



EVALUACIÓN Y PRE
DISEÑO DE TECHOS
VERDES PARA LA
REUTILIZACIÓN DE
AGUAS LLUVIAS EN LA
UMNG: UNA
PERSPECTIVA DESDE
UNIVERSIDAD
SALUDABLE

Proyecto de grado

PRESENTA:

GINNA ZAMARA GUERRERO USUGA – 1101019

PAOLA ANDREA GÁMEZ TABIMBA – 1101012

UMNG

2014

**EVALUACIÓN Y PRE-DISEÑO DE CUBIERTAS VERDES PARA LA
REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA
GRANADA: UNA PERSPECTIVA DESDE UNIVERSIDAD SALUDABLE.**

**GINNA ZAMARA GUERRERO USUGA
PAOLA ANDREA GÁMEZ TABIMBA**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2014**

**EVALUACIÓN Y PRE-DISEÑO DE CUBIERTAS VERDES PARA LA
REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA
GRANADA: UNA PERSPECTIVA DESDE UNIVERSIDAD SALUDABLE.**

GINNA ZAMARA GUERRERO USUGA

PAOLA ANDREA GÁMEZ TABIMBA

TRABAJO DE GRADO

JAIME DURÁN

INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C

2014

Tabla de contenido

1	Planteamiento	1
1.1	Descripción	1
1.2	Formulación	3
2	Antecedentes	4
3	Justificación	10
4	Objetivos	12
4.1	Objetivo General	12
4.2	Objetivos específicos	12
5	Marco Referencial	14
5.1	Marco Teórico	14
5.1.1	¿Qué son los techos verdes?	14
5.1.2	Los tipos de techos verdes	14
5.1.3	Las ventajas de los techos verdes.....	16
5.1.4	Sistemas Constructivos	20
5.1.5	Sistema de captación de agua pluvial en techos (SCAPT).....	28
5.2	Marco Legal	31
5.2.1	Acuerdo de ley 418 de 2009 (Concejo de Bogotá, Alcaldía de Bogotá, 2009)	31
5.2.2	Resolución 6423 de 2011 (Concejo de Bogotá, Alcaldía de Bogotá, 2009)	31
5.2.3	Normas relacionadas con los techos verdes	32
6	Metodología	33
6.1	Procedimiento	33
6.2	Fases de desarrollo.....	34
6.2.1	Visitas	34
6.2.2	Visita de Campo	34
6.2.3	Otras Sedes.....	40
7	Resultados	59
7.1	PRE-DISEÑO DE CUBIERTA VERDE – TERCER MOMENTO - SEDE MEDICINA.....	60

8	Conclusiones.....	71
9	Recomendaciones	73
10	Bibliografía.....	75

Tabla de Ilustraciones

<i>Ilustración 1 Jardín colgante de Babilonia.....</i>	<i>4</i>
<i>Ilustración 2. Valores de Carga Muerta (Estado Saturado) según la clasificación. 15</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 3 Características generales para: cubierta extensiva e intensiva.</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 4. Esquema del Sistema Sedum Tapizante.</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 5. Esquema del Sistema Tapizante Floral.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 6. Esquema del sistema "Cubierta con pendiente 0°".</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 7. Esquema del sistema de cubiertas invertidas.</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 8. Esquema del sistema "Cubierta inclinada hasta 20°".....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 9. Esquema del sistema "Cubierta inclinada hasta 35°".....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 10. Esquema del sistema "Plantas aromáticas".</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 11. Esquema del sistema "Pradera floral".....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 12. Esquema del sistema "cubierta jardín".....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 13 SCAPT.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 14 Interceptor de las aguas.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 15 Especificaciones de los componentes.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 16 Techo edificio E.....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 17 Techo detalle – Edificio E.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 18 Viga-canales - Edificio E.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 19 Ingreso a los techos.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 20 Tejados B, C y D.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 21 Vista panorámica.</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 22 Mantenimiento y reforzamiento de las cubiertas.</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 23 Reforzamiento.....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 24 Reforzamiento con manto.</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 25 Ingreso a la cubierta.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 26 Techo Edificio Administrativo.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 27 Estructura Techo Administración.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 28 Vista panorámica.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 29 Cubierta Aula Máxima.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 30 Campus Cajicá.....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 31 Ingreso a la cubierta.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 32 Estado actual de techos UMNG Cajicá.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 33 Techos: Edificio Camacho Leyva.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 34 Vista del campus desde techo.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 35 Construcción de nuevos edificios.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 36 Construcción de nuevos edificios.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 37 Conexión entre edificios con vista a techos.</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 38 Techo - edificio de Ciencias Básicas.....</i>	<i>45</i>

<i>Ilustración 39</i>	<i>Techo edificio Camacho Leyva</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 40</i>	<i>Riego de vegetación en campus</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 41</i>	<i>Uso de agua de pozo profundo</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 42</i>	<i>Uso de agua de pozo profundo</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 43</i>	<i>Vista general de la sede de Medicina</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 44</i>	<i>Vista general de la sede de medicina</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 45</i>	<i>Techo en teja de la cafetería</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 46</i>	<i>Detalle de teja Eternit - I</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 47</i>	<i>Detalle de teja Eternit - II</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 48</i>	<i>Parte de la cubierta sobre salones</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 49</i>	<i>Cubierta del anfiteatro</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 50</i>	<i>Cubierta de salones del primer piso</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 51</i>	<i>Detalle de manto en cubierta</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 52</i>	<i>Detalle de viga canal y manto en cubierta</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 53</i>	<i>Detalle de viga canal - II</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 54</i>	<i>Canaleta vista superior</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 55</i>	<i>Balcón</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 56</i>	<i>Canal de aguas lluvias - balcón</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 57</i>	<i>Cubierta - Edificio Germán Díaz Díaz</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 58</i>	<i>Cubierta - Edificio Germán Díaz Díaz - II</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 59</i>	<i>Detalle de espacio en cubierta - Edificio Germán Díaz Díaz - I</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 60</i>	<i>Detalle en cubierta - Edificio Germán Díaz Díaz - II</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 61</i>	<i>Detalle en cubierta - Edificio Germán Díaz Díaz - III</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 62</i>	<i>Detalle en sifón - cubierta del edificio Germán Díaz Díaz</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 63</i>	<i>Fases de ciclo de vida de un sistema de techo verde</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 64</i>	<i>Ubicación Edificio "Germán Díaz Díaz"</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 65</i>	<i>Plano Arquitectónico de la cubierta</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 66</i>	<i>Plano Estructural del cuarto de máquinas</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 67</i>	<i>Plano Estructural de la cubierta del cuarto de máquinas</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 68</i>	<i>Plano Hidrosanitario de la cubierta del cuarto de máquinas</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 69</i>	<i>Plano Eléctrico de la cubierta del cuarto de máquinas</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 70</i>	<i>Cubierta</i>	<i>67</i>



"Durante centenares de miles de años, el hombre luchó para abrirse un lugar en la naturaleza. Por primera vez en la historia de nuestra especie, la situación se ha invertido y hoy es indispensable hacerle un lugar a la naturaleza en el mundo del hombre"

Santiago Kovadloff



1 Planteamiento

1.1 Descripción

Es vital para los ingenieros civiles inducir en esta nueva hazaña frente a lo que se vive diariamente, por lo cual en nuestro país, Colombia, y en nuestra ciudad, Bogotá, se desea hacer un reemplazo en el pensamiento que se tiene del modo en el que vivimos, dentro de la visión del nuevo perfil profesional y ocupacional es necesario compartir espacios inter y transdisciplinarios donde desde cada una de las facultades se viva una cultura del cambio y de la realización de actividades que conlleven a un bienestar y una mejor calidad de vida, por esta razón cuando se propone un tema de gran interés sobre la humanidad como es la de entender la universidad como un espacio para integrar el concepto de saludable pero sobre todo para abrir un modelo de cultura que vele por la calidad de vida de los actores que la integran, se abre un excelente escenario por lo cual la universidad es el lugar óptimo para su desarrollo.

La Universidad Militar Nueva Granada, como espacio para el crecimiento físico, intelectual, social, psicológico; abre un lugar de reflexión sobre los compromisos que van más allá de una formación disciplinaria; la naturaleza misma de la ingeniería consagrada en las leyes y estatutos colombianos, trata sobre la responsabilidad de la misma frente a los logros futuros y a los riesgos que se derivan de una débil interpretación de los alcances ambientales que debería tener la ciudadanía, es por ello que observando evidencias sobre la necesidad de garantizar un zona para el desarrollo saludable de seres humanos, se han

comenzado a evaluar evidencias que ponen en riesgo el buen desarrollo de los actores institucionales (estudiantes, profesores, personal administrativo y personal de apoyo logístico) y que desde la integralidad de la formación ingenieril se puede abordar.

Si en la ingeniería civil se tiene como fin realizar una quimera en la que alternar lo disciplinar con lo social es importante y posible, así que aplicando los conceptos propios de la carrera de ingeniería civil y viendo los problemas frecuentes de nuestra vida diaria que llegan a pasar desapercibidos, se quiere estudiar la viabilidad de mirar las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, como un espacio de experimentación ambiental al usar techos verdes y la reutilización de aguas lluvias que llegan a ser una pequeña pero importante parte de la solución a la gran problemática que se tiene respecto a la contaminación sanitaria, visual y atmosférica.

No tener en cuenta criterios sobre reutilización de aguas lluvias para afrontar situaciones críticas como manejo y utilización de baños en tiempos de corte en el suministro del agua potable, así como la utilización de este líquido para atender los prados y jardines de la universidad llevan a una preocupación que sobrelleva a temas de salubridad y garantías de condiciones de vida universitaria con dignidad; este es un proyecto ambicioso que se encuentra dentro de un mega proyecto llamado “UNIVERSIDAD SALUDABLE” en el cual con el aporte de la ingeniería civil se quiere analizar la viabilidad de adoptar techos verdes en el que se puedan reusar las aguas lluvias, es decir, techos que cumplan con el cuidado del medio ambiente y con la salud de las personas que pueden interactuar con el lugar.

1.2 Formulación

¿Cómo la Universidad Militar Nueva Granada puede ser un lugar ecológico, saludable y ambiental?

La afirmación a ésta pregunta es lo que busca promover éste proyecto con la implementación de cubiertas verdes, haciendo que las instalaciones de la institución, brinden un mejor entorno para el aprendizaje y desarrollo del conocimiento, un espacio sano, tranquilo y cómodo, aumentando el estado anímico de las personas que interactúan dentro de ella.

2 Antecedentes

La construcción de techos verdes ha estado presente hace varios siglos atrás, es posible evocar una de las construcciones más emblemáticas históricamente y encontrándose entre las siete maravillas de la antigüedad, los jardines colgantes de Babilonia, construidos a finales del s. XI a. de C. y constituyéndose como la imponente ingeniería de la Mesopotamia, en la que se pone en práctica la ingeniería, la hidráulica, los beneficios del ambiente y lo que es su estructuración en la civilización.

Contextualizando, la ubicación de la antigua Babilonia (Actualmente Siria) y específicamente los jardines colgantes de Semíramis, son ubicados en el desierto, cercanos al río Éufrates, los jardines colgantes se describen como altas terrazas escalonadas en las que se situaban depósitos de agua desde el cual corrían varios arroyos, según como lo describe el geógrafo griego Estrabón (Siglo I d.C.): “Esté consta de terrazas abovedadas alzadas unas sobre otras, que descansan sobre pilares cúbicos. Éstas son ahuecadas y rellenas con tierra para permitir la plantación de árboles de gran tamaño. Los pilares, las bóvedas y las terrazas están construidos con ladrillo cocido y asfalto”.

Ilustración 1 Jardín colgante de Babilonia



Tomado de: [http://2.bp.blogspot.com/-](http://2.bp.blogspot.com/-V4SSjZmmB2U/UWp0xfK9DCI/AAAAAAAAAOG/BZ7b0VltVps/s1600/jardines+colgantes+de+babilonia.jpg)

[V4SSjZmmB2U/UWp0xfK9DCI/AAAAAAAAAOG/BZ7b0VltVps/s1600/jardines+colgantes+de+babilonia.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-V4SSjZmmB2U/UWp0xfK9DCI/AAAAAAAAAOG/BZ7b0VltVps/s1600/jardines+colgantes+de+babilonia.jpg)

De tal manera, según Juárez (2011), los jardines fueron construidos sobre vigas de arcos de piedra e impermeabilizados con capas de juncos y alquitrán espeso, sembrando así las plantas y árboles. En el año 539 a. de C. los persas conquistan Babilonia y el imperio cae, es hasta el 326 a. de C. cuando Alejandro Magno visita la antigua Siria y describe las ruinas de la ciudad, posteriormente la destrucción definitiva se da en el año 126-125 a. de C. cuando Sátrapa Evémero conquista la ciudad y la incendia.

Siglos más tarde, los techos verdes fueron usados como técnicas de construcción, empleándose en los países nórdicos (tales como: Islandia, Escandinavia y Canadá), su uso se hizo popular debido a las ventajas que proponía al asilar las casas del frío, tales techos construidos en Escandinavia tienen inclinaciones que varían de 30° a 45°, poseen capas gruesas de 20 cm de césped, puestos sobre varias capas de corteza de abedul sellada con alquitrán para conseguir una superficie resistente a las raíces y el agua (Minke, 2004), la vida útil de este techo es en promedio de 20 años.

