



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

*AZOTEAS NATURADAS, UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA
DE EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE MORELIA*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

VICENTE MORA IBARRA

ASESOR:

DR. JULIO CÉSAR ORANTES AVALOS

MORELIA MICHOACÁN

MARZO 2012



DEDICATORIA

Le dedico este proyecto con mucho amor a Dios y a mi padre el cual me demostró con su ejemplo a luchar por lo que quiero y a no darme por vencido ante los grandes obstáculos que se presenten.

A mi esposa e hijo por su comprensión y apoyo, por el tiempo que estuve lejos de ellos y siempre estuvieron ahí para alentarme y motivarme, siempre con una sonrisa y sobre todo con mucho amor.

A mi madre, por su apoyo incondicional y sus excelentes consejos los cuales me han llevado al final de esta meta propuesta, además que siempre ha estado ahí para apoyarme.

A mis hermanos los cuales me han regalado gran parte de su vida y me han brindado su apoyo y confianza para que este proyecto llegue a su final de la mejor forma posible.

AGRADECIMIENTOS

Muchas personas influyeron en mi vida para que este proyecto fuera posible, mi familia la cual siempre me apoyo; a mis amigos que se convirtieron en hermanos y que paso a paso fuimos logrando metas a pequeño, mediano y largo plazo y que estoy seguro seguirán ahí siempre; a mis profesores que me supieron brindar sus conocimientos para que lograra una formación de calidad; al Dr. Julio Cesar Orantes Ávalos, asesor de tesis, quien desinteresadamente me orientó, apoyó y dedicó su tiempo en la realización de este proyecto.

Institucionalmente, a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo que la considero como mi casa y siempre le tendré respeto y admiración.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de tablas	3
Índice de figuras	4
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.	7
 CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES.	9
2.1. Perspectiva general.	9
2.2. Efecto invernadero.	10
2.2.1. Gases causantes del efecto invernadero.....	11
2.2.2. Efectos de la acumulación de gases invernadero.....	15
2.2.3. Emisiones de gases efecto invernadero.....	16
2.2.4. Consecuencias de la emisión de gases efecto invernadero en México....	17
2.3. Descripción de la idea de una azotea naturada.....	18
2.4. Antecedentes históricos de las azoteas naturadas.....	19
2.5. Surgimiento de las azoteas naturadas modernas.....	20
2.6. Ventajas de las azoteas naturadas.	22
2.6.1. Ventajas técnicas.	23
2.6.2. Ventajas relativas a la salud.....	31
2.6.3. Ventajas y beneficios económicos.....	31
 CAPÍTULO 3. JUSTIFICACIÓN.	33
 CAPÍTULO 4. OBJETIVOS.	34
 CAPÍTULO 5. PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA AZOTEA NATURADA.	35
5.1. Clasificación de acuerdo al tipo de techo.	36
5.1.1. Techos extensivos.	36
5.1.2. Techos intensivos.	36
5.1.3. Techos semi-intensivos.	37
5.1.4. Criterios de selección.	38
5.2. Características de la zona donde se ubica el proyecto en estudio.....	39
5.3. Información técnica requerida para instalación de una azotea naturada.....	42
5.3.1. Consideraciones de cargas estructurales.....	42
5.3.2. Altura de la edificación.....	49
5.3.3. Dimensiones de la superficie.....	50
5.3.4. Pendiente.....	51

5.3.5. Ubicación de los accesos a la azotea.....	54
5.3.6. Tomas de agua para riego.....	55
5.3.7. Elementos singulares.....	56
5.3.8. Puntos de desagüe, sumideros y/o bajadas de agua.....	56
5.4. Componentes básicos de una azotea naturada.....	62
5.4.1. Membrana impermeabilizante antiraíz (capa no. 1).....	64
5.4.2. Drenaje (capa no. 2).....	75
5.4.3. Capa filtrante (capa no.3).....	80
5.4.4. Sustrato (capa no.4).....	83
5.4.5. Capa vegetal (capa no.5).....	87
5.4.6. Sistema de riego.....	97
5.4.7. Fertilización.....	103
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....	106
CAPÍTULO 7. REFERENCIAS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Gases de efecto invernadero.	8
Tabla 2.2. Emisiones de CO2 en el mundo.	10
Tabla 5.1. Comparativo de las características las azoteas naturadas.	33
Tabla 5.2. Temperaturas y precipitaciones en Morelia.	37
Tabla 5.3. Tipos de climas en Morelia.	38
Tabla 5.4 Diferencia de cargas, con el cambio de elementos en azotea.	48
Tabla 5.5. Datos técnicos del sustrato ArmaGREEN.	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Proceso de fotosíntesis.	18
Figura 2.2. Temperaturas en un techo verde con un sustrato de 16 cm.	20
Figura 2.3. Dependencia de la aislación acústica del aire.	23
Figura 2.4. Escurrimiento de agua de lluvia.	25
Figura 2.5. Calidad del agua escurrida.	25
Figura 5.1. Criterios de para elección de un tipo de azotea naturada.	34
Figura 5.2. Elementos constructivos de la losa de azotea en estudio.	41
Figura 5.3. Elementos constructivos básicos de una losa.	43
Figura 5.4. Fachada lateral del edificio en estudio (altura).	46
Figura 5.5. Área total de azotea en la que se instalará la naturación.	47
Figura 5.6. Clasificación del tipo de techo de acuerdo a su pendiente.	48
Figura 5.7. Pendiente de la azotea.	49
Figura 5.8. Accesos principales hacia la azotea.	51
Figura 5.9. Tomas de agua para el riego.	52
Figura 5.10. Sistema de desagüe en zona de tinacos.	54
Figura 5.11. Localización del bajante pluvial.	55
Figura 5.12. Ubicación de la tubería de PVC designada para bajada de agua pluvial.	56
Figura 5.13. Sistema de captación y almacenaje de agua pluvial.	56
Figura 5.14. Canaleta de acero galvanizado, para conducción de aguas pluviales.	57
Figura 5.15. Caja de registro y control colectiva para captación de agua.	57
Figura 5.16. Conducción de agua pluvial y de riego hacia bajante.	58
Figura 5.17. Unión de caja de registro y rejilla colectora en esquina del bajante.	58
Figura 5.18. Componentes constructivos básicos de una azotea naturada.	59
Figura 5.19. Colocación de las capas que integran un sistema de naturación.	60
Figura 5.20. Perforación producida por raíces de cardos en una membrana asfáltica.	61
Figura 5.21. Impermeabilización con poliuretano lanzado.	66
Figura 5.22. Colocación de membrana anti-raíz en muretes con traslape.	67
Figura 5.23. Colocación de membrana anti-raíz en muretes con sello de cemento.	67
Figura 5.24. Detalle constructivo en murete perimetral.	68

Figura 5.25. Colocación de membrana anti-raíz en tubería.	69
Figura 5.26. Colocación de membrana anti-raíz en tubería del desagüe.	70
Figura 5.27. Aplicación de poliuretano lanzado en azotea.	71
Figura 5.28. Prueba de estanquidad de la azotea.	73
Figura 5.29. Función de la capa dren en presencia de agua.	74
Figura 5.30. Tipo de capa dren propuesto para el proyecto.	75
Figura 5.31. Medida comercial propuesta de la pieza de capa dren.	76
Figura 5.32. Preparación de azotea para recibir las capas dren.	77
Figura 5.33. Colocación de las piezas de la capa dren en azotea.	78
Figura 5.34. Colocación correcta de piezas de la capa dren.	78
Figura 5.35. Piezas de capa dren colocadas traslapadas y sin huecos.	79
Figura 5.36. Desenrollado a mano de geotextil utilizado como capa filtrante.	81
Figura 5.37. Traslapes recomendados en las uniones del geotextil.	81
Figura 5.38. Ubicación y colocación de la capa de sustrato seleccionada.	85
Figura 5.39. Sedum carnicolor elegido para naturalizar la mayor área de la azotea.	90
Figura 5.40. Área total de azotea que se cubrirá con sedum carnicolor.	91
Figura 5.41. “Aloe vera” que se ubicará en zona de jardineras.	92
Figura 5.42. “Sansevieria” que será ubicada en jardineras.	93
Figura 5.43. Área total destinada para jardineras en el proyecto.	94
Figura 5.44. Diseño final del enjardinado en la azotea naturalizada.	95
Figura 5.45. Sistema de riego por goteo seleccionado para la irrigación.	97
Figura 5.46. Línea de conducción principal del sistema de riego.	97
Figura 5.47. Cinta de riego con goteros incluidos.	98
Figura 5.48. Conectores para riego.	98
Figura 6.49. Piezas especiales de PVC para conexiones hidráulicas.	99
Figura 5.50. Distribución de agua desde tinaco a manguera principal.	99
Figura 5.51. Ubicación y colocación de manguera de conducción principal.	100
Figura 5.52. Perforación de manguera principal de polietileno.	101
Figura 5.53. Colocación de conectores y cintilla.	101
Figura 5.54. Diseño final del sistema de riego por goteo.	102
Figura 5.55. Abono de lenta liberación seleccionado para la fertilización.	104

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un problema con características únicas, ya que es de naturaleza global. Sus mayores impactos se estima que serán a largo plazo e involucra interacciones complejas entre procesos naturales (fenómenos ecológicos y climáticos) y procesos sociales, económicos y políticos a escala mundial.

En la actualidad, es considerado un hecho científico que el clima global está siendo alterado de manera considerable y en el presente siglo, como resultado del aumento en la atmósfera de la concentración de gases invernadero tales como el dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y clorofluorocarbonos. Estos gases están atrapando una gran porción creciente de radiación infrarroja en la atmósfera terrestre y se espera que provoquen el aumento de la temperatura planetaria, esto provocado por el llamado efecto invernadero. Con respecto al impacto directo que sufrimos los seres humanos, se puede incluir la expansión del área de enfermedades infecciosas tropicales (Becker, 1997), inundaciones de terrenos costeros y ciudades, tormentas más intensas, las extinción de incontables especies de plantas y animales, fracasos en cultivos en áreas vulnerables, aumento de sequías, etc. (Minke, 2004).

No obstante que en las últimas décadas se ha demostrado que existe un vínculo entre cambio climático y desarrollo sustentable, el cambio climático y sus efectos no pueden ser considerados como un problema que corresponde sólo a los países desarrollados solucionar. En países en vías de desarrollo, como México, deben identificar una gran cantidad de oportunidades para desarrollar tecnologías sustentables con el fin de contribuir a solucionar los problemas de contaminación y de cambio climático de nuestro planeta, que nos permitan mejorar la calidad de vida de los habitantes y ayudar a reducir las emisiones de gases efecto invernadero. Esta tesis explica la gravedad que representa el calentamiento global a nivel mundial y de qué forma contribuimos como país al aumento de este mismo.

Actualmente existen métodos que intentan disminuir el problema del calentamiento global, uno de ellos es la implementación de azoteas naturadas las cuales se presentan descritas en el capítulo 2 de esta tesis. Desde un punto de vista personal considero y justifico que este método es eficaz y sencillo en su instalación.

En este trabajo a partir del capítulo 5 se describe la instalación de un sistema de azotea “verde”, entendida como la azotea de una edificación que está parcial o totalmente cubierto de vegetación, ya sea en suelo o en un medio de cultivo apropiado y que puede ser considerada una alternativa sustentable de edificación, con el fin de que consuma menos energía eléctrica, retenga la radiación solar, purifique el aire contaminado de las ciudades, disminuya el fenómeno “isla de calor”, retenga agua de lluvia para evitar inundaciones, además de regresar un poco de vida a las zonas que han sido deforestada para la urbanización de ciudades que actualmente se encuentran mayoritariamente cubiertas de concreto asfáltico e hidráulico.

El proyecto que aquí se presenta se realizó siguiendo las especificaciones de la Norma ambiental para el Distrito Federal PROY-NADF-013-RNAT-2007, que establece las especificaciones técnicas para la instalación de sistemas de naturación en el Distrito Federal, en virtud de que es la única entidad de nuestro país que cuenta actualmente con una norma para naturar azoteas.

Pretendo que el lector conozca de manera detallada un sistema de construcción ecológico que puede implementarse en la ciudad de Morelia y de esta manera colaborar en la disminución de uno de los problemas ambientales que día a día nos afecta más.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

2.1. PERSPECTIVA GENERAL

Es bien sabido que las múltiples mejoras tecnológicas que se han conseguido para la existencia humana y el disfrute de la vida van avanzando e incrementándose cada vez más. Sin embargo, no se puede negar que este desarrollo ha producido paralelamente impactos destructivos al ambiente, incluso en los lugares más remotos. Se han detectado gases contaminantes y sustancias químicas sintéticas a gran altura sobre el continente antártico. Es necesario que los seres humanos cambiemos nuestra forma de pensar y de actuar para que sea posible modificar el rumbo que lleva nuestro planeta. Este cambio debe ser en varios ámbitos como cultural, social, económico, etc. Este compromiso, debe basarse en el convencimiento de que la única vía para tratar las cuestiones ambientales es mediante soluciones a escala mundial y mediante un modelo de “desarrollo sostenible”, donde se consideren no sólo los aspectos económicos, sino también los sociales (Ludevid, 1996).

Es difícil darse cuenta del riesgo de no cambiar y aunque es posible que sea complicado entender la información científica, es importante que este accesible y difundirla para entender el cambio climático global y a lograr la conservación ambiental de la Tierra. En muchos casos, los problemas ambientales se consideran más técnicos que de conducta humana y esto es erróneo. En este aspecto es fundamental el papel de la educación. Por un lado la implementación de la educación ambiental ha favorecido el cambio cultural, pero además las distintas disciplinas deben incluir en sus currículas los temas ambientales y la preocupación por el medio ambiente (Ludevid, 1996).

2.2. EFECTO INVERNADERO

La atmósfera que envuelve nuestro planeta, juega un rol crítico para mantener estable la temperatura de la Tierra. Si la atmósfera no existiera, la temperatura de la Tierra sería muy baja, como lo es en los planetas que no poseen atmósfera.

El “efecto invernadero” es un término empleado para designar el fenómeno en el que la radiación solar de ondas cortas, que puede ingresar fácilmente a la atmósfera hasta la superficie terrestre es retenido parcialmente porque las ondas largas reflejadas en la superficie terrestre hacia el exterior no pueden penetrar tan fácilmente en la atmósfera, en especial cuando hay una cobertura de nubes. Por esto las heladas más fuertes tienen lugar generalmente en las noches claras de invierno, cuando la radiación es más elevada; sin embargo, en las noches nubladas, son poco probables. De esta forma la atmósfera, y en particular, si existe una capa de nubes, actúa como los cristales de los invernaderos (F. J. Monkhouse, 1978). La actividad industrial está cambiando la estructura de la atmósfera y a medida que se producen y liberan en la atmósfera ciertos gases, como el dióxido de carbono, absorben mayor cantidad de la radiación terrestre y envían más de vuelta a la Tierra y al parecer se está volviendo en nuestra contra debido a que se ha convertido en una trampa de calor que incrementa el efecto invernadero. Como en un invernadero de plantas o flores, cubierto de cristales o plásticos que lo protegen del exterior, la atmósfera absorbe parte de la radiación de onda larga que emite la Tierra e irradia energía hacia el planeta. Esta energía, que de no ser por esto se escaparía inocuamente en el espacio, ya está elevando la temperatura de la superficie terrestre, si bien hasta ahora parece mínima, en 0.5 °C (Rincón del vago, 1998).

La quema de combustibles fósiles y la deforestación agregan ahora aproximadamente unas 7.7 mil millones de toneladas métricas de dióxido de carbono a la atmósfera cada año. La ganadería ha aumentado el contenido de metano de la atmósfera (por emisión de gases por parte del ganado vacuno), otras fuentes lo constituyen los cultivos de arroz y la disposición de la basura en los rellenos sanitarios. Pero es desde 1995, que

han salido a la luz muchas evidencias nuevas indicando que la Tierra realmente se está calentando a causa de actividades humanas. La temperatura promedio de la Tierra ha ido aumentando el último siglo, pero al final del último siglo el ritmo de aumento se ha ido acelerando. Los últimos once años han sido los más calientes. Las regiones polares del planeta se están calentando mucho más rápido, así Alaska es ahora 6 grados Centígrados más cálida que hace 35 años. Al descongelarse el polo norte, la turbera enterrada en la tundra se pudre, liberando dióxido de carbono, lo cual acentúa el efecto invernadero y produce mayor calentamiento el cual a su vez incrementa la putrefacción y la liberación de dióxido de carbono. La tundra ártica ha sido un depósito de carbono durante los últimos 9000 años, sin producir emisiones, hasta 1982. El gas metano de la putrefacción de la tundra es 4 veces más potente que el dióxido de carbono en crear el efecto invernadero. Las temperaturas promedio del verano Antártico han aumentado 2.5 grados Centígrados desde 1940. Las plataformas de hielo a lo largo de la costa de la Península Antártica han venido rompiéndose perdiendo 7000 kilómetros cuadrados en los últimos 50 años. Groenlandia, el segundo glaciar más grande del mundo, adelgaza su capa de hielo aproximadamente un metro por año (IPCC, 2009).

2.2.1. GASES CAUSANTES DEL EFECTO INVERNADERO

Se denominan gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero a los gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria. Esos gases contribuyen más o menos de forma neta al efecto invernadero por la estructura de sus moléculas y, de forma sustancial, por la cantidad de moléculas del gas presentes en la atmósfera (La enciclopedia libre, 2011).

Cuando se habla de gases de efecto invernadero (GEI) se suele destacar al dióxido de carbono (CO_2), por lo que podría pensarse que es el único. Pero hay muchos más. Algunos de ellos con un potencial mayor. Estos son los principales GEI, ordenados de mayor a menor impacto:

- Vapor de agua (H_2O): según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC en sus siglas en inglés), supone entre el 36 y el 70 por ciento del efecto invernadero. La niebla, la bruma y las nubes son vapor de agua, y es también el principal subproducto de la combustión de los combustibles fósiles. Y por si fuera poco, el calentamiento global provoca un círculo vicioso que se retroalimenta: con unas temperaturas más altas, se produce más vapor de agua, que genera a su vez temperaturas más altas, y a su vez más vapor de agua, etc.
- Dióxido de carbono (CO_2): es un subproducto de la respiración celular y de la utilización de combustibles fósiles. El dióxido de carbono es el gas más importante de efecto invernadero. Las actividades humanas comunes, fundamentalmente la quema de combustibles fósiles -carbón, petróleo y gas- y la destrucción de los bosques, son las principales fuentes actuales de emisión de CO_2 a la atmósfera. La generación de energía es la actividad que más combustibles fósiles consume en el mundo.
- Metano (CH_4): es el principal componente del gas natural, residuo emitido por los rumiantes y de otras fuentes naturales (como los pantanos o las termitas) y artificiales, como los rellenos sanitarios. Los científicos reconocen que aún actualmente no está completamente comprendido el ciclo del metano, por lo que su contribución al problema podría ser incluso mayor de los que se considera hoy en día.
- Óxidos de nitrógeno (NO_x): estos gases se crean de forma natural a partir de la descomposición bacteriana de nitratos, por la combustión vegetal o por la actividad volcánica. El ser humano ha provocado un aumento de la emisión de estos gases, al

producirlos para diversos productos industriales y como residuos de los vehículos motorizados.

- Ozono (O_3): el debilitamiento de la capa de ozono hizo famoso a este gas. Por ello, resulta chocante afirmar que su aumento es negativo. En realidad, el ozono no está distribuido de forma equitativa por el planeta. El ser humano ha acentuado las diferencias. Por una parte, en la zona inferior de la atmósfera hay demasiado ozono, que actúa como un potente GEI. Por otra, en la parte superior escasea, lo que se traduce en una menor capacidad para impedir la radiación solar adversa.
- Trifluorometano (CHF_3): también conocido como fluoroformo, se utiliza en la fabricación de los chips de silicio y como un supresor de fuego. Es el gas más abundante de los hidrofluorocarbonos (HFC). Permanece en la atmósfera durante 260 años y atrapa el calor 11.700 veces más que el CO_2 .
- Hexafluoroetano (C_2F_6): utilizado en la creación de semiconductores, permanece en la atmósfera hasta 10.000 años. Esta longevidad, junto con su capacidad de retener el calor 9.200 veces más que el CO_2 , ha provocado el interés del IPCC por seguirle de cerca.
- Hexafluoruro de azufre (SF_6): gas inerte muy empleado en la industria de la electrónica como aislante. El IPCC lo considera el GEI más poderoso del mundo, con una capacidad de atrapar el calor 22.200 veces más que el CO_2 .
- Triclorofluorometano (CFC-11): este refrigerante provoca varios efectos negativos en el medio ambiente. Además de retener el calor 4.600 veces más que el CO_2 , reduce la capa de ozono de forma más rápida que cualquier otro refrigerante, sin olvidar el impacto ambiental del cloro (Muerza, 2009).

Tabla 2.1. Gases que producen el efecto invernadero. (Almerares D., Denti R. et al., 2006).

GAS	FUENTE EMISORA	TIEMPO DE VIDA	CONTRIBUCIÓN AL CALENTAMIENTO EN (%).
Dióxido de carbono (CO₂)	Combustibles fósiles, deforestación, destrucción de suelos	500 años	54
Metano (CH₄)	Ganado, biomasa, arrozales, escapes de gasolina, minería.	7 - 10 años	12
Oxido Nitroso (N₂O)	Combustibles fósiles, cultivos, deforestación.	140 - 190 años	6
Clorofluorocarbonos (CFC 11,12)	Refrigeración, aire acondicionado, aerosoles, espumas plásticas.	65 - 110 años	21
Ozono y otros	Fotoquímicos, automóviles, etc.	horas – días	8

2.2.2. EFECTOS DE LA ACUMULACIÓN DE GASES INVERNADERO

El clima en la Tierra depende de muchos factores: lluvia, luz solar, vientos, temperatura. Por es difícil definir exactamente qué efectos acarreará el Calentamiento Global. Sin embargo de acuerdo a las estimaciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático los cambios climáticos podrían llegar a ser muy severos según algunos de sus escenarios.

El planeta se calienta de forma innegable y este es el resultado en buena parte de actividades antropogénicas. Parte del calentamiento ya es inevitable y el nivel del mar seguirá subiendo durante más de un siglo incluso si mañana se eliminan las emisiones de gases de efecto invernadero, según el informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, en sus siglas en inglés). Se estima un aumento de la temperatura media global del aire en el año 2100 entre 1° C y 3.5°C. Un calentamiento de esta magnitud alteraría el clima en todo el mundo originando vientos más cálidos y secos. Otra consecuencia, es el aumento de las sequías: en algunos lugares disminuirá la cantidad de lluvias. En otros, en cambio las precipitaciones serán más intensas, provocando inundaciones. Una atmósfera más calurosa podría provocar que el hielo cerca de los polos se derritiera. La cantidad de agua derretida elevaría el nivel del mar. Esto provocaría en mayor o menor grado una serie de consecuencias, como un ascenso del nivel del mar por la fusión de hielos y glaciares (sobre todo en la Antártica), tormentas, inundaciones y sequías más intensas y frecuentes, así como cambios en la biota y en la productividad de alimentos (Intergubernamental Panel on Climate Change) en 1995); un aumento de sólo 60 centímetros podría inundar las tierras fértiles de Bangladesh, en India, de las cuales dependen cientos de miles de personas para obtener alimentos. Las tormentas tropicales podrían suceder con mayor frecuencia (Istalens I. 2011). Grandes serán los efectos negativos que tendremos en nuestro planeta si seguimos emitiendo este tipo de gases efecto invernadero.

2.2.3. EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

El principal gas de efecto invernadero que se emana en todo el mundo es el CO₂. A continuación se presenta en la tabla 2.2 las emisiones de CO₂ durante 2010.

Tabla 2.2 Emisiones de CO₂ en el mundo (WRI, 2011).

PAÍS	Volumen (t _{CO2})	Posición	Total de emisiones (%)	Volumen Per cápita. (t _{CO2})	Posición.
China	6,702.6	(1)	22.70%	5.1	(66)
Estados Unidos	5,826.7	(2)	19.73%	19.3	(7)
Unión Europea (27)	4,064.5	(3)	13.76%	8.2	(39)
Federación Rusa	1,626.3	(4)	5.51%	11.4	(18)
India	1,410.4	(5)	4.78%	1.3	(122)
Japón	1,270.1	(6)	4.30%	9.9	(25)
Alemania	817.2	(7)	2.77%	9.9	(26)
Canadá	583.9	(8)	1.98%	17.7	(9)
Reino Unido	530.2	(9)	1.80%	8.7	(34)
Corea del Sur	517.1	(10)	1.75%	10.7	(21)
Irán	512.1	(11)	1.73%	7.2	(47)
México	467.3	(12)	1.58%	4.4	(73)
Italia	461.3	(13)	1.56%	7.8	(43)

En la actualidad, México depende de los combustibles fósiles para hacer funcionar su economía, ya que representan una gran fuente de ingresos para operar al sector público; sin embargo las emisiones de GEI que se generan en el país han ido en aumento, lo cual refiere a que las políticas de cambio climático no tienen un efecto positivo. México no puede darse el lujo de declarar que su participación no es tan importante en el ataque al calentamiento global, porque es corresponsable de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y va a sufrir más cuando se agudice ese fenómeno. Mientras que en el año 2009 se decía que México contribuye con el 1.5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, poco más de 643 millones de toneladas de CO₂ equivalentes, y con ello ocupaba el lugar 12 entre los países con mayores emisiones a nivel mundial. (www.cronica.com.mx), es ahora en el año 2011 que Especialistas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) informaron que México emite al año 512 millones de toneladas de bióxido de carbono y otros contaminantes, lo que representa 2% de los gases invernadero que causan el calentamiento global.

