

	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>	<b>Código</b>	FO-SB- 12/v0
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>	<b>Página</b>	1/1

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): JOHN ALEXANDER APELLIDOS: PEREZ HERNANDEZ

NOMBRE(S): JOSE RICARDO APELLIDOS: MANTILLA MANRIQUE

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): CARLOS ALEXIS APELLIDOS: BONILLA GRANADOS

CODIRECTOR:

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES COMO SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

RESUMEN

Este proyecto tuvo como objetivo el diseño de un techo verde y jardín vertical, para que funcione como un sistema urbano de drenaje sostenible (SUDS) en las edificaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander, para lograr esto se analizó la factibilidad de implementación, por lo tanto se hizo un primer análisis de las edificaciones de la universidad seleccionando las que posiblemente sirvan para implementar esta tecnología, luego se buscó la información necesaria para realizar el análisis estructural de las edificaciones con el apoyo del software ETABS, en donde se comparó el diseño original de las edificaciones Civil y Bienestar con las cargas que generan los distintos tipos de techos, y una vez finalizado este análisis se logró concluir que estas dos edificaciones se encuentran capacitadas para resistir las cargas añadidas por un sistema de techo verde extensivo siendo factible su implementación. Cabe mencionar que es posible que más edificaciones del campus universitario sirvan para implementar este sistema, pero debido a la falta de información no se pudo realizar el chequeo a otras estructuras, pero aun así se pretende que sirva como experiencia piloto para la adopción de esta estrategia al resto del campus. También se buscó y analizó la información climatológica y medioambiental de la zona, que nos permitió de esta forma seleccionar y realizar el diseño más adecuado, para finalmente calcular un aproximado del costo de implementación del diseño.

PALABRAS CLAVE: jardines verticales, sistemas urbanos de drenaje, diseño de techos.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 251 PLANOS: \_\_\_\_\_ ILUSTRACIONES: \_\_\_\_\_ CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
<b>Fecha</b>	24/10/2014	<b>Fecha</b>	05/12/2014	<b>Fecha</b>	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES COMO SISTEMAS  
URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD

FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

JOHN ALEXANDER PEREZ HERNANDEZ

JOSE RICARDO MANTILLA MANRIQUE

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES COMO SISTEMAS  
URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD  
FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

JOHN ALEXANDER PEREZ HERNANDEZ

JOSE RICARDO MANTILLA MANRIQUE

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

CARLOS ALEXIS BONILLA GRANADOS

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 27 DE MAYO DE 2020 HORA: 2:00 p. m.

LUGAR: VIDEO CONFERENCIA GOOGLE MEET

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: "DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES COMO SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER".

JURADOS: ING. CIRO ALFONSO MELO PABON  
ING. JOSE RAFAEL CACERES RUBIO

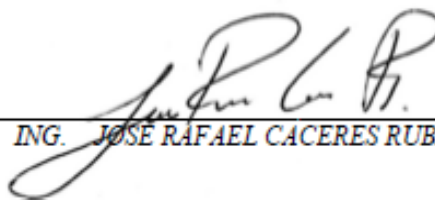
DIRECTOR: INGENIERO CARLOS ALEXIS BONILLA GRANADOS

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION NUMERO	LETRA
JOHN ALEXANDER PEREZ HERNANDEZ	1113280	4,2	CUATRO, DOS
JOSE RICARDO MANTILLA MANRIQUE	1113336	4,2	CUATRO, DOS

# A P R O B A D A



ING. CIRO ALFONSO MELO PABON



ING. JOSE RAFAEL CACERES RUBIO

Vo. Bo.



JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ

Coordinador Comité Curricular

Betty M.



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA  
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS  
Ciudad

Cordial saludo:

JOHN ALEXANDER PÉREZ HERNÁNDEZ y JOSÉ RICARDO MANTILLA MANRIQUE, identificado(s) con la C.C. N° 1.090.474.699 y 1.090.486.980, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES COMO SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de INGENIERO CIVIL; autorizo(amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

*John Perez*

C.C 1.090.474.699

*J Ricardo Mantilla M*

C.C 1.090.486.980

FIRMA Y CEDULA

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	19
1. Problema	20
1.1 Titulo	20
1.2 Planteamiento del Problema	20
1.3 Formulación del Problema	22
1.4 Objetivos	23
1.4.1 Objetivo general	23
1.4.2 Objetivos específicos	23
1.5 Justificación	23
1.6 Delimitaciones	24
1.6.1 Delimitación espacial	24
1.6.2 Delimitación temporal	25
1.6.3 Delimitación conceptual	25
2. Marco Referencial	28
2.1 Antecedentes	28
2.1.1 Internacionales	28
2.1.2 Nacionales	31
2.2. Marco Teórico	35
2.2.1. Techo verde	35
2.2.2 Jardines verticales	43
2.2.3 Software ETABS (Extend Tridimensional Analysis of Building System).	48
2.3 Marco Conceptual	49

2.3.1. Ciclo hidrológico	49
2.3.2 Cambio climático	50
2.3.3 Ciudades sostenibles	51
2.3.4 Eco hidráulica	52
2.3.5 Eco hidrología	53
2.3.6 Transpiración	53
2.4 Marco Contextual	54
2.5. Marco Legal	56
3. Diseño Metodológico	58
3.1 Tipo de Investigación	58
3.2 Población y Muestra	60
3.2.1 Población	60
3.2.2 Muestra	60
3.3 Instrumentos para la Recolección de la Información	60
3.3.1 Fuente primaria	60
3.3.2 Fuente secundaria	60
3.4 Fases y Actividades Desarrolladas	61
3.4.1 Posibilidad de implementación.	62
3.4.2 Análisis de factores climáticos y medioambientales que afectan a la Universidad Francisco de Paula Santander.	79
3.4.3 Diseño de techo verde.	80
3.4.4 Diseño de jardín vertical.	100
4. Resultados y Análisis	104
4.1 Derivas, Periodo Fundamental y Áreas de Aceros	104

