2	Q2	Ce3	Q3	QAmt%	Qdism%
Vivienda tipo 1	369	129	240	0.46	9.33	0.75	15.2	0.59	11.9	39	21
Esquinera tipo 1	564	216	348	0.47	14.5	0.75	23.3	0.58	18	37	23
Esquinera tipo 2	465	199	266	0.49	12.5	0.75	19.2	0.56	14.3	34	26
Casa de 2 niveles	364	124	240	0.45	9.0	0.75	15.0	0.60	12.1	40	20
Intensidad	550	Lps/ha									

Gamboa (2012)

En donde:

Ce1: Valor del coeficiente de escorrentía, en la condición original de entrega de las viviendas

Q1: Valor del caudal aportado al sistema de drenaje urbano, para el caso del Ce1.

Ce2: Valor del coeficiente de escorrentía, en condición actuales.

Q2: Valor del caudal aportado al sistema de drenaje urbano, para el caso del Ce2.

Ce3: Valor del coeficiente de escorrentía, en estimación del uso de las cubiertas vegetales.

Q3: Valor del caudal aportando al sistema de drenaje, para el caso del Ce3.

QAm%: Valor del aumento del caudal entre los valores de Q1 y de Q2 en porcentaje.

Qdis%: Valor de la disminución del caudal entre los valores de Q2 y Q3 en porcentaje.

En la tabla anterior, se puede determinar que el comportamiento que se observa en la variación de los valores del coeficiente de escorrentía y en los valores de caudal aportado por cada vivienda tiene la misma tendencia que la encontrada en el estudio de la vivienda de tipo 1. Es de hacer notar que con el aumento de las áreas impermeables los coeficientes de escorrentías y los caudales de aporte han aumentado entre un 34% has un 40%, tal como se ilustra en la siguiente grafica:

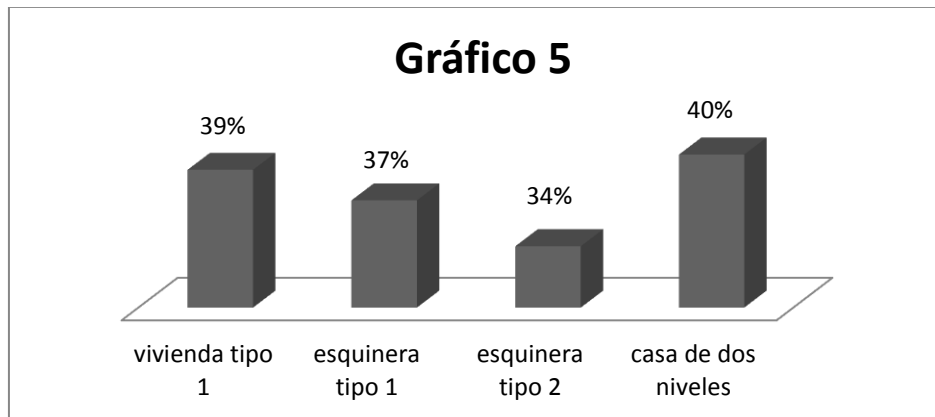


Gráfico 5: Aumento del caudal aportado por las viviendas en porcentaje. Gamboa, (2012).

Observándose de esta manera, que el aumento de los caudales aportados es más notorio en las casas de dos niveles con un 40% de aumento, seguidos por las viviendas tipo 1 con un 39%, posteriormente se encuentran las viviendas del tipo esquinera tipo 1 con un 37% y finalmente encontramos a las viviendas esquineras de tipo 2 con un 34%, en donde estos porcentajes indican una reducción considerable en el proceso de infiltración y evotranspiración y a su vez aumento en los volúmenes de caudales picos en lo elementos de captación del sistema de drenaje urbano tradicional.

De igual manera, se puede observar que con la modificación del coeficiente de escorrentía durante el cambio de un elemento impermeable a uno permeable, el cual para este caso es la aplicación del sistema de techos verdes, se puede obtener una reducción como es esperado, del caudal aportado por casa vivienda entre un 20% a un 26%, tal como se representa en la siguiente grafica:

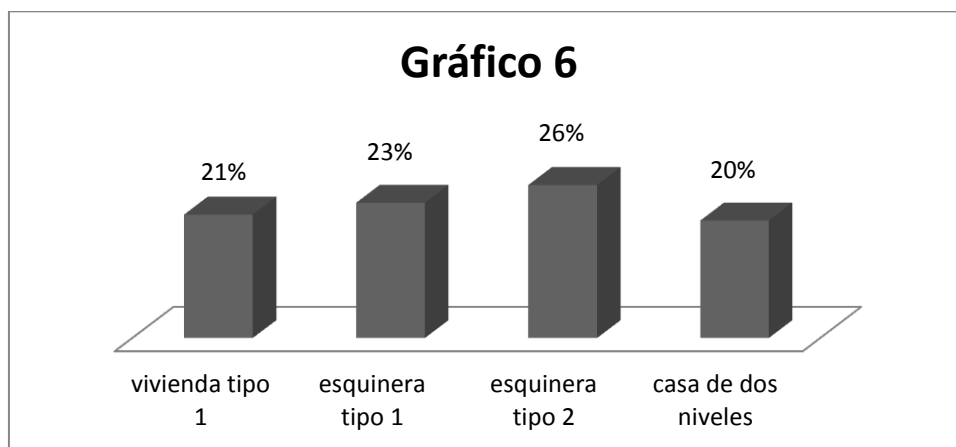


Gráfico 6: Disminución del caudal aportado por las viviendas en porcentaje.
Gamboa, (2012).

En esta grafica, se puede establecer la importancia que tiene la relación del área del techo en estudio según el área de la parcela en donde se encuentra la vivienda, debido a que mientras mayor sea el área del techo en esta relación mayor será el proceso de infiltración y de evotranspiración en dichas cubiertas.

Tal es el caso de la vivienda esquinera tipo 2 en donde por tener una relación entre el área de techo con respecto al área de las parcela superior a los demás tipos de viviendas presenten en la zona de estudio, tiene una disminución mayor en los volúmenes del caudal aportado con un 26%, seguido por la esquinera de tipo 2 con una disminución del 23%, posteriormente le sigue la vivienda tipo 1 con un 21% y finalmente la casa del tipo de dos niveles con un 20%.

Así mismo, como ya se ha mencionado con anterioridad, estos valores de disminución de escorrentía y de caudal, no se igualan a los valores de aumento que se aprecian en la actualidad producto de la impermeabilización de las áreas de las parcelas fuera del área de construcción de las mismas más sin embargo, no deja de ser una gran ayuda para funcionamiento del sistema de drenaje urbano actual debido a la reducción de las escorrentías superficiales y la disminución de los caudales picos que serán captados por los sumideros presentes en la zona de estudio.

Fase II – Factibilidad

A continuación se determinará la factibilidad de la propuesta de aplicación del sistema de techos verdes como sistema de drenaje urbano sostenible a nivel de su aceptabilidad en la urbanización La Fundación Mendoza de la ciudad de Maracay.

El siguiente instrumento de recolección de datos, consta con un total de diez preguntas de selección simple, las cuales fueron aplicadas a una muestra de 152 viviendas de la población de la urbanización en estudio, en donde a continuación indicaremos los resultados obtenidos por las mismas:

- 1.) ¿Utilizaría usted el sistema de cubiertas vegetales o techos verdes sabiendo que reduce las escorrentías superficiales producidas por las lluvias, evitando el riesgo de ocurrencia de inundaciones?

El objetivo de ésta interrogante, es conocer la disposición de las personas a utilizar el sistemas de techos verdes como sistema alternativo para evitar la ocurrencia de inundaciones.

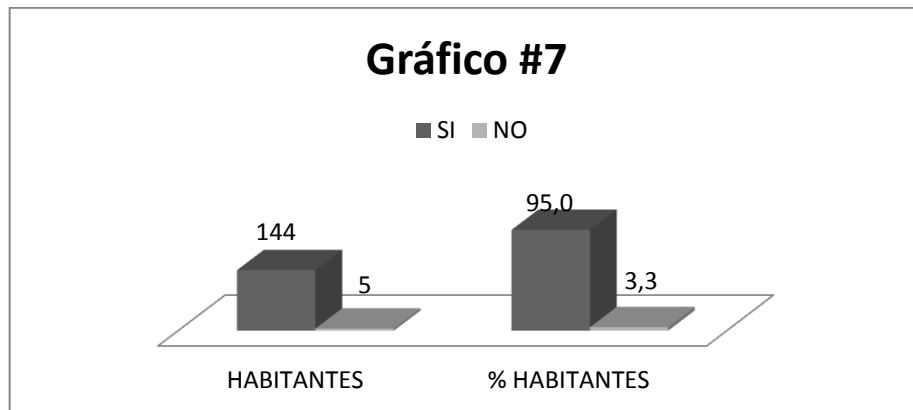


Grafico 7: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema para evitar la ocurrencia de inundaciones. Gamboa. (2012)

Basados en estos resultados, se pudo establecer que un 95% de la población encuestada, estará dispuesta a la utilización de sistema de techos verdes en sus hogares, mientras un 3.33% indica que las inundaciones no le causan incomodidad, debido que las aguas son captadas por el sistema de drenaje existente en un tiempo no menor a 30 minutos dependiendo de la intensidad de las mismas.

Debido a esto se puede inducir que estas personas no conocen los objetivos del funcionamiento del sistema de drenaje urbano, en el cual su objetivo complementario indica que dicho sistema, debe evitar en lo posible las incomodidades producidas por efecto de las precipitaciones al tránsito automotor y peatonal. Por otra parte un 1.67% notificó no saber si usar el sistema o no, porque no lo han visto en funcionamiento.

2.) ¿Utilizaría usted el sistema de cubiertas vegetales o techos verdes sabiendo que reduce las temperaturas internas de los hogares y generando de esta manera un ahorro energético?