2.2.4. CONSECUENCIAS DE LA EMISIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO EN MÉXICO

Es claro y cada vez más perceptible el cambio climático en México, aunque sabemos y tenemos claro que no depende solamente de la emisión de GEI, también de la incorrecta disposición de los residuos sólidos, de la deforestación, etc. En México el uso de energía fósil es la fuente principal de emisiones de GEI, con un 60.4% del total, seguida del manejo de desechos con 14.4%; uso de suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura 9.9%; procesos industriales 8.9%, y finalmente agricultura emitiendo el 6.4% del total. Dentro de la categoría de energía, es decir, del 60.4%, la industria de energía representa un 35% y el transporte un 34%. México se ubica en una zona especialmente expuesta a los impactos del cambio climático, con afectaciones tales como reducción del potencial agrícola; dificultades para suministro de agua a poblaciones e inundaciones en planicies costeras; incremento en

intensidad y frecuencia de huracanes, ciclones, granizadas y heladas; así como mayor incidencia de incendios y pérdida de biodiversidad. Durante los últimos años en el país se registró un incremento en la precipitación media anual en la zona noroeste; en la frecuencia y severidad de sequías en el centro-norte del país; así como en el número e intensidad de depresiones tropicales en el Caribe y Golfo de México. Es necesario pensar en acciones inmediatas ya que mientras mayor sea el tiempo que tomemos en reducir la emisión de GEI mayor será el problema a resolver, la normatividad en México, por otra parte, debería obligar a tener un proyecto o plan de reducción de emisión de GEI. Se deberían incrementar los proyectos sustentables e incrementar las aéreas verdes. Una alternativa es la instalación de azoteas naturadas.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA IDEA DE UNA AZOTEA NATURADA

La creciente preocupación por el medio ambiente favorece que cada día se recurra a nuevas fórmulas, para mitigar los niveles de contaminación presentes en muchas ciudades. Teniendo en cuenta que las viviendas contribuyen de manera considerable en las emisiones a la atmósfera de CO₂, se plantea la necesidad de trabajar en la línea de hacer frente de manera eficiente a este problema.

En los últimos años, en algunos países es cada vez más frecuente lo que se conoce como azoteas naturadas o techos verdes, es decir, el techo de un edificio o vivienda parcial o totalmente cubierto de vegetación, ya sea en suelo o en un medio de cultivo apropiado. "Techos verdes", "naturación de azoteas" o "Green roofs" básicamente se refieren a tener un jardín en el techo o terraza de su inmueble. Es un sistema que permite cultivar sobre una losa cualquier tipo de vegetación; desde pasto hasta un árbol. Tener un techo verde en su hogar o lugar de trabajo tiene grandes beneficios medio ambientales, de salud y económicos (Kenji, 2009).

Se puede decir que la vegetación en el techo del edificio reemplaza a la que fue destruida para construirlo. Debido al aporte al medio ambiente que les rodea, y al ahorro energético que le brindan al edificio, los techos vegetales son un elemento importante a la hora de diseñar y construir Arquitectura sostenible.

El diseño y la instalación de un techo vegetal incorpora tanto los conocimientos y elementos tradicionales de un techo regular como los conocimientos y elementos propios del paisajismo, originando así un conocimiento específico y una tecnología propia.

Su diseño e instalación son únicos para cada caso, y variara dependiendo principalmente de la región, el clima, y el tipo de edificio; y pueden variar desde una simple capa de césped hasta elaborados jardines.

Las azoteas naturadas además de influir en el mejoramiento del clima de la ciudad, también optimizan la aislación térmica, el almacenamiento de calor del edificio, y su aislación acústica. Además son considerados, a largo plazo, más económicos que las cubiertas convencionales

2.4. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LAS AZOTEAS NATURADAS

En el año 600 A. de C. Nabuconodosor II, rey de Caldea, hizo construir una serie de terrazas ajardinadas sobre una superficie de 19.600 m², mejor conocidos como los Jardines colgantes de Babilonia. Sobre la más alta de las terrazas se situaba un depósito de agua desde el que se nutría un genial y complejo sistema de irrigación. El Antiguo Testamento menciona que alrededor del año 500 A. de C. los humildes vivían en hogares con techos naturados (Reyes 19:26). Los vikingos alrededor del 1000 D.C en Islandia construyeron una granja que aún conserva partes de su "turf roof" o techo de césped. Las azoteas naturadas son conocidas desde hace siglos en los climas fríos de Islandia. Las azoteas naturadas tienen un efecto térmico, en climas fríos, "calientan", puesto que almacenan el calor de los ambientes interiores y en los climas cálidos "enfrian", ya que mantienen aislados los

espacios interiores de las altas temperaturas del exterior. En estos techos, la vegetación junto con la capa de tierra moderan extraordinariamente las variaciones de temperatura en los ambientes de la vivienda. De un modo natural el calor acumulado no sólo se almacena sino que también se absorbe. La eficacia de la acumulación de calor y la capacidad de aislación térmica de un techo de panes de césped es fácilmente comprobable en la tradicional casa de terrones de turba de Islandia, recubierta de ese modo. Esta es habitada también en invierno sin calefacción artificial, de modo que sólo el calor humano es suficiente para lograr una confortable temperatura ambiente. (Minke, 2004). Estas evidencias muestran que estos sistemas de techos verdes se empezaron a utilizar como un método para la protección del frío.

Más tarde los colonos de los principios del siglo XIX en Canadá y en Norte de Estados Unidos se introdujeron los techos de hierba (Velazquez, 2005). En la construcción de la Villa Saboya en 1929, Le Corbusier aplicó su concepto “cubierta-jardín” y generó su versión moderna de jardines colgantes, tres y medio metros elevados del suelo, donde se pudiera observar el bello paisaje (Villalba, 2009).

2.5. SURGIMIENTO DE LAS AZOTEAS NATURADAS MODERNAS

Las azoteas naturadas modernas surgen a finales del siglo XIX, de acuerdo con Earth Pledge (Organización para la aceleración de prácticas sustentables), en esta época hubo un gran auge por la vivienda barata y masiva en Berlín, les llamaban “barracas en renta o *Mitskasernen*” las cuales tenían el sistema de impermeabilizado con el alquitrán más barato del mercado, el cual era altamente flamable. Para reducir el riesgo de incendio el experto H. Koch decidió cubrir el techo con arena y grava, lo cual se convirtió en el terreno perfecto para el crecimiento de plantas provocado por semillas traídas accidentalmente por el viento. Es pues de esta manera que “nacieron” las Azoteas Verdes Modernas.

Durante la segunda guerra mundial resurgen los techos verdes en Alemania, con la intención de ocultar edificios y casas ante el ataque o bombardeo de aviones. El primer

sistema implementado se le conoce como naturalización directa que consiste en colocar un impermeabilizante especial para evitar que las casas se llegaran a ver afectados por la humedad debido a la colocación de tierra, sustratos y plantas directamente en el techo. Reinhard Bornkamm referido como “el padre de las Azoteas Verdes modernas” publicó su estudio sobre los techos de los “*Meitskasernen*” como hábitats biodiversos y resistentes a la humedad en 1960. En Octubre de 1973, la OPEC (Organización de Países Exportadores de Petróleo) declara un embargo petrolero al mundo debido a la ayuda financiera de los Estados Unidos al gobierno Israelí en la Guerra de Yom Kippur. La crisis de combustible generó el interés genuino en los temas de sustentabilidad y diseño para la conservación de energía. Así, la industria de las Azoteas Verdes nace en Alemania (Villalba, 2009), Hundertwasse (1928-2000) proclamó la reconciliación de la humanidad con la naturaleza, la libertad y la individualización de la vivienda a través de su manejo de espirales, Techos Reforestados y Espontaneidad Vegetal.

La primera ciudad en otorgar beneficios fiscales fue Stuttgart, Alemania desde 1980, y actualmente cerca del 45% de las ciudades de Alemania otorga algún beneficio fiscal, obligando a las nuevas construcciones que ocupan demasiado espacio a colocar un techo verde. Actualmente hay en Alemania 15 millones de m² de azoteas verdes lo que representa 1 de cada 10 casas.

En Estados Unidos, la Ciudad de Illinois de Chicago ocupa el primer lugar en techos naturalizados, y ha sido una de las principales lugares que han innovado en la implementación de azoteas verdes al crear el sistema de naturalización indirecto que consiste en colocar “módulos” que no están en contacto con la azotea, un sistema de membranas especiales que evitan la humedad y el crecimiento de raíces y un bajo peso que permite colocar este sistema en casi cualquier sitio.

En Canadá las ciudades de Toronto, Vancouver y Montreal destacan por su sistema de azoteas verdes. En América Latina la ciudad de México destaca por ocupar el primer lugar de techos naturalizados, destacando distintos edificios públicos, gubernamentales y privados. Se tiene una iniciativa que pudiera bajar el predial de un 15 a 25% (Zona verde, 2011)

2.6. VENTAJAS DE LAS AZOTEAS NATURALIZADAS

La perspectiva de que el ver más áreas ajardinadas, y vegetación en una ciudad provoca satisfacción visual que por sí sola las hace un agradable elemento arquitectónico que debiera contemplarse en todo desarrollo urbano, sin embargo los techos verdes ofrecen muchas otras ventajas, entre ellas:

Sirven como amortiguadores de sonido

Conforman un aislante térmico que aísla la terraza o balcón del calor, e impide que se genere el conocido “Isla térmica”

Capturan y retardan el escurrimiento de aguas de lluvia

Traen nuevamente vegetación a zonas urbanas

Prolongan la vida de materiales de techo y paredes

Disminuyen las superficies pavimentadas

Producen oxígeno y absorben CO₂

Filtran las partículas de polvo y suciedad del aire y absorben las partículas nocivas

Evitan el recalentamiento de los techos y con ello disminuyen los remolinos de polvo

Reducen las variaciones de temperatura del ciclo día - noche

Disminuyen las variaciones de humedad en el aire

Tienen una larga vida útil si es correcta su ejecución

Protegen de los intensos rayos solares del verano a las habitaciones ubicadas bajo el techo,

Pueden funcionar como incombustibles

Las hierbas silvestres en el techo verde generan aromas agradables

Dan alojamiento a insectos y escarabajos

Son estéticos e influyen positivamente en el buen estado de ánimo de las personas

2.6.1. VENTAJAS TÉCNICAS

PRODUCCIÓN DE OXÍGENO, CONSUMO DE DIÓXIDO DE CARBONO

El fundamento principal en este tema es la producción de oxígeno que realizarán las plantas colocadas una azotea naturada a partir del consumo de dióxido de carbono de la misma planta por medio del proceso de fotosíntesis.

La vegetación de la azotea naturada toma, como todas las plantas, CO_2 del aire y libera oxígeno. Esto sucede en el proceso de fotosíntesis, en el que 6 moléculas de CO_2 y 6 moléculas de H_2O , mediante un consumo de energía de 2,83 kJ, producen 1 molécula de glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) y 6 moléculas de O_2 . En el proceso de la respiración se produce CO_2 y se consume O_2 . Sin embargo solamente de 1/5 a 1/3 de las sustancias ganadas por la fotosíntesis son consumidas nuevamente. Mientras las hojas verdes sobre el techo aumenten, se generará oxígeno y se consumirá CO_2 . Si existe un equilibrio entre el crecimiento y muerte de partes de las plantas, siempre existiría la ventaja de que se extraiga CO_2 del aire y sea utilizado para el crecimiento de las plantas.

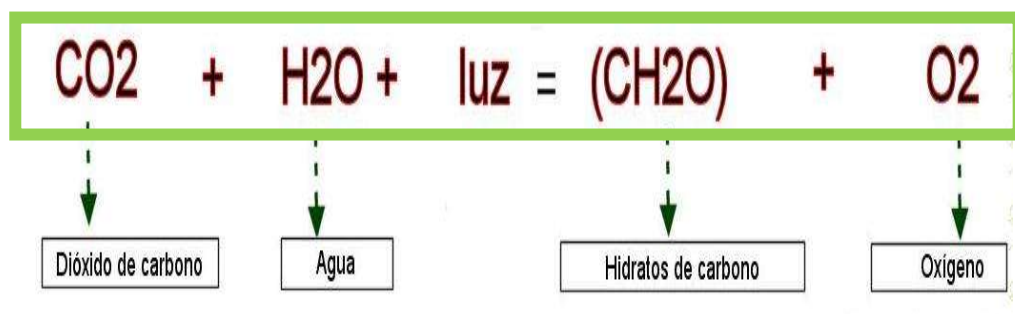


Figura 2.1 Proceso de fotosíntesis. (botanical, 2011)

LIMPIEZA DEL AIRE

Las plantas pueden filtrar polvo y partículas de suciedad. Estas quedan adheridas a la superficie de las hojas y son arrastradas después por la lluvia hacia el suelo. A su vez las plantas pueden absorber partículas nocivas que se presentan en forma de gas y aerosoles. (Minke, 2004). Investigaciones de Bartfelder demostraron, que en los barrios céntricos de las ciudades, altamente contaminados, también los metales pesados son captados por las hojas (Bartfelder y Köhler, 1986). Mediciones sobre una calle federal suiza dieron como resultado que un seto de 1m de alto y 0,75m de ancho reduce un 50%, a través de su efecto de filtro, la contaminación por plomo de la vegetación ubicada detrás de él (Lótsch, 1981).

Las plantas del mundo consumen anualmente unos 123.000 millones de toneladas de dióxido de carbono, según determinó Christian Beer del Instituto Max Planck para bioquímica en Jena. El experto analizó junto a científicos de diez países la llamada producción bruta primaria del planeta, es decir, la cantidad total de dióxido de carbono que absorbe la vegetación terrestre por fotosíntesis. El resultado del estudio, publicado en "Science", permite trazar conclusiones acerca de cómo el cambio climático podría modificar en el futuro el ciclo del dióxido de carbono. La mayor parte del dióxido de carbono, es decir, un tercio (34%) es absorbido por las plantas en los bosques tropicales. Las sabanas representan un cuarto (26%) de la absorción global, aunque estas regiones son el doble de grandes que los bosques tropicales.

REDUCCIÓN DEL REMOLINO DE POLVO

Este fenómeno es provocado por el calentamiento de la superficie del techo, ya que al incrementar la temperatura incrementa también el movimiento del aire caliente que esta emanándose de dicha superficie, es entonces el motivo por el cual la colocación de una capa de vegetación que permitirá que la superficie se caliente a menor grado es prudente y

eficaz. Algunos estudios en Europa Central han mostrado que un techo plano aislado térmicamente, cubierto con grava y no protegido por plantas, llega a los 60°C con una temperatura del aire de 25°C en un día de verano, y en circunstancias extremas llega hasta los 80°C . Esto produce sobre los techos un movimiento de aire ascendente ("térmica"), que para una gran superficie techada de 100 m² puede alcanzar 0,5 m/s (Robinette, 1972).

También hace que las partículas de suciedad y polvo depositadas sobre calles, plazas y patios, nuevamente sean impulsadas a la atmosfera y se formen capas de gases, humos y suciedad sobre los ámbitos residenciales. Mediante techos enjardinados se puede reducir en gran proporción este movimiento del aire, porque sobre áreas verdes no surge ninguna "térmica", ya que al rayo del sol la temperatura en el colchón de pasto es permanentemente inferior a la temperatura del aire (Minke, 2004).

REGULACIÓN DE TEMPERATURA

En el proceso de evapotranspiración las plantas usan la energía calórica de los alrededores para evaporar agua, esto trae como consecuencia que las plantas sean capaces de enfriar las ciudades durante los meses del verano. Un metro cuadrado de plantas con follaje puede evaporar más de ½ litro de agua en un día caliente, y hasta 700 lts anualmente. (arqmonia.blogspot.com/2009/02/los-techos-verdes.html)

Es por medio de la evaporación de agua, la fotosíntesis y la capacidad de almacenar calor de su propia agua, que la planta extrae el calor de su ambiente. Este efecto de enfriamiento, que se hace perceptible fundamentalmente en los días cálidos de verano, puede demandarle el 90% de la energía solar consumida. Con la evaporación de un litro de agua son consumidos casi 2.2 mJ (530 kcal) de energía. La condensación del vapor de agua en la atmósfera, pasa a formar nubes, donde la misma cantidad de energía calórica es liberada nuevamente. Lo mismo sucede cuando por la noche se condensa la humedad en las plantas. La formación del rocío matinal en fachadas y techos verdes trae aparejada una

recuperación del calor. Por lo tanto, las plantas solas pueden a través de la evaporación y la condensación de agua, reducir las oscilaciones de temperatura (Minke, 2004).

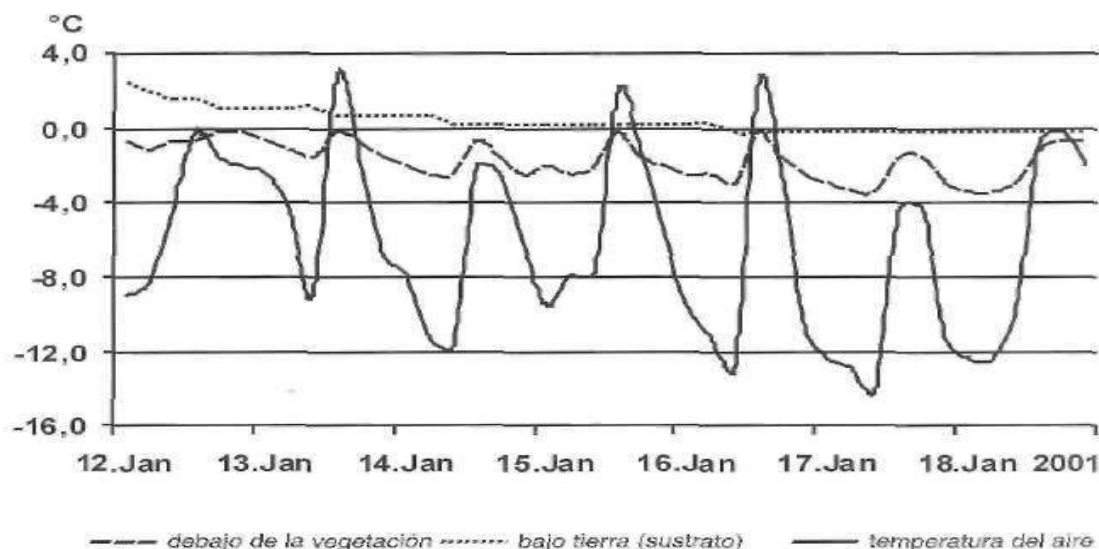


Figura 2.2. Temperaturas en un techo verde con un sustrato de 16 cm, medidas durante una semana de invierno. Kassel ,Alemania, 1991 (Minke, 2004).

Existen algunas teorías en donde las mediciones de la temperatura global están relacionándose fuertemente con el *Efecto Isla-Calor* en las ciudades, el cual se genera a partir de “la mayor radiación de las superficies, la mayor emisión de calor, la masa térmica de los edificios, la reducción en la evapo-transpiración de los suelos en las ciudades y un patrón de convección (transferencia de calor) inusual” (Minke, 2004).

Al leer lo anterior sería increíble imaginar toda una ciudad llena de techos verde con una vista preciosa y teniendo en la gran mayoría de ella una temperatura regulada, esto me hace pensar que un solo techo enjardinado para esta causa de reducción de temperatura de poco sirve, sin lugar a dudas es la concentración de varios techos verdes lo que puede hacer la diferencia.

EFFECTO DE AISLACIÓN TÉRMICA

Aislamiento térmico es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción. Se evalúa por la resistencia térmica que tienen. El aislamiento térmico de un edificio es tan importante en invierno como en verano, ya que en la temporada estival aparece el problema del enorme consumo de energía eléctrica que requieren los equipos de aire acondicionado. El elevado consumo de energía en las ciudades agudiza el agotamiento de los recursos energéticos y el incremento de las emisiones causantes del efecto invernadero (aislar bien, 2011). Los colchones de plantas sobre los techos tienen un alto efecto de aislación térmica, sobre todo debido a los siguientes fenómenos:

- El colchón de aire encerrado hace el efecto de una capa de aislante térmico.
- Una parte de la radiación calórica de onda larga emitida por el edificio es reflejada por las hojas y otra parte absorbida. Es así que disminuye la pérdida de radiación de calor del edificio.
- Una densa vegetación impide que el viento llegue a la superficie del sustrato.

Como ahí casi no existe movimiento de aire, la pérdida de calor por efecto de viento se acerca a cero. Ya que en edificios viejos aislados, sin protección térmica mejorada, la pérdida de calor por convección (en particular por el viento) puede ser mayor al 50%, una densa capa de plantas lograría en estos casos el más eficaz ahorro de energía.

- De mañana temprano, cuando la temperatura exterior es más baja, y por lo tanto la diferencia de temperatura y la pérdida de calor de los ambientes calientes hacia afuera es mayor, se forma rocío en la vegetación. La formación de rocío aumenta la temperatura en la capa de vegetación (porque en la condensación de 1 g de agua se liberan aproximadamente 530 calorías de calor). De modo que a través de esto la pérdida de calor transmitida nuevamente se reduce.

En zonas de climas fríos, en las que en invierno la tierra se congela, se produce una ventaja adicional: para la transformación de un gramo de agua a hielo se liberan aproximadamente 80 calorías, sin que la temperatura baje (Minke, 2004).

AISLACIÓN ACÚSTICA

Las plantas reducen el ruido mediante la absorción (transformación de la energía sonora en energía de movimiento y calórica), reflexión y deflexión (dispersión). En los techos verdes, en general, no es decisivo el efecto de absorción acústica de las plantas, sino del sustrato sobre el cual las plantas crecen.

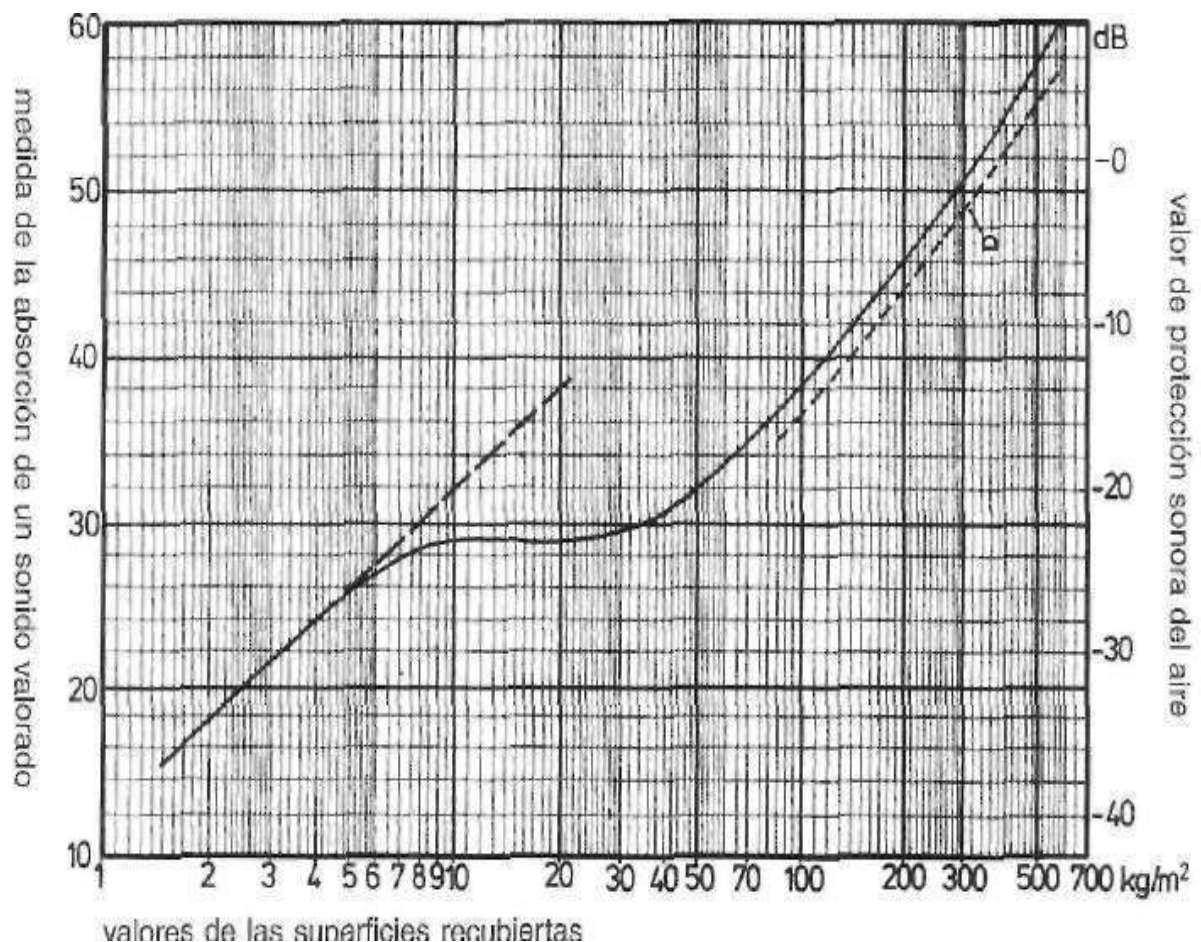


Figura 2.3. Dependencia de la aislación acústica del aire (Gosele y Schüle, 1983).