4.2 Resultados de los Factores Climáticos y Medio Ambientales	119
4.3 Techo Verde	132
4.3.1 Material para la capa de impermeabilización	132
4.3.2 Material para la Capa de drenaje	134
4.3.3 Material para la capa filtrante	137
4.3.4 Selección de la vegetación	139
4.3.5 Sistema de riego y captación de agua pluvial	142
4.3.6 Diseño del techo verde	143
4.4 Jardín Vertical	148
4.4.1 Sistema modular Naturpots	148
4.4.2 Sistema con capas fieltro	151
4.4.3 Diseño del jardín vertical	156
4.5 Estimación del Presupuesto de Implementación y mantenimiento	161
4.5.1 Presupuesto de techo verde extensivo	161
4.5.2 Presupuesto de jardín vertical	164
4.5.4 Costo de mantenimiento	169
3. Conclusiones	171
Referencias Bibliográficas	173
Anexos	177



## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Foto Satelital del Área que se Desarrollara la Recolección de Datos y Posterior Diseño de Sistemas de Techos Verdes y Jardines Verticales	25
Figura 2. Techo Verde Cárcel Tuluá, Proyecto Groncol	36
Figura 3. Jardín Vertical Hotel B3, Proyecto Groncol con Tecnología Paisajismo Urbano	43
Figura 4. Plano General Campus Universitario (Sede Colsag)	55
Figura 5. Fases de la Metodología	59
Figura 6. Fases y Actividades del Proyecto	61
Figura 7. Modelo Estructural del Edificio Bienestar en ETABS	64
Figura 8. Espectro Elástico de Aceleración de Diseño del Edificio Bienestar	70
Figura 9. Modelo Estructural del Edificio Civil (1ra Estructura) en ETABS	74
Figura 10. Modelo Estructural del Edificio Civil (2da Estructura) en ETABS	75
Figura 11. Espectro Elástico de Aceleración de Diseño Edificio Civil	78
Figura 12. Componentes básicos de un sistema de Techo Verde multicapa monolítico	86
Figura 13. Esquema de estrategia para reutilización de pluviales para riego de Techos Verdes	100
Figura 14. Tramos de Vigas de la Cubierta del Edificio Bienestar	108
Figura 15. Tramos de Vigas de la Cubierta del Edificio Civil 1ra Estructura	118
Figura 16. Tramos de Vigas de la Cubierta del Edificio Civil 2da Estructura	118
Figura 17. Intensidad de radiación solar máxima mensual	120
Figura 18. Radiación solar promedio por hora para cada mes	122
Figura 19. Insolación promedio mensual	122
Figura 20. Precipitación total mensual	123

Figura 21. Intensidad máxima de eventos de lluvia	124
Figura 22. Número de días con lluvia	125
Figura 23. Temperatura promedio mensual	126
Figura 24. Temperatura mínima y máxima mensual	126
Figura 25. Relación entre Humedad Relativa vs Temperatura	127
Figura 26. Humedad relativa media, mínima y máxima mensual	128
Figura 27. Velocidad máxima del viento	128
Figura 28. Dirección del viento por mes (Sep. – 18 a Feb. – 19)	129
Figura 29. Dirección del viento por mes (Mar. – 19 a Agos. – 19)	130
Figura 30. Visualización Techo Verde Edificio Bienestar	143
Figura 31. Visualización Techo Verde Edificio Bienesta	144
Figura 32. Visualización Techo Verde Edificio Bienestar	144
Figura 33. Visualización Techo Verde Edificio Bienestar	145
Figura 34. Visualización Techo Verde Edificio Civil	145
Figura 35. Visualización Techo Verde Edificio Civil	146
Figura 36. Visualización Techo Verde Edificio Civil	146
Figura 37. Visualización Techo Verde Edificio Civil	147
Figura 38. Visualización Techo Verde Edificio Bienestar	147
Figura 39. Especificaciones Técnicas sistema modular Naturpots	149
Figura 40. Sistema Naturpots	149
Figura 41. Estructura modular Naturpots	150
Figura 42. Jardín vertical con sistema modular Naturpots	151
Figura 43. Detalle Jardín Vertical con Técnica de Fieltro	152
Figura 44. Dosificaion de Sustrato	154

Figura 45. Esquemas de circulación del riego	156
Figura 46. Visualización Jardín Vertical de la Fachada Norte Edificio Bienestar	157
Figura 47. Visualización Jardín Vertical de la Fachada Sur Edificio Bienestar	157
Figura 48. Visualización Jardín Vertical de la Fachada Sur Edificio Bienestar	158
Figura 49. Visualización Jardín Vertical de la Fachada Norte Edificio Civil	158
Figura 50. Visualización Jardín Vertical del Edificio Civil	159
Figura 51. Visualización Jardín Vertical del Edificio Civil	159
Figura 52. Perspectiva Norte-Oeste Jardín Vertical del Edificio Civil	160
Figura 53. Visualización Jardín Vertical de la Fachada Norte Edificio Civil	160