En Islandia, las casas tradicionales estaban hechas de “paneles” los cuales acumulan calor en el invierno, siendo capaces de permanecer calientes sin tener que usar calefactores artificiales, pues son capaces de proveer una temperatura ambiente lo suficientemente confortable. Las casas eran cubiertas con varias capas de terrones de turba (entre 2 y 3 capas), eran apoyadas sobre ramas y recubiertas con césped, respecto al techo, aunque no tiene propiedades de impermeabilización, su inclinación está pensada para evitar la infiltración de agua lluvia y de la nieve al derretirse.

Algo similar se presenta al norte de Estados Unidos y en Canadá en el que con una técnica análoga se levantaron casas de piezas de césped. “Las grandes paredes (hasta 90 cm) eran de pan de césped de 10 cm de espesor que iban trabando al igual que una pared de piedra y metiendo la capa de césped hacia abajo. El techo se hacía con tirantes, estructura de ramas, pasto de los prados y dos capas de panes de césped” (Dossier, 2011).

Consecutivamente, el interés de los arquitectos es creciente a principios del siglo veinte y comienzan a integrar tales conceptos, es entonces cuando Rockefeller Center exhibe diseños en el que se aprecia la instalación de techos verdes, sin embargo es hasta los años 60 y 70, cuando Alemania empieza los primeros trabajos e investigaciones al respecto, desarrolla la tecnología para crear techos verdes eficientes capaces de ser usados desde casas hasta edificios. De hecho según Velez (2010), la primera guía técnica realmente completa y comprensible para la planeación, ejecución y mantenimiento de los techos verdes fue producida en 1998 por la Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL), una organización de paisajismo de este país, es posible resaltar que en Alemania, el mercado de los techos verdes se ha expandido rápidamente desde la década de los 80, pasando de uno a diez millones de metros cuadrados con esta cubierta, en ese período. Este crecimiento fue estimulado por la legislación municipal y la implementación de incentivos. Otros estados y ciudades ahora incluyen a los techos verdes dentro de su legislación.

Actualmente es una técnica usada comúnmente por los países que desean disminuir las emisiones de CO₂ y cumplir con los convenios para la protección del

medio Ambiente, algunos países que han implementado tal técnica alrededor del mundo son: Alemania, Estados Unidos, Inglaterra, Países Bajos, Suiza, Austria, Japón. Etc.

En Latinoamérica, los primeros países interesados en el tema de las cubiertas verdes fueron Argentina y México; Argentina que mediante la agencia de protección ambiental y el apoyo del gobierno de Buenos Aires, con la iniciativa de “Construcción verde – Del gris al verde” promovieron la construcción de techos verdes, en la que en 2006 comenzó con el proyecto de renovación de 3500 hectáreas a techos verdes en Buenos Aires (Tras el concurso propuesto por HOLCIM en 2005); así mismo en México SIKA ha estado presente en el uso de techos verdes, con la formación y puesta en marcha de la Asociación Mexicana para la Naturación de Azoteas (AMENA), y siendo en 2010, el primer país latinoamericano en ser sede del Congreso Mundial de Azoteas Verdes que se viene realizando desde 2005; y que después de este evento, se realizaron avances en el país, tal que en 2011, el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda de los Trabajadores (Infonavit), inaugura el techo verde más grande Latinoamérica.

En Colombia esta tecnología se ha usado hace varias décadas, pues ha sido bastante funcional en varios sectores del país que poseen dificultades en recursos tales como el agua, en consecuencia al ser experiencias no académicas no fueron tomadas en el recuento técnico e histórico que se presenta a continuación.

En nuestro país “durante los últimos años, Ricardo Andrés Ibáñez y Miguel Ángel Cárdenas, magísteres en arquitectura, han abordado desde la academia el tema

de los techos verdes en el país, aún poco explorado, que ofrece muchas posibilidades para desarrollar investigación” (Universia, 2010), para 2009 habían diseñado, un “techo verde criollo” para una vivienda ubicada en el barrio El Carmen en la localidad de Tunjuelito, mientras que para 2010, trabajaron en el diseño de cubiertas para 30 mil metros cuadrados en una serie de bodegas y edificios que se ubican en el eje de la calle 26, cerca del Aeropuerto El dorado. Así mismo su trabajo ha llamado el interés del programa Da Vinci de la Alcaldía Mayor de Bogotá, en la que igualmente se gestionó la adopción de normatividades para incentivar el uso de techos verdes en la ciudad a través del premio anual de eco diseño.

Otros casos relevantes son las cubiertas vivas extensivas que “se están implementando en edificaciones de la ciudad como lo son el edificio de oficinas de la Calle 93 con 16, la biblioteca de la Universidad de Los Andes y el Club House en el conjunto residencial Ciprés de la arboleda en el barrio Quinta Paredes” (Gutiérrez, 2009), sin embargo eso no quedó allí, ya que en el 2011 se inauguró la nueva sede de la Secretaría Distrital de Ambiente en la que 1.400 metros cuadrados son techos verdes, siendo el primer edificio ecológico de la ciudad; posteriormente en el 2012, se lanza la guía técnica de techos verdes de Bogotá, documento elaborado por la Secretaría Distrital de Ambiente, en la que se reúne los requerimientos mínimos y prácticas recomendadas para la adopción de techos verdes. Actualmente es posible dilucidar las notorias experiencias que se están consolidando en el país, entre las más notables se encuentran las investigaciones realizadas por, la Universidad del Magdalena que entre 2011 y 2012 en la que han

realizado trabajos de investigación en el Distrito turístico, cultural e histórico de Santa Marta, El Rodadero, en el que se recomienda el uso de tecnologías verdes, tales como las cubiertas ecológicas; también Proasfálticos- FBP (Medellín) que con la dirección de Carlos A. López Vélez han publicado un manual sobre el uso y estudio de cubiertas verdes para la ciudad de Medellín.

3 Justificación

“Las imágenes de pueblos enteros con techos empastados, como salidos de una historia de Tolkien, evocan una relación pérdida con la naturaleza que, de algún modo, quizá muy posmoderno, se logra revivir con la naturación de azoteas urbanas” (Rodríguez, 2011)

En la Universidad Militar Nueva Granada se desea que los estudiantes, docentes, administrativos y personal de apoyo logístico tenga un ambiente óptimo para obtener excelentes resultados de trabajo, en el que la comunidad se sienta cómoda y satisfecha de pertenecer a la institución, sin embargo hay oportunidades en las que altas (islas de calor) y bajas temperaturas se hacen presentes en algunas zonas, como en las aulas de estudio y salones, creando incomodidad a la hora de trabajar, pues se hacen frecuentes algunas de las situaciones que se presentan a continuación:

- Que los estudiantes entren a un salón en donde había clase anteriormente, y se encuentre a una temperatura mayor.
- Que durante el desarrollo de la clase, la temperatura aumente y se tengan que abrir las ventanas y puerta.
- Que haga bastante frío y este lloviendo y tengan que abrirse las ventanas, por la alta concentración de estudiantes en el área de estudio.

Tales cambios de temperatura, crean desgaste en el cuerpo humano y malestar, por lo que los techos verdes aportan el principal beneficio de regular la temperatura en las estructuras, puesto que permiten la evapotranspiración de las

plantas, siendo capaces de absorber y disipar calor. Por otro lado, la reutilización de agua también se hace posible, puesto que los techos verdes “han demostrado retener entre el 60 y el 100% de la lluvia que reciben. La retención de agua de lluvia, alivia el exceso de volumen de los sobrecargados sistemas de drenajes y filtra los contaminantes del agua lluvia” (Vélez, 2010), asegurando en la comunidad neogranadina una buena calidad de vida, que es responsable con el medio ambiente.

De tal forma es vital para nosotros embarcarnos en este tipo de propósitos, que hace frente a lo que vivimos diariamente y en especial a las necesidades de nuestra comunidad, puesto que la investigación de techos verdes es aún limitada en nuestro país, y está es necesaria para los retos que enfrentamos ahora con la perspectiva de un mundo sostenible, y siendo la Universidad Militar Nueva Granada una institución educativa con la misión de fomentar el diálogo de saberes, la construcción de comunidad académica y la visión del aprendizaje continuo, la investigación y la innovación desde una perspectiva global; en cumplimiento de la responsabilidad social (UMNG, s.f.), es el lugar indicado para empezar este proyecto, que promueve una nueva sociedad, más responsable y una comunidad que se desarrolla en un espacio óptimo y sustentable consigo mismo y con el medio ambiente.

4 Objetivos

4.1 Objetivo General

Identificar y proponer en las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada las condiciones para hacer un diseño básico de una cubierta verde que cumpla con los requerimientos ambientales y que ofrezca la solución doble propósito, desarrollando una propuesta ambiental desde el punto de vista de ingeniería civil, que a través de las tecnologías de techos verdes se ofrezca la oportunidad de implementarlos, reutilizando el agua lluvia para la vegetación del mismo y al mismo tiempo ser capaz de habitar los espacios que aseguren una buena calidad de vida en los actores que día a día hacen parte de la comunidad neogranadina.

4.2 Objetivos específicos

- Hacer un levantamiento teórico de las condiciones necesarias para la construcción de un techo verde.
- Realizar visitas guiadas a instituciones y organizaciones expertas en el desarrollo de estas aplicaciones ambientales.
- Identificar las condiciones de las cubiertas de las edificaciones de la calle 100, sede medicina y campus Cajicá; para identificar el potencial de implementación de un techo verde.
- Orientar un proyecto básico de recolección, manejo, almacenamiento, tratamiento básico y distribución de aguas lluvias.
- Estudiar e investigar los techos verdes y la recolección de agua.
- Estudiar las alternativas de implementación de techos verdes en Bogotá.

- Reconocer la normatividad existente en Bogotá para la adopción de techos verdes en edificios construidos y nuevos.
- Desarrollar una propuesta ambiental preliminar de uso de techos verdes para uso de sistemas de reutilización de aguas lluvias en la UMNG.

5 Marco Referencial

5.1 Marco Teórico

5.1.1 ¿Qué son los techos verdes?

En su definición más básica, una cubierta verde es un sistema de contribución ambiental que permite el crecimiento de vegetación en la parte superior de los edificios (ya sea en techos o azoteas), manteniendo protegida su estructura. En general, las cubiertas verdes tienen un impacto neto positivo sobre el ambiente desde el momento mismo en que se capturan agua de lluvia, reduciendo así inundaciones y niveles de contaminación; de igual manera mejoran la aislación térmica de los edificios y enfrían el aire; representan un hábitat para especies nativas o migratorias; y pueden ayudar a mejorar la calidad de vida. (Buenos Aires-Gobierno de la ciudad y Agencia de Protección Ambiental, 2007).

5.1.2 Los tipos de techos verdes

5.1.2.1 Clasificación general de techos verdes en Bogotá (SECRETARÍA DISTRITAL DE MEDIO AMBIENTE, 2011)

Según la guía de diseño de techos verdes para Bogotá, los techos verdes se clasifican de acuerdo:

- Su propósito principal y grado de seguimiento pos instalación.
- El grado de robustez del sistema empleado en función del porte y los requerimientos de la vegetación empleada y del peso del sistema en estado saturado.

Los primarios pueden ser autorregulados (utilizan el mínimo de materiales, inversión económica y peso), ajardinados (con especies vegetales ornamentales sin restricción de tamaño y gran espesor), ecológicos especializados (sirven como hábitat para flora y fauna local con vegetación de 200 centímetros de altura y 450 kilogramos de peso) y tipo huerta (para producción agrícola con sistemas de riego).

Por su parte, los secundarios se dividen en livianos (reducen el peso total), moderados (con robustez intermedia) y robustos. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011).

Ilustración 2. Valores de Carga Muerta (Estado Saturado) según la clasificación.

VALORES DE CARGA MUERTA EN ESTADO DE SATURACIÓN DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DEL TECHO VIVO			
CLASIFICACIÓN PRIMARIA	CLASIFICACIÓN SECUNDARIA		
	Liviano	Moderado	Robusto
Techo Biótico Ecológico	hasta 80 kg/m ²	más de 80 y hasta 120 Kg/m ²	más de 120 y hasta 150 Kg/m ²
Techo Biótico Ajardinado	hasta de 150 kg/m ²	más de 150 y hasta 200 Kg/m ²	más de 250 Kg/m ²
Techo Biótico Ecológico Especial	hasta de 200 kg/m ²	más de 200 y hasta 300 Kg/m ²	más de 300 y hasta 450 Kg/m ²
Techo Huerta	hasta de 150 kg/m ²	más de 150 y hasta 250 Kg/m ²	más de 250 y hasta 350 Kg/m ²

Tomado de: (SECRETARÍA DISTRITAL DE MEDIO AMBIENTE, 2011)

5.1.2.2 Clasificación general de techos verdes. (Abraham Beltrán Melgarejo)

Los techos verdes se pueden dividir en tres tipos, extensivos, intensivos y semi-intensivo. Los extensivos donde el sustrato tiene una profundidad de la tierra comprende de 2 a 10 cm, de 60 kg/m² a 150 kg/m² de peso, utilización de plantas de bajo crecimiento como Sedum, zacates o musgos, y su mantenimiento es bajo. Los intensivos, está enfocado en la imitación de un jardín, este requiere de diversas capas de sustrato con más profundidad (mayor a 15 cm), el peso de 200

kg/m² a 500 kg/m². El semi intensivo, tiene una profundidad de sustrato entre 4 cm a 30 cm, usualmente son accesibles y puede ser utilizado para el crecimiento de hierbas poco profundas y cultivos de hoja.