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DEL AGUA

Para plantar y mantener vida sobre los techos de una edificación de modo que sea ecológica, más sustentable, hace falta el vital elemento, agua. La retención de agua en la base de la plantación es imprescindible de modo que la superficie plantada actúe como una esponja natural y mantenga los excesos de agua por un tiempo para seguir brindando a las plantas la posibilidad de llegar hasta la próxima lluvia. (arquitecturadecasas.blogspot.com/2010/10/techos-verdes-retencion-de-agua.html). Una azotea naturada con 20 cm de sustrato de tierra y arcilla expandida puede, según Dürr (1995, pág. 39), almacenar 90 mm de agua (90 L/m^2). Por su poder de retención de agua, los techos verdes llevan a la disminución de los "altos picos de agua". Según la norma alemana DIN 1986, parte 2, el coeficiente de desagüe de aguas pluviales para superficies techadas enjardinadas con un mínimo de 10 cm de espesor, es de 0.3. Esto significa, que sólo el 30% de la lluvia caída desagua y el 70% queda retenida en el techo verde o se evapora. Para techos comunes con más de 30° de inclinación debe, sin embargo, contarse con un desagüe de pluviales del 100%. 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 (Minke, 2004). El agua de lluvia es almacenada en el medio de crecimiento, de donde es absorbida por las plantas y luego devuelta a la atmósfera mediante el proceso de evaporación y transpiración. En verano, dependiendo del tipo de plantas y medio creciente, un techo vegetal puede llegar a retener del 70% al 80% de la precipitación que cae sobre él. Pero no solo reducen el volumen de agua de lluvia que se derrama desde el techo, sino que también retardan el momento en que esto ocurre, debido al tiempo que demora el medio creciente en saturarse. Esto conduce a una disminución de la cantidad de agua que llega a los sistemas de desagüe en los momentos pico.

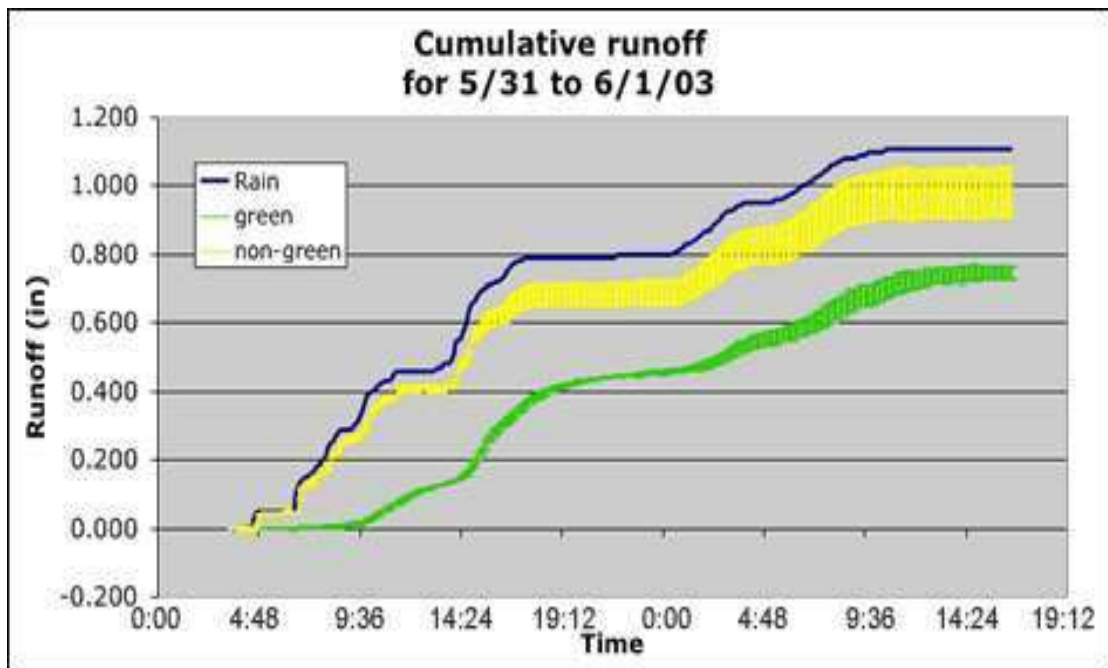


Figura 2.4. Escurrimiento de agua de lluvia.

(Zona verde, 2011).



Figura 2.5. Calidad del agua escurrida

(Zona verde, 2011).

2.6.2. VENTAJAS RELATIVAS A LA SALUD

Estudios psicológicos han demostrado el efecto restaurador que tiene una vista natural, ya que atrapa la atención de aquellos que la están viendo, alejándolos de sus problemas y preocupaciones; lo cual se traduce en un aporte a la salud. Otros estudios han demostrado que las actividades recreativas en ambientes naturales, como parques y jardines, ayudan a la gente a enfrentar el stress, y promueven actividades relajantes. Se sabe que las personas que viven en áreas altamente desarrolladas son menos susceptibles a las enfermedades si tienen un balcón o una terraza ajardinada. Esto sucede, en parte, debido al oxígeno adicional, a la filtración del aire y al control de la humedad que suministran las plantas, pero también a los beneficios terapéuticos que resultan del hecho de cuidarlas. También se cree que la variedad de olores, sonidos, colores y movimientos suministrados por las plantas pueden influir positivamente en la salud humana. La vista del verde previene los estados depresivos y aumenta el rendimiento. Una pradera de pasto silvestre sobre el techo oscila con el viento y los movimientos ondulantes percibidos ópticamente actúan tranquilizando a las personas estresadas y estimulando a las cansadas. Un techo verde vive y anima a aquel que lo mira (Minke, 2004).

2.6.3. VENTAJAS Y BENEFICIOS ECONÓMICOS

Desde el punto de vista económico las azoteas naturadas reducen la necesidad de aislamiento en los edificios

- Al retener el agua de lluvia reducen el uso de los sistemas de alcantarillados, disminuyendo su mantenimiento y prolongando su vida útil
- Disminuyen los gastos de energía en los sistemas de enfriamiento y calentamiento del edificio, lo que conlleva a un ahorro en los gastos en esos rubros, tanto en el tamaño de

los equipos a utilizar, como en las facturas de electricidad o combustible que se pagan mensualmente

- Disminuyen la cantidad necesaria de aislamiento térmica tradicional, lo que conduce a un ahorro económico

- Al prolongarse la vida útil de la impermeabilización, se produce un ahorro en los gastos de reemplazo.

- Los fines de semana después de trabajar toda la semana, el estrés se presenta de manera recurrente, por lo general se busca un escape de lo cotidiano y se opta por ir a un lugar relajante donde se coma, se juegue, se hable, de una forma tranquila y despejada, esto implica un traslado un gasto en todos los servicios anteriores, que mejor que tener todo esto en nuestra azotea, esto implica un ahorro de dinero y tiempo.

CAPÍTULO 3. JUSTIFICACIÓN

En México, el desarrollo de construcciones sustentables debe concebirse como un medio eficaz de construcción amigable con el medio ambiente, que permite involucrar al individuo en la responsabilidad con su entorno. Los techos verdes Una alternativa ingeniosa y eficaz es la construcción de una azotea naturada ya que ofrece múltiples beneficios ambientales y socioeconómicos, por ejemplo: la captación de agua pluvial para su reutilización, reducción en la utilización de energía eléctrica mediante la disminución del uso de sistemas de aire acondicionado y calefacción, purificación del aire que respiramos, reducción del efecto isla de calor mediante la regulación de temperatura, aislación térmica y acústica, el aumento en la plusvalía de la edificación, el mejoramiento del estado de ánimo de las personas al estar en contacto con la naturaleza, entre otras.

En Morelia no se construyen azoteas naturadas, posiblemente debido a la falta de información acerca de este tipo de sistemas sustentables. Sin embargo la ciudad crece día a día y eleva sus niveles de contaminación. Cabe señalar que Morelia es una excelente zona para el desarrollo de esta tecnología sustentable por el clima que presenta, ya que la adaptabilidad de la vegetación es amplia y su mantenimiento sería mínimo.

En Morelia y en general en el Estado de Michoacán no se cuenta con una normatividad al respecto, lo cual representa una gran oportunidad para desarrollar iniciativas de ley que favorezcan este tipo de construcción sustentable.

Es por lo anterior, que esta tesis representa un primer paso para el desarrollo de una conciencia de responsabilidad con el medio ambiente, además de contribuir a la difusión de esta técnica, esperando que en un futuro cercano se pudieran presentar iniciativas de Ley que exijan o al menos fomenten la implementación construcciones sustentables que incluyan entre otros elementos el uso de azoteas naturadas.

CAPÍTULO 4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

- Analizar las características y los elementos constructivos de una azotea naturada, como una alternativa ecológica de edificación que se pueda implementar en la ciudad de Morelia.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- Estudiar y analizar las características y el proceso constructivo de una azotea naturada
- Difundir la técnica de construcción de azoteas verdes con objeto de que se puedan ir incorporando a las nuevas construcciones en la Ciudad de Morelia y lograr un desarrollo urbano más amigable con el medio ambiente.

CAPÍTULO 5. PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA AZOTEA NATURADA

Generalmente, el techo de una casa o edificio es una de las partes más olvidadas en el diseño arquitectónico, al diseñarlo sólo se piensa en que cumpla de forma adecuada sus funciones y la solución de posibles problemas técnicos dentro de su construcción, sin tomar en cuenta los múltiples beneficios que se puede tener al diseñarlo desde otro punto de vista o diseño. Un techo puede aportar más que sólo la cubierta de una edificación tanto estéticamente como técnico. Un ejemplo claro es la instalación de elementos vegetales vivos como parte integral del mismo techo.

Este tipo de sistema se define como techo verde o “azotea naturada”, se refiere al techo de un edificio que está parcial o totalmente cubierto de vegetación, ya sea en suelo o en un medio de cultivo apropiado. No se refiere a techos de color verde, como los de tejas de dicho color, ni tampoco a techos con jardines en macetas. Se refiere en cambio a tecnologías usadas en los techos para mejorar el hábitat o ahorrar consumo de energía, es decir tecnologías que cumplen una función ecológica (La enciclopedia libre, 2011).

El techo puede integrar cobertura vegetal principalmente, aunque el mismo también puede integrar una combinación de vegetación con tecnologías ecológicas, como por ejemplo, paneles solares y generadores de energía eólica, entre otras. Hay diferentes maneras de crear un techo verde, al igual que existe una gran variedad de vegetación que se puede incorporar. La idea principal, es que la cobertura vegetal aumente la capacidad de aislamiento térmico del techo, disminuyendo la radiación que se transfiere y refracta al interior de la estructura (Mi puerto rico verde, 2009).

5.1. CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL TIPO DE TECHO

Existen dos tipos principales de techos, extensivo e intensivo (también se denomina perfil bajo y perfil alto); de acuerdo a los requerimientos de mantenimiento. También se pueden combinar los dos diseños. En cada caso se deberá seleccionar el tipo de techo verde que resulte más apropiado (Velazquez, 2005). La clasificación anterior se realiza principalmente por la capacidad de carga que el techo presente, ya que en un techo extensivo no se recomienda el tránsito y en el intensivo se incluye este peso, pero existe la combinación de ambos techos los llamados semi-intensivos.

5.1.1. TECHOS EXTENSIVOS.

Los techos extensivos emplean menos acumulación de capas y estas capas son más delgadas por lo tanto los sistemas son más ligeros y menos costosos. Este tipo de techo lo determina el propietario que desea un techo ecológico limitado o sin acceso con fines de recreación. Las plantas destinadas a este tipo de techos deben ser tolerantes al calor, sequía, el viento y a las heladas. También deben ser auto regenerativo en la naturaleza y tiene bajos requisitos de mantenimiento general (Velazquez, 2005).

Los techos verdes extensivos sólo tienen entre 5 y 10 centímetros de espesor y sólo pueden tener ciertos tipos de plantas. En los últimos 50 años han sido muy usados y desarrollados en Europa, y recientemente los empezamos a ver en Latinoamérica (Un blog verde, 2011).

5.1.2. TECHOS INTENSIVOS

Las azoteas naturadas intensivas se pueden comparar a un jardín tradicional. En él se pueden incorporar un mayor número de plantas (como flores de arbusto, hortalizas en general e incluso árboles) esto debido a las profundidades del sustrato ya que puede ser diseñado tan profundo como sea el soporte de la carga de diseño del edificio.

Las profundidades comienzan en unos 6 centímetros hasta 4 metros. En este tipo de techo se diseñan sistemas de drenaje de alto costo para que el agua drene sin traba alguna. Permite la construcción de detalles arquitectónicos como cascadas, estanques, zonas de asientos, áreas de recreación donde la gente pueda interactuar con la naturaleza. De esta manera el espacio olvidado de una azotea se puede convertir en un área activa de convivencia y juego (Velazquez, 2005).

Las azoteas naturadas intensivas tienen una capa de tierra de aproximadamente 30cm y requieren de elementos estructurales muy sólidos para aguantar el peso del techo ecológico. Los techos verdes intensivos pueden tener una gran variedad de plantas y generalmente requieren de mucho mantenimiento. Debido a las características especiales que se necesitan para tenerlos y mantenerlos son menos comunes que los techos verdes extensivos (Un blog verde, 2011).

5.1.3. TECHOS SEMI-INTENSIVOS

Este tipo de techo involucra los 2 tipos anteriores el extensivo e intensivo, generalmente este tipo de techos se diferencia de los intensivos y de los extensivos por la diferencia en volúmenes de sustrato y el tipo de vegetación ya que en lo que respecta a la colocación de capas es similar al sistema extensivo solo cambia el peso que el techo recibirá, este tipo de techo debe de cumplir con ciertos límites de diseño que se describirán a continuación.

A continuación se hace una comparación de los diferentes tipos de azoteas naturadas que se diseñan e instalan en la actualidad. Las características básicas que se pueden tomar en cuenta serán principalmente de acuerdo al sistema estructural, a su costo, a su mantenimiento, el tipo de vegetación, el espacio que dese cubrir y el mantenimiento que requerirá.

Tabla 5.1. Comparativo de las características las azoteas naturadas (Villalba, 2009).

CRITERIO	EXTENSIVO	SEMI-INTENSIVO	INTENSIVO
Profundidad Sustrato	Menos de 15 cm* 10 a 15 cm**	15 cm* 10 a 30 cm**	Más de 15 cm* > 40 cm**
Accesibilidad*	Restringido	Parcial	Accesible
Altura de plantas**	5 a 50 cm	5 a 100 cm	5 a 400 cm
Carga Estructura	73 a 170 kg/m ² * 110 a 140 kg/m ² **	170 a 290 kg/m ² * 250 kg/m ² **	290 a 967 kg/m ² * > 250 kg/m ² **
Paleta vegetal**	Crasuláceas	Crasuláceas, pastos y arbustos	Crasuláceas, pastos, arbustos y árboles
Diversidad de paleta vegetal*	Baja	Mayor	Máxima
Costo*	Bajo	Varía	Alto
Mantenimiento*	Mínimo	Varía	Alto

* Características de acuerdo con GRHC (Green Roofs for Healthy Cities) de América del Norte.

** Características de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente del DF.

Se logra apreciar en la tabla 6.1 algunas diferencias en cuanto a los parámetros y claro también en cuanto a los criterios aplicados en Estados Unidos de Norte América y en el D.F. Se puede observar que en México se toman en cuenta menos criterios y quizá esto se deba a la falta de práctica de este tipo de construcciones en México.

5.1.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

El criterio de elección podría ser tan variable como el pensamiento y gusto y del propietario pero se debe tomar en cuenta muchos factores. Para fines de seleccionar que tipo de azotea naturada se desea colocar, se deben tomar en cuenta los criterios presentados en la tabla 5.1 en combinación con los expuestos en la figura 5.1.

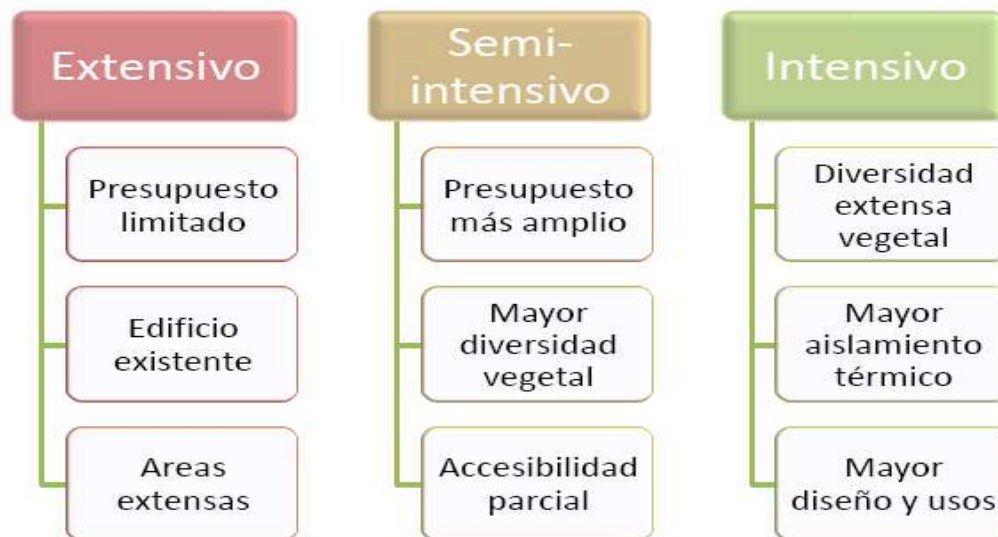


Figura 5.1. Criterios de para elección de un tipo de azotea naturada (Villalba, 2009).

En México son muy poco conocidos estos sistemas de techos verdes, generalmente las personas creen que tener macetas en la azoteas se considera una superficie jardinada pero no lo es, es por ello que es necesario comenzar poco a poco, empleando instalaciones que no repercutan demasiado en el bolsillo del usuario ya que al no conocer los beneficios físicamente es difícil convencer al usuario de invertir capital en este tipo de sistema ecológico, así que espero que este tipo de sistema vaya adquiriendo mayor auge al paso de los años.

5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DONDE SE UBICA EL PROYECTO EN ESTUDIO.

Debido a la poca difusión y empleo que se ha dado de este tipo de azoteas y al costo que implica su instalación se considera que el tipo más viable podría ser el semi-intensivo, razón por la cual se va a profundizar en el diseño e instalación de los componentes básicos de un sistema semi-intensivo planteado para la ciudad de Morelia, pero tomando en cuenta la Norma ambiental para el Distrito Federal PROY-NADF-013-RNAT-2007, que establece las especificaciones técnicas para la instalación de sistemas de naturación en el Distrito Federal. Previo a las características técnicas se definirán algunas características fisiográficas de la zona donde se ubica el proyecto.

El proyecto tomará en cuenta las características de la zona centro en la ciudad de Morelia, la cual se encuentra ubicada en el Estado de Michoacán. Localizada en el valle de Guayangareo, formado por un repliegue del eje neo-volcánico transversal, en la región Norte del Estado, en el centro-occidente del país, colindando con los estados de Colima, Jalisco, Guanajuato, Guerrero y Estado de México.

Localización Geográfica de la zona donde se instalará el proyecto:

En esta zona predomina el clima templado con humedad media, con régimen de precipitación que oscila entre 700 a 1000 mm de precipitación anual y lluvias invernales máximas de 5 mm.

La temperatura media anual (municipal) oscila entre 16,2 °C en la zona serrana del municipio y 18,7 °C en las zonas más bajas. Por otra parte, en la ciudad de Morelia se tiene una temperatura promedio anual de 17,6 °C, y la precipitación de 773,5 mm anuales, con un clima templado subhúmedo, con humedad media, (Cw1). Los vientos dominantes proceden del suroeste y noroeste, variables en julio y agosto con intensidades de 2,0 a 14,5 km/h (INEGI, 2011).

En esta tesis decidí tomar la zona de Morelia como estudio por varios factores, es una ciudad con un clima variado dependiendo la estación, es la capital del estado de Michoacán y por ende la que registra mayor población, la ciudad crece a pasos agigantados con oportunidades en la aplicación de este tipo de proyecto y por último es una ciudad donde se pueden obtener los materiales necesarios para la instalación de este tipo de sistema con facilidad por las poblaciones vecinas.

Tabla 5.2. Temperaturas y precipitaciones en Morelia. (INEGI, 2011)

Temperaturas y precipitaciones promedio en Morelia.				
Mes	Temp. Promedio Máx.	Temp. Prom. Mínimo.	Temp. Media	Precipitación
Enero	22 °C	6 °C	14 °C	1.8 mm
Febrero	24 °C	7 °C	16 °C	10 mm
Marzo	26 °C	9 °C	18 °C	10 mm
Abril	28 °C	12 °C	20 °C	10 mm
Mayo	28 °C	13 °C	21 °C	43 mm
Junio	27 °C	14 °C	20 °C	137 mm
Julio	24 °C	13 °C	18 °C	175 mm
Agosto	24 °C	13 °C	18 °C	163 mm
Septiembre	24 °C	13 °C	18 °C	119 mm
Octubre	24 °C	11 °C	17 °C	53 mm
Noviembre	23 °C	8 °C	16 °C	15 mm
Diciembre	22 °C	7 °C	15 °C	13 mm

Tabla 5.3. Tipos de climas en Morelia. (INEGI, 2011)

Climas en el municipio de Morelia.		
Clave	Descripción	% de la superficie municipal
ACw2	Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, mayor humedad	0.53
ACw1	Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, humedad media	0.99
C(w2):	Templado subhúmedo con lluvias en verano, mayor humedad	23.12
C(w1)	Templado subhúmedo con lluvias en verano, humedad media	75.36

5.3. INFORMACIÓN TÉCNICA REQUERIDA PARA INSTALACIÓN DE UNA AZOTEA NATURADA.

Antes de iniciar con la instalación de cualquier tipo de azotea naturada es necesario garantizar una correcta planeación y ejecución en el trabajo de naturación, es primordial conocer ampliamente las especificaciones de los elementos constructivos, el tipo de edificación, la zona y clima en donde se encuentra así como los requerimientos legales, para ello se debe considerar la siguiente información básica.

Es imprescindible comenzar con esta etapa, ya que en esta fase se estudian a grandes rasgos los datos de la edificación donde se desea instalar la azotea naturada, tomando en cuenta factores como la forma de la edificación la cual es importante ya que de esto dependerá las dimensiones de la zona naturada y su pendiente así como las dimensiones de los elementos prefabricados próximos a instalarse, la orientación y altura de la edificación ya que esto determinará la cantidad de radiación y el viento que recibe el techo, la calidad y ubicación de los elementos constructivos como desagües, coladeras, tuberías, entre otras, es importante también conocer la zona o región ya que el clima juega un papel primordial en cuanto a la temperatura y humedad.

Es por todo lo anterior que se describirán los pasos de un pre-diseño básico para la instalación de una azotea naturada. El orden de la siguiente información es la forma en que la Norma Técnica del D.F considera que se debe seguir.

5.3.1. CONSIDERACIONES DE CARGAS ESTRUCTURALES

Para el dimensionado de la construcción del techo hay que tomar en cuenta, como carga permanente, el peso total del techo, el sustrato en el estado de saturación de agua y también la carga de la vegetación. Durante la construcción del enjardinado del techo debe evitarse muy especialmente sobrepasar puntualmente la capacidad de carga admisible, ya

sea por transporte de pesos o por almacenaje de materiales sobre el mismo. Esto puede suceder, por ejemplo al repartir la carga sobre maderos, placas o similares (Minke, 2004). Para efectos del cálculo estructural, el peso de la naturación será considerado como una carga muerta y el valor a tomar deberá corresponder con el indicado en la tabla 5.1. Los valores indicados corresponden al peso propio de una naturación en estado saturado (a capacidad máxima de agua) y por ningún motivo podrán considerarse para el cálculo estructural los pesos de una naturación en seco (Secretaría del Medio Ambiente ,2008).

Como se mencionó anteriormente es fundamental el conocimiento del soporte estructural de la edificación en donde se pretenda instalar un techo verdes, dentro de lo más importante es recordar que para edificios ya construidos se tomaron en cuenta principalmente dos tipos de cargas, cargas muertas y cargas vivas a partir del conocimiento de ellas es como se llevo a cabo la construcción del edificio; lógico es pensar que cualquier peso adicional provocaría cierta inseguridad estructural, pero en la práctica y de acuerdo al conocimiento teórico se sabe que las edificaciones soportarán de un 20 a un 25 por ciento de carga adicional. Es necesario tener en claro los tipos de cargas que debemos cuidar y a que se refieren cada una de ellas, por lo que se hace una descripción:

Carga muerta: Se llama carga muerta al conjunto de acciones que se producen por el peso propio de la construcción; incluye el peso de la estructura misma y el de los elementos no estructurales, como los muros divisorios, los revestimientos de piso, muros y fachadas, la ventanería, las instalaciones y todos aquellos elementos que se conservan en posición fija en la construcción, de manera que gravitan en forma constante sobre la estructura. El cálculo de la Carga muerta es en general sencillo ya que solo requiere la determinación de los volúmenes de los distintos componentes de la construcción y su multiplicación por los pesos volumétricos de los materiales constructivos (Meli, 2008).