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Sección de Elementos Estructurales Edificio Bienestar	65
Tabla 2. Análisis de Carga	67
Tabla 3. Datos del Espectro Elástico de Aceleración de Diseño del Edificio Bienestar	69
Tabla 4. Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica R	71
Tabla 5. Combinaciones de Carga Según Recomendaciones de la NSR-10	73
Tabla 6. Factor de Escala para Fuerzas Sísmicas de Diseño	74
Tabla 7. Elementos Estructurales del Edificio Civil 1ra Estructura	76
Tabla 8. Elementos Estructurales del Edificio Civil 2da Estructura	76
Tabla 9. Datos del Espectro Elástico de Aceleración de Diseño del Edificio Civil	77
Tabla 10. Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica (R) del Edificio Civil 1ra Estructura	78
Tabla 11. Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica (R) del Edificio Civil 2da Estructura	79
Tabla 12. Criterios de comparación de Techos Verdes	82
Tabla 13. Tecnología empleada en los Sistemas de Techos Verdes	84
Tabla 14. Características requeridas del sustrato	92
Tabla 15. Eficiencia de aplicación de riego (Ea)	97
Tabla 16. Tipos de Técnicas para Jardines Verticales	101
Tabla 17. Periodo Fundamental de la Estructura Bienestar para los Distintos Tipos de Techos Verdes	104
Tabla 18. Derivas Máximas por Piso de la Estructura Bienestar, para los Distintos Tipos de Techos Verdes	105
Tabla 19. Áreas de Acero de las vigas de la cubierta del edificio Bienestar para los distintos tipos de techos verdes	106

Tabla 20. Periodo Fundamental de la 1ra Estructura Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes	108
Tabla 21. Derivas Máximas por Piso de la 1ra Estructura del Edificio Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes	109
Tabla 22. Áreas de Acero de las Vigas de la Cubierta de la 1ra Estructura Edificio Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes	109
Tabla 23. Periodo Fundamental de la 2da Estructura Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes	115
Tabla 24. Derivas Máximas de Piso de la 2da Estructura Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes	115
Tabla 26. Materiales para la capa de impermeabilización	133
Tabla 27. Tipo de Láminas para la capa de drenaje	136
Tabla 28. Material para la capa de filtración	137
Tabla 29. Listado de plantas para el sistema de Techo Verde Extensivo	140
Tabla 30. Listado de Plantas para Techo Verde Extensivo	141
Tabla 31. Vegetación Jardín Vertical	155
Tabla 32. Costo de Diseño de Techo Verde	161
Tabla 33. Costo de Retenedor Perimetral del Techo Verde	161
Tabla 34. Costo de la Capa Impermeabilizante del Techo Verde	161
Tabla 35. Costo de la Capa Drenante del Techo Verde	162
Tabla 36. Costo de la Capa Filtro del Techo Verde	162
Tabla 37. Costo de Sustrato del Techo Verde	162
Tabla 38. Costo de la Vegetación del Techo Verde	162
Tabla 39. Costo de Sistema de Riego del Techo Verde	163

Tabla 40. Costo de Complementos del Techo Verde	163
Tabla 41. Total de A.I.U Techo Verde	164
Tabla 42. Costos de Diseño de Jardín Vertical con Técnica de Filtro	164
Tabla 43. Costo Estructura Metálica del Jardín Vertical	165
Tabla 44. Costo Lamina de PVC Jardín Vertical	165
Tabla 45. Costo Laminas de Filtro Jardín Vertical	165
Tabla 46. Costo de Sustrato Jardín Vertical con Técnica de Filtro	165
Tabla 47. Costo de Vegetación Jardín Vertical con Técnica de Filtro	166
Tabla 48. Costo de Sistema de riego Jardín Vertical con Técnica de Filtro	166
Tabla 49. Total de A.I.U Jardín Vertical Técnica con Filtro	167
Tabla 50. Costo de Diseño Jardín Vertical Con Técnica Modular	167
Tabla 51. Costo de Estructura Jardín Vertical Con Técnica Modular	167
Tabla 52. Costo de Sustrato Jardín Vertical con Técnica Modular	168
Tabla 53. Costo Vegetación Jardín Vertical con Técnica Modular	168
Tabla 54. Costo Sistema de Riego Jardín Vertical con Técnica Modular	168
Tabla 55. Total de A.I.U Jardín Vertical con Técnica modular	169
Tabla 56. Costo de mantenimiento de techo verde	170
Tabla 57. Costo de mantenimiento del jardín vertical	170

## Lista de Anexos

	<b>pág.</b>
Anexo 1. Fichas Técnicas	178
Anexo 2. Carta Dirigida a la Oficina de Planeación UFPS	212
Anexo 3. Planos en Planta Edificio Bienestar	214
Anexo 4. Configuración de Grilla de Grilla en ETBAS	216
Anexo 5. Configuración de Materiales y Secciones de Elementos estructurales en ETABS	217
Anexo 6. Secciones de Elementos Estructurales en ETBAS	219
Anexo 7. Asignación de Cargas en ETBAS	220
Anexo 8. Asignación de Diafragma Rígido en ETABS	221
Anexo 9. Asignación de la Masas de la Estructura en ETBAS	222
Anexo 10. Chequeo y Masa del Modelo en ETABS	223
Anexo 11. Figura A.3-1 - Irregularidad en Planta	224
Anexo 12. Figura A.3-2 - Irregularidad en Altura	225
Anexo 13. Tabla A.3-3 de la NSR-10	226
Anexo 14. Caso de Carga Tipo Espectro en ETABS	227
Anexo 15. Cortante de Base Dinámico en ETABS	228
Anexo 16. Cambio de Factor de Escala de Gravedad y Nuevo Cortante de Base Dinámico en ETABS	229
Anexo 17. Periodo Fundamental de la Estructura en ETABS	230
Anexo 18. Derivas Máximas ETABS	231
Anexo 19. Planos en Planta de la Estructura Civil	232
Anexo 20. Verificación de Derivas y Periodo del Modelo Civil 1ra Estructura sin Techo Verde	234