Ilustración 3 Características generales para: cubierta extensiva e intensiva.

Cubiertas verdes extensivas	Cubiertas verdes intensivas
<ul style="list-style-type: none"> ■ requieren mantenimiento mínimo <ul style="list-style-type: none"> - inspección de 1 a 2 veces al año - abastecimiento de agua y de nutrientes principalmente por procesos naturales ■ comunidades de plantas adaptadas <ul style="list-style-type: none"> - ruderales y resistentes - autoregenerables ■ cargas reducidas y estructuras de bajo espesor <ul style="list-style-type: none"> - principalmente sustratos minerales entre 8 y 10 cm de espesor mínimo - cargas entre 120 y 150 kg/m² ➡ capa protectora con funciones ecológicas 	<ul style="list-style-type: none"> ■ requieren mantenimiento regular <ul style="list-style-type: none"> - tareas habituales de mantenimiento en jardinería como cortar el césped, abonado, riego, escardas etc. ■ cargas y espesor de la estructura en función de la selección de la vegetación <ul style="list-style-type: none"> - jardín ornamental, praderas, arbustos y árboles - sustrato conteniendo mayor porcentaje de materia orgánica, en capas > 150 mm - carga > 150 kg/m² ➡ jardín sobre la cubierta

Tomado de: (ZinCo (Life on roofs), 2013)

5.1.3 Las ventajas de los techos verdes

Según Minke (2004) los jardines frontales y los patios enjardinados, pero sobre todo los techos y jardines verticales, podrían mejorar decididamente el clima contaminado de las ciudades, puesto que el aire se purificaría, se reducirían los remolinos de polvo y las variaciones de temperatura y humedad disminuirían. Para lograr un clima urbano saludable, sería suficiente con enjardinar entre un 10 y un 20% de todas las superficies de la ciudad, ya que un techo de césped sin podar tiene en promedio de 5 a 10 veces más de superficie vegetal que la misma área en un parque abierto.

Según la guía de Minke (2004), observando las grandes ciudades, se pueden dividir en zonas de la siguiente manera: 1/3 de la superficie está edificada, 1/3 corresponde a las calles y plazas, a su vez pavimentadas, y solamente queda 1/3 de superficies verdes sin pavimentar, en la que si sólo cinco techos tuvieran uno con césped, la superficie de vegetación en la ciudad se duplicaría.

Los techos verdes además de influir en el mejoramiento del clima de la ciudad, también optimizan la aislación térmica, el almacenamiento de calor del edificio (islas de calor), y su aislación acústica. Además son considerados, a largo plazo, más económicos que las cubiertas convencionales.

Los techos verdes conducen, en esencia, a una construcción ecológica, social y económica. Como se señala a continuación:

- Producen oxígeno y absorben CO₂.
- Filtran el material particulado del aire y absorben algunas sustancias nocivas.
- Evitan el recalentamiento de los techos, produciendo un acondicionamiento natural térmico.
- Al permitir una evaporación más rápida de la humedad acumulada, reducen las variaciones de temperatura del ciclo día - noche y evitan el fenómeno de isla de calor.
- Permiten el aislamiento térmico.
- Permiten el aislamiento sonoro.
- Absorben la lluvia, por lo que reducen la presión en los sistemas de alcantarillado pluvial.

- Algunos sistemas de vegetación generan aromas agradables.
- Dan alojamiento a insectos, aumentando la biodiversidad, sin embargo también puede considerarse una condición antípoda, respecto a su relación con la comunidad.
- Son estéticos e influyen positivamente en el buen estado de ánimo y en la relajación de las personas.
- Reducción de superficies pavimentadas.

5.1.3.1 Reducción de las superficies pavimentadas

Debido al alto incremento de las superficies selladas, surgen en las zonas de aglomeración urbana influencias negativas en el agua domiciliaria, la calidad del aire y el microclima. El mal clima en nuestras grandes ciudades podría mejorarse esencialmente a través de un aumento de superficies verdes.

5.1.3.2 Producción de oxígeno, consumo de dióxido de carbono

La vegetación de los techos verdes toma, como todas las plantas, CO₂ del aire y libera oxígeno. Esto sucede en el proceso de fotosíntesis. Así que mientras las hojas verdes sobre el techo aumenten, se generará oxígeno y se consumirá CO₂. Si existe un equilibrio entre el crecimiento y muerte de partes de las plantas, siempre existiría la ventaja de que se extraiga CO₂ del aire y quede almacenado en ellas. Incrementando la calidad del aire en las urbes.

5.1.3.3 Limpieza del aire

Las plantas pueden filtrar material particulado. El polvo queda adherido a la superficie de las hojas y son arrastradas después por la lluvia hacia el suelo. A su

vez las plantas pueden absorber sustancias nocivas que se presentan en forma de gas y aerosoles.

Investigaciones de Bartfelder y Köhler (1986) demostraron, que en los barrios céntricos de las ciudades, altamente contaminados, también los metales pesados son captados por las hojas. 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.

5.1.3.4 Reducción del remolino de polvo

Los techos cubiertos con vegetación disminuyen considerablemente el recalentamiento de las superficies techadas. En Europa Central, 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, pág. 459). También hace que las partículas de 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.

5.1.3.5 Regulación de la humedad

Los techos verdes absorben el agua lluvia, esta es depositada en el sustrato, el cual hace de medio filtrante que drena a baja velocidad en comparación a los techos tradicionales, ello representa una reducción en las variaciones de humedad que en conjunto con la vegetación, planifican un espacio para una evaporación

más eficaz de la humedad acumulada, es así que cuando el aire está seco evaporan una considerable cantidad de agua y es posible elevar la humedad relativa del aire. Según Robinette (1972) 1 hectárea de huerto evapora en un día caluroso de verano aproximadamente 1500 m³ de agua y un seto aproximadamente de 0,28 a 0,38 m³.

Por otra parte, las plantas pueden disminuir la humedad del aire con la formación de rocío. Así se condensa la niebla sobre las hojas y tallos de un techo verde y luego pasa a la tierra en forma de gotas de agua.

5.1.3.6 Control del agua lluvia y las precipitaciones (Ibáñez Gutiérrez, 2008)

Los techos verdes extensivos tienen la capacidad de absorber 40% del agua lluvia. El restante 60% drena por las redes a una velocidad más baja en comparación con un techo expuesto tradicional. Esta agua sale a las tuberías filtrada naturalmente por el medio de crecimiento y las plantas. Así se reduce significativamente la presión en los sistemas de alcantarillado pluvial en las grandes ciudades y se permite una evaporación más rápida de la humedad acumulada, evitando el fenómeno de isla de calor. Cubiertas de capa vegetal con suelos o substratos más gruesos pueden retener hasta el 90% de las precipitaciones de una lluvia promedio.

5.1.4 Sistemas Constructivos

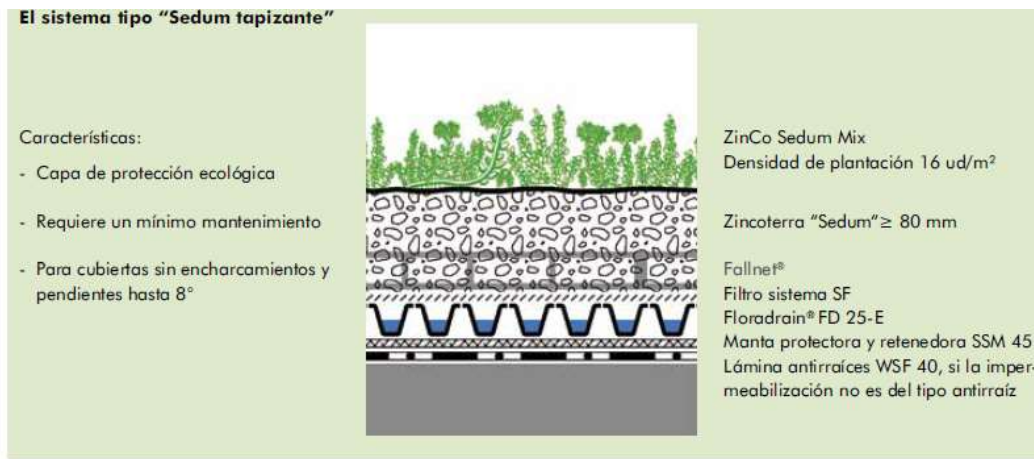
La siguiente información está establecida según la guía de planificación de Sistemas ZinCo para techos verdes. (ZinCo (Life on roofs), 2013)

5.1.4.1 Cubiertas verdes extensivas

5.1.4.1.1 Sedum tapizante

El sistema "Sedum tapizante" es una estructura estándar de las cubiertas verdes extensivas. Es un sistema ligero de poco espesor con una apariencia natural que requiere muy poco mantenimiento. Tiene la resistencia a la compresión necesaria, bajo espesor, poco peso y permite ser pisado.

Ilustración 4. Esquema del Sistema Sedum Tapizante.

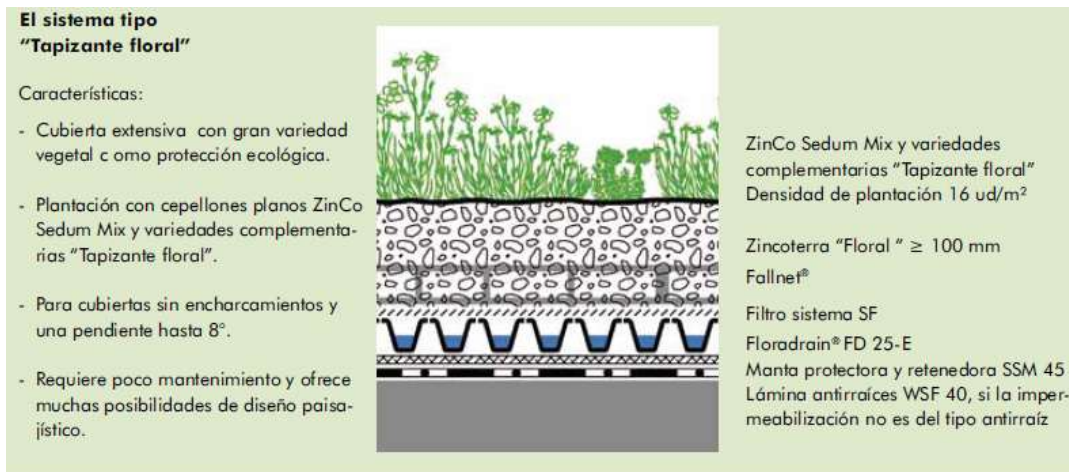


Tomado de: (ZinCo (Life on roofs), 2013)

5.1.4.1.2 Tapizante floral

El sistema tipo "Tapizante floral" proporciona una cubierta verde extensiva con mayor variedad de especies y, por tanto, una mayor diversidad ornamental. El sustrato debe tener un mínimo de 100 mm de profundidad y una riqueza en nutrientes algo mayor que en la cubierta de tipo "Sedum tapizante". La vegetación se compone de diversas especies que proporcionan un largo período de floración. El agua y los nutrientes son en su mayoría suministrados a través de procesos naturales. El agua de lluvia se acumula en las celdas de retención y el agua llega a las raíces por difusión. También se almacena en la manta de protección y los excesos de agua son drenados hacia los sistemas de evacuación.

Ilustración 5. Esquema del Sistema Tapizante Floral

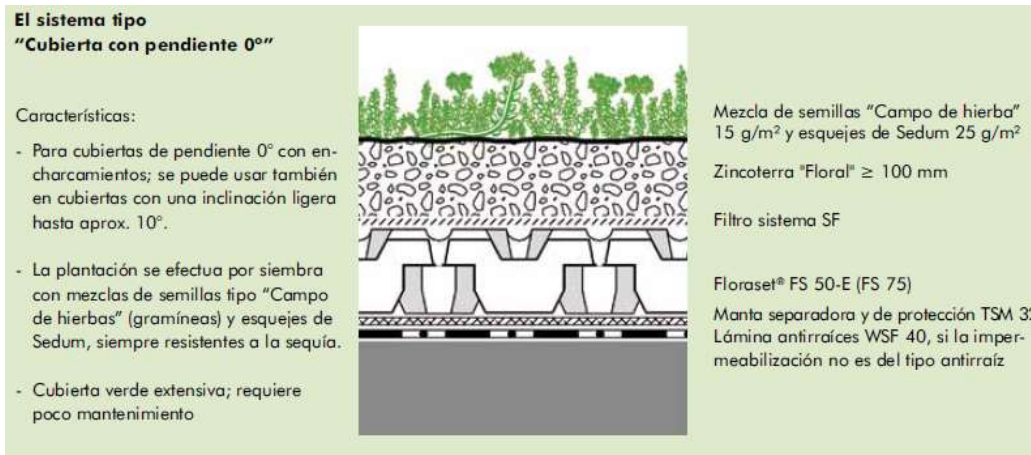


Tomado de: (ZinCo (Life on roofs), 2013)

5.1.4.1.3 Cubierta con pendiente 0°

Por norma general, las cubiertas planas deben tener una pendiente de, al menos, un 2°. Esto es especialmente importante en el diseño de una cubierta verde extensiva con una capa de drenaje y de sustrato de poco espesor. Ahora bien, en el caso de las cubiertas con pendiente 0°, es vital aumentar la altura de la placa drenante para evitar que los posibles encharcamientos produzcan la asfixia de las raíces de la vegetación. Mediante el uso de una placa drenante más profunda (50 mm o 75 mm), la distancia necesaria entre el nivel del agua y la capa de sustrato es posible. La estructura del sistema, en comparación con un sistema estándar, es más elevada pero no más pesada. Los elementos están fabricados con poliéstereno expandido, por lo tanto son muy ligeros. Este sistema permite el tránsito peatonal y puede ser utilizado tanto en las cubiertas verdes extensivas como en las intensivas.