Carga viva: La carga viva es la que se debe a la operación y uso de la construcción. Incluye, por tanto, todo aquello que no tiene una posición fija y definitiva dentro de la misma y no puede considerarse como carga muerta. Entran así en la carga viva el peso y las cargas debidos a mueble, mercancías, equipos y personas. La carga viva es la principal acción variable que debe considerarse en el diseño (Meli, 2008).

Tomando en cuenta las consideraciones de las especificaciones técnicas del D.F nos dice que la naturación en una azotea debe de considerase como una carga muerta que corresponde al peso propio de la naturación es estado saturado es decir; a capacidad máxima de agua.

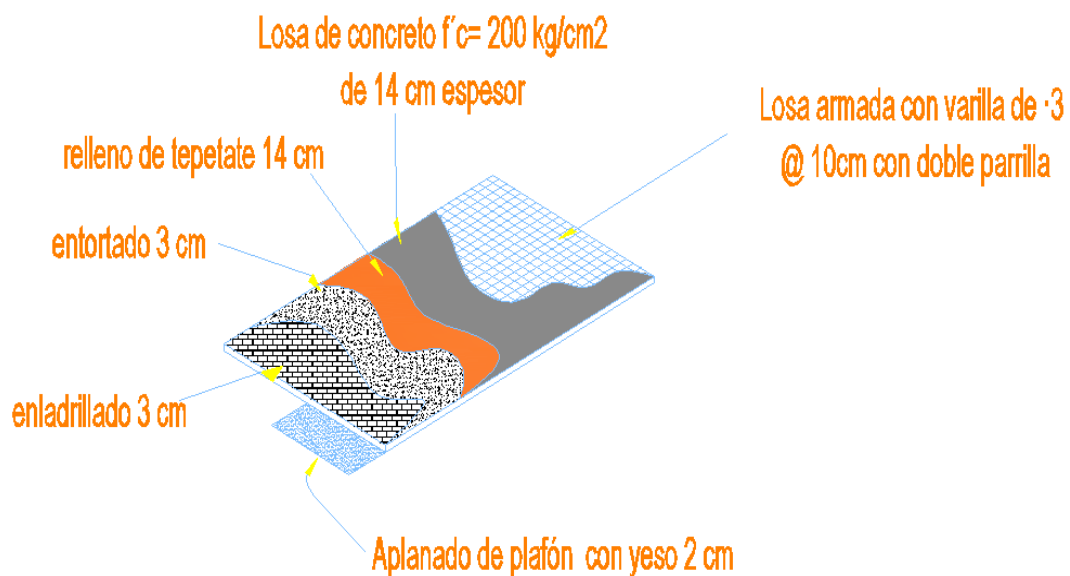


Figura 5.2. Elementos constructivos de la losa de azotea en estudio.

De acuerdo al anterior esquema en la colocación de de las capas de construcción en el techo logramos ver los relleno que tiene, cabe señalar que en el proyecto se empleo este concepto de capas para la elaboración de la losa por costumbre constructiva. Con estas capas la losa de azotea tiene un análisis de cargas el cual se presenta continuación pero

este mismo será modificado para que solo quede la losa de concreto y a partir de ahí iniciar con la colocación de capas destinadas en la construcción de una azotea verde.

El análisis de cargas basado en el esquema anterior es el siguiente:

ANÁLISIS DE CARGAS DEL EDIFICIO.

Las dimensiones del terreno a analizar son las siguientes:

Ancho: 25m

Largo: 30m

Área total: 750 m²

El espesor de la losa maciza será escogido con la siguiente fórmula: $e = \frac{\text{perimetro}}{180}$

El tablero más grande que se tiene es de 5.50*6.50

$$2(550*650)/180 = 13.33 \approx \underline{14\text{cm}}$$

$$e = \underline{14\text{cm}}$$

A continuación se analizan las cargas muertas y vivas de la losa de azotea con los espesores en los diferentes elementos que componen la losa.

CARGA MUERTA

Plafón de yeso: _____ $1500*0.02 = 30 \text{ kg/m}^2$

Losa de concreto: _____ $2400*0.14 = 336 \text{ kg/m}^2$

Relleno de tepetate: _____ $1600*0.14 = 224 \text{ kg/m}^2$

Entortado: _____ $2100*0.03 = 63 \text{ kg/m}^2$

Enladrillado: _____ $1600*0.03 = 48 \text{ kg/m}^2$

Peso adicional: _____ $= 40 \text{ kg/m}^2$

$$\underline{C.M = 741 \text{ kg/m}^2}$$

CARGA VIVA

En este caso como el edificio es para uso de oficinas según el reglamento de construcción del D.F:

$$\underline{C.V = 100 \text{ kg/m}^2}$$

De acuerdo a la anterior el peso total de la losa de azotea es:

$$W \text{ losa de azotea} = C.M + C.V$$

$$W \text{ losa de azotea} = 741 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\underline{W \text{ losa de azotea} = 841 \text{ kg/m}^2}$$

El peso de la losa de azotea calculado es el peso que se considera en el diseño del edificio sin tomar en cuenta que se le agregará un peso extra debido a la instalación de una azotea naturada. Es por lo anterior que decidí plantear una modificación en los elementos que componen la losa de azotea para de esta manera restar peso y cumplir con lo especificado en tabla 5.1 que especifica las cargas permisibles en una azotea naturada.

El análisis de cargas con el esquema modificado es el siguiente

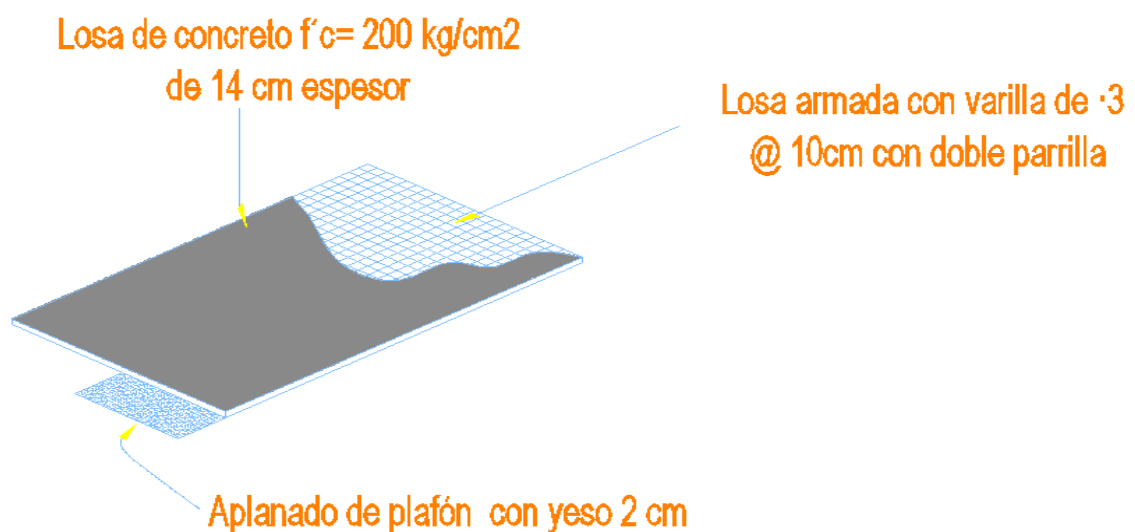


Figura 5.3. Elementos constructivos básicos de una losa.

A continuación se muestran los espesores con los diferentes elementos modificados que compondrán la losa.

CARGA MUERTA

Plafón de yeso: _____ $1500 \times 0.02 = 30 \text{ kg/m}^2$

Losa de concreto: _____ $2400 \times 0.14 = 336 \text{ kg/m}^2$

Peso adicional: _____ $= 40 \text{ kg/m}^2$

Se retirará:

Relleno de tepetate: _____ $1600 \times 0.14 = 224 \text{ kg/m}^2$

Entortado: _____ $2100 \times 0.03 = 63 \text{ kg/m}^2$

Enladrillado: _____ $1600 \times 0.03 = 48 \text{ kg/m}^2$

C.M = 406 kg/m^2

CARGA VIVA

En este caso como el edificio es para uso de oficinas según el reglamento de construcción:

C.V = 100 kg/m^2

W azotea = C.M + C.V

W azotea = $406 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2$

W azotea = 506 kg/m^2 (Sin considerar aún el peso de la naturación, teniendo un peso libre de 335 kg/m^2 para ser aprovechado en la colocación de la naturación).

Tabla 5.4 Diferencia de cargas, con el cambio de elementos en azotea.

Tipo de carga	Armado de losa original	Peso (kg/m ²)	Armado de losa modificado	Peso (kg/m ²)
Carga muerta	Plafón de yeso	30	Plafón de yeso	30
Carga muerta	Losa de concreto	336	Losa de concreto	336
Carga muerta	Relleno de tepetate	224	Se retirará	0
Carga muerta	Entortado	63	Se retirará	0
Carga muerta	Enladrillado	48	Se retirará	0
Carga adicional	Especificación	40	Se retirará	40
Carga viva		100		100
C.M +C.V		841		506

Diferencia de pesos entre el armado original y armado modificado:

$$841 \text{ kg/m}^2 - 506 \text{ kg/m}^2 = \underline{335 \text{ kg/ m}^2}$$

Al realizar el ajuste en los elementos de la losa de azotea nos queda un amplio margen de peso por aprovechar, y tomando en cuenta que las especificaciones técnicas de D.F señalan que una naturación con un sistema semi-intensivo requiere un peso libre de 250 kg/m², se aprovechará el peso disponible que resultó después del ajuste en la losa.

Peso disponible: 335 kg/ m²

Peso libre necesario para naturación: 250 kg/m².

5.3.2. ALTURA DE LA EDIFICACIÓN

La carga del viento y la radiación solar influyen sobre todo en la evaporación y tienen por lo tanto influencia en la elección de las plantas. Con la altura del techo sube la carga del viento y con ello también la evaporación en las plantas (Minke, 2004).

La altura del edificio en estudio se muestra a continuación.

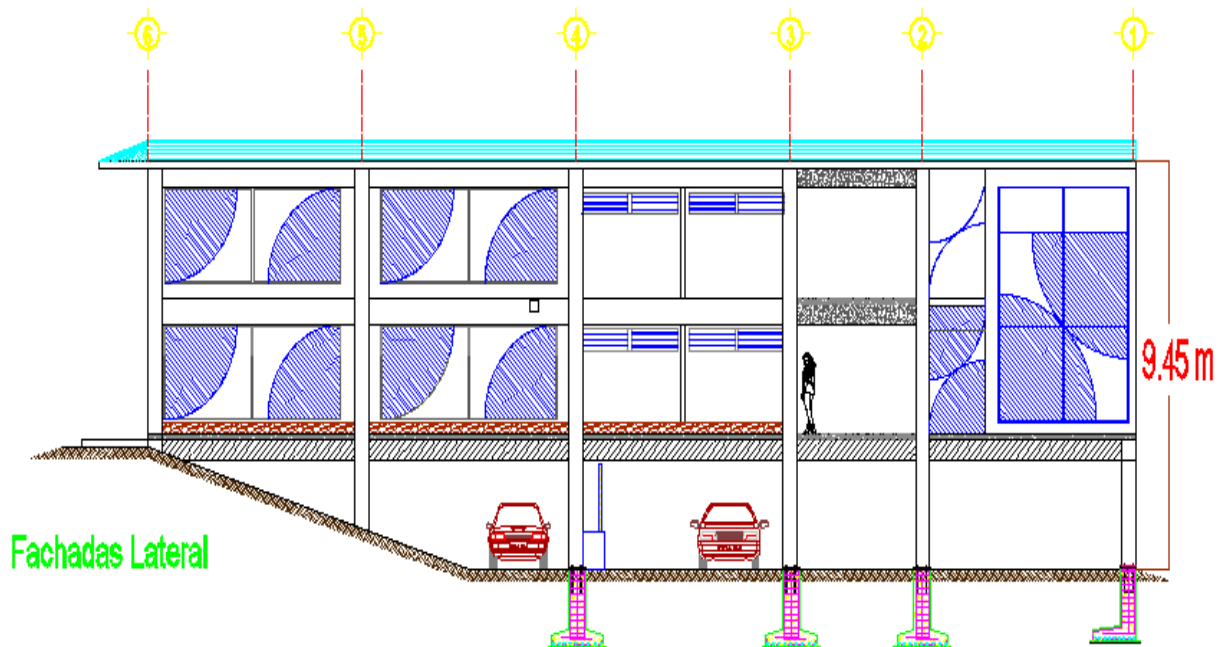


Figura 5.4. Fachada lateral del edificio en estudio (altura).

Altura del edificio: 9.45m

5.3.3. DIMENSIONES DE LA SUPERFICIE.

El área de techo por naturar está delimitada por el perímetro de la azotea sólo dejando libre la zona de los 2 tinacos.



Figura 5.5. Área total de azotea en la que se instalará la naturación.

Área a naturar: 369 m².

Perímetro: 100.4 m.

El área está delimitada por el perímetro de la azotea del edificio, se puede observar que existe una zona de tinacos la cual no será naturada para evitar la penetración del agua hacia esta zona se levantará un muro que divida el área a naturar y la zona de tinacos. En la zona a naturar solo se tomara en cuenta el peso del sistema de un techo verde semi-intensivo ya que la parte estética como colocación de muebles o piso de madera no se diseñara ya que el trabajo se presenta desde un punto de vista práctico constructivo enfocado a la acción ambiental.

5.3.4. PENDIENTE.

El soporte base de las cubiertas naturadas deberá tener una pendiente mínima del 2%. Para el caso de cubiertas inclinadas, con pendiente superior al 36% (20° aproximadamente) y menor al 58% (30° aproximadamente), se deberán implementar las protecciones adecuadas contra deslizamientos (Secretaría del Medio Ambiente ,2008).

Para pendientes de hasta 30° o sea del 5%, se habla de techos planos. Los techos verdes de 30° a 20° o respectivamente con un 5% hasta un 35% de pendiente, se denominan techos de leve pendiente y los techos verdes de 20° a 40° o sea con un 36% hasta un 84% de pendiente, se los califica como de fuerte pendiente. Para inclinaciones a partir de 40° es decir 84% de pendiente, se adoptó la calificación de techo empinado (Minke, 2004).

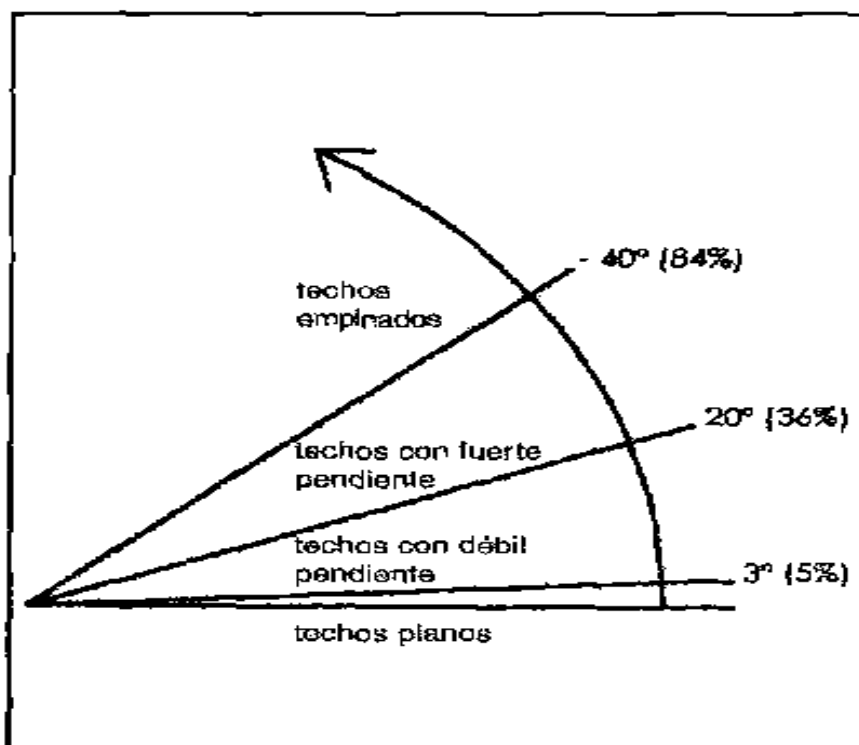


Figura 5.6. Clasificación del tipo de techo de acuerdo a su pendiente (Minke, 2004).

PENDIENTE DEL PROYECTO

De acuerdo a la clasificación del tipo de techo del autor Gernot Minke a causa de la pendiente, en este caso se trata de un techo el cual se encuentra en el límite entre un techo plano y un techo de débil pendiente.

En lo que respecta a lo que nos dice la Norma Técnica del D.F, el mínimo es un 2% y el proyecto presenta un 5% con lo cual satisface dicha condición. La pendiente del 5 % la tiene la azotea en el diseño de la losa es y los materiales que están por encima de la losa no influyen en la pendiente ya que fueron colocados para la protección de la losa y no para modificar la pendiente por el tepetate, el entortado y el tabique que se encuentra colocado para la terminación de la azotea fueron retirados en beneficio del cálculo estructural el cual como se explicó anteriormente.

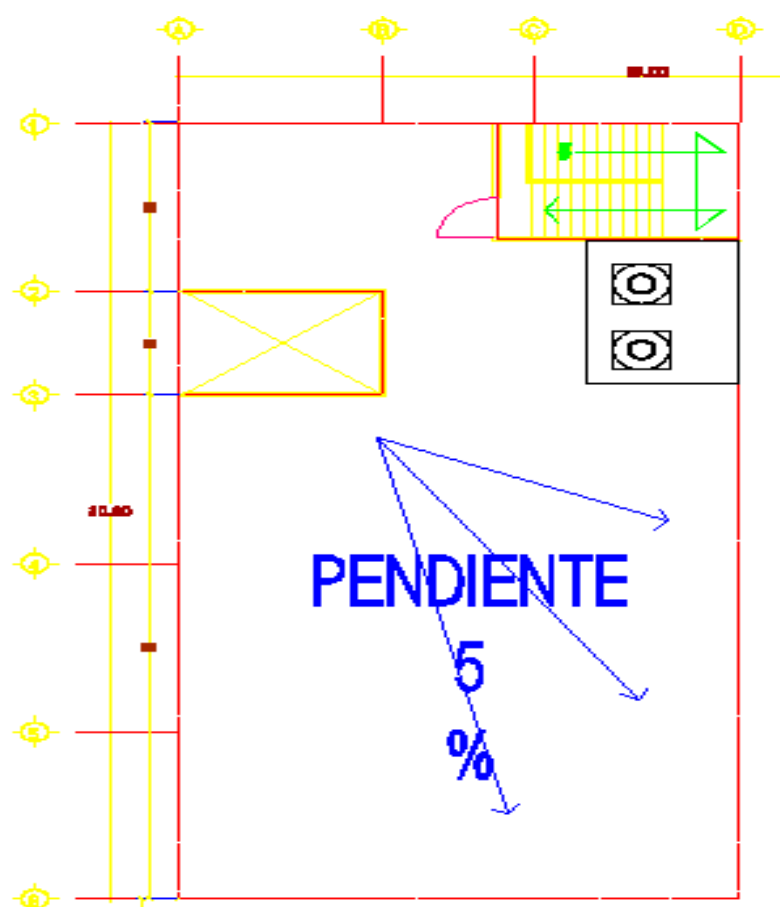


Figura 5.7. Pendiente de la azotea.

Cabe mencionar que en un techo plano existe el riesgo de estancamiento de agua y por consecuencia la pudrición de raíces de la vegetación ahí colocada, en este proyecto al estar al límite entre las dos clasificaciones ya mencionadas se recuerda “A los techos con inclinaciones entre 3° y 20° (5% y 36%) se los denomina como de leve inclinación (Minke, 2004).

La pendiente del techo posibilita una fácil y muy económica construcción del techo verde. Los techos se pueden ejecutar como "techos de una sola capa". Para esto se le debería agregar al sustrato partículas de grano grueso mejor si son de material mineral poroso, como por ejemplo piedra pómez, escoria, pizarra expandida o arcilla expandida. Además, estas partículas tienen los siguientes efectos positivos: reducen el peso del sustrato, aumentan su efecto de aislación térmica, facilitan la respiración de las raíces y, a causa de su valor de pH, hacen efecto de tope contra la lluvia acida” (Minke, 2004)

A los techos con inclinaciones entre 3° y 20° (5% y 36%) se los denomina como de leve inclinación. La pendiente del techo posibilita una fácil y muy económica construcción del techo verde. Los techos se pueden ejecutar como "techos de una sola capa", es decir, no va a ser necesaria ninguna capa de drenaje separada a través de un fieltro. El sustrato tiene al mismo tiempo el efecto de almacenar agua y el de desviar el agua (Minke, 2004).

En este caso la pendiente es de 5% pero lo consideraré como techo plano por seguridad ya que de esta manera se colocarán las capas necesarias para un techo que corre el riesgo de estancamiento.

5.3.5. UBICACIÓN DE LOS ACCESOS A LA AZOTEA

Es importante tener definida la ubicación de acceso a la azotea para determinar el tipo y forma de transporte de los materiales que se utilizaran en la construcción del techo verde, en este caso el acceso único es mediante escaleras de dos tramos (subida y bajada), ubicada en una de las esquinas del edificio cercas de la zona de tinacos y en la parte alta de acuerdo a la pendiente, acceso a la azotea es mediante una puerta.

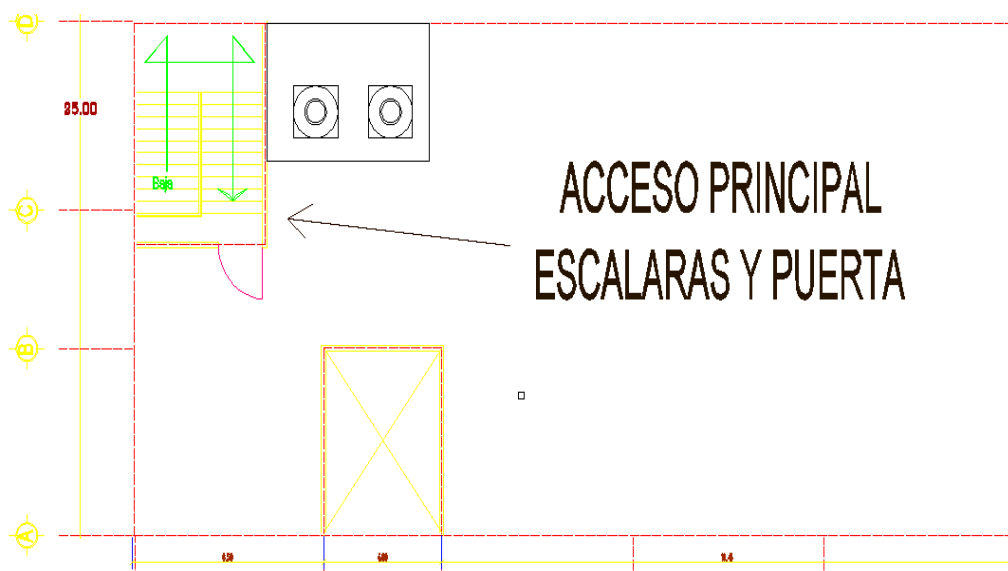


Figura 5.8. Accesos principales hacia la azotea.

5.3.6. TOMAS DE AGUA PARA RIEGO

Las tomas de agua se pueden ubicar de 2 maneras dependiendo del diseñador o del usuario, en muchas casas con orientación ecológica se coloca una cisterna enterrada en el suelo la cual recolecta el agua de lluvia que recibe el techo verde y por medio de una bomba se recircula hacia el sistema de riego instalado en la azotea. Otra manera es simplemente tener la conexión del agua muy cerca de la azotea. En este proyecto existen dos tinacos ubicados en una de las esquinas del edificio, por lo tanto se puede colocar una válvula para la distribución del agua para riego ya que está muy cerca de la zona a naturar y es poco el material que se invertirá el sistema de riego tomando esta opción ya que la cercanía reduce los costos de conducción. El sistema de riego que se instalará se describirá más adelante ya que se deben de tomar en cuenta diversos factores como: los tipos de plantas a instalar, el tipo de sustrato, la cantidad de sol que recibe, etc.