Anexo 21. Verificación de Derivas y Periodo del Modelo Civil 1ra Estructura sin Techo Verde	235
Anexo 22. Implementación de membranas impermeabilizantes anti-raíz a base de PVC, Propileno-Etileno o similares en puntos de encuentro con elementos emergentes.	236
Anexo 23. APU del presupuesto de implementación para el techo verde	240
Anexo 24. APU del presupuesto de implementación para el jardín vertical con fieltro	245
Anexo 25. APU del presupuesto de implementación del jardín vertical con sistema Naturpots	249

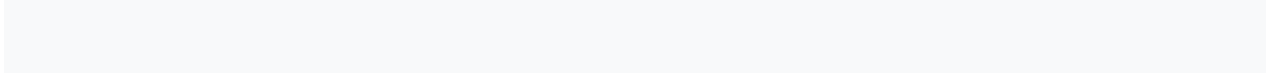


## **Resumen**

Este proyecto tuvo como objetivo el diseño de un techo verde y jardín vertical, para que funcione como un sistema urbano de drenaje sostenible (SUDS) en las edificaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander, para lograr esto se analizó la factibilidad de implementación, por lo tanto se hizo un primer análisis de las edificaciones de la universidad seleccionando las que posiblemente sirvan para implementar esta tecnología, luego se buscó la información necesaria para realizar el análisis estructural de las edificaciones con el apoyo del software ETABS, en donde se comparó el diseño original de las edificaciones Civil y Bienestar con las cargas que generan los distintos tipos de techos, y una vez finalizado este análisis se logró concluir que estas dos edificaciones se encuentran capacitadas para resistir las cargas añadidas por un sistema de techo verde extensivo siendo factible su implementación. Cabe mencionar que es posible que más edificaciones del campus universitario sirvan para implementar este sistema, pero debido a la falta de información no se pudo realizar el chequeo a otras estructuras, pero aun así se pretende que sirva como experiencia piloto para la adopción de esta estrategia al resto del campus. También se buscó y analizó la información climatológica y medioambiental de la zona, que nos permitió de esta forma seleccionar y realizar el diseño más adecuado, para finalmente calcular un aproximado del costo de implementación del diseño.

## **Abstract**

This project aimed to design a green roof and vertical garden, to function as a sustainable urban drainage system (SUDS) in the buildings of the Francisco de Paula Santander University, to achieve this, the feasibility of implementation was analyzed, by Therefore, a first analysis of the university buildings was carried out, selecting those that could possibly be used to implement this technology, and then the necessary information was sought to carry out the structural analysis of the buildings with the support of the ETABS software, where the design was compared original of the Civil and Welfare buildings with the loads generated by the different types of roofs, and once this analysis was completed, it was concluded that these two buildings are able to resist the loads added by an extensive green roof system, being feasible their implementation . It is worth mentioning that it is possible that more buildings on the university campus serve to implement this system, but due to the lack of information, it was not possible to carry out a check-up on other structures, but even so it is intended to serve as a pilot experience for the adoption of this strategy. to the rest of the campus. The climatological and environmental information of the area was also searched and analyzed, which allowed us to select and carry out the most appropriate design, to finally calculate an approximate cost of design implementation.



## **Introducción**

Debido al deterioro del medio ambiente, ocasionado en parte al crecimiento poblacional y a la urbanización de grandes zonas verdes, la presente investigación trató sobre el diseño de los techos verdes y jardines verticales para que puedan ser implementados en la Universidad Francisco de Paula Santander, analizando así los aspectos necesarios para su diseño. Se hizo una amplia consulta en proyectos similares y en las conclusiones de las experiencias de expertos sobre el tema, luego se procedió a buscar la información necesaria para el diseño de los techos y jardines verticales, información como planos estructurales de la edificaciones, que nos ayudó a determinar si son apropiadas para su posible implementación, condiciones climáticas-medioambientales, posible vegetación que se pueda adaptar al diseño, y por último el costos de los materiales a utilizar. Creando así una herramienta de gestión ambiental, para frenar un poco el deterioro del medio ambiente, dar solución a problemas asociados como lo son las inundaciones en las temporadas de lluvias ya que parte del caudal de precipitación es retenido por estos sistemas y generar beneficios como la reducción de la contaminación del aire, disminuir las temperaturas de las edificaciones, mejorar el bienestar de los estudiantes con un ambiente más agradable y paisajístico, entre otros.

## **1. Problema**

### **1.1 Título**

DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES COMO SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

### **1.2 Planteamiento del Problema**

El crecimiento poblacional tiene como consecuencia el aumento de áreas urbanizadas. La ampliación de los límites de las ciudades implica la impermeabilización de antiguas zonas verdes y la pérdida de vegetación. Las zonas impermeabilizadas no sólo contribuyen al aumento de los volúmenes de agua desplazados fuera de la cuenca, la pérdida de vegetación también permite que los contaminantes asociados a la urbanización lleguen directamente a los cuerpos de agua sin ninguna clase de filtro (Morales, 2017).

Además, como en las grandes ciudades norteamericanas o europeas, también se enfrenta la contaminación del aire, el efecto de la isla de calor y/o la insuficiente capacidad de los alcantarillados durante fuertes lluvias. En cuanto al incremento de la isla calor, Elejalde (2008) afirma que: “Se basa en que la temperatura del aire al interior de las ciudades es mayor a la registrada en las áreas rurales y naturales de los alrededores”. Ya que los materiales de construcción almacenan el calor solar y lo emiten lentamente.