Ilustración 6. Esquema del sistema "Cubierta con pendiente 0°".

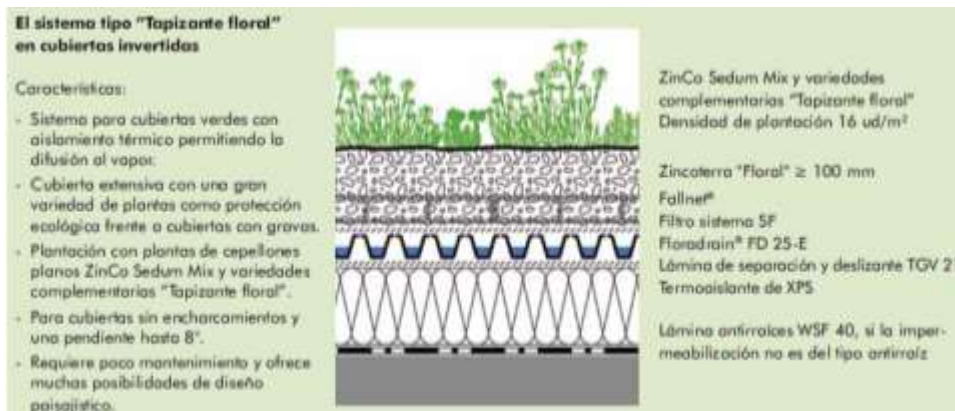


Tomado de: (ZinCo (Life on roofs), 2013)

5.1.4.1.4 "Tapizante floral" en cubiertas invertidas

La característica de una cubierta invertida es que el aislamiento térmico se coloca por encima de la impermeabilización. Para el buen funcionamiento del material aislante, las capas que evitan la difusión de la humedad ya que la capa superior debe ser permeable al vapor; por tanto, se evitará utilizar una manta que retenga agua. Si se tuviera que colocar una lámina antirraíz, ésta debe ser puesta por debajo del aislamiento térmico, directamente sobre la impermeabilización.

Ilustración 7. Esquema del sistema de cubiertas invertidas.



Tomado de: (ZinCo (Life on roofs), 2013)

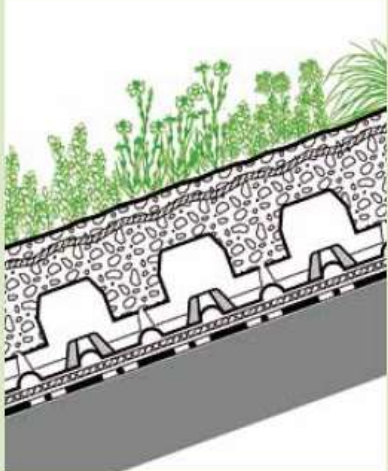
5.1.4.1.5 Cubierta inclinada hasta 20°

Se consideran cubiertas verdes inclinadas aquellas con una pendiente superior a aproximadamente 10° (18 %). A partir de los 10° de pendiente, los sistemas que se utilizan son muy diferentes de los utilizados en cubiertas planas.

En las cubiertas inclinadas los requisitos prioritarios son la estabilidad del sustrato y la retención de agua. Las fuerzas de empuje aumentan con la pendiente de la cubierta y tienen que ser transferidas a la estructura mediante bordes perimetrales fuertes o barreras de retención estables. La capa de sustrato tiene que ser protegida contra la erosión. La selección de plantas y los métodos de plantación deben ajustarse a la pendiente. Es imprescindible la instalación profesional de una impermeabilización antirraíces así como una manta de protección con gran capacidad de retención de agua.

Es fundamental tener en cuenta el cuidado y mantenimiento de la cubierta verde desde la planificación inicial del proyecto.

Ilustración 8. Esquema del sistema "Cubierta inclinada hasta 20°".

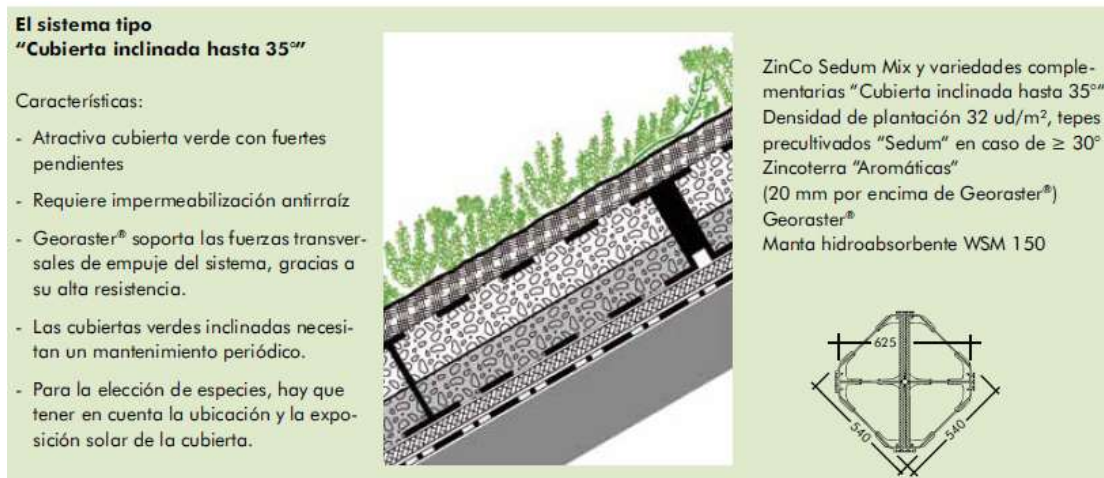
<p>El sistema tipo "Cubierta inclinada hasta 20°"</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none">- Sistema probado con poco mantenimiento, requiere impermeabilización antirraíz en cubiertas con una pendiente entre 10° y 20°.- Los elementos Floraset® retienen el sustrato y evitan movimientos del mismo.- Los elementos transfieren las fuerzas de empuje al forjado; el perfil alero y los soportes antiempuje tienen que ser conformes a la estructura.		<p>ZinCo Sedum Mix y variedades complementarias "Cubierta inclinada hasta 20°"</p> <p>Densidad de plantación 24 ud/m²</p> <p>Tejido de protección antiferosivo en yute JEG (pendiente > 15°)</p> <p>Zincoterra "Floral" ≥ 95 l/m² (≥ 70 mm por encima del Floraset®)</p> <p>Floraset® FS 75</p> <p>Manta protectora e hidratante BSM 64</p>
--	--	--

Tomado de: (ZinCo (Life on roofs), 2013)

5.1.4.1.6 “Cubierta inclinada hasta 35°”

Permite la instalación de cubiertas verdes en pendientes superiores a 20° y hasta 35°. La selección de plantas tiene que estar bien adaptada a las condiciones extremas de una cubierta vegetal inclinada, ya que la radiación solar es mayor (especialmente en cubiertas orientadas a la dirección del sol) y la velocidad de escorrentía del agua es mayor que en una cubierta plana. El riego debe planificarse. Se evitarán las zonas sin cobertura vegetal para prevenir problemas de erosión. Además, la instalación profesional de una impermeabilización antirraíces es una condición previa indispensable. Es también necesario transferir las fuerzas de empuje a armaduras estables y a barreras de retención adicionales.

Ilustración 9. Esquema del sistema “Cubierta inclinada hasta 35°”



Tomado de: (ZinCo (Life on roofs), 2013)

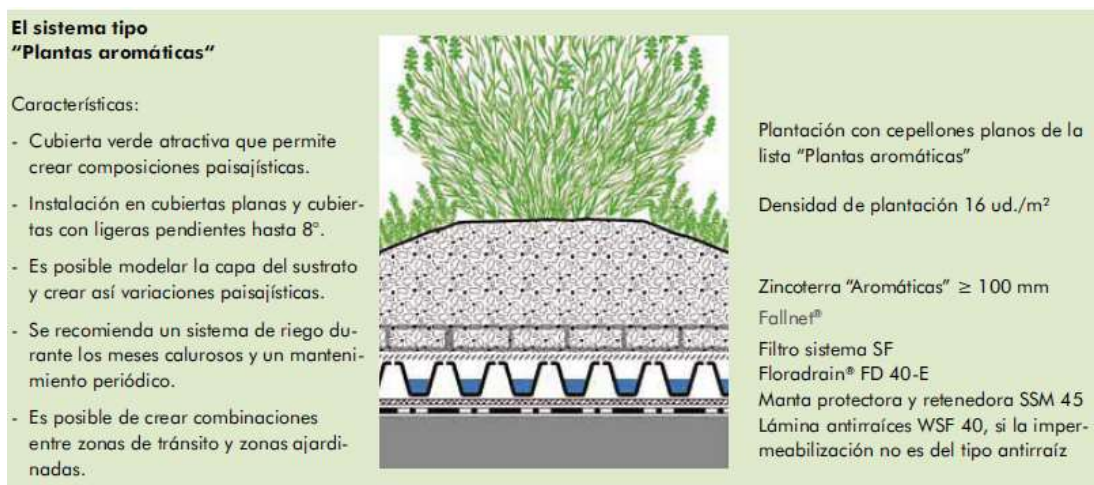
5.1.4.2 Cubiertas verdes semi-extensivas

5.1.4.2.1 Plantas aromáticas.

El sistema “Plantas aromáticas” tiene un peso reducido y, a la vez, permite creaciones paisajísticas y combinaciones entre zonas ajardinadas y zonas peatonales. En comparación con un sistema intensivo (como el sistema “Cubierta jardín”), el mantenimiento del sistema “Plantas aromáticas” es mucho menor.

La comunidad vegetal "Plantas aromáticas" contiene plantas tapizantes, hierbas aromáticas y pequeños arbustos. Esta selección de plantas constituye una agrupación vegetal resistente a la sequía y visualmente agradable. A continuación se presenta un diseño de Zinco, denominado ZincoTerra aromáticas, esta comunidad de plantas, el cual utiliza en combinación con el elemento de drenaje y de retención de agua.

Ilustración 10. Esquema del sistema "Plantas aromáticas".



Tomado de: (ZinCo (Life on roofs), 2013)

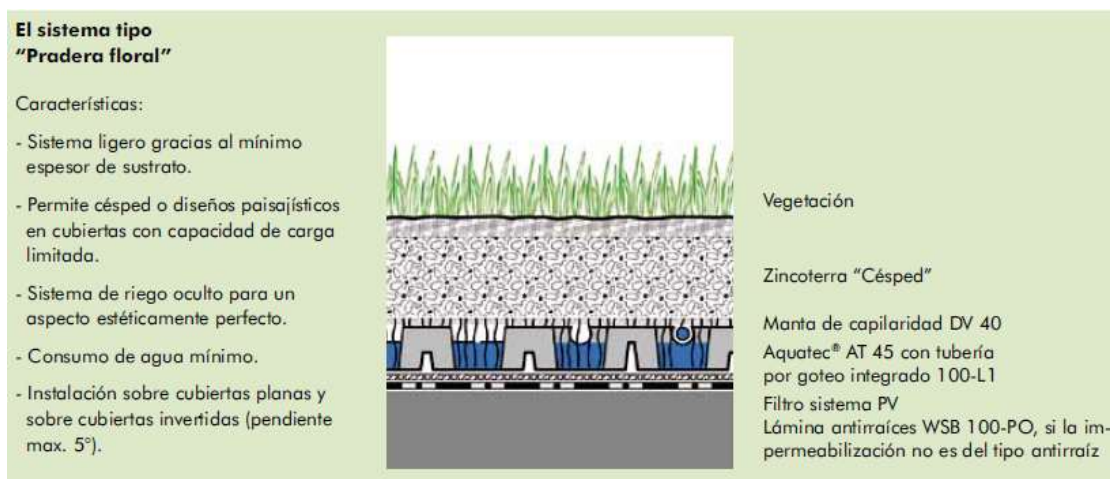
5.1.4.3 Cubiertas verdes intensivas

5.1.4.3.1 Pradera floral

Brinda la aplicación del riego por capilaridad. Con este sistema se abre un gran abanico de posibilidades arquitectónicas y paisajísticas. Según la guía de Zinco, este sistema constructivo reduce considerablemente las cargas estructurales totales de la cubierta, en la que una cubierta de césped, por ejemplo, es factible con sólo 10 cm de espesor de sustrato, lo que permite la instalación en cubiertas estructuralmente ligeras. El sistema combina un elemento de drenaje y de retención de agua, con tuberías de goteo insertadas en hendiduras preparadas a tal efecto en la placa de drenaje y una manta de capilaridad. Además dice que

puede ser instalada en cubiertas planas y cubiertas con inclinaciones de hasta 5° de pendiente e, incluso, en cubiertas invertidas. Este modelo promete que todo el sistema de riego queda oculto, por lo que el aspecto final de la cubierta es bastante llamativo y estéticamente aceptable. Por último, el consumo de agua es más reducido que con riego por aspersión, por lo tanto hay evaporación en la superficie, y no hay pérdidas por el efecto del viento. A continuación, un esquema:

Ilustración 11. Esquema del sistema "Pradera floral"



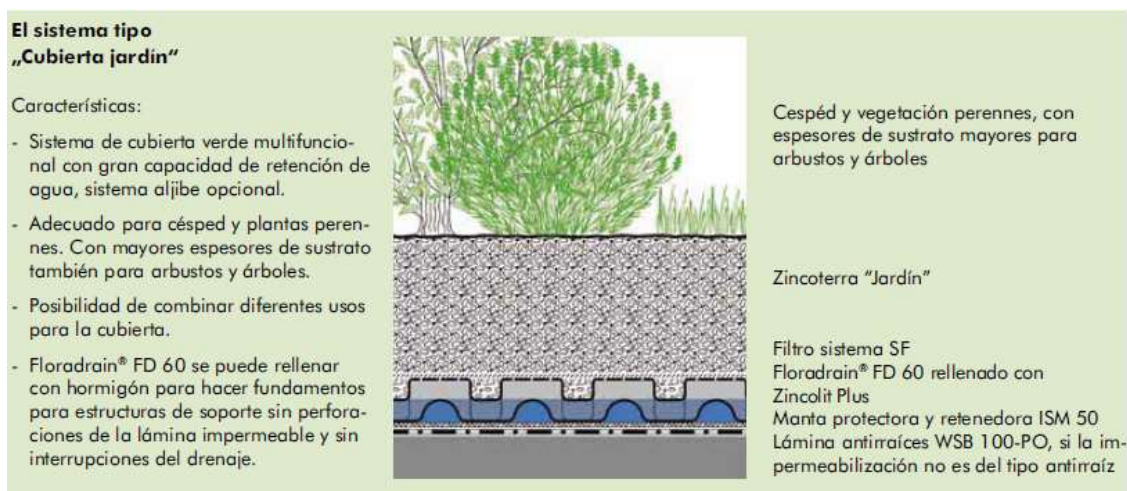
Tomado de: (ZinCo (Life on roofs), 2013)

5.1.4.3.2 Cubierta jardín

Zinco, presenta otro sistema multifuncional con almacenamiento de agua. Se exhibe como adecuado para césped, plantas perennes y, con mayores espesores de sustrato, también para arbustos y árboles. El sistema tipo "Cubierta jardín" permite la utilización de cualquier composición paisajística (estanques, áreas de juegos, pérgolas, etc.). Por tener mayores espesores se hace posible integrar este sistema en zonas pavimentadas como terrazas, zonas de acceso peatonal o zonas de recreo. En la cubierta ajardinada tipo "Jardín" es interesante almacenar tanta cantidad de agua de lluvia como sea posible. En cubiertas sin pendiente

puede realizarse un aljibe controlado a una profundidad de hasta 4 cm para alimentar la capa vegetal con humedad, sin tener que instalar sistemas de riego adicionales. Este tipo de riego por capilaridad y difusión varía en función del espesor de la capa vegetal. Permite el crecimiento de plantas, arbustos y árboles de considerable altura en capas vegetales de reducido grosor, para disminuir las sobrecargas de las cubiertas y construcciones estructurales del edificio. Por lo expuesto en la guía Zinco, este sistema es recomendado para construcciones nuevas, puesto que al tener mayores espesores en sustrato y recomendar el almacenamiento de agua, junto con una vegetación de raíces, los pesos serán mucho mayores a los esperados en techos verdes de carácter extensivo.

Ilustración 12. Esquema del sistema "cubierta jardín"



Tomado de: (ZinCo (Life on roofs), 2013)

5.1.5 Sistema de captación de agua pluvial en techos (SCAPT)

Modelo referente a la utilización de la superficie del techo como captación del agua, y se dirige por ductos hasta un tanque de almacenamiento para tratarse y ser reusada.

Las ventajas del correspondiente modelo son las siguientes:

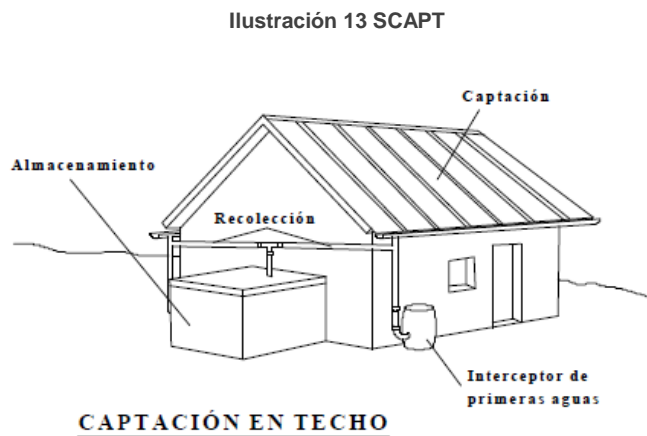
- Alta calidad físico química del agua de lluvia
- Sistema independiente
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales
- No requiere energía para la operación del sistema
- Fácil mantenimiento
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua lluvia

A su vez las desventajas de este método de abastecimiento de agua es la siguiente:

- La calidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

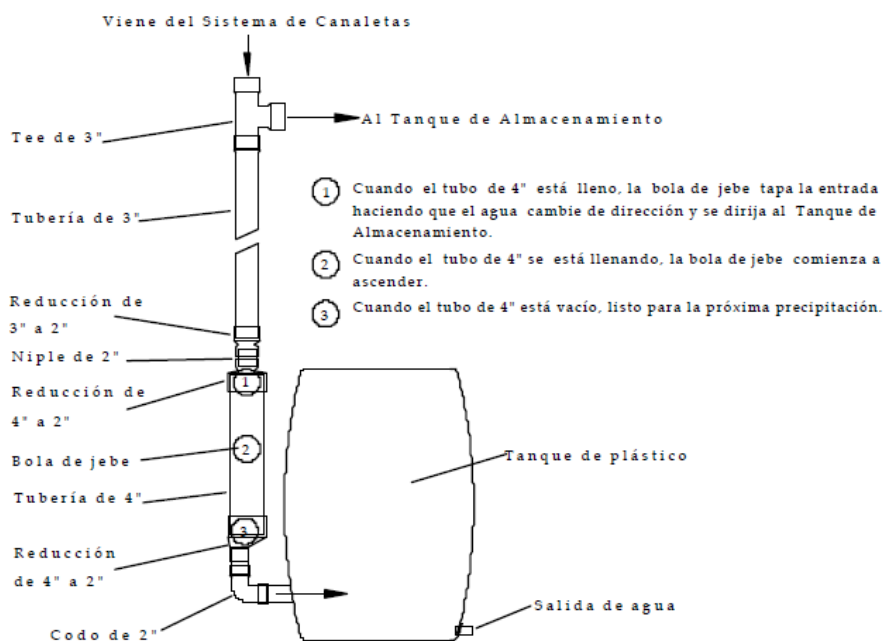
5.1.5.1 Componentes

El sistema de captación está compuesto por la captación, recolección y conducción, interceptor, y almacenamiento.



Tomado de: (Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural, 2001)

Ilustración 14 Interceptor de las aguas.



Tomado de: (Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural, 2001)

Ilustración 15 Especificaciones de los componentes

ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES				
	Captación	Recolección	Interceptor	Almacenamiento
Elementos	Techo o cubierta	Canaletas y tubería	Recipiente plástico y tubería	Tanque de almacenamiento impermeable con tapa
Materiales	Plancha metálica ondulada Tejas de arcilla	PVC Madera Metal	Plástico PVC	Mortero cemento arena Concreto
Medidas			1 litro/m ² techo	2 m altura

Fuente: Propia.

5.1.5.2 Tratamiento

El tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y en segundo

lugar al acontecimiento bacteriológico. El tratamiento puede efectuarse por medio de un filtro de mesa de arena seguido de la desinfección con cloro.

5.2 Marco Legal

5.2.1 Acuerdo de ley 418 de 2009 (Concejo de Bogotá, Alcaldía de Bogotá, 2009)

(Concejo de Bogotá, Alcaldía de Bogotá, 2009) **“Por el cual se promuévela la implementación de tecnología arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes, en otras en el D.C y se dictan otras disposiciones”**

Dictamina la inclusión de techos verdes en Bogotá, como medida de aplicación y mitigación al cambio climático; en su Estándar Único de Construcción Sostenible. Los futuros proyectos de infraestructura deberán contemplar en sus diseños la utilización de techos o cubiertas verdes. La Secretaria Distrital de Ambiente y el Jardín Botánico José Celestino Mutis servirán de asesores y soporte técnico para los elementos de las cubiertas verdes.

5.2.2 Resolución 6423 de 2011 (Concejo de Bogotá, Alcaldía de Bogotá, 2009)

(Concejo de Bogotá, Alcaldía de Bogotá, 2009) **“Por medio de la cual se adopta la Guía Técnica de Techos Verdes”**

Comunica la adopción de la Guía Técnica de Techos Verdes, en donde establecen los requerimientos técnicos y practicas recomendables para la instalación de techos verdes en Bogotá. La guía será actualizada cada 2 años por la

Subdirección de Ecourbanismo y Gestión Ambiental Empresarial y la Subdirección de Ecosistemas y Ruralidad de ésta secretaría.

5.2.3 Normas relacionadas con los techos verdes

- **Acuerdo 391 de 2009** (Concejo de Bogotá, Alcaldía de Bogotá, 2009): “Por medio del cual se dictan lineamientos para la formulación del Plan Distrital de Mitigación y Adaptación al cambio climático y se dictan otras disposiciones”.

El Plan Distrital de Mitigación y Adaptación al cambio climático se crea como una estrategia de gestión, planificación y control, que le permita a la ciudad la evaluación de la vulnerabilidad actual y los riesgos climáticos futuros, con el fin de mejorar la calidad de vida y garantizar el desarrollo sostenible de la ciudad.

- **Resolución 6619 de 2011** (Concejo de Bogotá, Alcaldía de Bogotá, 2009): “Por la cual se establecen las características y condiciones para el diseño e implementación de jardines verticales en el Distrito Capital y se toman otras determinaciones”.

Los Jardines Verticales se quieren implantar en la capital como medida de avance del urbanismo sostenible, de la biodiversidad urbana y una táctica para la adaptación y mitigación frente a la variabilidad y al cambio climático.

6 Metodología

6.1 Procedimiento

En la primera parte del proyecto se realizarán las visitas a los lugares ubicados en Bogotá que tienen conocimiento sobre el uso de techos verdes, que han estado presentes en la investigación de este tipo de estructuras y paralelamente quienes la tienen ya en funcionamiento.

En este orden de ideas, se enviaron cartas a diferentes entes, tales como: La Secretaría Distrital de Medio Ambiente, la dependencia RECIVE de Biotectónica, Tecnoparque, y la fundación Catalina Muñoz que actualmente tiene proyectos de vivienda de interés social en donde se adoptaron techos verdes tipo huerta.

Las cartas se adjuntan en los anexos del trabajo.

En la segunda parte, se tiene previsto la visita a cada uno de los edificios de la Universidad Militar Nueva Granada, para el reconocimiento de sus cubiertas, basados en la Guía de Techos Verdes en Bogotá (Secretaría Distrital de Medio Ambiente).

Para la tercera fase, seguiremos los lineamientos de planeación que presenta la Guía de Techos Verdes en Bogotá y el libro Techos Verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos de Gernot Minke.

6.2 Fases de desarrollo

6.2.1 Visitas

Se realizaron las solicitudes a las entidades referenciadas anteriormente, obteniendo falta de respuesta en algunas instituciones y en otras, negativas ante las necesidades requeridas. Por ser el tema novedoso y de orientación económica para las empresas que han introducido el tema, se reservaron muchos datos y fuentes por parte de las empresas que han sido las precursoras de esta actividad ingenieril y arquitectónica en la ciudad de Bogotá.

6.2.2 Visita de Campo

Con autorización de las directivas y funcionarios encargados se ingresó a cada uno de los techos de la Universidad, adquiriendo el siguiente registro fotográfico:

6.2.2.1 Edificio E

Ingreso y techo del edificio E

Ilustración 16 Techo edificio E



Fuente propia

El mantenimiento de las cubiertas se realiza con manto, membrana prefabricada de asfalto modificado SBS (Estireno-Butadieno-Estireno) y APP (Polipropileno Atáctico), con refuerzo de fibra de vidrio o Poliéster. (Sika).

Ilustración 17 Techo detalle – Edificio E



Fuente propia

Viga canal en concreto para las aguas lluvias con 4 pulgadas de diámetro de tubería.

Ilustración 18 Viga-canales - Edificio E



Fuente propia

6.2.2.2 Edificios B, C y D

Ilustración 19 Ingreso a los techos



Fuente propia

Ilustración 20 Techados B, C y D



Fuente propia

Ilustración 21 Vista panorámica.



Fuente propia

Ilustración 22 Mantenimiento y reforzamiento de las cubiertas.



Fuente propia

Las tejas más deterioradas las refuerzan con tejas de plástico, colocándolas encima de las tejas de eternit débiles. Los reforzamientos por goteras, fracturas, se cubre con manto.

Ilustración 23 Reforzamiento.



Fuente propia

Ilustración 24 Reforzamiento con manto.