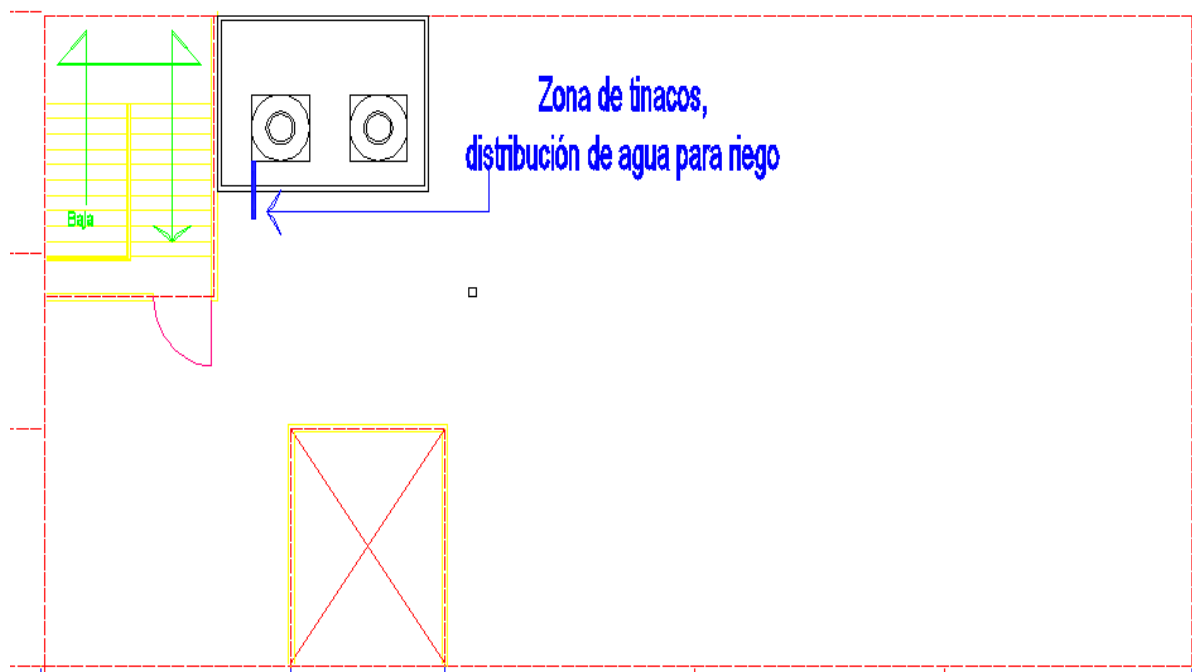


Figura 5.9. Tomas de agua para el riego.

5.3.7. ELEMENTOS SINGULARES

En la azotea del edificio solo existe la zona de tinacos los cuales como ya se mencionó están delimitados por un muro, la llegada de agua es por medio de una bomba la cual sube el agua de la sistema en la parte baja del edificio hasta la zona de tinacos, después los tinacos tienen dos salidas hacia la red de conducción de agua dentro del edificio estos son pues los únicos tubos que se ubican en la azotea los cuales no son un problema dentro de la zona a naturalar.

5.3.8. PUNTOS DE DESAGÜE, SUMIDEROS Y/O BAJADAS DE AGUA.

El desalojo de las aguas de cubiertas naturadas se logra a través de la capa drenante, la pendiente, los sumideros y las bajadas de agua o desagües; estos elementos deberán evacuar la totalidad del agua excedente de la cubierta evitando su acumulación sobre la misma (Secretaría del Medio Ambiente ,2008).

En la azotea se localizan dos desagües de aguas pluviales la primera está en la zona de tinacos la cual se encuentra en la zona más baja para que no se presente ningún tipo de problema en cuanto estancamiento, esta parte de la azote está totalmente separada de lo que será la zona naturada. Mientras que el otro desagüe el cual tendrá la función más importante ya que va a desalojar el agua pluvial acumulada en la zona naturada y el agua excedente del riego, está ubicado en la esquina del edificio donde la pendiente es más baja ahí se instalará un sistema diferente al de la zona de tinacos ya que es recolectará mucha más agua que la otra.

DESAGÜE EN ZONA DE TINACOS

Descripción: Bajante con tubo de p.v.c de 2 pulgadas el cual llega hasta la tubería que conduce a la cisterna enterrada en suelo para que después sea bombeada al tinaco y se pueda recircular el agua nuevamente.

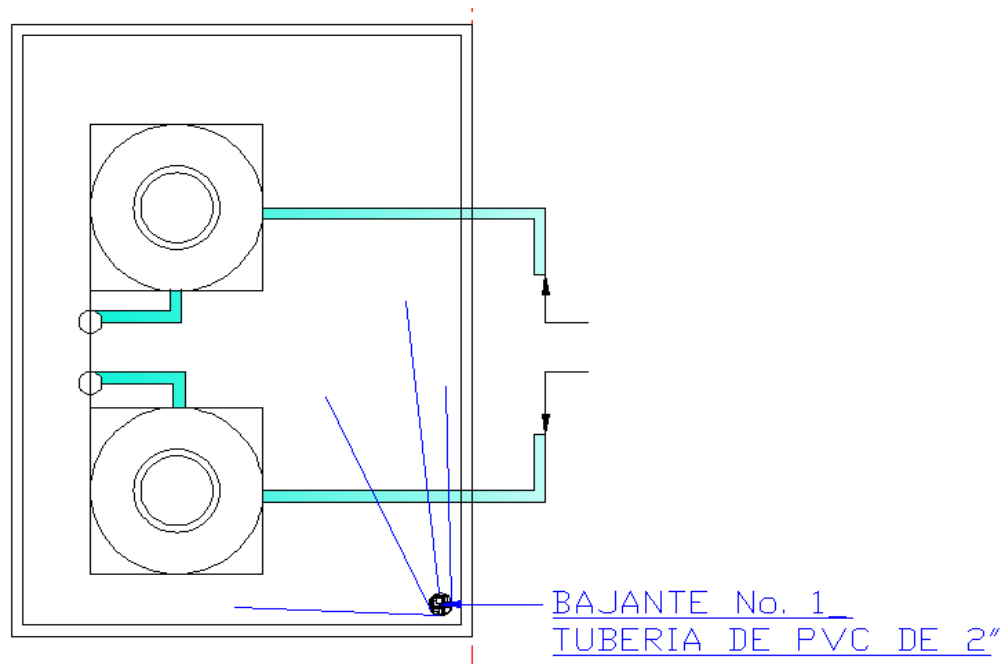


Figura 5.10. Sistema de desagüe en zona de tinacos.

Cabe señalar que la tubería de bajante pasará por un cierto número de filtros antes de llegar a la cisterna para que sea filtrada y así el agua que se recircula pueda ser utilizada, esto se diseñará más adelante cuando se comience a describir la colocación de capas.

Desagüe en zona baja de azotea.



Figura 5.11. Localización del bajante pluvial.

Este bajante de agua pluvial está considerado hasta ahora para desaguar el escurrimiento pero definitivamente será modificado por un sistema moderno el cual se describirá más adelante cuando se muestre la colocación de capas.

Genaralmente en la moyoria de casas habitación o edificios, el agua pluvial se desecha por coladeras para llegar hasta el sistema de drenaje, esto a mi forma de pensar es un gran despercio de agua la cual podria ser almacenada para darle un mejor uso, cirto es que la idea de almacenar el agua de lluvia no es nueva pero lamentablemente es poco usual, motivo por el cual en este proyecto propongo el siguiente diseño.

A continuación se muestra la forma en que el agua de lluvia se conducira desde la azotea hasta un sistema de captación y almacenamiento, el cual consta de un techo captador en este caso la azotea se pretende natrura y en la zona de tinacos donde también cuenta con un desagüe que vierten el agua mediante tubos de p.v.c con diferentes diametros hacia un sistema de filtrado para que posteriormente llegue a una cisterna, de la

cual se bombea a uno de los tinacos superior para de ahí distribuirla por gravedad a la red de alimentación.

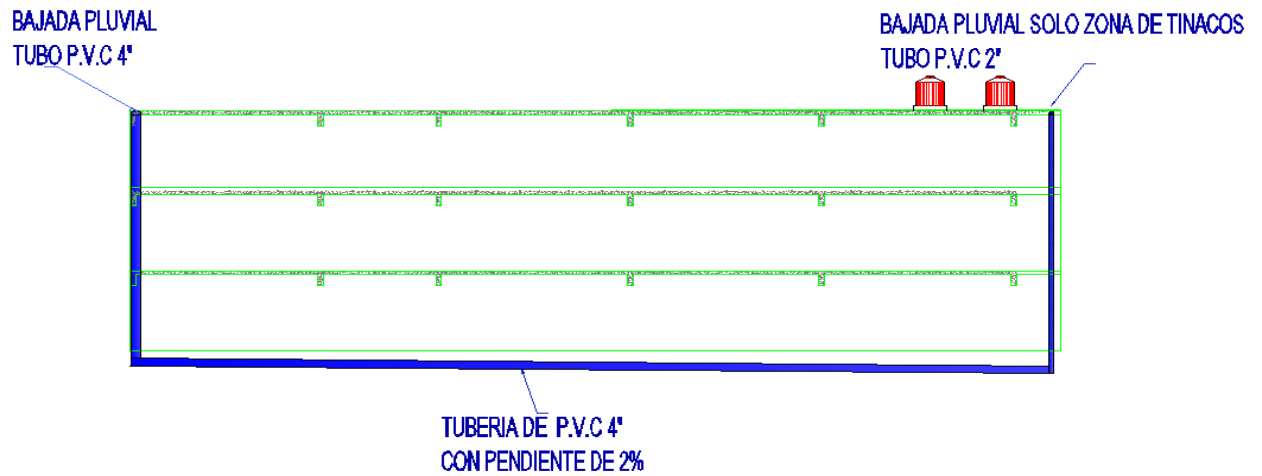


Figura 5.12. Ubicación de la tubería de p.v.c designada para bajada de agua pluvial.

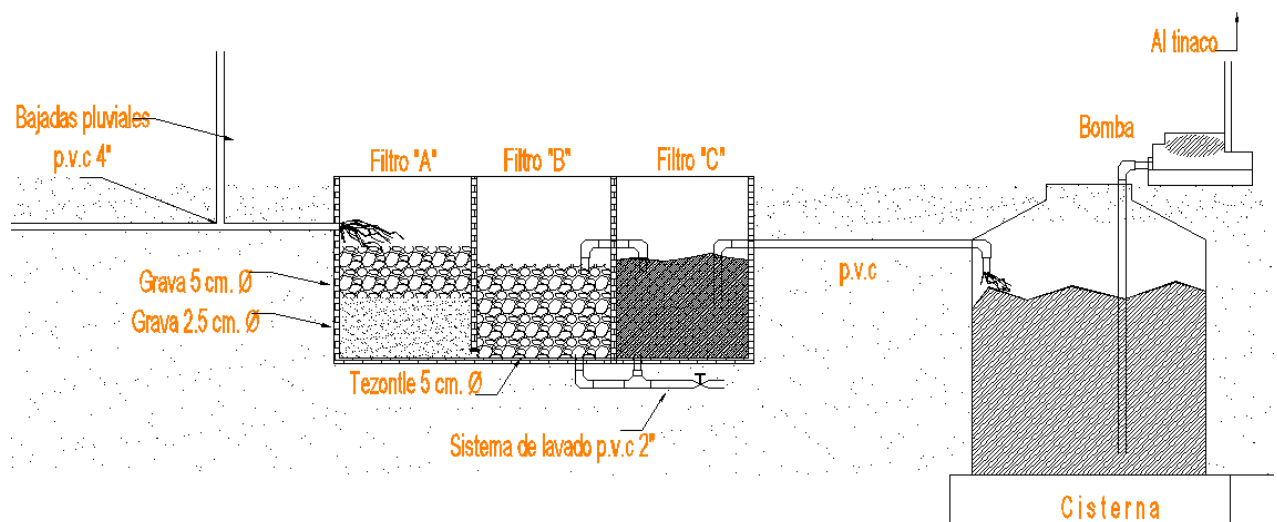


Figura 5.13. Sistema de captación y almacenaje de agua pluvial.

Con este sistema de captación, el agua almacenada servirá también para dar riego a las plantas que se instalarán en la azotea.

DETALLES CONSTRUCTIVOS PARA DESAGÜE EN BORDES Y UNIONES DEL TECHO

Como se mencionó anteriormente existe sólo un bajante para la zona de la azotea naturada, para este bajante propongo protegerlo con un sistema de canaleta y caja de registro, estas canaletas, fabricadas en acero galvanizado y revestidas de una capa plástica de color gris antracita (incluso las uniones), se instalan con extrema rapidez sobre la cubierta.



Figura 5.14. Canaleta de acero galvanizado, para conducción de aguas pluviales. (ZinCo, 2011)

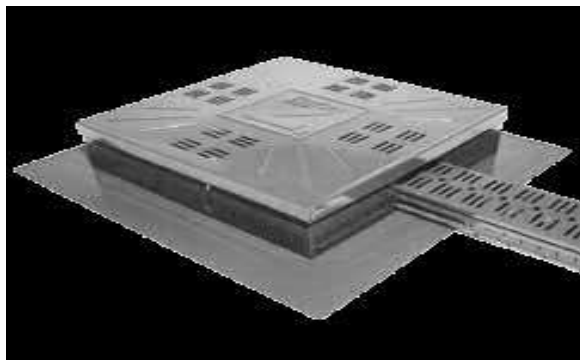


Figura 5.15. Caja de registro y control colectiva para captación de agua. (ZinCo, 2011)

La rejilla se ubicará en la zona más baja (pendiente %) para conducir el escurrimiento del agua tanto pluvial como de riego

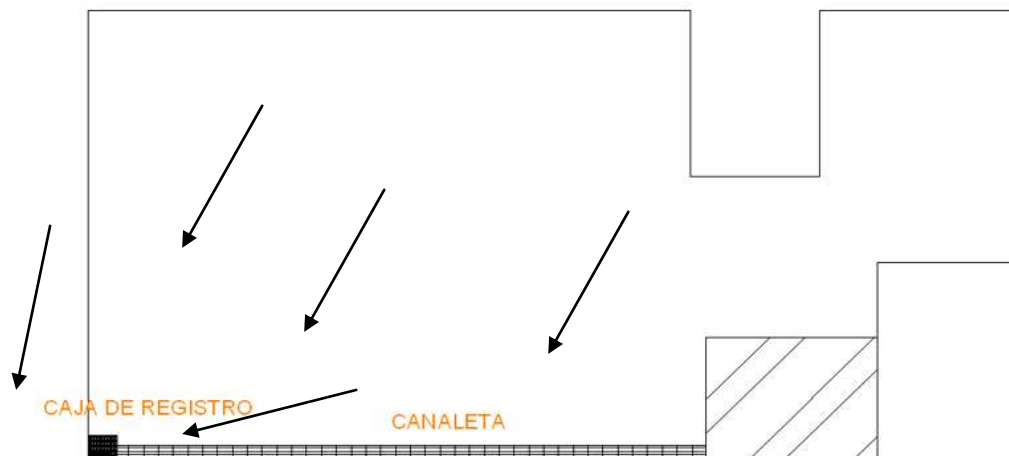


Figura 5.16. Conducción de agua pluvial y de riego hacia bajante.

El agua será conducida por la rejilla hasta la caja de registro para posteriormete baja por la tubería de p.v.c. La medida en este caso de la rejilla sera de 19 m y la caja de registro será de .50 x .50 cm.

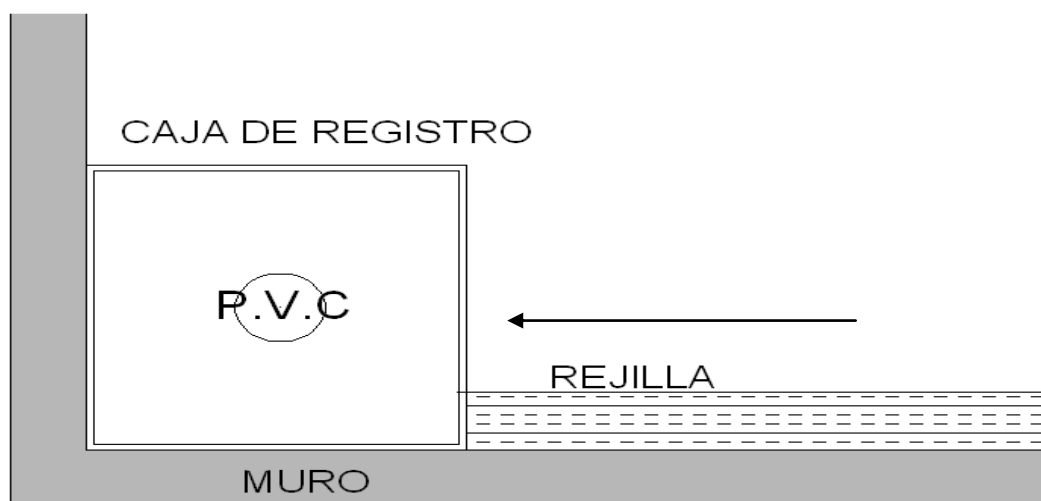


Figura 5.17. Unión de caja de registro y rejilla colectora en esquina del bajante.

Alrededor de la caja de rejistro se colocara grava de 2.5 cm aproximadamente para darle un colchon de protección con un espesro a partir de la caja de rejistro de 15 a 20 cm, la cual tambien sirve como un filtro para reterner materia que se logre desprender, como sustrato.

5.4. COMPONENTES BÁSICOS DE UNA AZOTEA NATURADA

Una cubierta naturada está constituida por los siguientes componentes básicos (figura 5.5), los cuales se enlistan en el orden del proceso constructivo.

- Soporte estructural (puede servir de soporte base y de elemento que forma la pendiente)
- Soporte base (suele ser el elemento que forma la pendiente y puede ser el soporte estructural)
- Desagües
- Membrana impermeabilizante anti-raíz
- Capa drenante
- Capa filtrante
- Capa de sustrato
- Capa de vegetación. (Secretaría del Medio Ambiente, 2008)

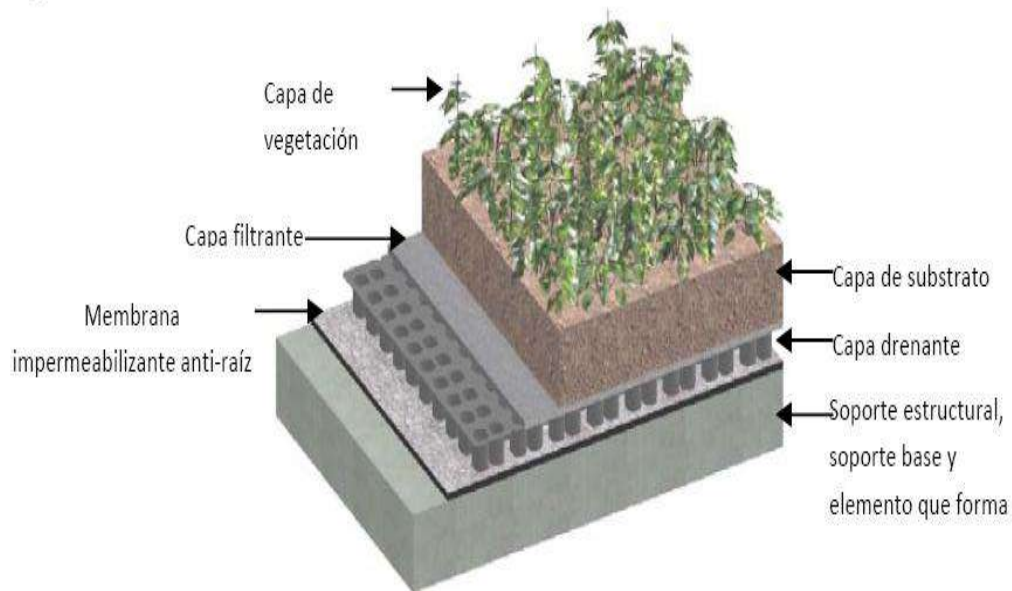


Figura 5.18. Componentes constructivos básicos de una azotea naturada. (Secretaría del Medio Ambiente, 2008)

Una cubierta naturada no sólo se trata de colocar pasto en la azotea, lleva un proceso constructivo específico, el cual consiste en el acomodo de una serie de capas de diversos materiales las cuales cumplen una labor específica para la protección de la losa en la cual se instalará la naturación.

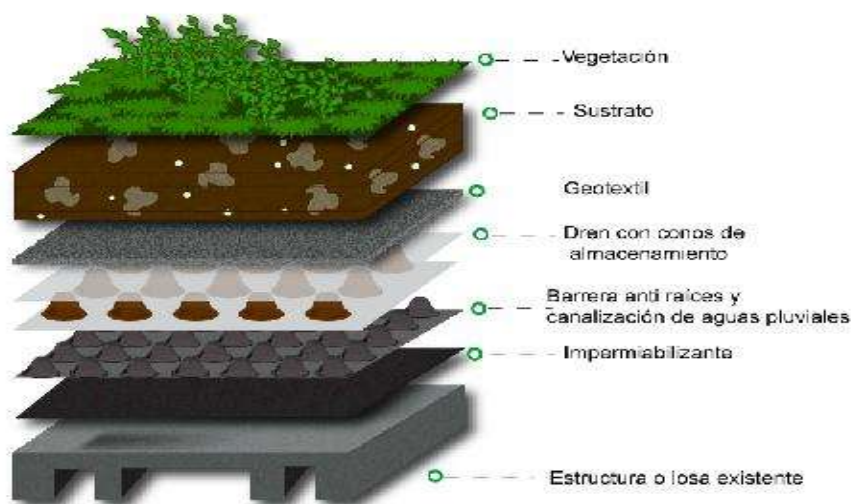


Figura 5.19. Colocación de las capas que integran un sistema de naturación (Soluciones y Construcciones Econstrucción S.A. de C.V., 2011).

Al ser el sistema comercial más usado en México (Fig. 5.6) para la construcción de azoteas verdes se describirá el proceso de correcta colocación de cada una de las capas que compone el sistema. La colocación de capas que se presentan a continuación son las requeridas para cumplir con lo que especifica la normatividad del D.F. El orden de colocación es el siguiente:

- 1.- Soporte Estructural
- 2.- Impermeabilización (A base de poliuretano)
- 3.- Capa dren
- 4.- Membrana Geotextil
- 5.- Sustrato
- 6.- Capa de vegetación

5.4.1. MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE ANTIRAÍZ (CAPA No. 1)

La impermeabilización es el proceso que se le realiza a un cuerpo para impedir que penetre el agua u otro tipo de líquido, y esto se logra cubriendo el cuerpo con algún tipo de material no poroso. Existen muchos sistemas de impermeabilización para distintos elementos, desde grietas en paredes, hasta techos o terrazas enteras, algunos de estos sistemas permiten también el aislamiento acústico o térmico, lo que es muy útil en algunos casos, pero este aislamiento sólo se produce con ciertos materiales que hacen más que simplemente impermeabilizar (Mecalux, 2011).

Generalmente se consigue la hermeticidad del techo, es decir la capa impermeable de desviación del agua, al mismo tiempo que la protección contra la perforación de las raíces. En los habituales techos de bitumen y para juntas separadas es, sin embargo, indispensable una membrana adicional de protección contra las mismas (Minke, 2004).



Figura 5.20. Perforación producida por raíces de cardos en una membrana asfáltica (Minke, 2004).

En el mercado Mexicano se ofrecen muchísimas opciones de impermeabilizantes, pero en esta ocasión como se mencionó, se necesita un material que haga 100% hermético al techo y que soporte la perforación de las raíces que se colocaran en la azotea verde y que cumpla con las Especificaciones Técnicas del D.F las cuales mencionan lo siguiente:

Las membranas impermeabilizantes anti-raíz deberán cubrirse con una capa de protección contra los rayos ultravioleta en los puntos que queden expuestos a la intemperie.

La propiedad anti-raíces de la membrana impermeable deberá estar certificada por un organismo competente y reconocido, ya que las emulsiones o fieltros con supuestas propiedades anti-raíces no son adecuadas para este tipo de sistemas. Si

se utilizan impermeabilizantes anti-raíz de PVC, Hypalon, Propileno-Etileno o similares, el espesor mínimo será de 1.2 mm y deberá asegurarse su resistencia al punzonamiento colocándolo entre dos capas antipunzonantes. Uno de los materiales que cumple con estos requisitos es el Poliuretano, el cual es uno de los mejores aislantes térmicos, se usa ampliamente en la construcción de edificios ahorradores de energía. “Sellados fluidos con poliuretano o con resinas polyester que se colocan en estado líquido y que con un suficiente espesor son resistentes a las raíces” (Minke, 2004). La Espuma de Poliuretano es un material sintético y duroplástico, altamente reticulado y no fusible, que se obtiene de la mezcla de dos componentes generados mediante procesos químicos a partir del petróleo y el azúcar: el Isocianato y el Polioli. Hay dos maneras de obtenerlo: proyectando al mismo tiempo los dos componentes en una superficie, o por colada (mezcla de ambos materiales).

Esta estructura sólida, uniforme y resistente posee una fórmula celular indicada para su uso como aislante, gracias a las características ya mencionadas, así como a su rápida aplicación, capacidad aislante y a su capacidad para eliminar los puentes térmicos. La Espuma de Poliuretano también se usa habitualmente en impermeabilización. La Espuma de Poliuretano Rígida obtenida por proyección es el material aislante más eficiente, ya que requiere un mínimo espesor para aislar lo mismo que cualquier otro material. Esto supone

además un beneficio económico puesto que para un mismo grado de aislamiento, la Espuma de Poliuretano necesita un menor espesor, lo que implica una mayor superficie habitable (Construmática, (2011).

El poliuretano se usa de diferentes formas en la construcción. Como aislamiento térmico se usa en forma de espuma, ya sea preespumado o espumado en el sitio; este último es particularmente útil en espacios irregulares. Cuando se fabrica con fluorocarbonos, la espuma tiene una transmisión de calor excepcionalmente baja es por eso que se usa ampliamente en refrigeradores de paredes delgadas. Otros usos incluyen aplicaciones de campo, o recubrimiento de calor y acabados para pisos, muros, etc. La presentación en forma de hule se emplea para esparcirlo o aplicarlo sobre losas de techos, juntas y compuesto para calefateo (Merrit, 2008).