Por esta razón una respuesta a estas problemáticas ha sido proporcionada por la ciencia y las nuevas tecnologías sostenibles, entre estas tecnologías se encuentran los techos verdes y jardines verticales que nacieron como respuesta a la dificultad de expansión de áreas destinadas a la

vegetación en núcleos urbanos, (García & Vega, 2012, pág. 2). Según afirma (Rowe et al., 2012) “Dada la problemática relacionada con la calidad del agua lluvia en distintas partes del mundo, los techos verdes se posicionan como una alternativa económica y ambientalmente viable”, los techos verdes y jardines verticales son una nueva forma de incorporación de masa vegetal a la vida urbana, en aquellos espacios que han sido poco valorados como las envolventes de las edificaciones. Placitelli (2012) afirma que los techos verdes, “también conocidos como cubiertas verdes o ajardinadas, son una de las herramientas ecológicas que tenemos más a mano para comenzar a revertir el marcado proceso de deterioro del ambiente que sufren nuestras ciudades”. Es un sistema amigable con el medio ambiente que se adapta a las estructuras.

En los últimos años, ha aumentado la utilización de estos sistemas para cultivar plantas, no solo por razones estéticas, sino también para mejorar la calidad ambiental del entorno (Li et al, 2010). Las plantas pueden reducir el calor por medio de la reflexión de la radiación solar y la generación de sombra. También pueden disminuir el calor a través del proceso de transpiración, el cual reduce la temperatura dentro y fuera del edificio (Fujii et al, 2005). Finalmente, las plantas pueden mejorar la calidad del aire, removiendo sus contaminantes y atrapando las partículas en sus hojas (Nowak, Crane Stevens, 2006). Los techos verdes son capaces de retener un valor medio de 69% de agua precipitada en un evento de lluvia en condiciones normales (el porcentaje varía dependiendo del tipo del techo verde que se implemente), este volumen de agua es absorbido en su mayoría por la vegetación y liberado de nuevo a la atmósfera por evaporación, el agua restante se almacena en el sustrato. Lo anterior reduce los riesgos de inundación y mejora el equilibrio hídrico (Bengtsson et al., 2005). De esta manera estos sistemas logran cada vez más reconocimientos como una tecnología moderna y ecológica para enfrentar el cambio climático y los problemas ambientales más comunes en el medio urbano (Jim y Tsang, 2011).

Por otra parte, en algunas ciudades de Colombia ya se están implementando este tipo de tecnologías, y la ciudad de Bogotá ya cuenta con una guía para implementar techos verdes y jardines verticales en sus edificaciones "Guía práctica de techos verdes y jardines verticales", documento elaborado por la Secretaría de Ambiente que reúne los requerimientos mínimos y prácticas recomendadas para aplicar esta tecnología.

Pero este no es el caso de la ciudad de Cúcuta ya que no cuenta con estos sistemas ecológicos y también como en las otras ciudades presenta problemas como grandes inundaciones en temporadas de lluvia, debido al pésimo sistema de alcantarillado pluvial existente y al largo periodo de precipitación. Estas inundaciones tienen un mayor grado en la Universidad Francisco de Paula Santander. Y por otra parte las temperaturas en las horas de la tarde son bastante altas e incomodan las clases de grandes números de estudiantes, y también genera un alto gasto energético para las aulas con aires acondicionados. Por esto y otros problemas el objetivo de este proyecto es buscar adaptar en las edificaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander este tipo de tecnología ecológica. Contribuyendo también de esta forma a la mejora del medio ambiente y cuidado del mismo, pudiendo la universidad obtener un reconocimiento a nivel nacional e internacional, y que inspire a otras edificaciones de esta y otras ciudades a la implementación de estos sistemas ecológicos.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cuál sería el diseño de techos verdes y jardines verticales que mejor se adapte a las estructuras de la Universidad Francisco de Paula Santander y a las condiciones medioambientales de la ciudad?

## 1.4 Objetivos

**1.4.1 Objetivo general.** Crear un sistema de techos verdes y jardines verticales para las edificaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander.

**1.4.2 Objetivos específicos.** Identificar la posibilidad de implementación del sistema de techos verdes y jardines verticales de acuerdo al tipo de sistema estructural de los edificios de la Universidad Francisco de Paula Santander.

Analizar los factores climáticos y medioambientales que afectan a la Universidad Francisco de Paula Santander.

Diseñar un sistema de techos verdes y jardines verticales.

Estimar el presupuesto para la implementación y mantenimiento del sistema de techos verdes y jardines verticales.

## 1.5 Justificación

El acelerado desarrollo urbano ha traído consigo una serie de problemas, uno de ellos es el daño ambiental que se le está dando a nuestro planeta, que lentamente lo hemos ido afectando debido a la impermeabilización de zonas naturales. El planeta es nuestro hogar y todos somos responsables de cuidar el espacio en el que habitamos, por lo cual es importante empezar a contribuir desde nuestro propio entorno a crear algún tipo de cambio ambiental. Es por esto la importancia de esta investigación, debido al éxito de este tipo de proyectos en otros países como Alemania, Holanda, Francia entre otros, ya que han conseguido grandes beneficios ambientales y soluciones a problemáticas como inundaciones, altas temperaturas, grandes consumos energéticos, etc. Puesto que la ciudad de Cúcuta no es la excepción a este tipo de problemáticas.