Fuente propia

6.2.2.3 Edificio A

Ilustración 25 Ingreso a la cubierta



Fuente propia

Ilustración 26 Techo Edificio Administrativo



Fuente propia

Ilustración 27 Estructura Techo Administración



Fuente propia

Ilustración 28 Vista panorámica



Fuente propia

6.2.2.4 Aula Máxima

Ilustración 29 Cubierta Aula Máxima



Fuente propia

Estas fotografías se tomaron desde la torre D, ya que el ingreso a la cubierta del aula máxima es dificultoso, no posee una zona para que los trabajadores la puedan recorrer; además en el momento de la inspección estaba lloviendo, y se tiene prohibido subir cuando el clima está en esas condiciones.

Como se evidencia en el registro fotográfico, las cubiertas de la Universidad Militar sede Calle 100, presentan falencias para la construcción de techos verdes, debido a que actualmente están compuestos de tejados de eternit, así mismo sus apoyos, no poseen las resistencias que demanda el proyecto, ni la superficie que se necesita. Por lo tanto se considera la posibilidad de implementación en las otras sedes.

6.2.3 Otras Sedes

6.2.3.1 UMNG Campus - Sede Cajicá

Ilustración 30 Campus Cajicá



Fuente propia

La sede del campus Cajicá, aún se encuentra en construcción, sin embargo ya tiene un área construida, que cuenta con amplias zonas verdes. En los edificios construidos se cuentan con inversiones en la compatibilidad ambiental, contando con amplia iluminación y ventilación natural.

Ilustración 31 Ingreso a la cubierta



Fuente propia

Ilustración 32 Estado actual de techos UMNG Cajicá



Fuente propia

Ilustración 33 Techos: Edificio Camacho Leyva



Fuente propia

Ilustración 34 Vista del campus desde techo



Fuente propia

Nuevo edificio de posgrados, actualmente en cada edificio que se está integrando a la universidad, se están haciendo mejoras en cuanto a responsabilidad ambiental, próximamente se espera contar con un edificio con techos verdes.

Ilustración 35 Construcción de nuevos edificios



Fuente propia

Ilustración 36 Construcción de nuevos edificios



Fuente propia

Ilustración 37 Conexión entre edificios con vista a techos.



Fuente propia

Ilustración 38 Techo - edificio de Ciencias Básicas



Fuente propia

Ilustración 39 Techo edificio Camacho Leyva



Fuente propia

Posteriormente también se observaron algunos tipos de usos del agua:

-Regar la vegetación:

Ilustración 40 Riego de vegetación en campus



Fuente propia

-Invernaderos, que se alimentan con agua de pozo profundo:

Ilustración 41 Uso de agua de pozo profundo



Fuente propia

Ilustración 42 Uso de agua de pozo profundo



Fuente propia

6.2.3.2 Sede Medicina

Ilustración 43 Vista general de la sede de Medicina



Fuente propia

Ilustración 44 Vista general de la sede de medicina



Fuente propia

Ilustración 45 Techo en teja de la cafetería



Fuente propia

Estado actual de las cubiertas.

Ilustración 46 Detalle de teja Eternit - I



Fuente propia

Ilustración 47 Detalle de teja Eternit - II



Fuente propia

Ilustración 48 Parte de la cubierta sobre salones



Fuente propia

Ilustración 49 Cubierta del anfiteatro



Fuente propia

Ilustración 50 Cubierta de salones del primer piso



Fuente propia

Así como en la sede calle 100, el mantenimiento se hace por medio de manto.

Ilustración 51 Detalle de manto en cubierta



Fuente propia

Ilustración 52 Detalle de viga canal y manto en cubierta



Fuente propia

El canal de aguas lluvias es una viga canal, que al rebosar el agua sale por unos orificios y se deposita en la calle.

Ilustración 53 Detalle de viga canal - II



Fuente propia

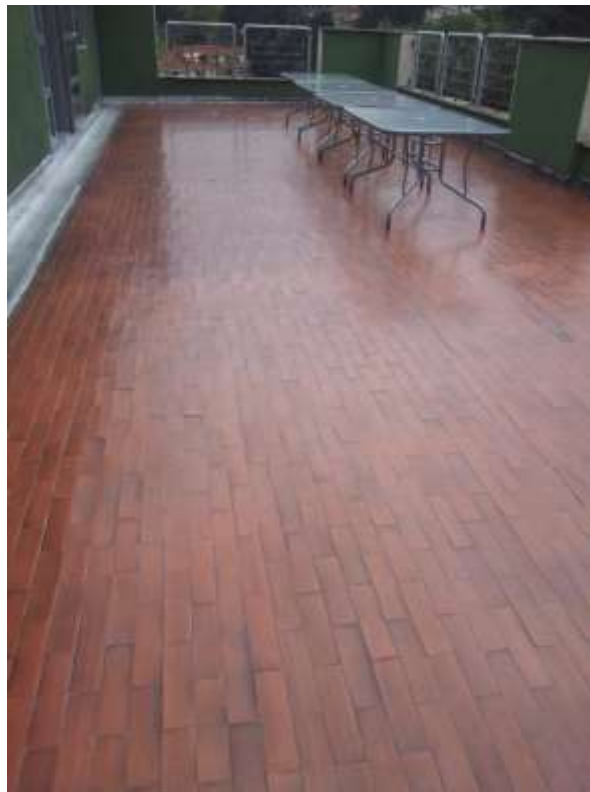
Ilustración 54 Canaleta vista superior



Fuente propia

Uno de los edificios posee su cubierta además de una terraza.

Ilustración 55 Balcón



Fuente propia

Canal de aguas lluvias.

Ilustración 56 Canal de aguas lluvias - balcón



Fuente propia

Ilustración 57 Cubierta - Edificio Germán Díaz Díaz



Fuente propia

Ilustración 58 Cubierta - Edificio Germán Díaz Díaz - II



Fuente propia

Ilustración 59 Detalle de espacio en cubierta - Edificio Germán Díaz Díaz - I



Fuente propia

Ilustración 60 Detalle en cubierta - Edificio Germán Díaz Díaz - II



Fuente propia

Ilustración 61 Detalle en cubierta - Edificio Germán Díaz Díaz - III



Fuente propia

Ilustración 62 Detalle en sifón - cubierta del edificio Germán Díaz Díaz.



Fuente propia

Como puede observarse se realizó un registro minucioso que permitió contrastar especificaciones recomendadas en los manuales con las memorias de cálculo de algunas de las edificaciones encontrando que la mayoría de los diseños no consideraron la utilización de dichas cubiertas, en el caso específico de la construcción de la sede de medicina no se encontraron en las oficinas registros de cálculo de diseños y análisis estructurales de las edificaciones actuales.

Sin embargo en el capítulo siguiente se hacen las recomendaciones que dan lugar a proponer que para las nuevas unidades se incorpore el criterio ambiental de techos verdes.

7 Resultados

Luego de realizar las visitas técnicas se tienen tres momentos específicos, en primer lugar tenemos la sede de Calle 100; en Calle 100 se encuentra que las estructuras de cubierta por ser desarrolladas en canaleta 90°, no presentan la resistencia requerida por la norma técnica para Bogotá expedida por la secretaría distrital de medio ambiente, ni con el manual de diseño y construcción de techos verdes de Gernot Minke, puesto que la resistencia estructural no está dada para soportar la capa vegetal recomendada para este tipo de cubierta, ya que está en promedio redonda los 80 kg/m², la cual todavía no cuenta el peso adicional por absorción y almacenamiento de agua. Así mismo la esorrentía del agua superficial hace que la estructura se debilite aún más.

En el segundo caso, se hizo la visita a la sede de Cajicá, en donde se encontró que las estructuras, son esbeltas y ya su propio peso nos elimina la posibilidad de desarrollar el concepto de techo verde, sin embargo la proyección que se tiene para la incorporación de los nuevos edificios como el de posgrados, e ingeniería reúne conceptos sostenibles, como el establecimiento de techos verdes, estando ya calculados para dar albergue a una metodología que nos permita trabajar el concepto de reutilización de aguas lluvias, con definición de terrazas que nos deja pensar en la implantación de especies nativas.

Con respecto a la tercera visita, la parte antigua de la universidad tiene unas características mixtas, en donde hay tejas y canaletas; la canaleta como ya se describió anteriormente; en ella no se tiene la oportunidad de hacer la implementación por el peso, el desgaste y la vejez de la teja, se obtendrían unos

pesos superiores a los permitidos, entonces para la sección de la sede que tiene cubierta en placa, y no en teja, se hará un pre diseño, en donde se pueden hacer algunas modificaciones (en las pendiente básicas), para que la esorrentía se haga en tiempos prudentes, y se pueda hacer la captación de aguas, desarrollando el concepto de techo verde.

Los pre-diseños dentro del modelo que se recomendará a continuación, estarán ajustados a los requerimientos técnicos de Gernot Minke (diseño y construcción) y la guía de techos verdes de Bogotá (Secretaría Distrital de Medio Ambiente).

7.1 PRE-DISEÑO DE CUBIERTA VERDE – TERCER MOMENTO - SEDE MEDICINA

Siguiendo los lineamientos establecidos por la guía de techos verdes para Bogotá, se establece dentro de las fases, en primera medida la planeación, en donde la coordinación y estudios se sustentan bajo tres parámetros:

1. Diseño Estructural.
2. Diseño arquitectónico.
3. Diseño hidrosanitario y eléctrico.

Así mismo, adjuntando el desarrollo de recolección de agua, en conjunto con la implementación del techo verde, se define el uso de dos fases para el proceso de recolección de agua lluvia, en la que en un primer momento se caracterizará la calidad del agua y la cantidad (En cuanto a precipitación, días lluviosos mensuales, anuales. Etc.), calculando el volumen del tanque a usar y la

planeación de ubicación a través del uso de las canaletas, mientras que en una segunda fase se visualizará la instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

Ilustración 63 Fases de ciclo de vida de un sistema de techo verde.

1. PLANEACIÓN DE UN TECHO VERDE		
Características inmueble	Propósito Techo verde	Factores climáticos y medioambientales
Generales	Clasificación primaria y secundaria	Intensidad y duración de exposición solar
Estática	Tiempo de vida útil	Precipitación anual y mensual
Tipo o sistema constructivo de cubierta	Transitabilidad	Intensidad de lluvia
Pendiente de la cubierta	Perfil del usuario	Cantidad de eventos de lluvia al año
Accesibilidad a la cubierta	Requerimientos de mantenimiento	Temperatura promedio del aire mínima y máxima
Red de suministros de agua	Elementos complementarios requeridos	Humedad relativa
Red eléctrica		Frecuencia dominante del viento
Red de evacuación de aguas lluvias		Velocidad del viento
Construcción		Mes del año con mayor y menor número de días de lluvia
2. PREPARACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TECHO VERDE		
3. IMPLEMENTACIÓN DE UN TECHO VERDE		
4. SEGUIMIENTO DE UN TECHO VERDE RECIÉN IMPLEMENTADO		
5. MANTENIMIENTO DE UN TECHO VERDE		

Según lo anteriormente planteado, se da un orden a seguir para el pre diseño, teniendo como eje fundamental los estudios preliminares y algunas especificaciones.

Información previa requerida:

- Características técnicas del inmueble a intervenir.

✓ Generalidades.

El edificio “Germán Díaz Díaz” de la sede de medicina, es una construcción cuyas instalaciones son utilizadas para educación médica universitaria; está ubicado en la transversal 3ra. No. 49-00 junto al Hospital Militar Central. La construcción fue terminada en el año 2010. Para acceder a la cubierta, existen dos formas: escaleras; y ascensor hasta el sexto piso acompañado de una sección con escaleras. Concretamente el techo que se va a intervenir es la cubierta del cuarto de máquinas (séptimo piso), cuya área es de 185,63 m².

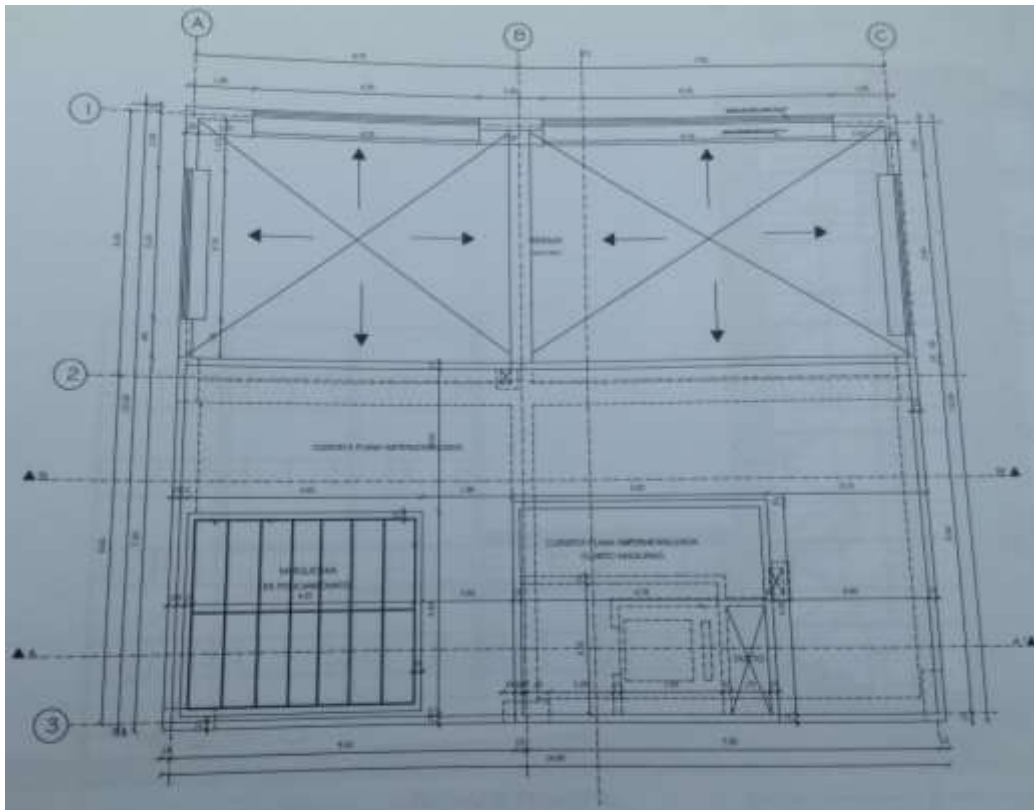
Ilustración 64 Ubicación Edificio “Germán Díaz Díaz”



Tomado de google maps

- ✓ Sistema constructivo de cubierta.