En este punto, se desea determinar el número de personas que les incomodan las temperaturas generadas dentro de los hogares y que buscan otro sistema que ayude a aclimatar sus hogares sin gastar un consumo elevado de energía

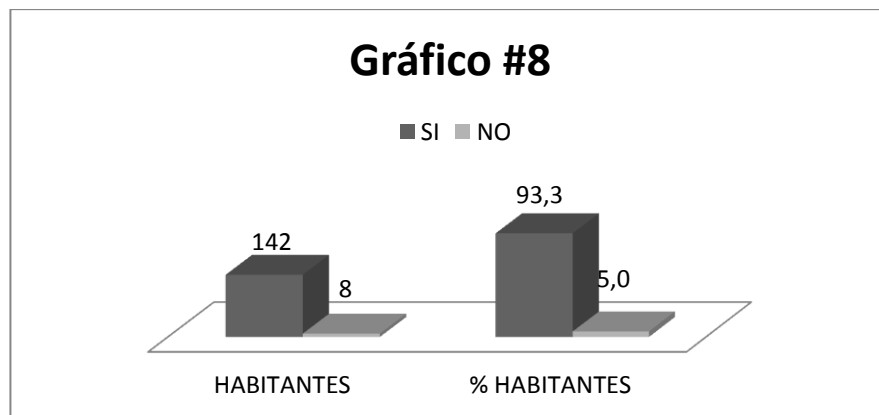


Gráfico 8: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema que reduce las temperaturas internas de los hogares y genera ahorro energético.
Gamboa. (2012)

En resultados graficados con anterioridad, se determinó que un 93.3% de la población encuestada, está de acuerdo en buscar alternativas de soluciones, para aclimatar las temperaturas de sus hogares sin aumentar el consumo de energía en las mismas y de esta manera sean dichas temperaturas más agradables. Por otra parte, un 5% de esta población indica que está conforme con el uso de elementos de aclimatación mecánicos y por esto no utilizarían el sistema. Así mismo un 1.7% se encuentra indeciso con el uso de las cubiertas verdes para cumplir este propósito.

3.) ¿Utilizaría usted el sistema de cubiertas vegetales o techos verdes, sabiendo que es un sistema de libre mantenimiento?

La intención de esta interrogante, es determinar el número elementos de la muestra que utilizaría el sistema de techos verdes o cubiertas vegetales por el hecho no tener que realizar un mantenimiento constante a dicho sistema.

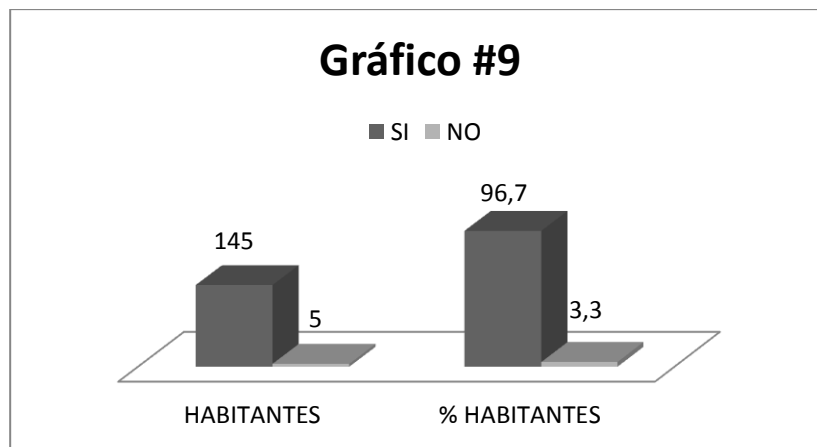


Grafico 9: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema de libre mantenimiento
Gamboa. (2012)

La representación gráfica de estos resultados, demuestra que del total de la muestra encuestada, un 96.7% utilizaría el sistema de cubiertas verdes debido a que no requiere una gran esfuerzo para realizar sus labores de mantenimiento, sin embargo solo un 3.3% del total de de la muestra afirma no usar dicho sistema a pesar de este beneficio.

4.) ¿Utilizaría usted el sistema de cubiertas vegetales o techos verdes sabiendo que aumenta la vida útil de las capas de impermeabilización?

Su intención, es establecer si las personas aceptarían usar las cubiertas vegetales por el hecho que les resulte económico, a nivel del mantenimiento de la cubierta impermeable que protege a la losa de techo.

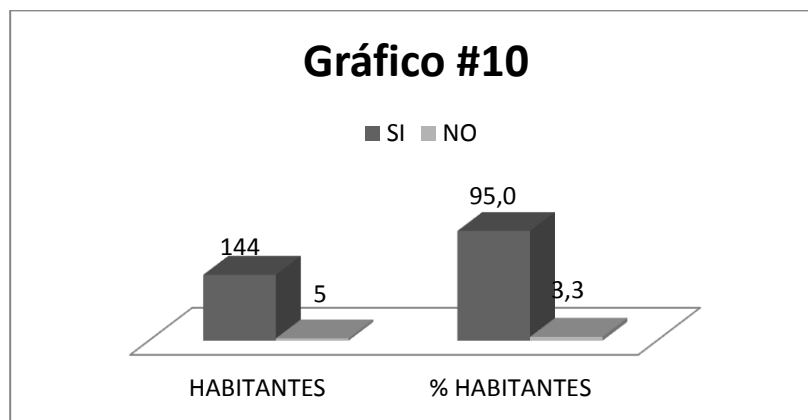


Grafico 10: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema que aumenta la vida útil de las capas de impermeabilización en las azoteas de los hogares. Gamboa. (2012)

La gráfica, indica que para esta interrogante un 95% de la muestra encuestada usaría el sistema de cubiertas verdes para disminuir los gastos económicos que ocasiona el cambio de las cubiertas impermeables que se encuentran en las azoteas de las casas debido al desgaste de las mismas. Por otra parte un 3.3% de dicha muestra afirmó que no usaría el sistema antes mencionado para tal fin, mientras que un 1.7% indicó inseguridad en el uso de dichas cubiertas.

5.) ¿Utilizaría usted el sistema de cubiertas vegetales o techos verdes sabiendo que mejora el ciclo hidrológico en las zonas donde es aplicado y aumenta las emisiones de O₂ y disminuye las de CO₂?

En este punto, es de interés determinar si a las personas les parece atractivo el uso del sistema de cubiertas vegetales, debido a los beneficios ambientales que este sistema brinda al medio ambiente.

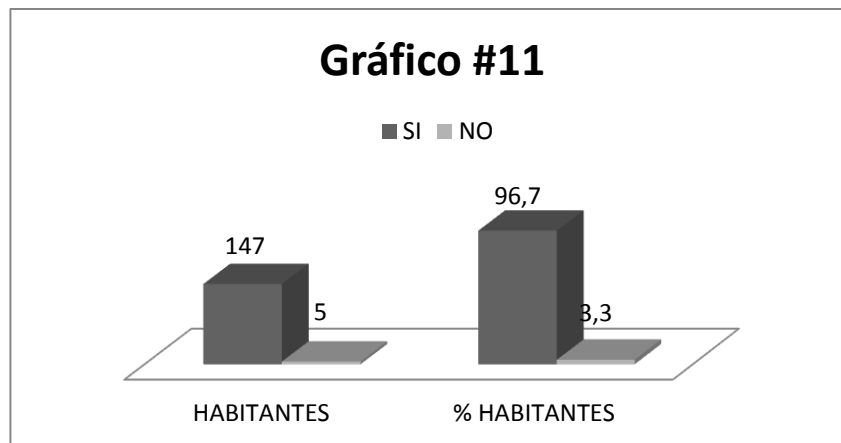


Gráfico 11: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema que mejora el ciclo hidrológico en la zonas donde es aplicado y aumenta las emisiones de O₂ y disminuyendo las de CO₂
Gamboa. (2012)

Debido a los beneficios que este sistema produce en el ciclo hidrológico, una gran mayoría de los encuestados, representado por el 96.7% del total de la muestra encuestada afirmó su aceptación al uso del sistema de techos verdes, en las azoteas de sus hogares, mientras que tan sólo un pequeño 3.3% de esta muestra indicó no usarlo.

6.) ¿Utilizaría usted el sistema de cubiertas vegetales o techos verdes sabiendo que, disminuye el efecto de isla calor, aclimatando en forma más agradable a las ciudades?

En esta interrogante, se desea determinar si a las personas, les parece atractivo el uso del sistema de techos para la disminución de las temperaturas de una urbanización cuando es usado en masa.

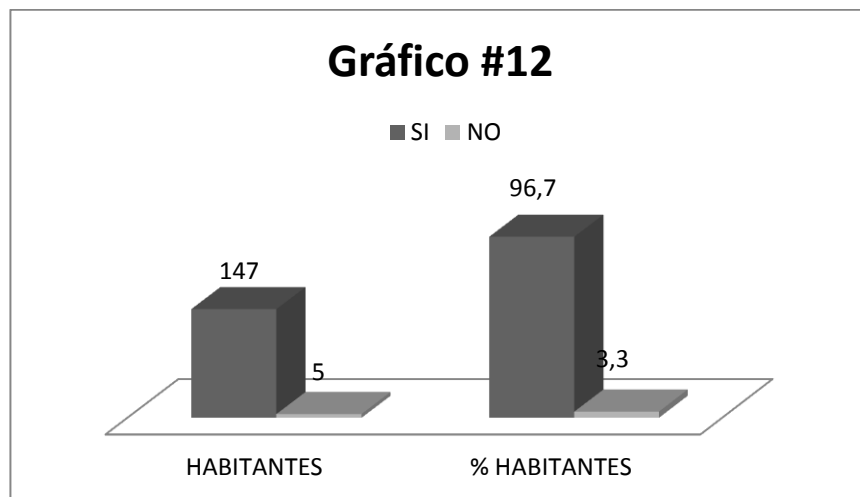


Gráfico 12: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema que disminuye el efecto de isla calor, aclimatando en forma más agradables a las ciudades.
Gamboa. (2012)

Las personas encuestadas tienen gran aceptación del sistema en los aspectos referidos en materia ambiental, sobre todo en este punto en particular ya que la zona en estudio presenta altas temperaturas durante el día, esto debido a las grandes áreas que se encuentran impermeables en esta urbanización, lo cual agudiza el aumento del efecto de isla calor.