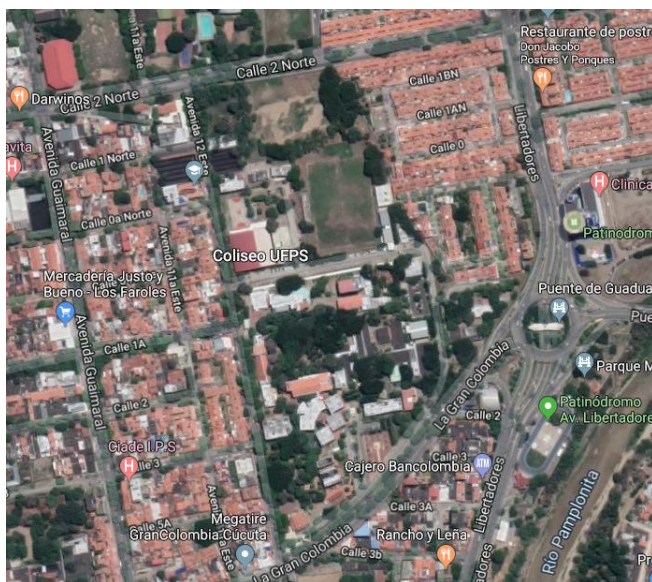
Se ve la necesidad de estudiar este tipo de propuesta ecología que se desconoce por el momento en la ciudad, y poder así crear un documento que sirva como guía para su implementación en la Universidad Francisco de Paula Santander, que mediante una futura implementación estaría contribuyendo a las consignas de reducir la temperatura en las edificaciones, servir de filtro a la contaminación, disminuir el caudal pico de precipitación sobre los sistemas de alcantarillado ayudando a disminuir el riesgo de inundaciones, reducir el efecto invernadero, sirviendo como aislantes naturales, embellecer nuestros espacios, etc. Y por otro lado tener un proyecto piloto que ayude a otras edificaciones a construir con este tipo de propuestas ecológicas.

## **1.6 Delimitaciones**

**1.6.1 Delimitación espacial.** El proyecto se desarrollará en la Universidad Francisco de Paula Santander, en las edificaciones de la institución.

Ubicado en la Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrió Colsag, San José de Cúcuta, Norte de Santander.





**Figura 1. Foto Satelital del Área que se Desarrollara la Recolección de Datos y Posterior Diseño de Sistemas de Techos Verdes y Jardines Verticales**

Fuente: Google Maps.

**1.6.2 Delimitación temporal.** El tiempo que se estima para el cumplimiento de los objetivos es de cuatro (4) meses, por lo tanto, este tiempo corresponderá al desarrollo de la ejecución del proyecto a partir su aprobación.

**1.6.3 Delimitación conceptual.** Se trabajará a partir de conceptos claves como son:

**Carga muerta:** Es la carga permanente que actúa sobre la estructura del techo, producto del peso propio de todos los elementos del sistema de techo verde en estado de saturación, incluyendo la vegetación en su máximo estado de desarrollo, (Guía de techos verdes en Bogotá, 2011)

**Carga viva:** Es la carga no permanente o variable que actúa sobre la estructura del techo. Incluyen el peso total del agua que puede almacenar el sistema, el tránsito de personas y los

equipos y elementos auxiliares de mantenimiento, (Guía de techos verdes en Bogotá, 2011)

**Capacidad de retención de agua:** Se refiere a la máxima capacidad para almacenar agua de un medio cuando este se encuentra en estado de compactación o densidad máxima, (Guía de techos verdes en Bogotá, 2011)

**Cobertura vegetal:** Es el componente más activo del techo verde, y está compuesto por el conjunto de especies vegetales que conforman la capa superior del sistema. (Guía de techos verdes de Bogotá, 2011.)

**Construcción sostenible:** Una construcción sostenible es aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de energía, agua y materiales de un modo eficiente y provee confort y salud a sus usuarios. Todo esto es alcanzado gracias a un proceso de diseño consciente del clima y la ecología del entorno donde se construye la edificación (Ministerio de Vivienda , 2015)

**Drenaje sostenible:** Puede definirse como un conjunto de elementos integrantes de la infraestructura urbano-hidráulico-paisajista que busca reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana. (Guía de construcción sostenible, 2015).

**Geotextil:** Se puede definir como un material textil plano, permeable y polimérico, que se emplea en contacto con suelos y otros materiales para aplicaciones geotécnicas en ingeniería civil. (Ballester, 2000)

**Permeabilidad:** Es la tasa de descarga de agua a través de un medio poroso. (Guía de techos verdes en Bogotá, 2011)

Sustrato: Medio de crecimiento conformado por materiales granulares (Guía de techos verdes en Bogotá, 2011)

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

**2.1.1 Internacionales.** La tesis de grado en Ingeniería Industrial, titulada “Diseño y aplicación de techos verdes”, del Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina 2009, realizada por Grimoldi Eduardo, tuvo como objetivo analizar los problemas existentes en la adaptación de la tecnología de los techos verdes (cubiertas ajardinadas) en la provincia de Buenos Aires. Al actuar como aislantes y como mecanismos de regulación térmica, su uso permitiría reducir el consumo de energía en los edificios, el riesgo de inundación en las áreas urbanas y el efecto isla de calor. Para lograr esto, es necesario obtener un diseño básico para un techo verde, de bajo peso y costo, y que use únicamente materiales disponibles en la región para su construcción. El primer paso del estudio es el de definir los componentes de un techo verde, los materiales que se pueden utilizar, y las características que debe tener cada componente para que el sistema funcione correctamente. Para lograr esto, se analiza la literatura existente, incluyendo los lineamientos y las prácticas recomendadas en diversos estudios. En segundo lugar, se define un sistema que cumpla con este criterio y que pueda ser construido usando materiales disponibles localmente. Para esto se definen distintas alternativas para cada componente del sistema, que luego son usadas para definir la composición final en base a la mejor relación costo-beneficio. Finalmente se obtiene un costo y un peso estimado para el diseño elegido. Debido a la naturaleza genérica del diseño, los valores obtenidos pueden ser usados en la evaluación de proyectos y estudios futuros, facilitando así el trabajo de futuros proyectistas. (Grimoldi, 2009)