Ilustración 65 Plano Arquitectónico de la cubierta.



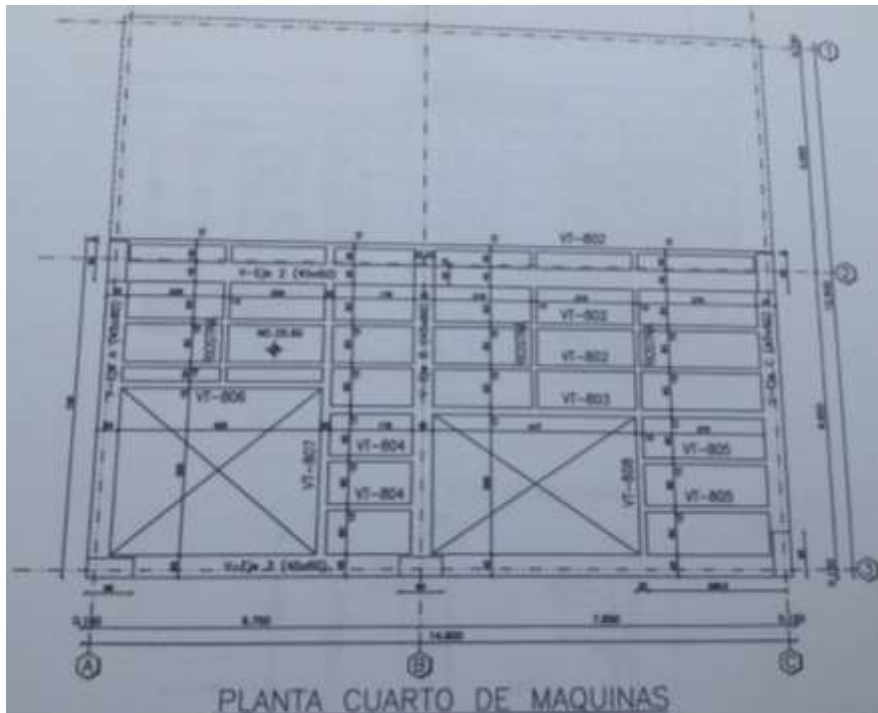
Referencia: Oficina de arquitectura – UMNG – Sede Calle 100

Como se aprecia en el plano, la zona donde se diseñará el techo verde está entre los puntos 2 – 3 de A hasta C, que corresponde a la cubierta del cuarto de Máquinas.

✓ Diseño Estructural.

La cubierta del cuarto de máquinas está construida sobre 6 columnas relacionadas por 5 vigas de ancho 0,45 m, 8 viguetas y riostras.

Ilustración 66 Plano Estructural del cuarto de máquinas



Referencia: Oficina de arquitectura – UMNG – Sede Calle 100

Ilustración 67 Plano Estructural de la cubierta del cuarto de máquinas



Referencia: Oficina de arquitectura – UMNG – Sede Calle 100

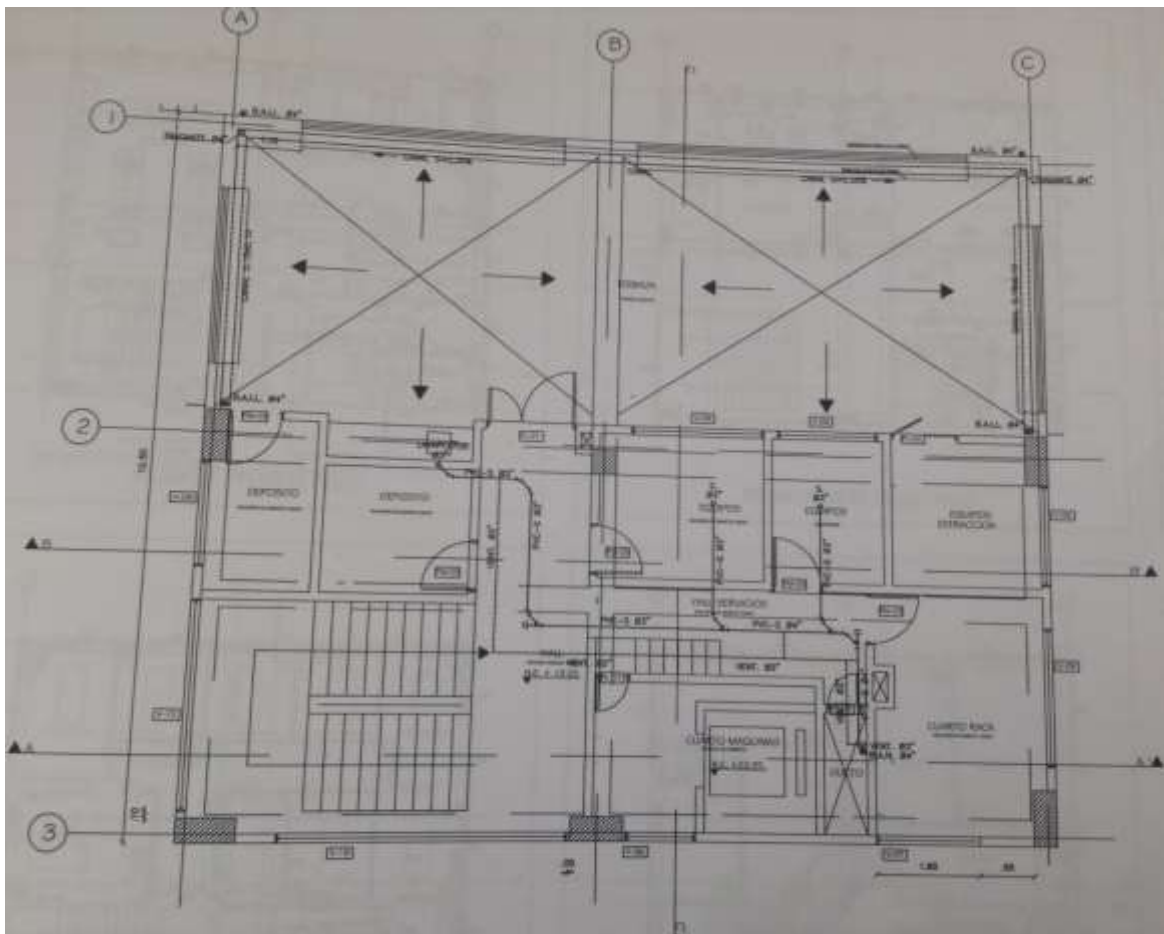
✓ Accesibilidad a la cubierta.

El ingreso a la cubierta se hace por medio de una escalera portátil puesta en la terraza inclinada hacia la cubierta.

- ✓ Red de suministro de agua.

La red de suministro de agua se compone de canales, tragantes, B.A.L.L., tubería PVC, ductos, conos.

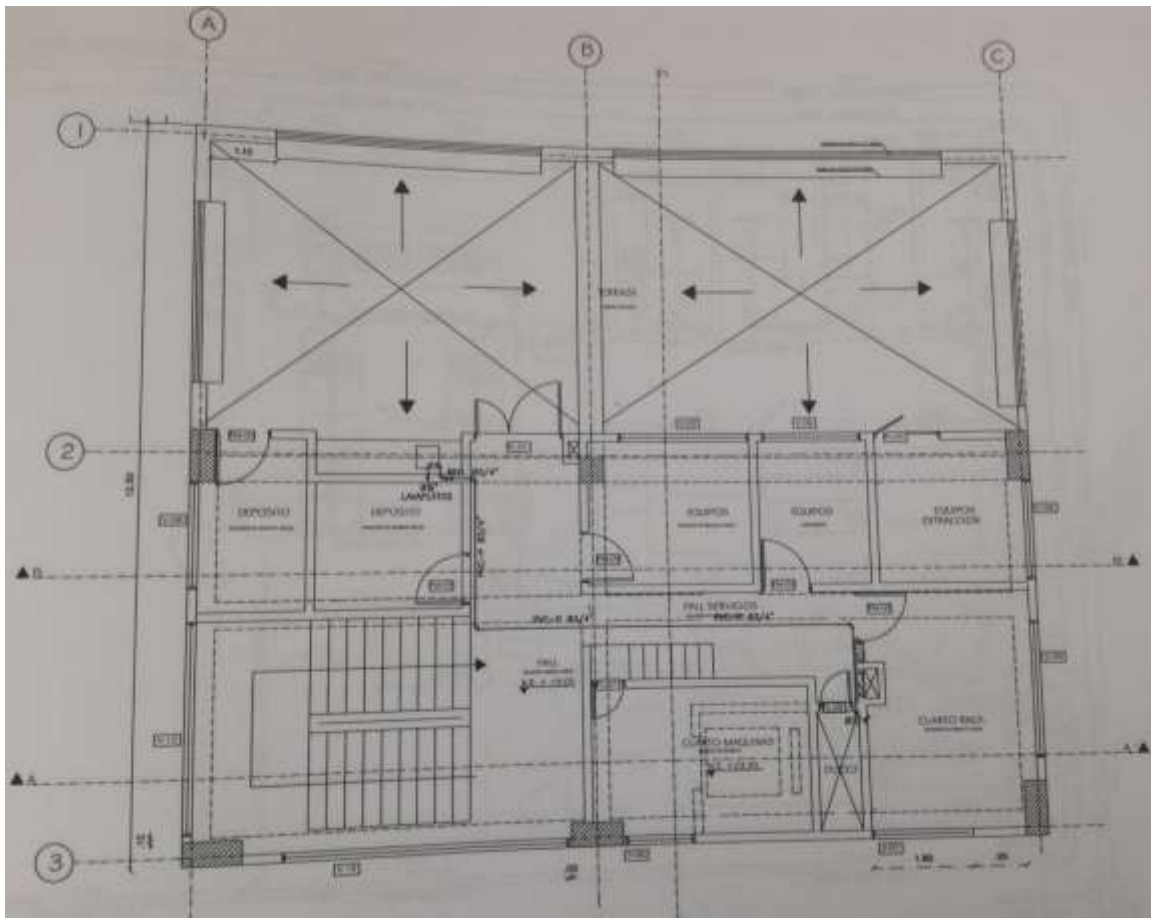
Ilustración 68 Plano Hidrosanitario de la cubierta del cuarto de máquinas.



Referencia: Oficina de arquitectura – UMNG – Sede Calle 100

- ✓ Red eléctrica.

Ilustración 69 Plano Eléctrico de la cubierta del cuarto de máquinas.



Referencia: Oficina de arquitectura – UMNG – Sede Calle 100

✓ Red de evacuación de aguas lluvias.

La cubierta no posee red de evacuación de aguas pluviales, en cambio, la superficie de la cubierta es impermeabilizada.

Ilustración 70 Cubierta



Fuente propia.

- Propósitos del techo verde.
- ✓ Clasificación primaria y secundaria.

En cuanto a la clasificación primaria se elige un techo verde autorregulado, con las siguientes características principales:

Espesor de medio de crecimiento promedio oscila entre los 20 y 120 mm, el espesor dependerá de la longitud de raíz de las especies vegetales. La vegetación para el techo autorregulado es de bajo porte con capacidad para sobrevivir en sustratos con bajo contenido orgánico. La altura máxima de la cobertura vegetal es de 50 cm.

Para la clasificación secundaria, se eligió el techo verde liviano, puesto que tiene como beneficios al solicitar una capa vegetal resistente a las condiciones climáticas fuertes, lo que resulta provechoso en cuanto a mantenimiento, mientras

que las alturas máximas oscilan entre los 20 y 30 cm, con pesos totales saturados de 80 kg/m².

Por lo tanto, se diseñará para un techo verde autorregulado liviano.

- ✓ Tiempo de vida útil esperada: 30 años. (No se encuentra información específica al respecto, sin embargo se sabe que protege el impermeabilizante, aumentando su vida útil de 5-10 años a más de 30 años; así mismo En Alemania, según el Ministerio Federal para Ordenamiento de Espacios, Construcción y Urbanismo, se estableció que mientras que el 80% de los techos planos después de 5 años de ser construidos presentaban los primeros daños, un techo verde, con una correcta elección de la impermeabilización y una buena ejecución de las uniones, tiene una vida útil casi interminable (Minke, 2004)).

- ✓ Transitabilidad.

Nula. El techo al ser elegido como autorregulado liviano, no permitirá la Transitabilidad.

- ✓ Perfil del usuario.

Comunidad académica, servicios generales, personal administrativo.