7.) ¿Utilizaría usted el sistema de cubiertas vegetales o techos verdes sabiendo, que la aplicación de las capas que lo conforman es de fácil colocación?

En esta interrogante, se desea conocer si a las personas que habitan en la urbanización La Fundación Mendoza, les parecerá atractivo el sistema de cubiertas vegetales debido a la fácil instalación de sus capas en comparación con las capas asfálticas.

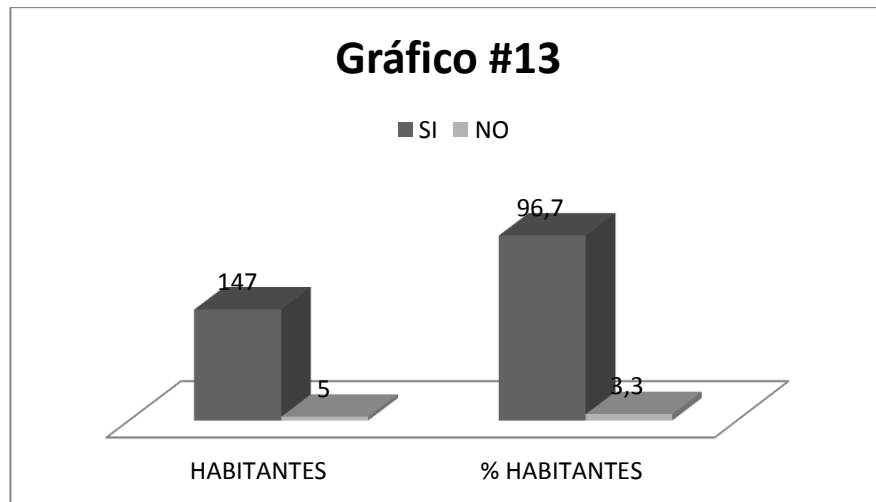


Gráfico 13: Aceptabilidad del uso de las cubiertas vegetales, como un sistema que la aplicación de las capas que lo conforman es de fácil colocación.
Gamboa. (2012)

Los resultados que se ilustran en la gráfica anterior, demuestran que el sistema de techos verdes a pesar de ser un sistema de multicapas tiene una aceptación del 96.7% debido a la facilidad que tiene dicho sistema para su instalación, mientras que sólo un 3.3% de la muestra encuestada indicó que no usaría el sistema.

8.) ¿Usaría usted, otro sistema de impermeabilización para la azotea de su hogar, sabiendo que tiene mayor durabilidad que las cubiertas asfálticas?

El objetivo de esta interrogante, es determinar si las personas cambiarían el sistema de impermeabilización que se usa tradicionalmente por uno alternativo, que tenga mayor durabilidad

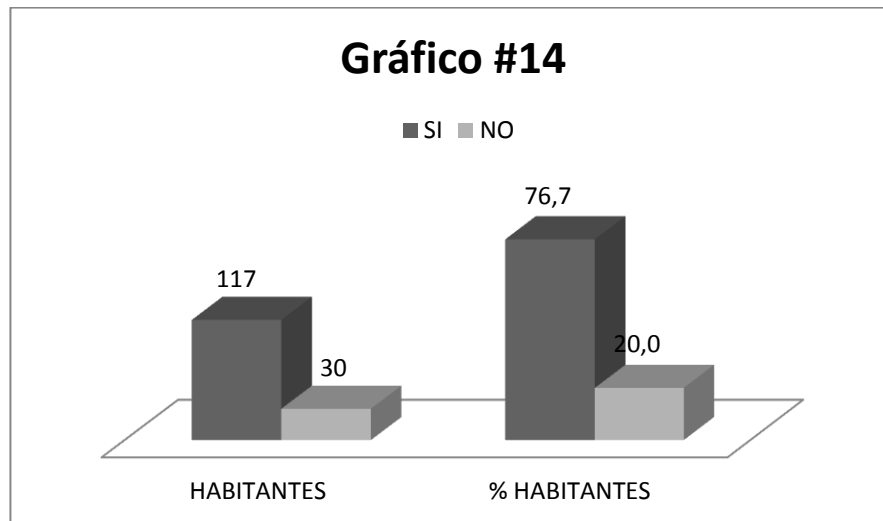


Gráfico 14: Aceptabilidad del uso otro sistema de impermeabilización para las azoteas de los hogares, sabiendo que tiene mayor durabilidad que las cubiertas asfálticas.
Gamboa. (2012)

La utilización de elementos de impermeabilización distintos a los usados tradicionalmente, es aceptado en una gran parte de la población encuestada con un 76.7% del total de la muestra, debido a los beneficios adicionales que en materia de resistencia y durabilidad con respecto a las cubiertas de asfalto. Sin embargo, un 20% de dicha muestra afirma está conforme con el uso de las cubiertas asfálticas y por ende no las reemplazaría por otra solución y a su vez un 3.3% de la población encuestada indica estar indeciso en cual cubierta utilizar.

9.) ¿Le parece amigable visualmente tener una cubierta vegetal de grama en la azotea de su casa?

Con esta interrogante, se espera determinar si a las personas les parece beneficioso y saludable, el hecho de observar vegetación en las azoteas de sus hogares.

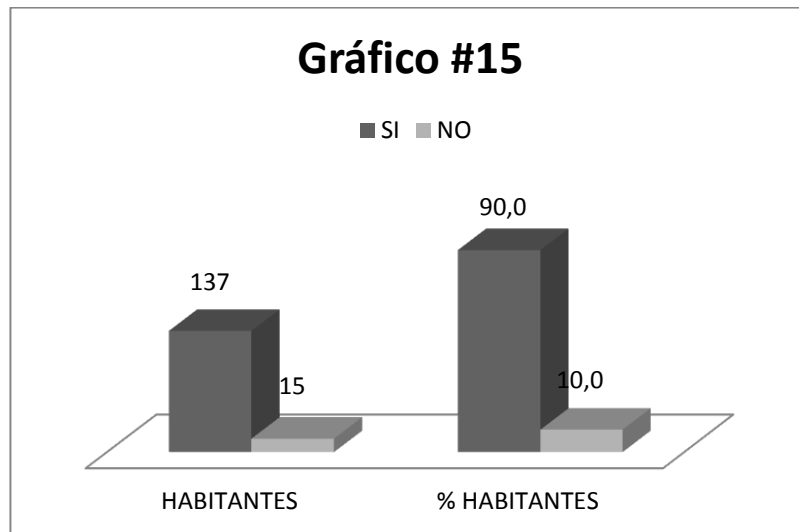


Gráfico 15: Aceptabilidad de colocación de una cubierta vegetal en las azoteas de los hogares. Gamboa. (2012)

Se puede observar, que éste es uno de los puntos más importantes en la medición de la factibilidad de la implementación de las cubiertas vegetales en los hogares de la urbanización La fundación Mendoza, debido a que se establece la opinión de los encuestados sobre la visual que tendrán los hogares una vez implementado dicho sistema, siendo este aceptado en un 90% de la muestra encuestada. Sin embargo un 10% de dicha población no les parece agradable tener ninguna vegetación alguna en las azoteas de sus hogares.

10.) ¿Recomendaría usted el uso de las cubiertas vegetales?

La intención de esta interrogante, es conocer si las personas después de ser informadas de todos los beneficios que ofrece el sistema de cubiertas verdes, comentarían estos beneficios con otras personas.

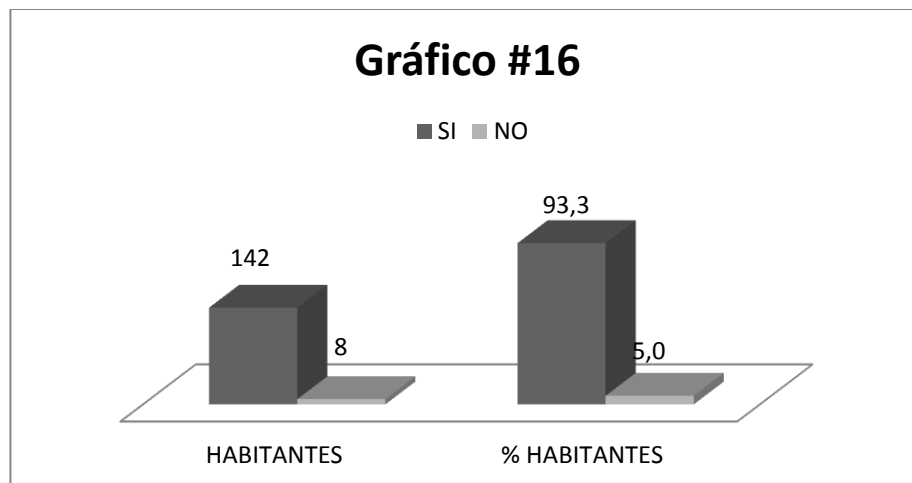


Gráfico 16: Divulgación o recomendación que tendrá el sistema de cubiertas verdes en la comunidad en estudio. Gamboa. (2012)

Con los resultados tabulados anteriormente, se da a entender que las personas encuestadas tienen la voluntad de difundir y de recomendar este sistema, una vez conocidos los beneficios del mismo, ya que un 93.3% de dicha población aseguró esta aseveración, un 5% indicó no difundir este sistema debido a que no tiene confianza en el mismo, mientras que un 1.7% de dicha población indicó no comentarla hasta no ver los beneficios de este sistema hechos resultados.