VENTAJAS DEL POLIURETANO

El Poliuretano es respetuoso del medio ambiente, no contiene ningún componente que dañe el ozono, ahorra energía y como consecuencia reduce el uso de combustibles fósiles y el calentamiento del planeta. Ayuda a proporcionar buena calidad del aire en el interior de recintos. Es durable y mantiene sus características físicas a lo largo del tiempo.

El Poliuretano reduce uso de energía de las maneras siguientes:

- Tiene alto valor de aislación por centímetro
- Elimina la filtración del aire
- Elimina la Humedad y la condensación
- Reduce Corrientes Convectivas en paredes
- Elimina la erosión producto del viento

- Eficaz tanto para bajas y altas temperaturas
- Hace más eficiente el sistema de ventilación
- La molécula del Poliuretano agrega fuerza estructural, haciendo más resistente al edificio en acontecimientos como tormentas y fuertes vientos
- Reduce el ruido del exterior porque sella el edificio
- Actúa como barrera ante la intrusión del agua
- El poliuretano mantiene un ambiente cómodo, de temperatura constante a través de todo el edificio o instalación
- Ayuda a mejorar la calidad del aire del interior
- Reduce la filtración de los agentes contaminantes del aire y de los gases exteriores
- Reducir la condensación de la humedad y el crecimiento de moho dentro de las paredes y las terrazas
- Reduce dramáticamente los costos de calentar y enfriar ambientes
- La aislación del poliuretano requiere muy poco espacio, reduciendo los costos en la construcción
- La espuma de Poliuretano no cederá ni se deformará a lo largo del tiempo, lo cual la convierte en una excelente inversión de largo plazo
- Ayuda a conservar la energía, reduciendo emisiones de CO₂
- Puede ayudar a reducir el daño estructural causado por los fuertes vientos
- No contiene ninguna sustancia que ataque al ozono

PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN

1. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

El concreto débil debe ser removido y los defectos en la superficie como burbujas o vacíos deben ser expuestos. En caso de que el soporte esté fisurado o irregular, se deberán reparar previamente todos los desperfectos con los productos adecuados para ello.

2. REMOCIÓN DE SUCIEDAD

Polvo, material suelto o mal adherido debe ser completamente removido de la superficie de trabajo antes de la aplicación del producto.

3. REVISIÓN DE HUMEDAD

El máximo contenido de humedad del soporte no debe exceder el 8%. Si la aplicación se realiza sobre concreto nuevos éstos deberán tener una edad de al menos 14 días. La superficie no debe estar húmeda ni con agua encharcada antes de la aplicación (Sika, 2011)

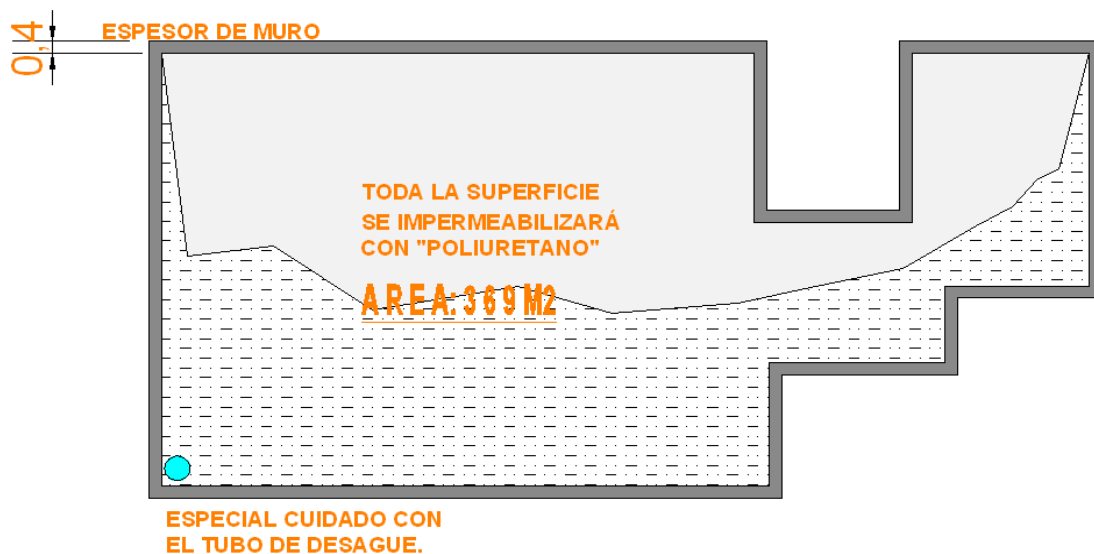


Figura 5.21. Impermeabilización con poliuretano lanzado.

4. COBERTURA DE MURETES

Ya que el perímetro del edificio está delimitado por muros cuyas medidas son 1.10m de alto por .40 m de ancho formando muretes la especificación Técnica del D.F marca lo siguiente:

En los puntos de encuentro con elementos emergentes intermedios de la cubierta tales como muretes, petos, etc., estos deberán contar con un chaflán por ambos lados a 45° de mínimo 8 cm de altura. La membrana impermeabilizante anti-raíz se deberá colocar de manera que cubra 10 cm como mínimo por encima de la protección pesada de la cubierta o capa de substrato (Secretaría del Medio Ambiente, 2008).

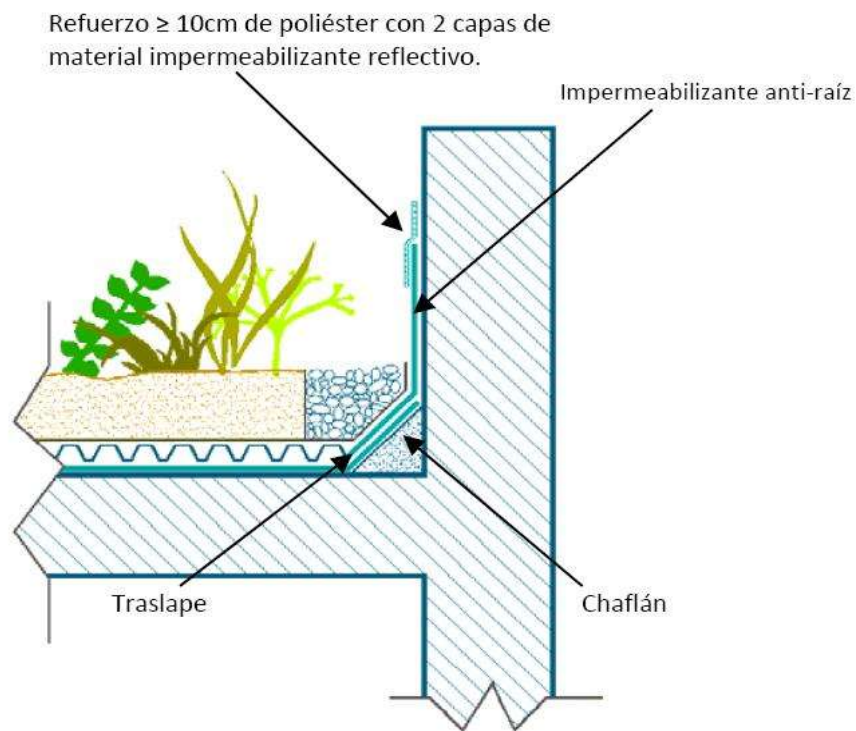


Figura 5.22. Colocación de membrana anti-raíz en muretes con traslape. (Secretaría del Medio Ambiente, 2008)

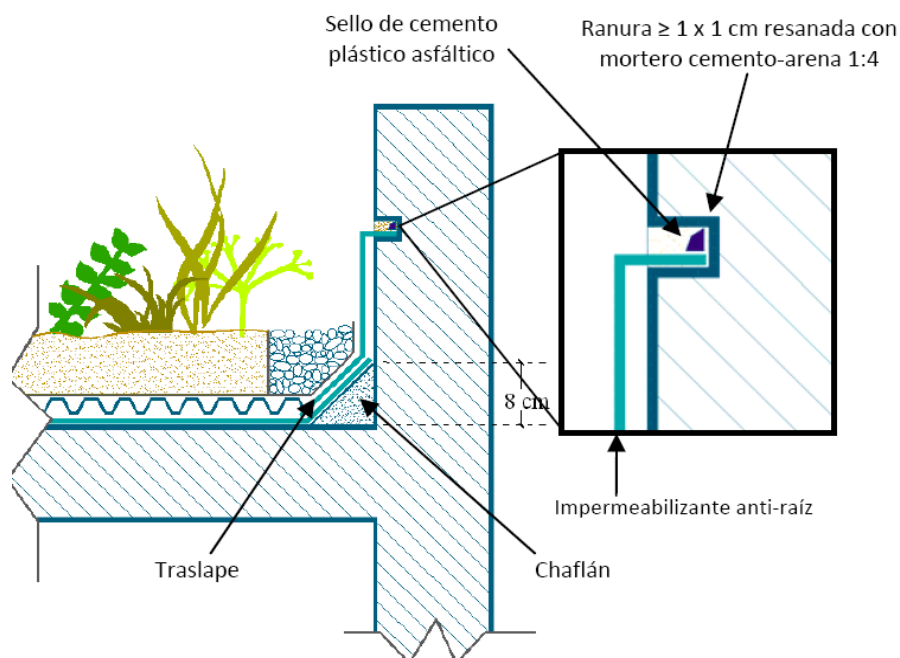


Figura 5.23. Colocación de membrana anti-raíz en muretes con sello de cemento (Secretaría del Medio Ambiente, 2008).

En los muretes perimetrales se puede colocar un perfil de protección con plástico asfáltico (2.1) para evitar infiltraciones y provocar daños en el techo, sin olvidar la capa de gravilla (2.2) con el fin de separar el sustrato con el perfil para alero (2.3) de los muretes ya que es esta solo existe la capa de impermeabilización en este caso el poliuretano.

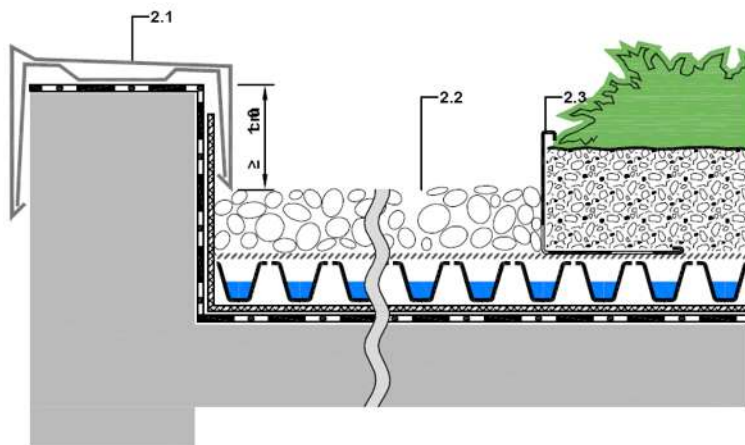


Figura 5.24. Detalle constructivo en murete perimetral (ZinCo, 2011)

5. IMPERMEABILIZACIÓN EN TUBOS

En el proyecto se localiza en tubo el cual tiene la función de bajante, ya que este tubo se encuentra penetrado desde la cubierta hacia el exterior según la norma debe cumplir con las siguientes especificaciones:

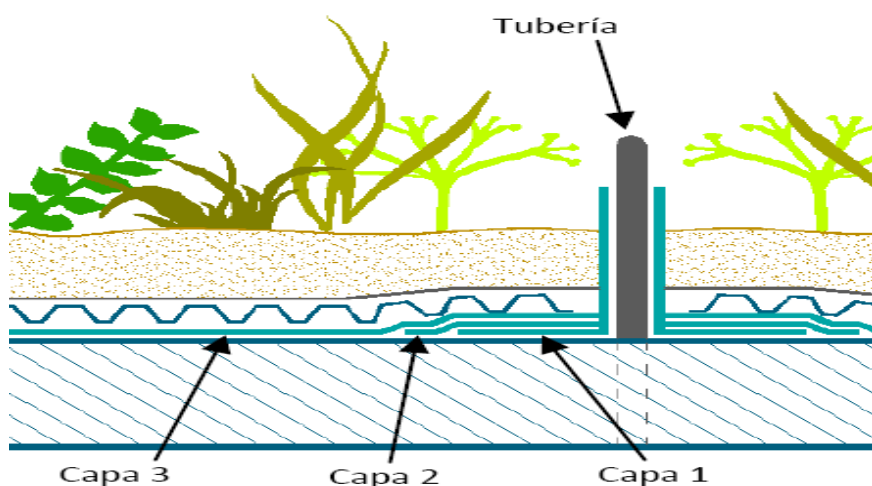


Figura 5.25. Colocación de membrana anti-raíz en tubería (Secretaría del Medio Ambiente, 2008).

En la figura anterior se muestra la forma más segura en que se debe cubrir una tubería para evitar cualquier tipo de filtración de agua o de raíces, pero en este caso como se eligió usar poliuretano y las normas no lo contemplan con este material, solo es necesario colocar el impermeabilizante de manera pegada al tubo procurando no deja ningún espacio.

En este caso como la impermeabilización será con poliuretano este solo basta que se aplique en una capa gruesa para no permitir el paso o filtración de agua.

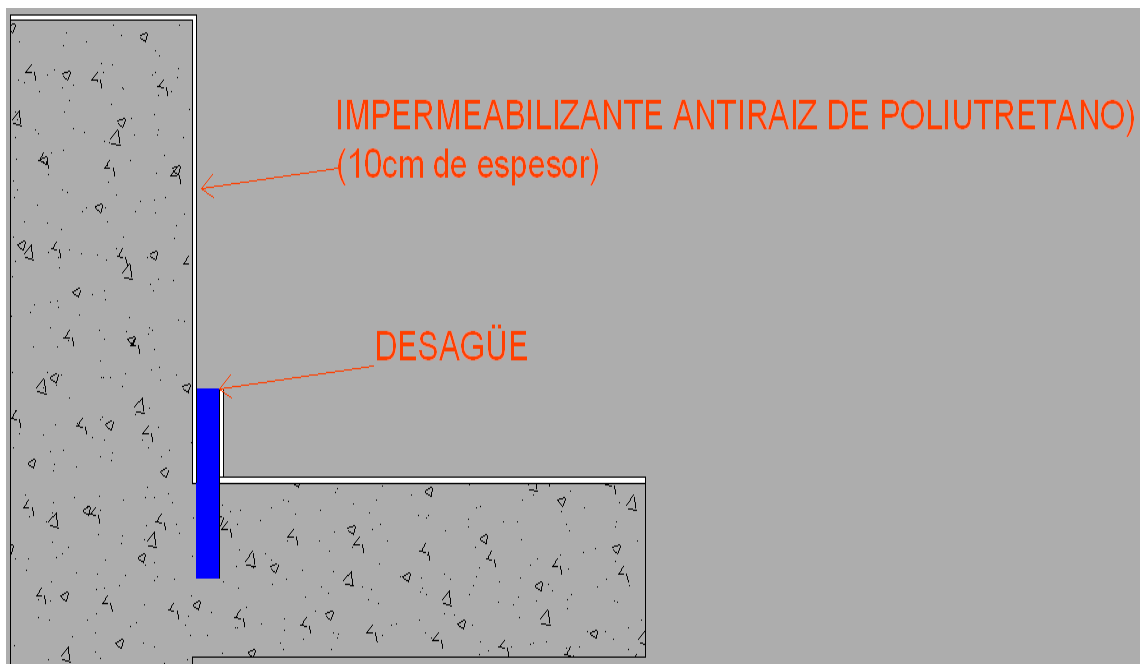


Figura 5.26. Colocación de membrana anti-raíz en tubería del desagüe.

Las especificaciones técnicas no describen la forma de impermeabilizar con poliuretano, pero según lo que he investigado la forma de aplicación es la que se muestra anteriormente y por las características del poliuretano será suficiente para mantener permeable el techo.

6. ESPRAYADO DE POLIURETANO



Figura 5.27. Aplicación de poliuretano lanzado en azotea (Santa Cruz, 2011).

La aplicación del poliuretano se realiza con una máquina de proyección especial, que proporciona la potencia adecuada para controlar la dosificación del producto, así como regulación del caudal y la presión. Esta maquinaria debe ser sometida a un plan de mantenimiento, de manera que siempre se mantenga en perfectas condiciones de funcionamiento. La máquina de aplicación tienen un dosificador volumétrico que aplica la mezcla de polioli e isocianato en una relación 1:1 Los productos deben mantenerse a una temperatura estable durante su aplicación, situación que se consigue gracias a un precalentador en la máquina y la calefacción de las mangueras. Antes de proceder a la aplicación, el soporte debe estar limpio y seco. La espuma de poliuretano se puede adherir directamente al soporte bien, si éste no está en buenas condiciones, a una lámina de imprimación especial que permite su fijado con garantías. La temperatura del soporte cuando recibe el poliuretano debe ser mayor de 5°C. La aplicación se realiza por capas de 20 mm. Se dejan secar y espumar y se vuelve a aplicar hasta completar el volumen deseado.

7. PRUEBA DE ESTANQUIDAD DE LA MEMBRANA ANTIRAIZ

Antes de seguir con la instalación de las demás capas de una naturación para cubiertas se deberán seguir los siguientes procesos para garantizar la estanquidad de la membrana impermeabilizante anti-raíz. Estos procesos deberán realizarse con las precauciones pertinentes para evitar el desgarre o cualquier tipo de lesión en la membrana, los pasos a seguir son:

- Limpieza de la superficie.
- Examen visual para verificar el correcto sellado de los traslapes y uniones con los pretilos y elementos singulares de la cubierta.
- Prueba de estanquidad con agua: se realiza taponando totalmente los desagües de la cubierta y aplicando una columna de agua de 10 cm de altura la cual se dejará durante 48 horas.

Cualquier defecto observado deberá comunicarse por escrito al responsable de la instalación para que realice las medidas correctivas pertinentes. (Secretaría del Medio Ambiente, 2008)

Realizar la prueba de hermeticidad es responsabilidad del techador. En techos con bordes y escasa pendiente la comprobación llenando con agua es la más segura (Minke, 2004)

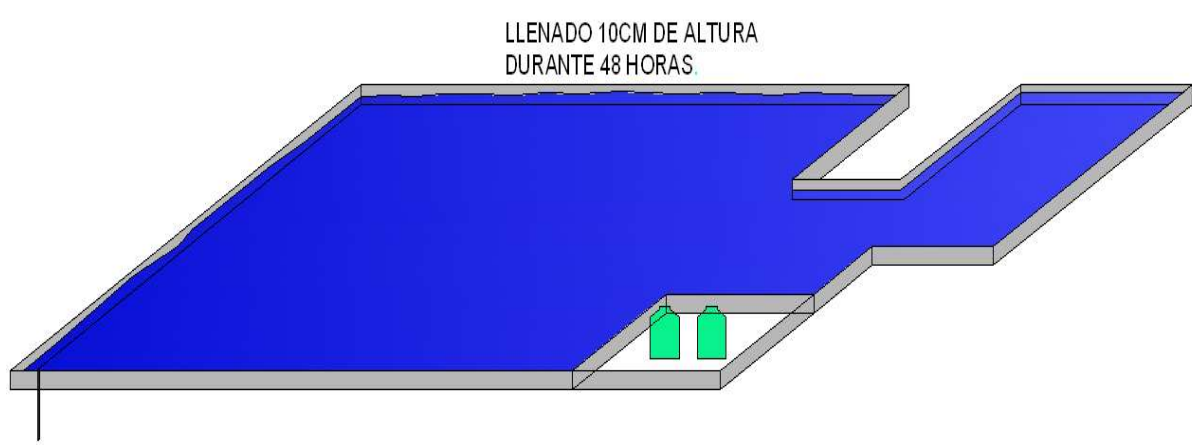


Figura 5.28. Prueba de estanquidad de la azotea.

5.4.2. DRENAJE (CAPA No. 2)

La capa de drenaje tiene como cometido, tanto dirigir el agua excedente, como, hasta cierto grado, almacenar agua. Sobre todo son aptos los materiales minerales porosos y livianos, granos gruesos, arcilla expandida, pizarra expandida, lava expandida, piedra pómez y materiales reciclados de escoria y ladrillo (Minke, 2004).

La capa drenante se deberá disponer encima de la membrana impermeabilizante a modo de drenaje y protección mecánica de la membrana, asegurando su funcionalidad incluso en condiciones de lluvia continuada e intensa proliferación de raíces. Para ello se utiliza un geocompuesto drenante formado por una lámina alveolar de polietileno de alta densidad pegada a un geotextil no tejido termosoldado, formando los alvéolos una cámara entre el geocompuesto y la membrana impermeabilizante a través de la cual circula el aire y el vapor de agua. La parte interior de los alvéolos, situada hacia arriba, sirve como punto de reserva y/o retención de agua, poniéndola a disposición de las plantas en las épocas de mayor evapotranspiración (Construmática, 2011).



Figura 5.29. Función de la capa dren en presencia de agua. (Construmática, 2011).

La capa drenante se coloca entre la membrana impermeabilizante anti-raíz y la capa filtrante, su función es recibir las precipitaciones excedentes en toda la superficie y conducirlas hacia los desagües de la cubierta; además funciona como protección mecánica de la cubierta.

Esta capa sirve también como espacio útil para las raíces y puede servir para almacenar agua. La capa drenante debe seleccionarse de tal manera que pueda desalojar al menos una pluviometría de $2 \text{ l/min} \times \text{m}^2$ de intensidad ($300 \text{ l/s} \times \text{ha}$), para ello se consideraran el tipo de sistema de naturación, la superficie total que cubren los desagües, la pendiente de la cubierta y la pluviometría de la zona.

En los sistemas de naturación desprovistos de capa drenante, la capa de substrato deberá ser suficientemente permeable al agua y la cubierta deberá tener la inclinación suficiente para permitir el drenado del agua excedente. (Secretaría del Medio Ambiente, 2008)



Figura 5.30. Tipo de capa dren propuesto para el proyecto. (Construmática, 2011).

Para la conformación de la capa drenante se deberá emplear alguno de los siguientes elementos:

- Láminas de fibras sintéticas, polipropileno.
- Mallas plásticas con lámina filtrante.
- Placas drenantes de fibras textiles recicladas.

- Placas drenantes de polietileno.
- Placas drenantes de poliestireno. (Secretaría del Medio Ambiente, 2008)

Actualmente en el mercado se manejan muchos tipos de mallas las cuales se ofrecen para dar solución a la colocación de una capa drenante, pero considero importante escoger un material el cual indique la norma y que se use en azoteas naturadas, una opción comercial es la siguiente:

CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA DRENANTE.

- Longitud = 141.2 cm
- Ancho= 85 cm
- Espesor total= 30 mm
- Placas por paquete = 15 placas
- m2 por placa = 1.2 m²

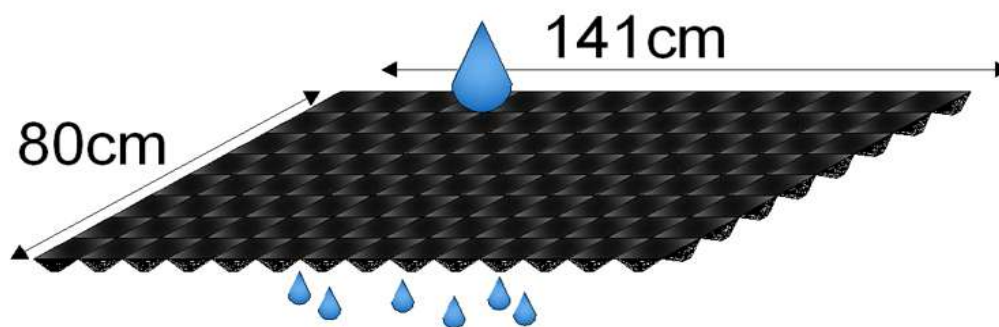


Figura 5.31. Medida comercial propuesta de la pieza de capa dren.

PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN

La placa drenante, al consistir en piezas de pequeña dimensión, poco peso y espesor que se disponen en seco sobre la impermeabilización.

1. Preparación del soporte

. Se deberán adoptar todas las medidas para evitar el punzonamiento de la membrana impermeabilizante durante la colocación de la PLACA DRENANTE.

2. La superficie del soporte base deberá ser resistente, uniforme, lisa, estar limpia, seca y carecer de cuerpos extraños.

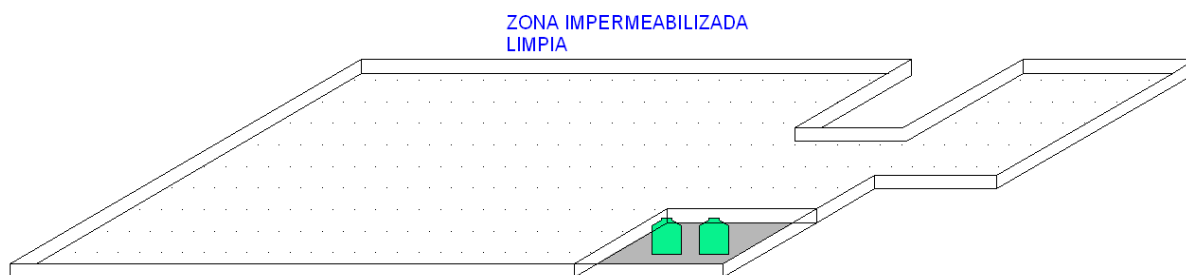


Figura 5.32. Preparación de azotea para recibir las capas dren.