- ✓ Requerimientos de mantenimiento.

Tener en cuenta la autorregulación, que depende de las demandas físicas hídricas de acuerdo a la especie vegetal (estar atentos al volumen mínimo de agua requerido), las estrategias morfo-fisiológicas en cuanto a la tolerancia al estrés hídrico (desde la elección del tipo de vegetación), la reproducción vegetal, la

evolución y la estabilidad físico-química del sustrato en el tiempo (conocimiento de las propiedades y características de los componentes activos del sistema).

- ✓ Elementos complementarios requeridos (mobiliario, para superficies transitables).

Ninguno. El techo no será transitable.

- Factores climáticos y medioambientales:

- ✓ Exposición solar. (Ambiente, 2012)

El brillo solar tiene un valor promedio de 107 horas mensuales, siendo el mes de diciembre el que presenta un mayor valor, con 130.2 horas y el mes de abril el menor, con 85.9 horas.

- ✓ Precipitación anual y mensual.

Información tomada de: (IDEAM & Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2005).

Precipitación anual: 999 mm.

Precipitación mensual: 76-128 mm.

- ✓ Temperatura del aire promedio del aire mínima y máxima.

La siguiente información fue tomada de: (IDEAM & Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2005).

Existe una oscilación de 9.5°C durante las 24 horas, alcanzando valores más bajos en las horas de la madrugada entre las 5 y 6 A. M. con 9,2 y 9,3°C, para luego subir en forma rápida con la salida del sol o comienzo del día, registrando 10,6°C, para posteriormente aumentar significativamente a 13,3°C sobre las 8 A.M. y así sucesivamente hasta alcanzar la máxima a la 1 P. M.

aproximadamente, permaneciendo sobre los 18,0°C hasta las 3 P. M., con el ocaso del sol la temperatura comienza a disminuir en forma lenta.

✓ Humedad relativa.

Información tomada de: (Ambiente, 2012).

La humedad relativa presenta un régimen casi uniforme a lo largo del año, entre el 75 y el 80%, con un valor medio anual de 78%; su valor más alto es en el mes de julio, con 87%.

✓ Régimen del viento.

Información tomada de: (Ambiente, 2012)

Su régimen es de tipo monomodal.

✓ Velocidad del viento.

Información tomada de: (Ambiente, 2012)

La velocidad del viento es relativamente baja, con un valor promedio de 1.7 m/s; observándose el valor más alto en el mes de julio, con un registro de 1.9 m/s.

✓ Mes del año con mayor y menor número de días con lluvia.

Información tomada de: (IDEAM & Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2005)

La ciudad de Bogotá, presenta dos períodos de más lluvias durante el año, el que popularmente se denomina “invierno”, y dos períodos de menos lluvias que llamamos verano. El primero, se inicia en marzo y dura todo abril y mayo; el segundo, empieza en septiembre y dura todo octubre y noviembre; existen meses de transición entre los diferentes períodos como son: los meses de marzo, junio,

septiembre y diciembre, los cuales se presentan con días alternados de lluvias y tiempo seco.

8 Conclusiones

- Hoy en día se busca ayudar a mejorar y preservar el medio ambiente, por ello se ha innovado en el manejo de los recursos naturales renovables dando como ejemplo las cubiertas verdes. Es un sistema viable y óptimo para el ahorro de energía, agua y suelo. Se genera por sí solo, en el instante donde en la cubierta se estanca agua y genera musgo, eso es techo verde. Por su fácil obtención y demás ventajas habladas en éste documento, una cubierta verde hace parte crucial de las nuevas tecnologías biológicas autosostenibles para el planeta.
- En la sede de Calle 100 y Cajicá aunque no se pudo conseguir la denominación de techo verde como tal, debido a los problema que ya se expusieron, si es posible la implementación de captación de agua lluvia para otros fines, puesto que como se mostró en el desarrollo del trabajo, las estructuras (viviendas, oficinas. Etc.), llegan a tener otras funcionalidades respecto a su interacción con los recursos naturales.
- Se expusieron las ventajas de los techos verdes, que si bien han sido argumentadas alrededor del mundo por su peso en los problemas ambientales actuales, también se hicieron identificables las desventajas del mismo, una de ellas son los demandantes requisitos estructurales, por lo que la mayoría de los edificios existentes no pueden ser modificados

porque no soportarían el peso extra del sustrato y la vegetación, caso tal que se ve reflejado en sede calle 100. En ese orden de ideas, si los techos verdes resisten una alta concentración de humedad, está puede llegar a dañar la edificación y/o generar una alta cantidad de fauna nociva en el lugar, por lo que también llega a jugar un papel relevante los costos de mantenimiento en jardinería.

- En la construcción de las nuevas estructuras debe tenerse previsto la adaptación de nuevas tecnologías, es así como en los edificios existentes en la sede de Cajicá, se hace difícil adaptar techos verdes, sin embargo, se hace viable que en las próximas etapas de edificación se empleen y aprovechen junto a otras alternativas de construcción sostenible.
- La transferencia de información sobre métodos constructivo, diseño, e investigación de techos verdes en Bogotá son bastante limitadas, al tratar de realizar visitas guiadas a instituciones y organizaciones expertas en el desarrollo de estas aplicaciones ambientales, las respuestas fueron negativas y nulas, esto puede deberse a la importancia que tiene y tendrá esta tecnología en el mercado y la adopción de estructuras cada vez más dadas a una sociedad sostenible.

9 Recomendaciones

- Se recomienda que al adaptar techos verdes en la sede de medicina la cual es una estructura existente se haga con una vegetación sin raíces, del tipo extensivo, con una pendiente mínima, no de 0° porque puede producir encharcamientos, pero es recomendable 2°, esto para reducir los posibles casos de erosión, un espesor de 10 cm, y tratar de encontrar un sustrato que pueda remplazar la tierra negra por un material granulado que cumpla con las condiciones para el óptimo crecimiento de las plantas. Puede buscarse un sistema constructivo estándar para techos verdes extensivos con pesos promedio de 80 kg/m².
- Los techos verdes son de vital importancia para la ciudad, y su desarrollo, puesto que integra iniciativas de cambio en las urbes, por lo que su investigación e iniciativas deben hacerse públicas desde las instituciones gubernamentales, así mismo ofrecer incentivos a los constructores y contratantes, como ya se lleva a cabo en países como: Alemania, Holanda, Suiza y Suecia; reconocer las oportunidades agrícolas que ofrece, y el incremento en el valor comercial.
- Dentro de las perspectivas de la investigación, hace falta que haya una integración interdisciplinar, puesto que aunque ya se han visto avances significativos por medio de algunas universidades (como la Universidad

Nacional) hace falta profundizar, puesto que los sistemas constructivos no son muy claros aún, los materiales, las mezclas para el sustrato, los sistemas de drenaje y la utilización de especies vegetales locales, aunque la guía de techos verdes para Bogotá recomienda algunas especies locales, éstas representan altos costos por la falta de accesibilidad a ellas, (Ejemplo: Kalanchoe Blossfeldiana que tiene un valor por unidad de 6072 pesos¹), al mismo tiempo, sigue siendo relevante impulsar el conocimiento sobre la vegetación natural que ya crece en los techos bogotanos, es así que un trabajo conjunto con distintos profesionales (ingenieros, biólogos, ecologistas, arquitectos. Etc) es necesario para construir distintos modelos/prototipos de techos a escala, en el que se pueda monitorear los materiales, la vegetación, impermeabilizaciones, aislamientos, capacidades de retención, entre otros.

- Es imposible impulsar la adecuación de un estudio de recolección de aguas lluvias en la sede calle 100, en la que no se use techos verdes, pero si otros tipos de estructuras, puede que ya usándose las canales existentes, pero recolectando el agua en tanques, en el que pueda ser tratada o usada para limpieza.
- Además del manejo de los techos verdes, existe el uso de paredes o muros verdes, método también utilizado en las metrópolis al alcance de cualquier individuo. Éste tipo de vegetación es viable como segunda opción para armonizar y ambientalizar los espacios de la universidad neogradadina.

¹ <http://www.carulla.com/products/0001085538018807/PLANTA+KALANCHOE>

- Remodelar la infraestructura de ingreso de las cubiertas en la sede de medicina, en el edificio de administración y aula máxima de la sede calle 100; facilitando las labores de mantenimiento y protegiendo la seguridad de los operarios.
- Se recomienda esté trabajo de grado como guía teórica para los futuros proyectos ambientales de la Universidad Militar Nueva Granada.

10 Bibliografía

- Abraham Beltrán Melgarejo, M. d. (s.f.). LOS TECHOS VERDES UNA OPCIÓN PARAREducir LA TEMPERATURA DENTRO DE LAS CASAS. *Agroentorno*, 29-30.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2011). *Portal Bogotá*. Obtenido de http://portel.bogota.gov.co/portel/libreria/php/frame_detalle_w3c.php?h_id=48942&patron=01.27&p_format=1
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (16 de Febrero de 2012). *Portal Bogotá Humana*. Recuperado el 10 de Junio de 2013, de http://portel.bogota.gov.co/portel/libreria/php/x_frame_detalle.php?id=48942
- Ambiente, S. D. (2012). *Secretaría Distrital de Medio Ambiente*. (A. M. D.C., Productor) Recuperado el 11 de 2013, de <http://ambientebogota.gov.co/cerros-orientales>
- Bossa, L. E. (3 de Febrero de 2011). *Observatorio Ambiental de Bogotá*. Recuperado el 10 de Junio de 2013, de <http://oab.ambientebogota.gov.co/index.shtml?apc=m1-1---&x=4352&s=m>
- Buenos Aires-Gobierno de la ciudad y Agencia de Protección Ambiental. (2007). *Construcción sustentable - DEL GRIS AL VERDE*. Buenos Aires, Argentina.
- Concejo de Bogotá. (22 de Diciembre de 2009). *Alcaldía de Bogotá*. Obtenido de Alcaldía de Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38262#0>
- Concejo de Bogotá. (5 de Agosto de 2009). *Alcaldía de Bogotá*. Obtenido de Alcaldía de Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36976#0>

- Dossier. (Diciembre de 2011). *Cultura Agraria*. Recuperado el 17 de Mayo de 2013, de <http://culturaagraria.blogspot.com/2011/12/los-techos-verdes-i.html>
- Ecoosfera. (20 de Septiembre de 2010). *Ecoosfera*. Obtenido de <http://www.ecoosfera.com/2010/09/congreso-mundial-de-azoteas-verdes-mexico-2010/>
- El Tiempo. (25 de Julio de 2009). Parques en los techos de Bogotá. *El Tiempo*, pág. Sección Bogotá.
- Grupo ArqHys. (s.f.). *Architects Site*. Recuperado el 27 de 05 de 2013, de <http://www.arqhys.com/acerda.html>
- Gutiérrez, R. A. (11 de Julio de 2009). *UN Periódico*. Recuperado el 14 de Marzo de 2013, de www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/techos-vivos-estan-cubriendo-bogota.html
- Ibáñez Gutiérrez, R. A. (2008). Techos vivos extensivos: Una practica sostenible por descubrir e investigar en Colombia. *Alarife: Revista de arquitectura*, N°. 16(ISSN 1657 - 61), pág. 21.
- IDEAM, & Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., P. (2005). *Estudio y caracterización climática de Bogotá y Cuenca Alta del río Tunjuelo*. Bogotá D.C.: IDEAM.
- Juarez, C. (13 de Julio de 2011). *Azoteas Verdez*. Recuperado el 15 de 05 de 2013, de <http://azoteaverd.blogspot.com/2011/07/desde-cuando-existen-las-azoteas-verdes.html>
- Maslin, M. (2004). *Global Warming, a very short introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- Minke, G. (2004). *TECHOS VERDES*. Montevideo, Uruguay : Fin de Siglo.
- Rodríguez, E. (Abril de 2011). Azoteas verdes: Cómo y por qué llevar naturaleza a los techos. *Equilibrio*(32), 19 - 23.
- SECRETARÍA DISTRITAL DE MEDIO AMBIENTE. (2011). *Guía de Techos Verdes en Bogotá*. Bogotá D.C.: Alcaldía Mayor de Bogotá .
- SIKA. (2011). *SIKA México*. Recuperado el 9 de Junio de 2013, de <http://mex.sika.com/es/inicio/quienes-somos/obras-sika/techo-verde-infonavit.html>
- SIKA. (2 de Febrero de 2012). *SIKA México*. Recuperado el 9 de Junio de 2013
- Sika. (s.f.). *sage*. Obtenido de sage: <http://www.sage.com.mx/intro/fichas/manto-asfaltico-impermeable-prefabricado-sika-manto.pdf>

UMNG. (s.f.). *Universidad Militar Nueva Granada*. Obtenido de <http://www.umng.edu.co/la-universidad/mvo>

Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. (2001).

Universia. (1 de Noviembre de 2010). *Universia - Actualidad día a día*. Recuperado el 10 de Junio de 2013, de http://extroversia.universia.net.co/dia-a-dia/2013/noticias/actualidad/techos_verdes_para_america_latina/actualidad/12157/103/104.html

Vélez, E. C. (2010). *Un acercamiento a las cubiertas verdes*. (J. M. Velásquez, Ed.) Medellín, Colombia: F.B.P S.A.

ZinCo (Life on roofs). (10 de 07 de 2013). *ZinCo - Cubiertas Ecológicas*. Obtenido de http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es/guias_tecnicas/index.php