Gráfica # 17.

Distribución de aceptación del sistema en la población

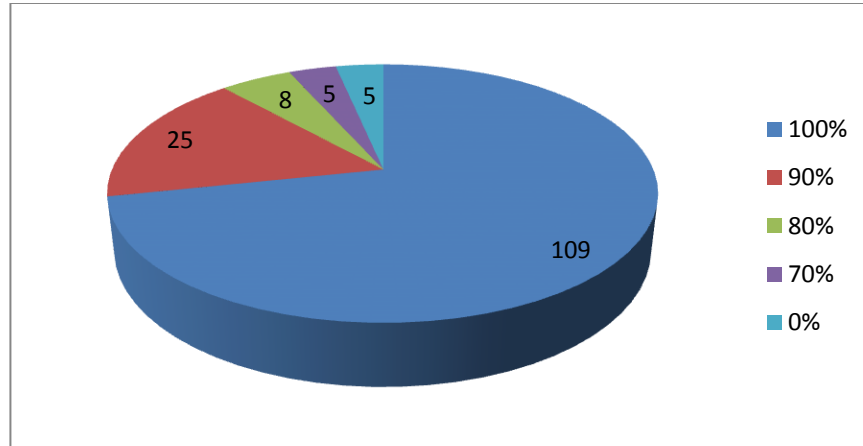


Gráfico 17: Distribución de aceptación del sistema en la población en estudio
Gamboa. (2012)

La aceptación del sistema de cubiertas vegetales, por parte de la muestra encuestada, tiene una distribución algo variable, pero con una tendencia bien definida tal como se ilustra en la gráfica anterior en donde 109 de las 152 familias encuestadas aceptan en un 100% el uso de dicho sistema, a su vez 25 familias solo aceptan un 90%, ocho solo los aceptan la utilización de estas cubiertas en un 80%, mientras que cinco familias solo lo aceptan en un 70% y finalmente cinco del total de familias afirmaron que no usarían dicho sistema de techos verdes.

Fase III: Describir la metodología necesaria para la aplicación del sistema de techos verdes como sistema de drenaje urbano sostenible en la Urbanización La Fundación Mendoza de la ciudad de Maracay.

Para la aplicación del sistema de cubierta vegetal en las azoteas que se encuentran en la zona de estudio, se propone la utilización del siguiente conjunto de capas, el cual garantizará el funcionamiento óptimo de este sistema de drenaje urbano sostenible. En donde a continuación, se nombrará en estricto orden ascendente de colocación:

- Membrana de filtro (geotextil).
- Sistema impermeabilizante anti-raíz.
- Membrana de aislante térmico.
- Lamina de drenaje y de reserva hídrica.
- Membrana de filtro (geotextil).
- Sustrato de cultivo.
- Capa de vegetación.

Se debe hacer énfasis, en seguir el orden anteriormente nombrado debido a que de esta manera se protegerá la integridad física y estructural de la losa de techo de las viviendas donde será implementado, evitando así la filtración de fluidos a través de él, la perforación de las losa por la raíces de la vegetación que se pueda utilizar, la reproducción de microorganismos que alteren a nivel estructural a la azotea y el paso de transferencia de calor producto del vapor de agua que se pudiera producir en la lámina de drenaje y reserva hídrica, entre otros.

Ahora bien, una vez que han sido nombrados el conjunto de capas que conforman el sistema de cubierta vegetal, se debe determinar el tipo de inclinación que presentan las azoteas en este estudio, para así clasificarla según este parámetro. Para este caso se tomó como base de estudio una vivienda modelo tipo 1, la cual se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 21: Modelo tipo 1 de vivienda, en la cual se determinó la inclinación de las aguas de su azotea. Gamboa. (2012).

Una vez realizadas las mediciones respectivas en esta vivienda, se pudo obtener que el valor de la pendiente del agua del lado derecho es igual a 4° , lo que representa una pendiente en porcentaje del 8% y la del lado izquierdo tiene un valor de 6° (igual al 11%) de pendiente, en donde ambas medidas se compararon con respecto al eje horizontal, lo que indica que las azoteas de estas estructuras se encuentra en una clasificación del tipo de un techo de leve pendiente, tal como se muestran en las siguientes figuras:

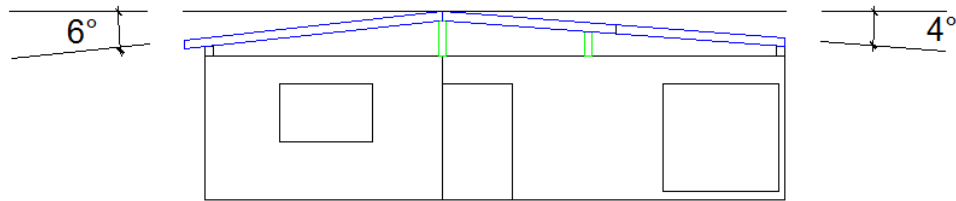


Figura 22: Vista de fachada frontal, en donde se indica la medición de ambas aguas de las azoteas de las viviendas en estudio. Gamboa (2012).

Tabla 9: Clasificación de las azoteas según su inclinación.

Clasificación	Inclinación	Pendiente
Techo Plano	hasta 3°	5%
Techo de Leve pendiente	de 3° a 20°	5% hasta 35%
Techo de fuerte pendiente	de 20° a 40°	36% hasta un 84%
Techo empinado	Mayor a 40°	Mayor de 84%

Gernot, (2007). (Citado y modificado por Mompaler y Doménech (2010)).

Una vez determinado el tipo de inclinación presente en las aguas de la azotea en estudio, se determinará el tipo de cubierta vegetal a utilizar, en donde debemos recordar que existen dos tipos de clasificación de las cubiertas vegetales, como son las del tipo intensivo y las del tipo extensivo, siendo esta última la elegida para la propuesta, debido a que sus características cumplen con elementos deseados, entre los que se pueden mencionar:

- Ser un sistema el cual no aporta una gran cantidad de carga adicional a las azoteas después de su colocación, debido a que un máximo de espesor de su sustrato es igual a 15cm se obtiene hasta 160Kg/m² adicional de carga.

- Su facilidad de colocar tipos de vegetación de libre mantenimiento o de poco mantenimiento.
- Su capacidad de ser colocada en azoteas de cualquier tipo de inclinación o pendiente.

Una de las capas que toma gran importancia en la utilización del sistema de techos verdes es la capa vegetal, y es por eso que se debe tener mucho cuidado durante su selección, debido a que ella junto con la capa de sustrato son las encargadas de proteger a las capas inferiores de los rayos solares a las membranas que se encuentran por debajo de ellas y de esta manera obtener el funcionamiento esperado en el sistema de drenaje urbano sostenible, como es el de absorción de agua durante las precipitaciones, disminución de los valores del coeficiente de escorrentía y en consecuencia la reducción de los valores de volúmenes picos que circulan por el drenaje urbano durante la ocurrencia de las lluvias.

Es por ello que en esta investigación, se propone el uso de la grama del tipo zoysia esmeralda ya que entre sus características se puede nombrar: Su color es verde intenso, es resistente a las sequías, es de libre mantenimiento, requiere sólo 7mm de agua cada dos días, evita la reproducción de parásitos al mismo tiempo que controla la maleza y finalmente su altura máxima de crecimiento es igual a 10cm. Según datos suministrados por esmeraldagramablogspot.com

Metodología de colocación

Una vez que se han nombrado y definido cada una de las membranas o capas a utilizar en el sistema de cubiertas vegetales, se procederá a realizar una descripción del procedimiento que se debe seguir para la colocación del

sistema de cubiertas vegetales en las viviendas encontradas en la urbanización la Fundación Mendoza, en vista que la mayoría de ellas poseen la misma estructuración en sus losas de techos.

En primer lugar, se deben retirar todos los elementos que se encuentran por encima de la losa de techo, tales como las tejas existentes, los morteros de asientos para la colocación de las mismas y al mismo tiempo ,se debe evaluar la condición en que se encuentran las capas impermeabilizantes, sin embargo se hace énfasis en recomendar la eliminación de esta capa en el caso que sea asfáltica, debido que puede ocasionar un mal funcionamiento de las membranas de poli cloruro de vinilo (PVC), anti raíces presente en este sistema.



Figura 23: Imagen ilustrativa de remoción de tejas.
Techotejado.com

Al retirar este conjunto de elementos, se procede a la limpieza de la losa de techo en donde se deben remover o frisar, todos aquéllos elementos punzantes que se encuentren en la cara expuesta de dicha losa, así mismo

se debe verificar la existencia de posibles grietas por donde puedan ocurrir transmisión de fluidos al interior de los hogares, de existir estas grietas, deben ser selladas con elementos a base de poliuretano para así evitar la ocurrencia de filtraciones por la misma.



Figura 24: Imagen ilustrativa de la limpieza de las azoteas después de retirar las tejas y el sistema de impermeabilización.
Sika Manual del instalador.

Una vez realizadas todas las actividades de inspección y de limpieza se procede a la colocación de la primera capa que conforma el sistema de cubiertas verdes, como es la colocación de una capa de geotextil o sintética de polipropileno, cuya función principal es la de separar a la losa de techo de la membrana a base de PVC plastificado con armadura de fibra poliéster, y a su vez, proteger a esta membrana de cualquier elemento punzo penetrante o de algún elemento contaminante que se haya dejado por error durante las actividades de limpieza o de inspección de la losa.



Figura 25: Imagen ilustrativa de la instalación de la primera capa de geotextil.
Arelux Wordpress.com



Figura 26: Imagen ilustrativa de la instalación completa de la primera capa de geotextil.
Grocol.