3. Se procederá a colocar las placas de forma progresiva, para proteger la impermeabilización del tránsito de las personas y evitar daños mecánicos.

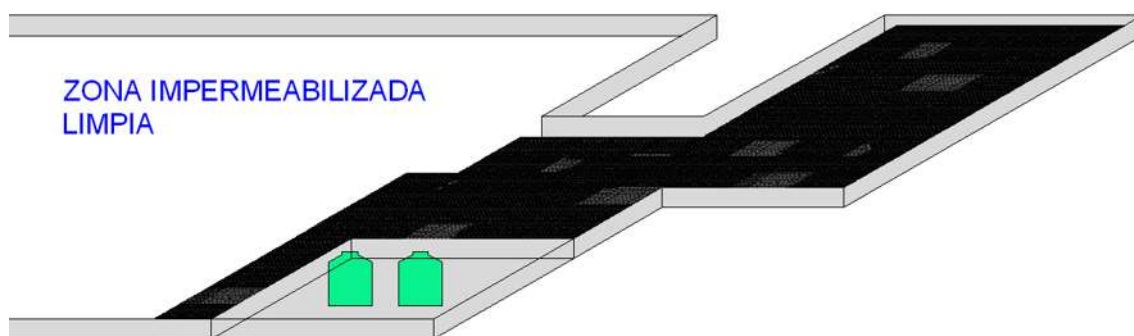


Figura 5.33. Colocación de las piezas de la capa dren en azotea.

4. Las placas se colocan en seco, con el relieve hacia abajo. Para que resulte más cómodo, estas planchas se pueden fijar puntualmente.

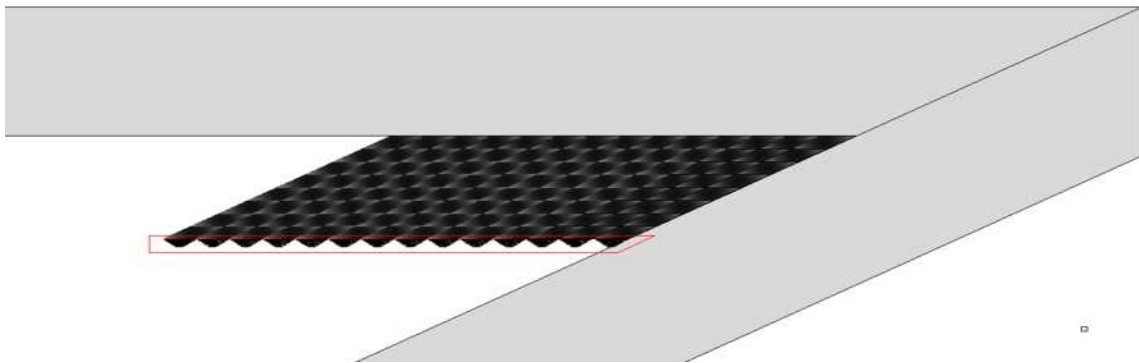


Figura 5.34. Colocación correcta de piezas de la capa dren.

5. La colocación de las placas se realiza a testa, y evitando dejar espacios entre ellas, para conseguir una capa de drenaje continua.



Figura 5.35. Piezas de capa dren colocadas traslapadas y sin huecos.

6. Cuando sea necesario cortar las placas, se utilizará una cuchilla, haciendo una incisión en una de las caras y luego rompiéndola sobre la línea de corte.

RECOMENDACIÓN: Para evitar su despegue antes de aplicar la tierra, puede ser necesario el lastrado provisional. Sin embargo lo mejor es poner en obra la capa filtrante y la tierra vegetal a continuación (Danosa, 2011).

5.4.3. CAPA FILTRANTE (CAPA No. 3)

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 (Minke, 2004).

En los sistemas de naturación para cubiertas que cuenten con capa drenante, se deberá colocar una capa filtrante entre el dren y el sustrato para evitar el paso de las partículas finas de este; las cuales podrían tapar la capa drenante. Ésta capa debe colocarse sobre la superficie total de la capa drenante con un traslape mínimo de 15 cm. La capa filtrante, para efectos de conformación de las distintas áreas, deberá sobresalir mínimo 10 cm por encima de la superficie del sustrato o banda lateral en el borde de la cubierta y en su encuentro con elementos emergentes. Una vez concluidos los trabajos de plantación, deberá recortarse la capa filtrante al nivel del sustrato. (Secretaría del Medio Ambiente, 2008)

El Geotextil es un material textil sintético plano formado por fibras poliméricas (polipropileno, poliéster o poliamidas), similar a una tela, de gran deformabilidad, empleada para obras de ingeniería en aplicaciones geotécnicas (en contacto con tierras y rocas), cuya misión es hacer las funciones de separación ó filtración, drenaje, refuerzo o impermeabilización. (Construmática, 2011)

Los geotextiles no tejidos se fabrican ya sea con fibras cortas (generalmente de 1 a 4 pulgadas de longitud) o con filamentos continuos distribuidos al azar en capas sobre una banda en movimiento para formar una especie de “panal“, el cual se pasa a través de un “telar” de agujas y/o por otro tipo de máquina para entrelazar o unir las fibras/filamentos. Los geotextiles no tejidos son altamente recomendables para el drenaje de subsuelo y para el control de la erosión, así como para la estabilización de caminos sobre suelos húmedos o saturados (Gemia, 2011).

PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN

1. Aplicar el Geotextil no tejido sobre la superficie lisa y limpia para que de esta manera no pueda dañarse.
2. El geotextil puede desenrollarse a mano o utilizando algún equipo adaptado para esta función, en este caso, ya que la azotea no tiene un perímetro regular, si instalará en cada sección tomando en cuenta los traslapes indicados en la norma.



Figura 5.36. Desenrollado a mano de geotextil utilizado como capa filtrante. (Gemia, 2011).

3. Los traslapes en las uniones deberán ser mayores a 15 cm y en los bordes se dejará 10 cm para retener cualquier filtración de sustrato.

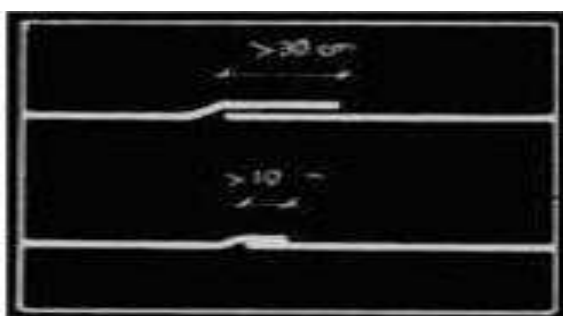


Figura 5.37. Traslapes recomendados en las uniones del geotextil (Gemia, 2011).

4. El geotextil no podrá fijarse a la capa drenante mediante ningún tipo de ancla o brecche ya que podría dañar ambas capas.

5. Una vez colocado el geotextil es recomendable taparlo dentro de los primeros 15 días para que los rayos del sol no lo dañen (Gemia, 2011).

Una de la empresa más reconocida y con calidad probada por varios proyectos es:

Nombre: Soluciones Ambientales Integrales, S.A. de C.V

Ubicación: Distrito Federal.

Certificación: ISO-9001-2000 avalado por Bureau Veritas

5.4.4. SUSTRATO (CAPA No. 4)

SUSTRATO

Material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico. Cuando es colocado en un contenedor, en forma pura o mezclada, permite al sistema radicular anclarse. Tiene las funciones de anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración además de contener el agua y puede intervenir o no en la nutrición de las plantas.

El sustrato y la vegetación tienen que armonizar entre sí. Es recomendable, empobrecer la tierra madre con 25 hasta 75 vol. % 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 (Minke, 2004).

El espesor de ésta capa está directamente relacionado con las necesidades del volumen radicular de las especies seleccionadas y con las condiciones micro climáticas de la zona, particularmente con la demanda de evapotranspiración, y debe ser de 10 cm como mínimo (Secretaría del Medio Ambiente, 2008).

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. Cuanto más intensas son las fluctuaciones de humedad de la tierra, más pobre en variedades y menos vital es la capa de vegetación (Minke, 2004).

Se debe tomar en cuenta que la elección del sustrato dependerá también del tipo del peso saturado del mismo que se permite de acuerdo a las especificaciones.

La capa de sustrato deberá ser lo más ligera posible siempre que garantice la satisfacción de las necesidades de la vegetación. La descomposición biológica y compactación de la capa de sustrato deberán ser mínimas por lo que deberá estar constituida en su mayoría de componentes inorgánicos. Los componentes minerales de la capa de sustrato no deberán dispersarse y deberán conservar su estructura. (Secretaría del Medio Ambiente, 2008)

Existen gran cantidad de variedades de sustratos ya que cada fabricante le añade diferentes proporciones de abono base o existe quienes no lo administran, es por esto que dentro de todas las ofertas que existen en el mercado se debe de elegir una que ofrezca una nutrición garantizada para una gran variedad de plantas, tomando en cuenta que debe ajustarse al peso que se propuso resistiría el techo.

Los materiales adecuados para la conformación de la capa de sustrato son:

- Mezcla de partículas minerales con o sin materia orgánica.
- Partículas minerales de estructura porosa (piedra volcánica, piedra pómez, arcilla expandida, etc.).
- Placas de tejidos industriales (lana de roca mineral) (Secretaría del Medio Ambiente, 2008).

Para este proyecto decidí escoger un tipo de sustrato el cual elabora la empresa “GreenFLEX de México”, ya que el sustrato está diseñado especialmente para la instalación de azoteas verdes, cabe señalar que el tipo de sustrato puede ser tan variable como la vegetación que se desee colocar y dependerá también de la resistencia de la losa en cuanto al peso. A continuación se presenta en la tabla los diferentes pesos para los diferentes espesores de sustrato.

Una de las especificaciones habla acerca del peso saturado del sustrato, esa información se muestra a continuación.

Tabla 5.5. Datos técnicos del sustrato ArmaGREEN (Greenflex, 2011).

PROPIEDAD	EXTENSIVO	MEDIO	INTENSIVO
PROFUNDIDAD DEL SUSTRATO	10 a 15cm	18 a 40 cm	43 a 100 cm
PESO EN SECO	58 a 86 kg/m ²	104 a 230 kg/m ²	245 a 575 kg/m ²
PESO SATURADO	93 a 140 kg/m ²	167 a 370 kg/m ²	398 a 925 kg/m ²

Haciendo una deducción y tomando en cuenta que la profundidad del sustrato que pretendo colar será de 16cm entonces el peso saturado será aproximadamente de 160 kg/m^2 , esto quiere decir que el peso del sustrato es aceptable para el análisis de cargas calculado anteriormente.

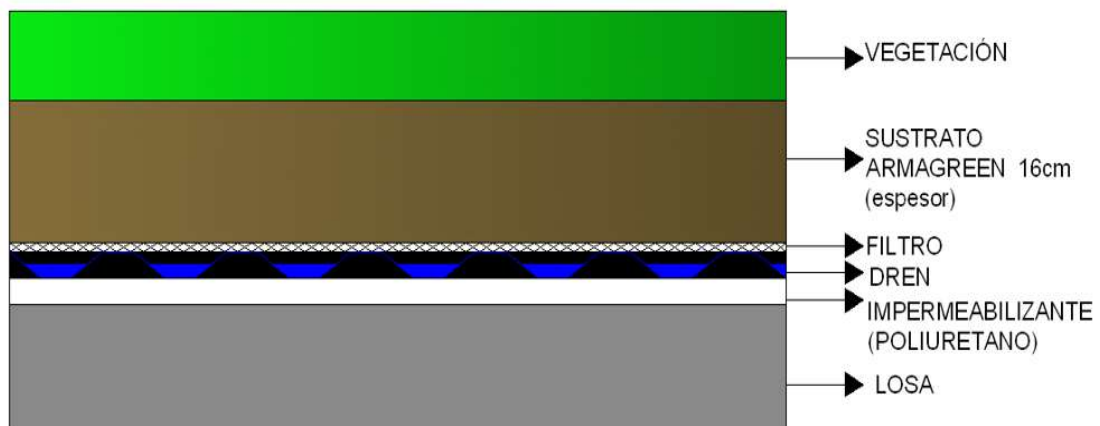


Figura 5.38. Ubicación y colocación de la capa de sustrato seleccionada.

PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN.

1. Se transporta los costales o paquetes a la zona de la azotea.
2. Se vacían los costales o paquetes en una zona designada
3. Utilizando un rastillo se esparce adecuadamente
4. Se recomienda comenzar a esparcir en las esquinas y perímetros hacia el centro del techo.
5. Durante el trasplante se humedece el sustrato con regadera de gata fina hasta el punto de saturación (Greenflex, 2011).

5.4.5. CAPA VEGETAL. (CAPA No. 5)

Ya que se ha colocado el sustrato de manera correcta es momento de pensar en el tipo de vegetación que se desea colocar, en cualquier proyecto de una azotea verde es importante señalar que la elección de la vegetación es realizada por el propietario pero es importante mencionarle los factores que se deben tomar en cuenta para una buena elección y un buen funcionamiento del techo verde.

La vegetación apta para las naturaciones semi-intensivas incluye una gran variedad de especies y presenta características intermedias entre las naturaciones extensivas y las intensivas. En términos generales se puede decir que una naturación semi-intensiva puede incluir crasuláceas, pastos y arbustos dependiendo del nivel de cuidados que se pretenda dar a la vegetación. Sin embargo no es factible incluir árboles en este tipo de sistemas (Secretaría del Medio Ambiente, 2008).

Para la elección de las plantas son decisivos diferentes factores, sobre todo:

- 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 (tener en cuenta los sectores donde la lluvia no llega) (Minke, 2004).

Otros criterios que manejan otros autores son los siguientes:

- Necesiten poca agua
- Retención de agua en sus tejidos (Hojas, tallos y raíz).

- Raíces poco profundas y sean extensivas (5 a 30 cm).
- Resistentes a los cambios de temperatura (0° a 45° C).
- Resistan a la insolación.
- Poco mantenimiento.
- Que se adapten fácilmente.
- Ciclos de vida largos.
- Que se propaguen de manera rápida.
- Que sean endémicas del sitio.
- Que no afecten a su entorno.
- Sean ornamentales (Villalba, 2009).

Muchos de los anteriores criterios que se toman en cuenta están relacionados con las características de las plantas principalmente, pero existen detalles importantes que no se deben olvidar los cuales están relacionados con efectividad de la captación de dióxido de carbono, la aislación térmica y acústica, así como la disminución de la radiación solar. Entonces debería aspirarse a un colchón de vegetación lo más denso posible y aproximadamente de igual altura. Esto se consigue fácil y económicamente con pastos silvestres o, de otro modo, con una mezcla de pastos y hierbas silvestres.

Con fines orientativos y no restrictivos se enlistan a continuación algunos grupos de vegetación que suelen adaptarse adecuadamente a estas condiciones:

- Césped y pastos silvestres.
- Plantas C-4.
- Plantas CAM "*Crasulacean Acid Metabolism*".
- Plantas Cespitosas.
- Plantas Herbáceas Perennifolias.
- Plantas Subarbustivas.
- Plantas Suculentas.
- Plantas Vivaces (Secretaría del Medio Ambiente, 2008).

SIGNIFICADO DE LA SUPERICIE DE HOJA

En la elección de la vegetación existe un criterio que no marca la especificación técnica del D.F que va de acuerdo al espesor o densidad del pasto crecido, el cual está directamente relacionado a la cantidad de hojas ubicadas en una superficie determinada, estas son decisivas para lograr efectos positivos, como la limpieza del aire, la formación del rocío, y el efecto de aislación térmica.

Según estudios del Laboratorio de Investigación de Construcción Experimental de la Universidad de Kassel, un césped recién cortado de 3-5 cm de altura tiene aproximadamente 6-9 m² de hoja verde por m² de superficie de suelo, mientras que un prado sin cortar, con pastos de hasta 60 cm de altura, tiene una superficie de hoja de 225 m² por m² de superficie de suelo. En un techo de pasto bien formado, la superficie de hoja por m² de techo es entre 50 y 100 m²; en cambio, con un techo con Sedum, es de sólo de 1 a 5 m². Por lo tanto, quien quiera recibir un efecto especial de aislación térmica durante el período de invierno y un buen efecto de enfriamiento en el de verano con intensa radiación solar, debería elegir una vegetación lo más densa posible de pastos silvestres o una vegetación de pastos y hierbas silvestres (Minke, 2004).

De acuerdo a lo anterior he decidió que la gran mayoría del área de la azotea que se va a cubrir con vegetación sea un tipo de planta que al desarrolle una cantidad de hoja considerable y que se resistente a las condiciones climáticas antes mencionadas y algunas aéreas menores como jardineras se llenarán con otros tipos de plantas que de igual forma no exijan un mantenimiento elevado.

SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Se decide escoger plantas de climas templados ya que en la zona donde se ubica Morelia predomina este clima. Las plantas seleccionadas son principalmente por tener características mencionadas anteriormente y también por la estética y belleza visual que presentan.

El hecho de seleccionar plantas nativas es porque considero que este tipo de plantas han pasado un largo periodo de adaptación a los climas y suelos de la zona de Morelia además de la evolución de las diferentes especies o cual implica gran adaptabilidad.

Además se escogerán plantas con baja necesidad de agua ya que un objetivo del proyecto es que las plantas sean regadas en gran parte con agua de lluvia almacenada en la cisterna y con lo que escurra del riego mismo.

La vegetación seleccionada se divide en 3 tipos de plantas:

1.- SEDUM CARNICOLOR.



Figura 5.39. Sedum carnicolor elegido para naturarar la mayor área de la azotea.
(Armagrren, 2009).

Características:

Sedum rubrotinctum es una planta suculenta o crasa de la familia de las crasuláceas que también recibe el nombre de Sedum rojo. Es principalmente de color verde intenso y brillante, pero puede virar a rojo granate cuando toma el color de protección. Es una planta suculenta originaria de México, que se cultiva con mucha facilidad y tolera todo tipo de suelos, excepto aquellos que tienen un mal drenaje. Crece muy bien en verano en una gran cantidad de condiciones diversas, pero no es tolerante a las heladas. Las hojas de esta planta cambian de color de verde a rojo durante los meses de verano como una adaptación de protección. Sacan flores amarillas de entre las hojas a mediados de primavera. Las nuevas plantas se pueden cultivar a partir de las hojas que se separan de la planta madre y se depositan en el suelo. Sedum rubrotinctum es venenoso y puede causar irritación cuando se ingiere o se toca.

NECESIDADES.

- Profundidad del sustrato es de 10 a 15 cm
- Frecuencia de riego es de 1 vez por semana.
- Fertilización: 25 g/m² cada 3 meses (triple 17, N, P, K) (Armagrren, 2009).

INSTALACIÓN.

- 1.- Una vez mojado el sustrato se sacarán las plantas de la maceta y se colocarán a poca profundidad, para evitar la pudrición de la raíz.
- 2.- La densidad de siembra será de 30 a 50 unidades por m²

SUPERFICIE.

Cubre el 86% del área de la azotea.



Figura 5.40. Área total de azotea que se cubrirá con sedum carnicolor.

2.- ALOE



Figura 5.41. “Aloe vera” que se ubicará en zona de jardineras (Armagrren, 2009).

Características:

El aloe se incluye dentro del grupo de plantas llamadas suculentas o crasas (crasuláceas), que crecen preferentemente en entornos cálidos e incluso desérticos. Al ser una planta suculenta, tiene una extraordinaria capacidad para absorber y retener la poca agua que pueda haber en el suelo, incluso del rocío.

El aloe pertenece al gran grupo de plantas con flores o Angiospermas, dentro del cual se clasifica en la clase Magnoliopsida, subclase Liliidae, familia Asphodelaceae, género Aloe, especie Aloe barbadensis.

El aloe, es una planta estolonífera que tiene las rosetas de hojas sentadas o casi sentadas. Hojas grandes y carnosas de 35-60 × 5-8 cm., de bordes espinosos y acabados en punta aguda. Aunque en la actualidad se estima que hay aproximadamente más de 360 variedades conocidas, sólo unas cuatro o cinco se consideran valiosas por sus propiedades y, en concreto, la *Aloe barbadensis*, cuyas hojas no suelen estar manchadas de blanco. La inflorescencia del aloe es simple: tiene una o dos ramas. Las flores son amarillas o rojas, tubulares y se disponen al final de los tallos sin hojas (Botanical, 2011).

NECESIDADES

- Profundidad del sustrato es de 10 a 15 cm
- Frecuencia de riego es 1 vez por semana.
- Fertilización: 25 g/m² cada 3 meses (triple 17, N, P, K) (Armagrren, 2009).

3.- SANSEVIERIA



Figura 5.42. “Sansevieria” que será ubicada en jardineras (Alialanet, 2011).

La Lengua de tigre o *Sansevieria* es una planta muy popular debido a su alta rusticidad y fácil cultivo. Es una planta muy longeva y resistente que, incluso sin cuidados, sobrevive perfectamente. Su aspecto, con hojas erguidas y duras que pueden alcanzar 50 cm de altura, aporta a esta planta un aspecto escultural ideal para la decoración de interiores modernos. Es una planta de desarrollo muy lento que anualmente crea sólo tres o cuatro nuevas hojas.

Luz: A esta planta le encanta el pleno sol, pero no es especialmente exigente en cuanto a luz, pudiendo vivir en zonas poco luminosas, pero siempre se desarrollará mejor cerca de una fuente de luz natural luminosa. Si hay poca luz creará pocos tallos nuevos y éstos serán largos y poco consistentes, tendiendo a arquearse.

Riegos: Requiere muy pocos riegos, y de hecho el mayor enemigo de esta planta es el exceso de agua que provoca la podredumbre de la base de las hojas y, consecuentemente, su caída (Alialanet, 2011).

NECESIDADES

- Profundidad del sustrato es de 10 a 15 cm
- Frecuencia de riego es 1 vez por semana.
- Fertilización: 25 g/m² cada 3 meses (triple 17, N, P, K) (Armagrren, 2009).

Las plantas como el aloe, y sansevieria quedarán ubicadas en los perímetros de la azotea los cuales designe como jardineras.



Figura 5.43. Área total destinada para jardineras en el proyecto.

INSTALACIÓN DE LAS PLANTAS EN JARDINERAS

- 1.- Las plantas generalmente vendrán en macetas.
- 2.- Se debe tratar de que las plantas de cada tipo sean de un tamaño uniforme.
- 3.- Deberá hidratarse el sustrato donde se colocará al igual que las macetas antes de colocarlas en el sustrato.

4.- Se hará un hoyo calculando cubrir perfectamente la raíz

5.- Estas plantas al resistir más la falta de agua se regarán en menor cantidad que los rollos de pasto, 2 veces por semana.

DISEÑO FINAL DE LA ZONA VERDE

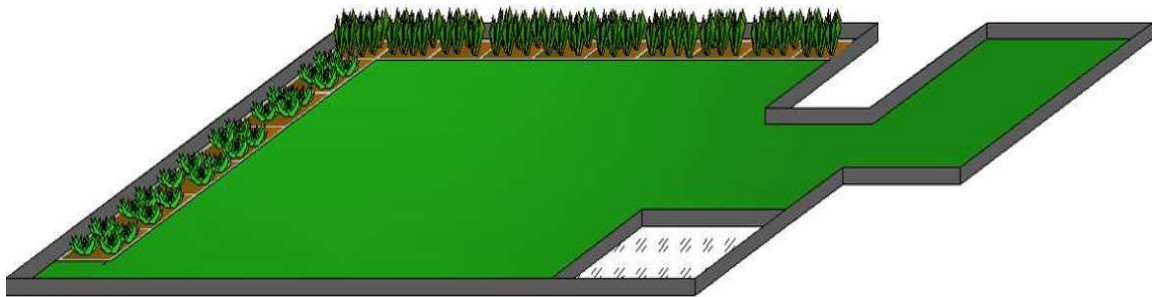


Figura 5.44. Diseño final del enjardinado en la azotea naturada.

Las plantas como el aloe y la sansevieria quedarán en la parte donde no se retiene agua ya que no la necesitan, de la misma manera tendrán un sistema de riego independiente al pasto o grama.

5.4.6. SISTEMA DE RIEGO

El agua es un elemento vital para el ser humano, los animales y las plantas. En forma natural, la disponibilidad del agua para las plantas se limita a los periodos de lluvia o a corrientes y porciones de agua superficial y subterránea presentes en sitios alcanzables por aquellas. De acuerdo con la distribución de las lluvias en las diferentes regiones a lo largo del año, se pueden presentar periodos de sequía que afectan el desarrollo de las plantas. Por tanto, mediante la cultura del riego se logra satisfacer las necesidades de las plantas y evitando exceso que puedan afectar a esta o erosionar los suelos (Cadavid, 2002).

La utilización eficiente del agua en la producción vegetal sólo puede lograrse cuando la planificación, el proyecto, y la operación de suministro de este recurso estén orientados a atender en cantidad y tiempo, incluyendo los periodos de escasez de agua, las necesidades de agua de un cultivo, necesarias para un crecimiento óptimo y altos rendimientos.

Una vez que se ha instalado el sustrato de manera correcta y se ha seleccionado la vegetación se debe pensar en las necesidades de la planta y la capacidad de retención de agua del sustrato.

En el proyecto se elige un sistema de riego eficiente el cual es riego por goteo. El goteo es una de las modalidades de riego más eficientes y efectivas.