La memoria para optar por el título de ingeniería civil en la Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, realizada por Michel Ignacio Canales Gálvez en Santiago de Chile

año 2014, titulada “Efectos del uso de techos y fachadas vegetales en el comportamiento térmico de edificios”, se ha buscado estimar los aportes en la aislación térmica que pueden llegar a tener las cubiertas vegetales; techos y fachadas, lo que se realizó con ensayos de laboratorio para medir la conductividad de los sustratos y mediante modelación computacional para incluir los efectos que son complejos de considerar. El objetivo general de esta memoria es aportar al conocimiento sobre estrategias de edificación sustentable, mostrando que los techos y fachadas vegetales son una opción viable en Chile y que actualmente puede ser ejecutada sin mayores inconvenientes. Para estudiar y medir la conductividad térmica del sustrato, se han realizado ensayos según la norma chilena NCh850-2008 a distintas mezclas, preparadas en base a la revisión bibliográfica y contactos personales. Gracias a estudios previos y los valores que se entregan en la norma NCh853-2007, fue posible hacer una extrapolación de los resultados obtenidos en seco, congruentes con lo visto en la literatura. La modelación computacional permite considerar los efectos de la capa vegetal, que representan gran parte del aporte a la aislación que provee el techo verde a la envolvente del edificio. Se observaron mejoras en el desempeño energético de una casa que alcanzan valores para la condición de verano sobre el 20%. En el caso del edificio, las mejoras fueron observadas casi únicamente en el último piso, alcanzando valores que llegan al 27% en dicho nivel, por lo que, para ambos casos, sus efectos son considerablemente mayores durante la época estival. El análisis de costos permite concluir que por la gran cantidad de beneficios del uso de techos y fachadas verdes difíciles de llevar a valores monetarios y por lo complicado de replicar los parámetros de diseño de un proyecto a otro, un balance económico que solo considera la inversión inicial, es insuficiente. Finalmente, se debe destacar que más allá del ahorro energético en climatización que pueda generar el uso de cubiertas vegetales su mayor importancia recae en sus beneficios medioambientales; aumentan la superficie de áreas verdes, contribuyen a disminuir la contaminación y purificar el aire, reducen el efecto isla de calor en las

urbes, contribuyen a la biodiversidad y mejoran el manejo de las escorrentías de aguas lluvias. Además, han mostrado ser buenos aislantes acústicos, aumentan la plusvalía de los edificios y mejoran la estética de las ciudades. Sus beneficios abarcan una zona mucho más global que el lugar donde son instalados, ayudando a construir entornos más saludables, ciudades más prósperas, confortables y sostenibles para las futuras generaciones. (Canales, 2014)

El trabajo especial de grado realizado por Acuña Perera Rubén Enrique y Estévez Orán Carlos Alberto, para optar por el título de ingeniero civil en la Universidad Católica Andrés Bello Caracas, 4 de noviembre de 2013, titulado “Factibilidad, Diseño e instalación de un techo verde en el edificio de postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello en Caracas”, se estudió la factibilidad de diseñar e instalar un techo verde, en el edificio de postgrado, como un elemento que contribuya a mejorar los aspectos ambientales y que sirva de experiencia piloto para la adopción de esta estrategia en el resto del campus. Se realizaron distintos estudios tales como: Evaluación del área disponible de techo del edificio de postgrado para así diseñar una distribución adecuada de vegetación, caminerías y maquinarias existentes en la cubierta, estudio profundo de alternativas de distintos techos verdes para saber cuál es el más conveniente, diagnóstico de estructura de la losa de techo, vigas y columnas para considerar este nuevo peso que se le agregaría, evaluación de la vulnerabilidad sismo-resistente de la estructura, para observar si hay grandes cambios notables al agregar el peso de los materiales necesarios para instalar vegetación, planteamiento de drenajes para aguas de lluvias que no sean absorbidas por la vegetación, propuesta para un adecuado mantenimiento de la vegetación. Para la bibliografía serán utilizados investigación bibliográfica, entrevistas a informantes calificados y profesionales especializados a fin de evaluar las mejores opciones para el diseño de un techo verde. Una vez recopilada, analizada y procesada toda la información referente a techos verdes en el mundo, se

llegaron a las siguientes conclusiones para una propuesta viable de una cubierta verde sobre la azotea del edificio de Postgrado de la UCAB: Tomando en cuenta la carga aportada por la instalación de un techo verde en distintas zonas de la azotea, fueron evaluados los parámetros estructurales y arquitectónicos de la edificación, mediante un análisis realizado con apoyo del software ETABS y del IP3-Losas, comparando el diseño original del edificio, con la información arrojada por el modelo programado. Luego de obtenidos los resultados referentes a elementos estructurales tales como vigas, columnas y losas, se pudo concluir que el edificio se encuentra en plena capacidad de resistir las cargas añadidas tanto gravitacionales como sísmicas. (Acuña & Carlos , 2013 )

**2.1.2 Nacionales.** El artículo de la revista *Gestión y Ambiente* del año 2012, titulado “TECHOS VERDES ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta?”, llevado a cabo por García Collante Mario Alberto, y Vega Paternina Juan Carlos. Hace una revisión profunda de las experiencias y resultados de numerosas investigaciones en el tema, destacando los beneficios de los techos verdes y mostrando las barreras para la implementación de esta tecnología en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta. La metodología consistió en la revisión de resultados de investigaciones llevadas a cabo en diferentes ciudades del mundo, haciendo énfasis en las realizadas en condiciones climáticas similares a la zona de estudio. Adicionalmente, se aplicaron encuestas a los gerentes de 18 hoteles en El Rodadero con el fin de conocer su opinión acerca del tema. Como resultado, se concluyó que los techos verdes pueden ser herramientas muy efectivas para la gestión ambiental si son implementados a gran escala. Sin embargo, en el caso de El Rodadero, esta es una opción poco viable, aunque existe un interés de implementar proyectos pilotos que podrían disipar la desconfianza de los empresarios.