Seguidamente se realiza la instalación de la membrana a base de PVC plastificado con armadura de fibra poliéster, que al igual que la capa anterior, ésta membrana debe ser instalada en la totalidad del área de la azotea, debido a que es la primera capa que sirve de protección ante las acciones de las posibles penetraciones de las raíces de las vegetación hacia la losa de techo, garantizando de esta manera su integridad estructural.



Figura 27: Imagen ilustrativa de la instalación completa de la membrana anti-raíces.
Grocol.

Ahora bien, debido a las dimensiones que posee esta losa de techo en estudio, se requiere el uso de solapes en la instalación de esta membrana; para la realización de los mismos se requiere que las membranas se encuentren limpias y secas para así poder realizar soldaduras termoplásticas con aire caliente en la cual la longitud mínima para realizar esta soldadura de solape es igual a 5 cm, para de esta manera garantizar una buena soldadura evitar el paso de raíces y fluidos a través de ella.



Figura 28: Imagen ilustrativa de las soldaduras termoplásticas para la realización de solapes.
Grocol.

A continuación, se debe realizar fijación de esta membrana en todos los bordes exteriores de la losa de la azotea en estudio, este procedimiento se realiza con la fijación de esta membrana por todos los bordes de la azotea con la utilización de un sellante y adhesivo tixotrópico de un componente a base de poliuretano, de elasticidad permanente y curado rápido.



Figura 29: Imagen ilustrativa de sellado de bordes de capas con su pretil, mediante el uso de un adhesivo tixotrópico de un componente a base de poliuretano.
Grocol.

De igual manera, después de la aplicación de dicho sellante, se realiza la colocación de un pretil o frontón mediante fijación mecánica con el uso de un perfil en forma de ángulo de acero y el uso de pernos de anclaje para fijarlo a la losa de techo. Estos perfiles en ángulo, se recomiendan con unas dimensiones de ocho centímetros de base, con veinte y cinco centímetros de altura y tres milímetros de espesor.

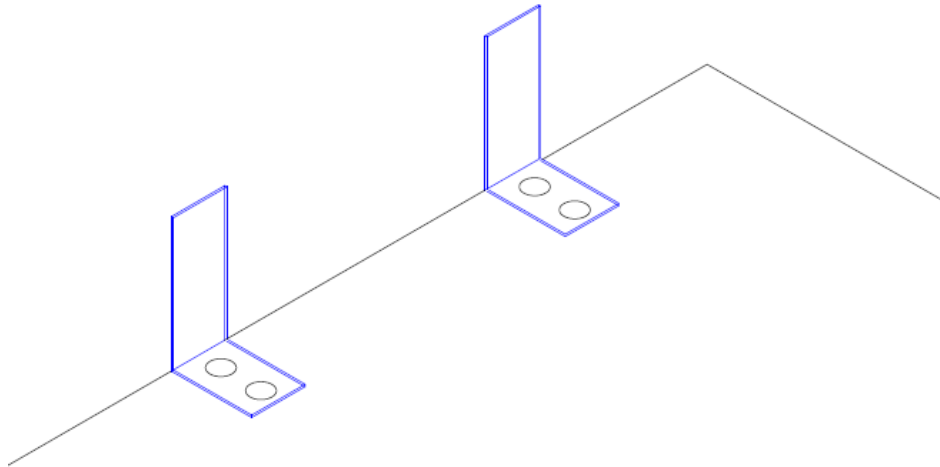


Figura 30: Imagen de Ángulos diseñados, para soporte del pretil a utilizar.
Gamboa, (2012).

Estos perfiles se recomiendan colocarlos a cada metro por todo el borde que conforma el perímetro de la azotea, siendo anclados en sus bases con dos pernos de $\frac{3}{4}$ " con separación de 1" entre sus extremos, para garantizar la fijación del mismo y el movimiento relativo que pueda ocurrir entre ellos.

Ahora bien, para la culminación de la elaboración del pretil se recomienda la colocación por soldadura de una lámina cuyas dimensiones recomendadas son de 1" de ancho y un espesor igual a la utilizada en el ángulo, dicha lámina será colocada en la parte vertical del ángulo una en la parte superior y otra en su parte inferior uniendo así a todos los ángulos que se encuentran anclados en la azotea.

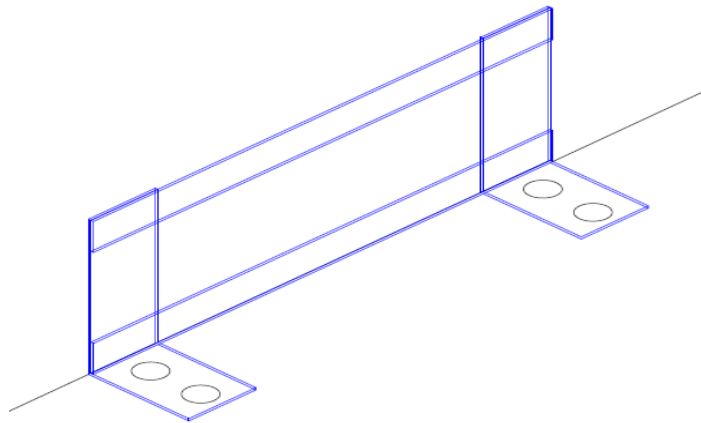


Figura 31: Unión de ángulos de base del pretil a través de láminas de acero.
Gamboa, (2012).

Una vez realizada la fijación mecánica del perfil, se debe cubrir la base de éste con una Membrana de pvc plastificado sin armadura, resistente a intemperie, para de ésta manera eliminar los posibles daños que pueda sufrir la losa de techo por las posibles filtraciones que puedan ocurrir debido a la perforación de los pernos de anclaje en dicha losa.

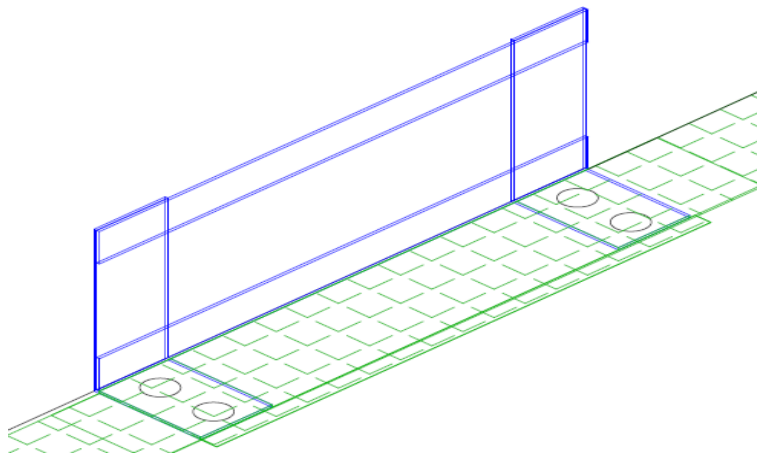


Figura 32: Imagen de ubicación de la membranas de pvc plastificado sin armadura, para evitar filtraciones por el orificio de los pernos de anclaje.
Gamboa, (2012).

Después de unir cada ángulo como se explicó anteriormente, se colocará por soldaduras dos láminas de acero en forma de cruces de san Andrés, con el objetivo de rigidizar el pretil y que sirva de soporte para el geotextil que será colocado sobre él. Este geotextil, el cual se recomienda el uso de un manto no tejido de poliéster tiene dos funciones, la primera es la de soportar la capa de elementos granulares que se colocará posterior a ella y su segunda función es evitar el paso de elementos granulares pequeños pero a su vez garantizar el flujo de agua a través del mismo. Para la colocación de esta membrana, se recomiendan ser colocadas por medio de fijación mecánica al pretil con ayuda de perfiles de fijación de pvc, para así evitar el deslizamiento y mal funcionamiento de la misma.

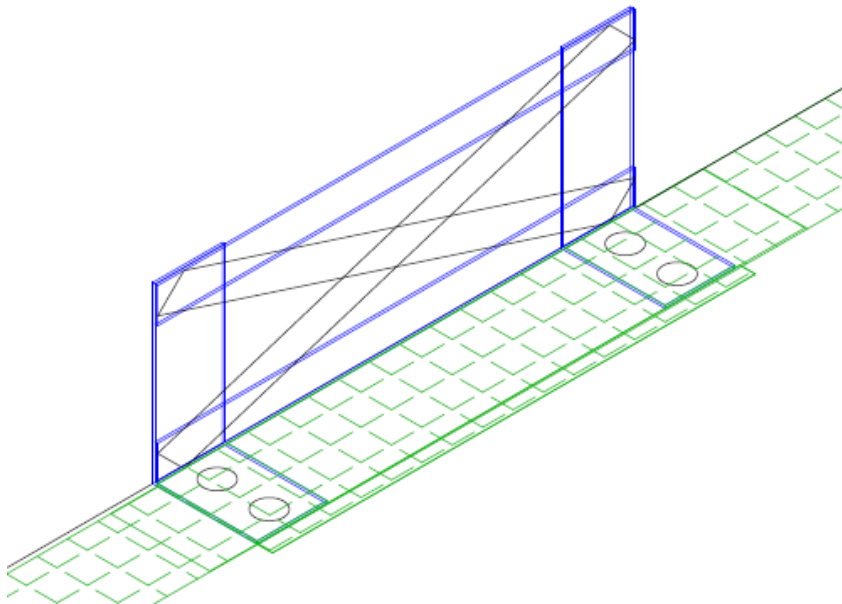


Figura 33: Imagen de elemento estabilizador del geotextil en posición vertical.
Gamboa (2012).