Consiste en aplicar la cantidad de agua que la planta necesita para su desarrollo en forma precisa, lenta y continuada, gota por gota. El riego puede realizarse superficialmente o por debajo de la superficie mediante un sistema de conducciones, generalmente mangueras, sobre las que se instalan unos emisores, los goteros que dejan salir pequeñas y uniformes cantidades de agua (Cadavid, 2002).

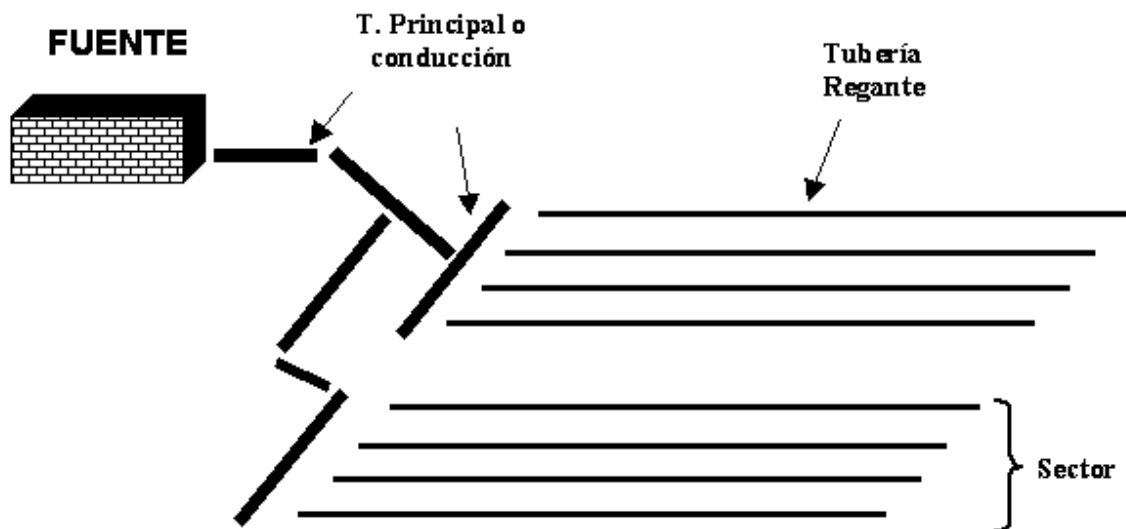


Figura 5.45. Sistema de riego por goteo seleccionado para la irrigación (Medina, 2002).

DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO

Este sistema constituye una alternativa de riego de bajo costo y se construye con materiales de fácil adquisición, con buen funcionamiento, baja inversión, bajo costo de mantenimiento y una eficiencia aceptable, comparada con otros sistemas de similar diseño.

Los componentes del sistema de riego son los siguientes:

-Manguera de polietileno de alta densidad con diámetro de $1\frac{1}{4}$ ".



Figura 5.46. Línea de conducción principal del sistema de riego (Sirena S.A, 2011).

-Cinta de riego con gotero autosustentable a cada 20 cm, de 5/8, la cual se encarga de conducir el agua y liberarla en la zona naturada por medio de goteros con un caudal de .64l/h.



Figura 5.47. Cinta de riego con goteros incluidos (Queengil, 2011).

-Conectores de manguera a cinta de 5/8.



Figura 5.48. Conectores para riego (Queengil, 2011).

-Piezas especiales (codos, té, válvulas, abrazaderas.)



Figura 6.49. Piezas especiales de PVC para conexiones hidráulicas (PVC, 2011).

PROCESO DE INSTALACIÓN

1.- Se colocará la manguera de polietileno la cual servirá como conducción del tinaco que representa la fuente conectado mediante coples.

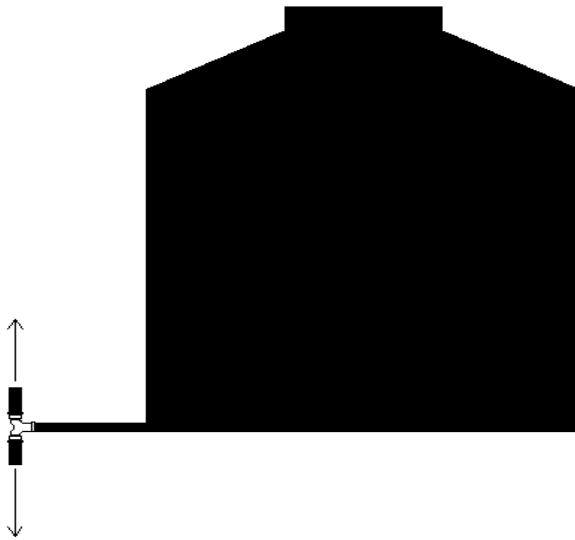


Figura 5.50. Distribución de agua desde tinaco a manguera principal.

Para la distribución del agua se colocará una pieza llamada “T”(Fig.5.51) la cual repartirá el agua hacia dos rumbos diferentes, de esta manera en caso de que exista poca presión se podrá regar una sola sección ya que a esta sección se la añaden dos válvulas de tipo globo que se podrán ajustar.

2.- Se coloca la manguera de polietileno en el perímetro del edificio por donde se diseñó la conducción, colocando los codos en los cambios de dirección correspondientes.

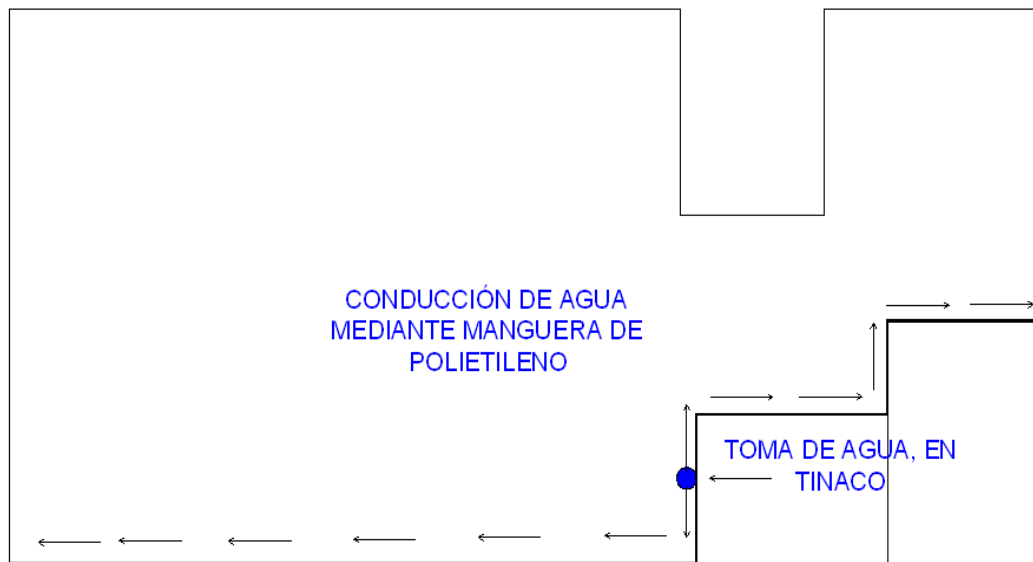


Figura 5.51. Ubicación y colocación de manguera de conducción principal.

3.- Se perforará la manguera de conducción mediante una broca a cada 35 cm de separación para posteriormente insertar el conector que va de manguera a cinta.



Figura 5.52. Perforación de manguera principal de polietileno. (Medina, 2002).

4.- Se colocan los conectores a presión y posteriormente se instala la cintilla en el conector y se encazona la cinta.



Figura 5.53. Colocación de conectores y cintilla (Queengil, 2011).

La cinta se tirará a cada 35 cm para tener una mejor cobertura de la humedad, la cinta estará unida a la manguera de polietileno mediante los conectores de plástico que tienen unión de manguera a cinta de 5/8, de esta manera se cubre toda el área además de que mediante este sistema no se ocupa gran presión de agua.



Figura 5.54. Diseño final del sistema de riego por goteo.

Generalmente los materiales descritos anteriormente para el sistema de riego son durables y no habrá la necesidad de un gasto mayor por concepto de mantenimiento o renovación.

Se sabe que en lo que respecta a las cintillas de riego son muy duraderas y reutilizables, en el uso agrícola se llegan a cambiar por el taponamiento de los emisores o goteros esto debido a la saturación de sales que se utilizan en los abonos hidrosolubles, pero como en este caso en la fertilización no se aplicarán abonos hidrosolubles son mínimas las posibilidades de taponamiento.

5.4.7. FERTILIZACIÓN

El abono es cualquier sustancia orgánica o inorgánica que mejora la calidad del sustrato, a nivel nutricional, para las plantas arraigadas en éste. Los abonos pueden ser de dos tipos: orgánicos y minerales.

Generalmente los abonos son incorporados al suelo, pero pueden ser también aportados por el agua de riego. Una técnica particular, el cultivo hidropónico, permite alimentar las plantas con o sin sustrato. Las raíces se desarrollan gracias a una solución nutritiva – agua más abonos - que circula en contacto con ellas. La composición y la concentración de la solución nutritiva deben ser constantemente reajustadas.

En ciertos casos, una parte de la fertilización puede ser realizada por vía foliar, en pulverización. En efecto, las hojas son capaces de absorber abonos, si son solubles y la superficie de la hoja permanece húmeda bastante tiempo. Esta absorción queda siempre limitada en cantidad. Son, pues, muchos los oligoelementos que pueden ser aportados así, teniendo en cuenta las pequeñas cantidades necesarias a las plantas.

Para la adecuada ejecución del abonado se deberán garantizar los niveles adecuados de fósforo, magnesio, potasio y micro elementos de manera uniforme en toda la superficie del sustrato con capa de vegetación. Es recomendable el uso de abonos de

liberación lenta y para sistemas de naturación con una capa de sustrato poco profunda es necesario aplicar el abono en solución. Una vez que se ha alcanzado una cobertura vegetal del 85%, los trabajos de abonado deberán anularse salvo en casos excepcionales en que la vegetación requiera mayores nutrientes en la capa de sustrato (Secretaría del Medio Ambiente, 2008).

Ya que la especificación marca que es preferible usar abonos de lenta liberación se propone el siguiente abono comercial el cual cuneta con dichas características.

Nombre: Multicote (8) 15-15-15 + ME es un fertilizante granulado con una cubierta de polímero, programado para liberar los nutrientes de forma continua a un ritmo que se ajusta a las necesidades de las plantas. La tasa de liberación está gobernada por la temperatura del suelo, de forma similar al ritmo de absorción de la planta: a mayor temperatura, mayor tasa de liberación. Basándonos en una temperatura promedio del suelo de 21° C (70°F), el Multicote (8) libera nutrientes durante 8 meses. El ritmo de liberación sólo depende de la temperatura del suelo. El nivel de humedad, pH y la actividad microbiana del suelo no afectan significativamente la liberación.



Figura 5.55. Abono de lenta liberación seleccionado para la fertilización (Nova Ágora, 2010).

Beneficios: Una única aplicación garantiza un suministro continuo de nutrientes durante meses, se evitan las peligrosas deficiencias y excesos, mejora la eficiencia en el uso de los nutrientes y las pérdidas se minimizan, evita la contaminación de las aguas subterráneas.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

La construcción de una azotea naturada es sólo un paso que dar para contribuir a la solución del grave problema del cambio climático en México. Si este paso se lograra dar sería un paso firme y con múltiples beneficios, los cuales nos ayudarán a mejorar nuestra calidad de vida, el cual está siendo afectado hoy en día por la falta de conciencia e irresponsabilidad del hombre hacia el medio ambiente.

El concepto de una azotea naturada es muy buena, pero lamentablemente la falta de interés en mejorar nuestro entorno es mayor, lo cual provoca que, en nuestro país, no exista una divulgación y menos acciones que incentiven la construcción de estos sistemas, dejando a un lado la oportunidad de desarrollar elementos constructivos útiles para el mejoramiento de nuestro clima y limpieza de nuestro entorno.

El desarrollo de este proyecto permite poner en claro que una azotea naturada puede tener un costo de inversión mayor, comparado con los techos tradicionales, y si bien es una inversión que se amortiza a mediano y largo plazo, es difícil que un cliente se decida por una opción que implica un mayor gasto, a menos que los ciudadanos estén comprometidos y conscientes de la importancia de la conservación del medio ambiente. La conciencia no sólo debe quedarse en algunos cuantos individuos, debe extenderse a toda la sociedad, pero debe comenzar poco a poco y cambiar la percepción de la ciudadanía y comenzar a tomar buenas ideas de países que están más desarrollados y ya han creado iniciativas e incluso leyes para la creación de los techos verdes.

Afortunadamente Michoacán es un Estado lleno de flora, fauna, montañas, costas, agua y muchos otros recursos naturales invaluable que están disponibles para nosotros, pero que si no logramos crear conciencia todo esto se contaminará y perderemos todas estas riquezas, es por ello que se debe actuar con iniciativas responsables para su cuidado.

Creo que el Estado y sus autoridades deben comprometerse con la procuración de un medio ambiente más sano para sus habitantes, deben fomentar la aplicación y el

desarrollo de medidas que se encaminen en la búsqueda de un mejor ambiente, es su deber velar por la salud de los ciudadanos y del entorno donde estas desarrollan sus actividades. Los techos verdes, son una medida que puede contribuir a este propósito.

Es fundamental para el desarrollo y la expansión de los techos verdes, que el Estado incentive su uso a través de políticas fiscales que incentiven a aquellas personas que incluyan un techo verde en sus construcciones. Haciendo más atractiva la inversión en este tipo de techos. Además, el Estado también se ve beneficiado con el desarrollo de los techos verdes, ya que, como se dijo anteriormente, se disminuyen los costos de mantenimiento de algunas instalaciones en edificios públicos de la ciudad.

Muchas ciudades en el mundo han adoptado estas políticas con buenos resultados, sobretodo en Europa, y el país que lidera en este aspecto es Alemania; en Estados Unidos y Canadá ciudades como Portland, Chicago, Toronto, por nombrar las más destacadas, tienen programas que directa o indirectamente promueven el uso de los techos vegetales.

Este trabajo estuvo basado en las especificaciones de la NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL PROY-NADF-013-RNAT-2007, y después del análisis se concluyó que dichas especificaciones coinciden con las recomendaciones generales reportadas en varias fuentes bibliográficas.

Es importante señalar que hay ciertos datos que no los considera importantes como por ejemplo: la seguridad en los trabajos en un techo, el significado de la cantidad de hojas en la vegetación, descripciones específicas para la instalación de un sistema de riego y costos dentro de los más notorios e importantes, lo que permite concluir que en los Estados de la República Mexicana y en particular en Michoacán sería importante el desarrollo de una iniciativa de ley que normara este tipo de construcciones y que incluyera los aspectos aquí señalados.

La adecuada instalación de una azotea naturada sólo se logrará a través de la contratación de especialistas y de la comprensión de las necesidades del sistema elegido y para ello se necesita experiencia y capacitación, consecuentemente se concluye que es

importante que las empresas constructoras ofrezcan este tipo de servicios. También se concluye que resulta de vital importancia el que se ofrezca la formación y capacitación, a los profesionales de la construcción en el empleo de tecnologías ecológicas, que permitan desarrollos urbanos sostenibles que contribuyan al mejoramiento del medio ambiente y a elevar la calidad de vida de nuestra sociedad.

CAPÍTULO 7. REFERENCIAS

1. AAPE (2011); "Aislamiento térmico de cubiertas"; Página web: www.aislarbien.com.ar/aislarbien.pdf: accesada el 26 de abril de 2011.
2. Alialanet (2011); "Plantas"; Página web: www.hogarutil.com/jardineria/fichas/plantas/201003/lengua-tigre-5153.html: accesada el 13 de septiembre de 2011.
3. Almerares D., Denti R. et al. (2006); "Causas y efectos de los cambios climáticos"; Página web: www.monografias.com › Geografía: accesada el 21 de febrero de 2011.
4. Armagreen (2009); "Catálogos de plantas"; Página web: www.greenflex.com.mx: accesada el 05 de agosto de 2011.
5. Arquitectura más inmobiliaria (2009); "Los techos verdes"; Página web: arqmonia.blogspot.com/2009/02/los-techos-verdes.html: accesada el 18 de mayo de 2011.
6. Beard. y Köhler, M. (1986), "Urban climate tables and air-hygienic Dispensation effects by climbers in to high-loaded city centre districts"; Ed. *Verh. d. Society f. Ö kologie, Gieben*; Alemania; p.p 34-46.
7. Bolin B., Houghton J., et al, (1995); "Intergovernmental panel on climate change"; Página web: www.ipcc.ch/.../climate-changes-1995/.../2nd-ass: accesada el 15 de abril de 2011.
8. Botanical (1999); "Fichas de Plantas"; Página web: www.botanical-online.com/fotosaloevera.htm: accesada el 25 de agosto de 2011.
9. Botanical (2011); "El mundo de las plantas"; Página web: www.botanical-online.com/funcionesplantas.htm: accesada el 04 de marzo de 2011.
10. Cadavid, G.I. (2002); "Manual agropecuario, Biblioteca del campo"; Ed. *IBALPE, Fundación Hogares Juveniles Campesinos*; Bogotá, Colombia; p.p 407 – 408.

11. Construmática (2011); "Catálogos Sika"; Página web: www.construmatica.com: accesada el 27 de junio de 2011.
12. Danosa (2011); "Placa drenate Danosa"; Página web: www.portal.danosa.com/danosa/CMSServlet?node=710901: accesada el 22 de agosto de 2011.
13. Domínguez (2011); "Cambio Climático"; Página web: www.cambio-climatico.com/mexico-genera-el-2-mundial-de-los-gases-con-efecto-invernadero: accesada el 05 de marzo de 2011.
14. El rincón del vago (1998); "Efecto invernadero"; Página web: html.rincondelvago.com/efecto-invernadero_9.html: accesada el 10 de febrero de 2011.
15. Enciclopedia Libre en Español (2011); "México; Geografía"; Página web: enciclopedia.us.es/index.php/Morelia_Michoacán; accesada el 09 de junio de 2011
16. Franco (2009); "México emite 1.5% del total mundial de gases efecto invernadero"; Página web: www.cronica.com.mx/nota.php?id_nota=422078: accesada el 25 de febrero de 2011.
17. Galeón (2011); "Características de helecho"; Página web: www.galeon.com/tigre/textos/flora/helecho.htm: accesada el 22 de agosto de 2011.
18. Gemia (2011); "Uso y aplicación del geotextil"; Página web: www.gemia.com.mx/documents/83.html: accesada el 02 de agosto de 2011.
19. Gósele K. y Schüle W. (1983); "Sound, Wärme, Dampness"; Berlín; p. 34
20. Greenflex (2011); "Tecnología para azoteas verdes"; Página web: www.greenflex.com.mx: accesada el 09 de agosto de 2011.
21. Greenroofs (2011); "industry support"; Página web: www.greenroofs.com/Greenroofs101/industry_support.htm: accesada el 21 de septiembre de 2011.

22. IPCC (2009); "Calentamiento global, efecto invernadero"; Página web: www.alfinal.com/ecologia/calentamiento.php: accesada el 10 de febrero de 2011.
23. Istalens I. (2011); "Efecto Invernadero"; Página web: www.portalplanetasedna.com.ar/efecto_invernadero.htm: accesada el 01 de marzo de 2011.
24. Katzschner, I. (1991); "Results of the attempt to the Abflubmessung of a grass badger"; Kassel, Alemania. p. 76.
25. Kenji (2009); "Techos verdes, aprendo y educo"; Página web: www.aprendoyeduco.com/2008/06/techos_verdes.html: accesada el 23 de abril de 2011.
26. La Enciclopedia libre (2011); "Aislamiento Térmico"; Página web: es.wikipedia.org/wiki/Aislamiento_térmico: accesada el 26 de abril de 2011.
27. La enciclopedia libre (2011); "Efecto invernadero"; Página web: www.es.wikipedia.org/wiki/Gas_de_efecto_invernadero: accesada el 12 de febrero de 2011.
28. La Enciclopedia libre (2011); "Techo verde; Historia"; Página web: es.wikipedia.org/wiki/Techo: accesada el 19 de mayo de 2011.
29. Lótsch B. (1981); "Urban climate and Green"; Ed. *Greenly in the city*; Alemania; p.p 12-15.
30. Ludevid M. (1996); "El cambio global en el medio ambiente"; Introducción a sus causas humanas"; Ed. *Marcombo*; p. 2.
31. Martínez J. y Fernández A. (2004); "Cambio climático: una visión desde México"; Ed. *Instituto Nacional de ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*; México; p.p 523.
32. Mecalux (2011); "Aislamientos e impermeabilización"; Página web: www.aislamientos.ws: accesada el 23 de junio de 2011.
33. Medina (2002); "Sistema de Riego por Goteo"; Ed. *CENTA*; México; p.p: 4-20.

34. Meli (2008); "Diseño Estructural"; Ed. *Limusa*; México; p.p 120-168.
35. Merrit. F., Kent L. M. et al. (2008); "Manual del Ingeniero civil, Tomo I"; Ed. *McGraw-Hill*; México; p.p 15.51–15.54.
36. Mi puerto rico verde (2009); "Techo verde y sus ventajas"; Página web: www.miprv.com/¿que-es-un-techo-verde-y-cuales-son-sus-ventajas: accesada el 27 de mayo de 2011.
37. Minke G. (2004); "Techos verdes, Planificación, ejecución, consejos prácticos"; Ed. *Fin de Siglo*; Uruguay; p.p 86.
38. Monkhouse (1978); "*Diccionario de términos geográficos*"; Ed. *oikos-tau s. a. ediciones*; Barcelona; p. 162.
39. Muerza (2009); "Principales gases de efecto invernadero"; Página web: www.consumer.es › Medio ambiente › Medio ambiente: accesada el 12 de febrero de 2011.
40. Multiciencia (2007); "Cambios climáticos"; Página web: www.multiciencia.unicamp.br/r02_8_e.htm: accesada el 18 de febrero de 2011.
41. Nova Ágora (2010); "Haifa, Multicote"; Página web: www.horticom.com/empresas/p/multicote-agri.../23300 - España: accesada el 03 de septiembre de 2011.
42. PVC (2011); "tubos pvc"; Página web: taringa.net: accesada el 18 de agosto de 2011.
43. Queengil (2011); "Cintilla para riego por goteo"; Página web: www.queengil.com: accesada el 02 de septiembre de 2011.
44. Recticel Ibérica (2007); "Soluciones de aislamiento acústico"; Página web: www.isolplus.es: accesada el 29 de abril de 2011.
45. Robinette (1972); "Plants, People and Environmental Quality"; Ed. *Department of Interior. Washington*; U.S. p.p 18.

46. Salazar (2011); "Arquitectura sostenible y el futuro"; Revista digital apuntes de arquitectura; Página web: apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com: accesada el 21 de noviembre de 2011.
47. Santa Cruz (2011); "Aplicación de poliuretano"; Página web: www.espumadepoliuretano.com: accesada el 23 de julio de 2011.
48. Scribd Inc. (2011); "Techos verdes sistema T tray"; Página web: www.scribd.com/doc/17359298/Techos-verdes: accesada el 19 de mayo de 2011.
49. Scribd Inc. (2011); "Techos verdes"; Página web: www.scribd.com/doc/17359298/Techos-verdes: accesada el 25 de abril de 2011.
50. Secretaría del Medio Ambiente (2008); "Norma ambiental para el Distrito Federal proy-nadf-013-rnat-2007"; Ed. Gaceta oficial del D.F; México; p.p 28.
51. Sika (2011); "Hoja Técnica del producto de poliuretano, Edición 1"; Página web: www.Sika.com: accesada el 16 de julio de 2011.
52. Sirena S.A (2011); "Catálogo de mangueras para jardín"; Página web: www.plasticossirena.com: accesada el 29 de agosto de 2011.
53. Soluciones y Construcciones Econstrucción S.A. de C.V. (2011); "Azoteas y muros verdes"; Página web: www.econstruccion.com.mx: accesada el 02 de Junio de 2011.
54. Un blog verde (2011); "Una introducción a la techos verdes"; Página web: www.dforceblog.com/2008/04/23/una-introduccion-a-los-techos-verdes: accesada el 12 de abril de 2011.
55. Velazquez S. (2005); "Organic Greenroof Architecture: Sustainable Design for the New Millennium"; Ed. *Wiley Periodicals, Inc.*; U.S. p.p 3-17.
56. Villalba (2009); "EL 1, 2, 3 de las azoteas verdes, Introducción a la Naturación Directa de Azoteas"; Ed. *Zona Verde MX S.A. de C.V.*; México; p.p. 55.
57. WRI (2011); "Climate Analysis Indicators"; Página web: cait.wri.org/cait.php: accesada el 23 de febrero de 2011.

58. ZinCo (2011); “Soluciones seguras y futuristas mediante cubiertas ajardinadas para una construcción urbana moderna”; Página web: www.zinco-cubiertas-ecologicas.es: accesada el 15 de junio de 2011.
59. Zona verde (2011); “Creación de paisajes”; Página web: www.zonaverde.com: accesada el 24 de marzo de 2011.
60. Zona verde (2011); “El Plan Maestro Para el Dominio de las Azoteas”; Página web: www.zonaverdemx.com: accesada el 03 de febrero de 2011.
61. Zorrilla (2010); “Techos verdes con retención de agua”; Página web: arquitecturadecasas.blogspot.com/2010/10/techos-verdes-retencion-de-agua.html; accesada el 02 de mayo de 2011.