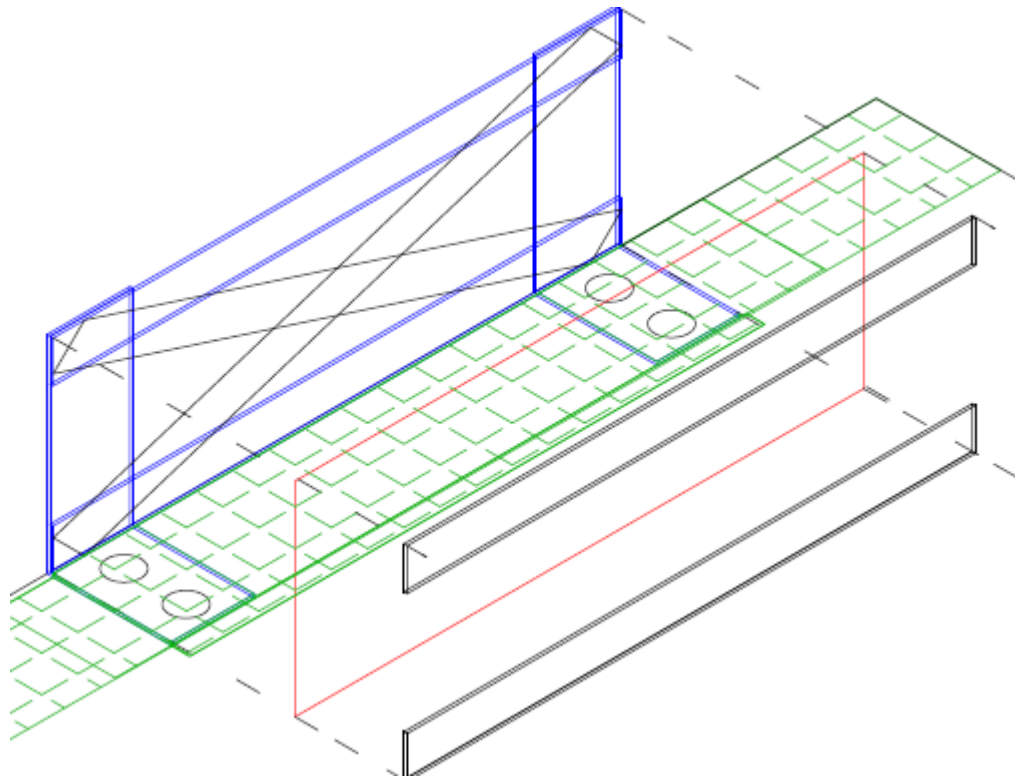


Figura 34: Diagrama de explosión del diseño del pretil.
Gamboa, (2012).

Posteriormente, después de colocar esta membrana de geotextil por todo el pretil, se procede a la colocación de un material granular, el cual tendrá un ancho de 30 centímetros y una altura de 20 centímetros la cual es la altura hasta donde llegará la capa de sustrato en este sistema de cubiertas vegetales, el objetivo de esta ancho granular, es disminuir o retardar aún más la velocidad de las escorrentías que fluyen en la azotea el cual es el propósito principal de este sistema.

Para la colocación de este ancho granular, se recomienda la reutilización de las tejas que fueron removidas de la azotea, en donde las mismas deben ser fragmentadas de tal manera que no formen elementos punzantes que puedan dañar o romper al geotextil que se encuentra a su alrededor. Una vez al terminar de colocar este ancho granular, se debe colocar una segunda membrana de geotextil de manto no tejido de poliéster el cual evitará de

forma directa, el paso de cualquier lodo que provenga de la capa de sustrato y así mismo favorece al paso del agua a través de él evitando la acumulación de la misma en la azotea.



Figura 35: Imagen ilustrativa del ancho granular utilizado para drenaje de fluidos.

Snodgrass y McIntyre, (2010).

Posteriormente a la colocación de la membrana anti raíces, fijación del pretil y elementos de drenaje antes mencionados, se procede a colocación de una termo membrana, con el fin de evitar transferencia y conductividad a través de ella de la energía calórica producto de los rayos solares o de las altas temperaturas, que son generadas producto de la evaporación del agua que se puede encontrar en la lamina de drenaje de este conjunto de capas.

Para la instalación de esta membrana se realizan soldaduras termo plásticas con la membrana inferior a ella y de igual manera para la realización de los solapes se cumplen las mismas condiciones explicadas con la capa anterior, con la diferencia de que esta capa y las que se instalarán después de ellas, se encontrarán separadas del borde por unos diez centímetros para así evitar el rebose de las gotas de agua que chocan con la azotea durante la ocurrencia de las lluvia y en su lugar se colocará material granular que servirá como ayuda en el drenaje del exceso de agua que se puede encontrar en las cubiertas vegetales.

Consecutivamente, se realiza la instalación de la lámina de drenaje, en donde está la lámina que evita el paso del agua a todas las membranas que se han nombrado con anterioridad debido a que ella almacenará el agua requerida para la sobrevivencia de la vegetación siendo por esta razón una de las capas más importantes en la instalación de las cubiertas vegetales.



Figura 36: Imagen ilustrativa de la colocación de la lamina de drenaje.
arquitecturadec casas.blogspot.com

La instalación de esta membrana se realizará de la siguiente manera: Se debe extenderse con los nódulos dirigidos hacia el elemento a proteger, asegurándose de dejar traslapos de no menos de 20 cm. La sujeción se realizará mecánicamente cada 30 cm a lo largo de la parte superior y a no menos de 3 cm al borde.

Seguidamente, se debe realizar la instalación de una nueva membrana geotextil o sintética de polipropileno, debido a que por su comportamiento de permeabilidad permite el paso de agua más no el paso del lodo que se puede transportar del sustrato producto de las precipitaciones y de esta manera garantiza la retención de agua en la lámina de drenaje. Por otra parte, debido a que evita el paso del lodo proveniente del sustrato, elimina la incorporación del mismo al sistema de drenaje urbano existente disminuyendo de esta manera la entrada de contaminación difusa al sistema antes mencionado.



Figura 37: Imagen ilustrativa de la colocación de la capa de geotextil sobre la lámina de drenaje.
winred.com

Posteriormente, se realiza la instalación de la primera capa orgánica del sistema de cubiertas verdes como es la capa de sustrato orgánico, para este caso en particular en donde se está en presencia de un techo de inclinación de tipo leve y en donde el tipo de vegetación a utilizar no requiere de un gran espesor de esta capa sólo se colocará un espesor igual a cinco centímetros de sustrato en toda la superficie en donde se colocará la vegetación, ya que dicha vegetación al ser trasplantada tres centímetros de sustrato adicional para un total de ocho centímetros de sustrato instalado.



Figura 38: Imagen ilustrativa de la colocación de la capa de sustrato. Grocol.

Finalmente, se procede a la instalación de la última capa en los sistemas de techos verdes como es la cubierta vegetal, en esta investigación se sugiere el uso de una capa vegetal conocida con el nombre de zoysia esmeralda, el cual es una vegetación altamente resistente a la sequía y las temperaturas de lugares cálidos como es el caso de la ciudad de Maracay, a su vez esta vegetación es de libre mantenimiento, es decir sólo necesita siete mm de riego por cada dos días y sólo crece hasta un máximo de diez centímetros.



Figura 39: Capa vegetal a utilizar, Zoyisa Esmeralda.
esmeraldagrama.blogspot.com

La instalación de esta capa vegetal, se realiza en láminas rectangulares con dimensiones aproximadas de 0.6 a 0.4 m en la cual se va instalando una al lado de la otra colocando entre ellas cantidades de sustrato para así evitar la separación entre ellas hasta completar la instalación por toda el área requerida para la utilización del sistema de techos verdes.

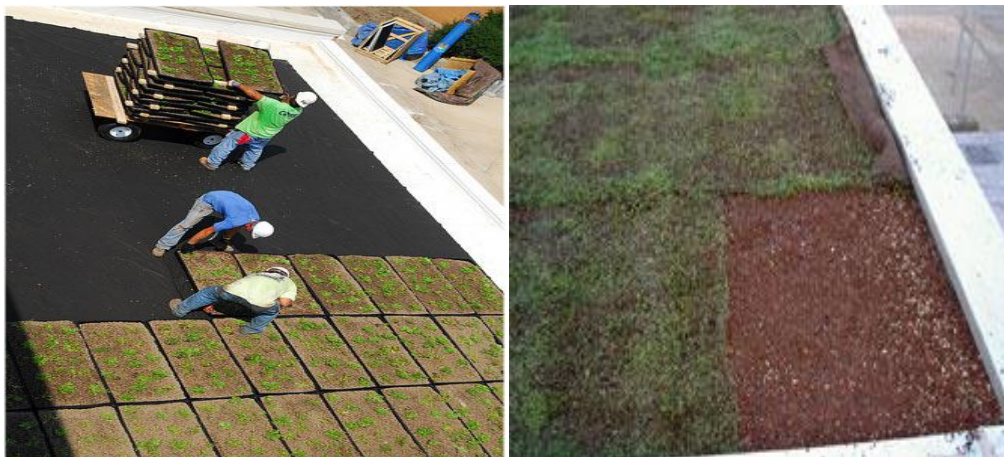


Figura 40: Imagen ilustrativa de la instalación de la capa vegetal.
www.terra.org

Ahora bien, una vez visto todos los componentes que conforma el sistema de techos verdes o de cubiertas vegetales, a continuación se indicarán algunas imágenes de su apariencia cuando se encuentra completamente culminado, así mismo se ilustrarán algunos detalles con la instalación de estas cubiertas en un modelo de vivienda tipo 1 tal como se mostró en la figura 21.



Figura 41: Imagen ilustrativa del sistema de cubiertas vegetales después de ser instalado.

www.taringa.net/posts/info/11887620/Arquitectura-y-Construccion--Techos-Verdes.html



Figura 42: Imagen ilustrativa del sistema de cubiertas vegetales después de ser instalado, en una azotea de pendiente moderada. Gernot, (2007).

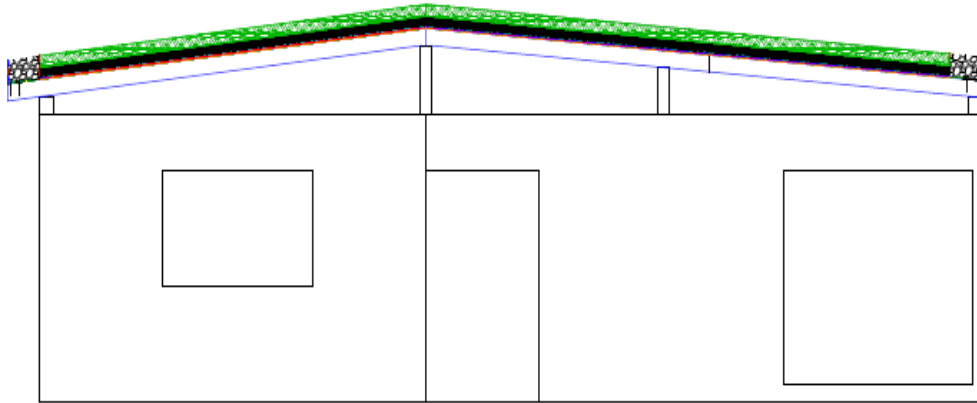
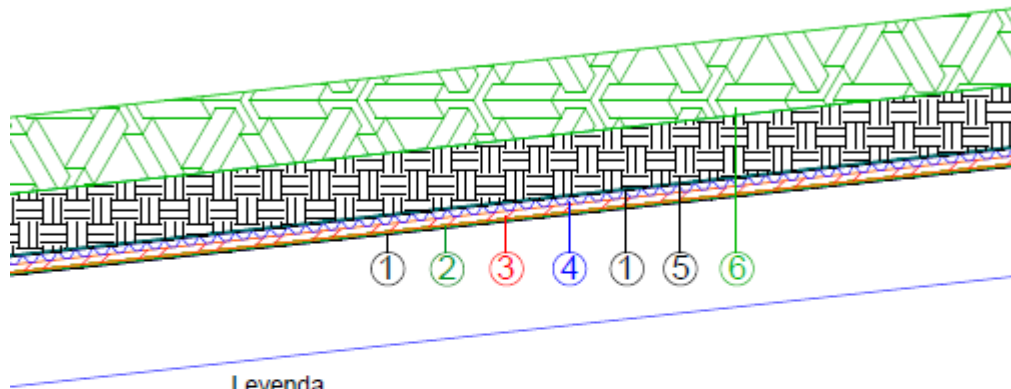


Figura 43: Diseño de aplicación del sistema de cubiertas vegetales, para una vivienda modelo tipo 1 que se encuentra en la urbanización La Fundación Mendoza.
Gamboa, (2012).



Leyenda

- ① Geotextil pp 2500
- ② Membrana Sikaplan 12R
- ③ Termo Membrana
- ④ Lamina de drenaje 32T
- ⑤ Capa de sustrato
- ⑥ Capa vegetal

Figura 44: Detalle 1 de las capas del sistema de cubiertas vegetales propuesta para la imagen de la figura 44.
Gamboa, (2012).

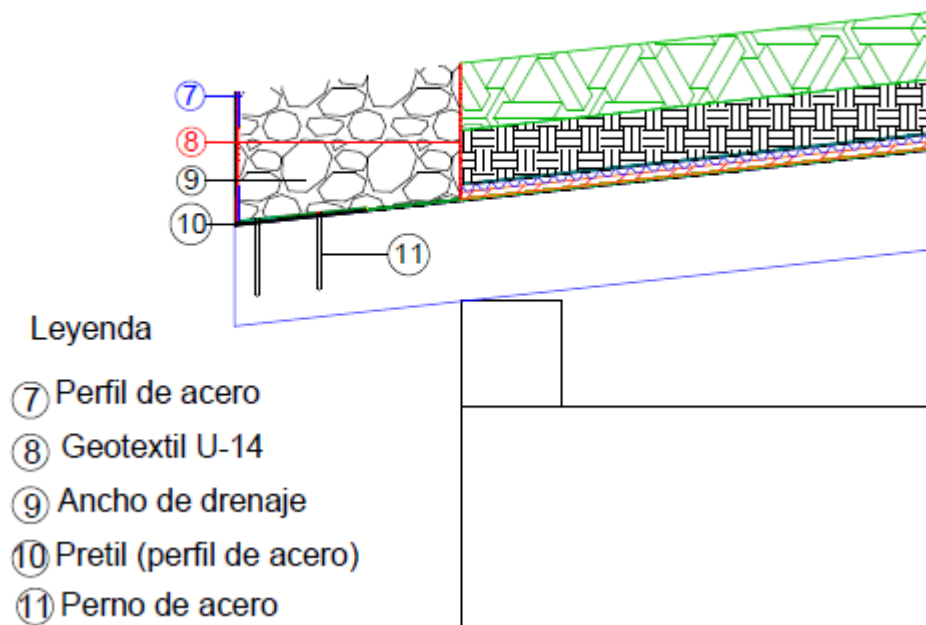


Figura 45: Detalle del pretil y del ancho de drenaje para la propuesta de la figura 44.
Gamboa, (2012).

Una vez determinado y estudiado todo el procedimiento de instalación de las cubiertas vegetales en las viviendas que se encuentran en la urbanización La Fundación Mendoza, el cual es el propósito de esta investigación, se realizará una comparación entre la capacidad de carga que es aportada a la losa de techo por parte del sistema tradicional de drenaje que se encuentra en la actualidad y la capacidad de carga que aporta el sistema de cubiertas vegetales.

Para realizar dicha comparación, se tomarán datos de dichas técnicas de productos que se encuentran en el mercado Venezolano, en donde para el caso de las cubiertas asfálticas se tomará como ejemplo a los productos de la marca “EDIL”, para el caso de las membranas para las cubiertas vegetales se tomarán los productos de la marca “SYKA” y para la elaboración del pretil

se tomarán datos técnicos de los productos de la empresa “FERRUM”. Así mismo se tomarán datos que se encuentran en la norma COVENIN “Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones”.

En la tabla 10 se indicará la descripción de la carga que es aportada por el sistema de impermeabilización y drenaje actual que se encuentra en las azoteas de los hogares de la urbanización la Fundación Mendoza.

Tabla 10: Pesos Permanentes actuales en las azoteas

Elemento o capa	Peso(Kg/m ² o Kg/m)	UND	Factor	Peso (kg)
Manto asfáltico	4	Kg/m ²	155.5	622
Tejas con mortero de asiento	100	Kg/m ²	155.5	15550
			Total	16172

Gamboa, (2012)

De igual manera a lo expuesto anteriormente, en la tabla 11 se indican todos los elementos que conforman el sistema de cubiertas vegetales en las viviendas de la zona de estudio en esta propuesta.

Tabla 11: Pesos de la carga permanentes con el uso de las cubiertas vegetales.

Elemento o capa	Peso(Kg/m ² o Kg/m)	UND	Factor	Peso (kg)
Geotextil pp 2500	0.23	Kg/m ²	155.5	35.77
Cubierta anti-raíz	1.639	Kg/m ²	155.5	254.86
Cubierta térmica	0.4	Kg/m ²	140.36	56.14
Lamina de drenaje	5	Kg/m ²	140.36	701.80
Geotextil pp 2500	0.23	Kg/m ²	140.36	32.28
Sustrato	33.6	Kg/m ²	140.36	4716.10
Capa vegetal	0.005	Kg/m ²	140.36	0.70
Geotextil U14	0.15	Kg/m ²	10.12	1.52
Ancho de drenaje granular	50	Kg/m ²	15.14	757.00
Geotextil U14	0.15	Kg/m ²	10.32	1.55
Pretil de acero	10.14	Kg/m	52	527.28
			Total	7085.00

Gamboa, (2012)

Como se puede apreciar en la comparación de la tabla 10 con la tabla 11, se determina que el peso aportado por el sistema de cubierta vegetal es mucho más bajo que el aportado por el sistema tradicional de impermeabilización y drenaje. Teniendo una disminución de un 56.20% en la carga permanente, garantizándose de ésta manera el no colapso a nivel estructural de las viviendas por el uso de este sistema y así mismo, este aspecto sumado con los descritos en el punto anterior en el estudio de factibilidad, demuestra el alto rendimiento y la versatilidad que posee este sistema drenaje urbano sobre el sistema tradicional actualmente utilizado.

Conclusiones

Se determinó, por medio de la inspección visual en un levantamiento realizado en la zona de estudio, que los dispositivos de captación de las escorrentías superficiales está conformado por solo sumideros del tipo rejas. Así mismo, de este total de sumideros, se estableció que según su estado de funcionalidad éstos fueron clasificados en óptimos, regulares y deficientes; Siendo las dos últimas categorías las más predominantes en el sistema de drenaje urbano en la urbanización la Fundación Mendoza.

Por otra parte, en la proyección de la utilización del sistema de cubiertas vegetales, se demostró que los volúmenes de escorrentías aportados por dichas viviendas al sistema de drenaje tiene una apreciable disminución, lo cual asegura, que el sistema de techos verdes como sistema de drenaje urbano sostenible aporta beneficios positivos al sistema de drenaje urbano existente.

Así mismo, se puede establecer que gran parte de la población residente en la zona de estudio, tiene una aceptación muy significativa del sistema de techos verdes como sistema de drenaje urbano sostenible, con el cual se garantiza que a nivel de aceptabilidad en la población, esta propuesta es factible.

En la metodología de aplicación del sistema de cubiertas vegetales, se demostró que la carga permanente aportada a la losa de techo es inferior a la aportada por el sistema tradicional de impermeabilización y de drenaje que se encuentra instalado en la actualidad en las azoteas de las viviendas de la

urbanización en estudio demostrándose de esta manera su viabilidad a nivel estructural.

Recomendaciones

Se recomienda la aplicación del sistema de cubiertas vegetales del tipo extensiva en las viviendas ubicadas en la urbanización la Fundación Mendoza, ya que ésta ha demostrado ser una propuesta de características viables.

Realizar campañas educativas, con el fin de crear conciencia ecológica entre los habitantes de la urbanización La Fundación Mendoza y de esta forma, erradicar el arrastre de los elementos que ocasionan la contaminación difusa en el sistema de drenaje urbano existente.

Garantizar el mantenimiento correspondiente a todos los sumideros de la zona en estudio para disminuir la ocurrencia de inundaciones después de una precipitación.

Si por alguna razón, se desea utilizar otros tipos de capas como elementos impermeabilizantes diferentes a las recomendadas en esta investigación, se hace hincapié que las mismas deben garantizar la integridad estructural de la losa de techo.

Si se pretende utilizar otros tipos de capas vegetales diferentes a las recomendadas en esta investigación, es necesario que las mismas garanticen ser resistentes a la sequía y a altas temperaturas, debido a las condiciones climáticas presentes en la zona de estudio.

Si se quiere utilizar un sistema del tipo intensivo como sistema de cubiertas vegetales, se debe garantizar el cumplimiento del ítem anterior y a su vez la integridad física de la estructura debido a que estos sistemas aportan una carga permanente superior a la de los tipos extensivos.

Si por algún motivo, se desea utilizar otro material que no sea el recomendado para la elaboración del pretil de fijación, se debe garantizar que resista cuatro veces la carga en proyección a la inclinación por metro lineal.

Se recomienda ampliamente determinar si alguna otra técnica que conforma el sistema de drenaje urbano sostenible tiene viabilidad de aplicación en la urbanización la Fundación Mendoza y de igual manera fomentar la aplicación del sistema de cubiertas vegetales en otras zonas del estado Aragua y a su vez en otras regiones del país.

Se considera que se deben realizar un mayor número de investigaciones en el campo de la ingeniería, para desarrollar técnicas y métodos alternativos que favorezcan el óptimo funcionamiento de los sistemas de drenaje urbano.

Referencias

Altarejos Garcia , L, (2008). Aplicación de Sistema de Drenaje Urbano Sostenible en el Desarrollo Urbanístico de PATERNA (VALENCIA.) Disponible www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/.../010413.pdf. (Consulta: 2011, Diciembre).

Arocha, S. (1983). Cloacas y Drenajes. Caracas Ediciones vegas s.r.l.

Base Sucre Maracay Aeropuerto Florencio Gómez- SVBSEL, Clima en la Ciudad de Maracay, disponible en: www.tutiempo.net. (Consulta 2012, Mayo).

Bolinaga. J, (1979). Drenaje Urbano, Libro en línea. Disponible en: es.scribd.com/pachiftq/d/75373406-Drenaje-Urbano-Bolinaga (Consulta 2011. Diciembre).

Camacho, F. (2004). Drenaje <urbano y Diseño de Alcantarillas. Caracas. Fundación Juan José Aguerrevere.

Castro Y Villalonga. Propuesta de lineamientos generales para la aplicación de un sistema de drenaje urbano sostenible en Venezuela. (2011). Trabajo no publicado de la Universidad de Carabobo.

Claret Véliz, A. (2010). Cómo hacer y defender una tesis. Caracas. Editorial texto, c.a.

Constitución de la Republica Bolivariana de Venezuela. (2000).

Franceschi, L (1984). Drenaje vial. Caracas. Fundación Juan José Aguerrevere.

Gernot. M, (2007). Techos verdes. Planificación, ejecución y consejos prácticos. Libros en línea. Disponible en: http://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/TechosVerdes_Pantalla.pdf.

(Consulta: 2011, Diciembre).

Guevara E y Cartaya H. (2004). Hidrología Ambiental. Valencia.

Ibáñez, (2009). Techos vivos extensivos Disponible en www.fbpsa.com/cubiertas_verdes.pdf

Imagen ilustrativa de remoción de tejas, Disponible en: AreluxWordpress.com. (Consulta: 2012, Mayo).

Imagen ilustrativa de la colocación de la lámina de drenaje. Disponible en: arquitecturadecasas.blogspot.com. (Consulta: 2012, Mayo).

Imagen ilustrativa de instalación de capa geotextil Disponible en: winred.com. (Consulta 2012. Mayo).

Imagen ilustrativa de la Zoysia Esmeralda. Disponible en: esmeraldagrama.blogspot.com. (Consulta 2012. Abril).

Imagen ilustrativa de la instalación de la capa vegetal. Disponible en terra.org. (Consulta 2012. Mayo).

Imagen ilustrativa del sistema de cubiertas vegetales después de ser instalado. Disponible en www.taringa.net/posts/info/11887620/Arquitectura-y-Construccion--Techos-Verdes.html. (Consulta 2012, Mayo).

Imágenes del proceso de instalación del sistema de techos verdes. Disponible <http://www.youtube.com/watch?v=sPyINo3Fzw8&feature=related>. (Consulta 2012.Mayo).

Instituto Nacional de Tecnología Industrial Cubiertas Verdes en la ciudad de Buenos Aires. Disponible en: http://www.inti.gov.ar/e-renova/erUP/pdf/INF_CUBIERTAS_VERDES.pdf. (Consulta 2011.Diciembre)

Martero. M, (2003). La precipitación en Venezuela y la relación con el Sistema climático. (Documento en línea). Disponible en: http://www.inameh.gob.ve/documentos/precipitacion_venezuela_relacion_sistema%20climatico.pdf (Consulta 2012. Abril).

Mompaler y Doménech, (2010). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: Una alternativa a la gestión de agua de lluvia. Libreo en línea. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/69305271/Los-Sistemas-Urbanos-de-Drenaje-Sostenible>. (Consulta 2011. Diciembre).

Norma Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias para Desarrollos Urbanísticos. Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela 4.103. Junio 2, 1989.

Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillado. Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela 5.318. Abril 6, 1999.

López y López (2010). Un acercamiento a las cubiertas verdes. (Libro en línea) Disponible en: http://www.fbpsa.com/cubiertas_verdes.pdf (Consulta 2011. Diciembre).

Ordenanza de planificación de Maracay.(2003) Documento en línea. Disponible:<http://www.girardoturbana.org.ve/leyes/ordenanzazonificacionmaracay.pdf> (Consulta 2012. Marzo).

Organización Panamericana de la Salud, (1999). Inundaciones en Venezuela. (Documento en línea) Disponible en: http://www.paho.org/spanish/sha/BE_v20n4.pdf (Consulta 2011. Diciembre)

Palacios Ruiz, A. Acueductos, Cloacas y Drenajes. (2008). Caracas. Publicaciones UCAB.

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Los efectos socioeconómicos de las inundaciones y deslizamientos en Venezuela en 1999. (Documento en línea). Disponible en: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/5/10135/l421.pdf>. (Consulta 2011. Diciembre).

Sabino C. (1992). El proceso de investigación. (libro en línea) Disponible en: <http://www.danielpallarola.com.ar/archivos1/ProcesoInvestigacion.pdf> (consulta 2011. Diciembre).

Sierra, C. (2004) Estrategias para la elaboración de un proyecto de investigación. Maracay. Insertos Médicos de Venezuela C.A.

Sika (2012). Manuel del instalador. (Documento en línea). Disponible en: <http://col.sika.com> (Consulta 2012. Abril).

Snodgrass y Mcintyre (2010) The green roof Manual. (Libro en línea). Disponible en: www.filestube.com/s/snodgrass.com (Consulta 2012. Diciembre)

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2011). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Caracas. Fedupel.

Anexo 02



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA AMBIENTAL

La presente encuesta tiene como propósito determinar la aceptación de la implementación del sistema de techos verdes por parte de la comunidad que habita en la Urbanización La Fundación Mendoza de la ciudad de Maracay.

Instrucciones: En esta encuesta no hay respuestas correctas o incorrectas, de manera que puede marcar los atributos que mejor describan actualmente el departamento técnico.

- Lea detenidamente cada uno de los enunciados antes de responder.
- Señale para cada enunciado la respuesta que considere ajustada a la realidad, marcando con una "S" o con una "N" en el espacio correspondiente.
- Otorgue sólo una respuesta de acuerdo a las siguientes alternativas:
S: si / N: No

Utilizaría usted el sistema de cubiertas vegetales o techos verdes sabiendo que:

- 1.) Reduce las escorrentías superficiales producidas por las lluvias, evitando el riesgo de ocurrencia de inundaciones. ()
- 2.) Reduce las temperaturas internas de los hogares y generando de esta manera un ahorro energético. ()
- 3.) Es un sistema de libre mantenimiento. ()
- 4.) Aumenta la vida útil de las capas de impermeabilización. ()
- 5.) Mejora el ciclo hidrológico en la zonas donde es aplicado y aumenta las emisiones de O₂ y disminuyendo las de CO₂. ()
- 6.) Disminuye el efecto de isla calor, aclimatando en forma más agradable a las ciudades. ()
- 7.) La aplicación de las capas que lo conforman es de fácil colocación. ()
- 8.) ¿Usaría usted otro sistema de impermeabilización para las azoteas sabiendo que tiene mayor durabilidad que las cubiertas asfálticas? ()
- 9.) ¿Le parece amigable visualmente tener una cubierta vegetal de grama en la azotea de su casa? ()
- 10.) ¿Recomendaría usted el uso de las cubiertas vegetales? ()

Anexo 03

Ubicación de Sumidero, Urbanización La Fundación Mendoza.

Anexo 04

Ubicación de Sumideros, Zona 1 Urbanización La Fundación Mendoza.

Anexo 05

Ubicación de Sumideros, Zona 2 Urbanización La Fundación Mendoza.

Anexo 06

Ubicación de Sumideros, Zona 3 Urbanización La Fundación Mendoza