El proyecto de maestría en gerencia de ingeniería de la Universidad de la Sabana titulado “Análisis Comparativo Del Sistema De Paredes Verdes Mediante El Uso De Llantas Recicladas Para Determinar La Viabilidad De Un Modelo A Escala Para Paredes Vegetadas”, realizado por Javier Corredor Acuña en marzo del 2016 Chía – Cundinamarca, busca suministrar información sobre los jardines verticales mediante el uso de llantas desechadas. La investigación se desarrolló mediante una prueba comparativa de diferentes sistemas de jardines verticales en el mercado para contrastarlos con materas hechas a partir de llantas recicladas (Llanteras). Se analizaron diferentes variables tales como: crecimiento, cobertura, humedad, estética, entre otras, con el fin de determinar la viabilidad de las Llanteras como una nueva forma de material para su uso en paredes vegetadas. Se estructuró tanto la prueba como la investigación como un proyecto capaz de ser gerenciado para que otras personas puedan implementarlo fácilmente y conozcan cada paso del proceso. Se determinó la viabilidad de la Llantera y se comprobaron las buenas características del material para ser usado en jardines verticales. Así mismo se comprobó que no hay información nacional de fácil acceso ya que parece protegerse dentro del “know how” de compañías dedicadas a la elaboración de techos y paredes verdes. La metodología que se usó fue realizar una comparación de este sistema con otros tres (3) diferentes que existan actualmente en el mercado. Para ello será necesario que cumplan dos de esos tres con los siguientes requisitos: estar vinculados al Concejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), ser miembros de la Red Colombiana de Infraestructura Vegetada (Recive) y que tengan experiencia comprobada. Todo lo anterior se deberá exponer en la descripción de las empresas seleccionadas, cada una con un sistema patentado, estas empresas son las siguientes: Groncol, Arquitectura más Verde (A+V) y Babylon - Jardines Verticales –Manteltex (Homecenter), el cual vende sus productos en grandes superficies como Homecenter. Este estudio comparó un sistema vertical basado en llantas recicladas contra sistemas comerciales durante 12 semanas. Se evaluaron los indicadores:



Peso, Humedad de la pared, Estética, Impacto ambiental, Costo del mantenimiento, Costo del sistema, Cobertura vegetal, Durabilidad vegetal, Mantenimiento de las plantas; los cuales permitieron determinar la viabilidad del sistema de paredes verdes con llantas recicladas, para su implementación de manera intensiva. (Corredor , 2016). El gran aporte que se obtuvo con esta investigación es la viabilidad del diseño que se presentó para la implementación de jardines verticales, mostrando su importante contribución al problema que se tiene de llantas desechadas, y poder tener presente este tipo de diseño.

El artículo de Esp. Planeación Ambiental y Manejo Integral de Recursos Naturales de la Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia 2017, titulado “Implementación de techos verdes en el centro comercial palatino de Bogotá”, realizado por Karen Alejandra Díaz Marín, se enfoca en una investigación de Estudio de Caso; en la metodología se muestra los componentes, los tipos de plantas que se pueden utilizar en las cubiertas debido al clima y las variaciones de la superficie, un ejemplo aplicativo y la aplicación de encuestas con la finalidad de conocer la opinión acerca del tema y obtener resultados. Con los datos obtenidos en las encuestas se realizó un análisis DOFA y se concluyó que se adquieren grandes beneficios para el medio ambiente, la planificación urbana y mejora la calidad de vida; siendo una buena herramienta para la gestión ambiental. El aporte que nos genera esta investigación es la de comprobar los beneficios que trae la implementación de este tipo de tecnologías sostenibles. (Diaz , 2017)

Artículo Publicado el 31 de julio del 2017 realizado por Morales, J. A., Cristancho, M. A., Baquero-Rodríguez en Universidad Central Calle 21 No. 4-40 Bogotá D.C. Colombia titulado “Tendencias en el diseño, construcción y operación de techos verdes para el mejoramiento de la calidad del agua lluvia”, se identifican tendencias en las condiciones de diseño, construcción y operación de techos verdes cuyo objetivo es mejorar la calidad del agua lluvia. Se realizó una

revisión bibliográfica consultando en las bases de datos Scopus, Science Direct y Redalyc, un total de 45 artículos científicos originales. A partir de la información recolectada se identificaron tendencias en incrementos y reducciones en las concentraciones de diferentes parámetros de calidad de agua, temporadas del año con los mejores resultados, tipos de techos verdes más usados, clases de sustrato y componentes más comunes, tendencias de construcción (dimensiones, inclinación, materiales y capas) y vegetación más usada. Los resultados muestran que los techos verdes tienen la capacidad de neutralizar la lluvia ácida. Debido a sus características de construcción, funcionalidad y bajo costo, los techos de tipo extensivo son los más usados.

El trabajo de grado para obtener el título de Ecólogo en la Pontificia Universidad Javeriana, presentado por Mateo de Rhodes Valbuena, en Bogotá año 2012, titulado “Implementación de un modelo de techo verde y su beneficio térmico en un hogar de honda, Tolima (Colombia)”, realizó el estudio sobre la transferencia de tecnología de techos verdes en viviendas. El procedimiento seguido fue diseñar e implementar un techo verde de tipo indirecto semiextensivo, con material biodegradable, asequible y resistente para desarrollar en una zona de clima cálido. Con estos criterios se escogió la guadua como material y el área de estudio en Honda (Tolima). Se examinaron las principales ventajas que presenta el uso de este procedimiento como estrategia de manejo frente al calentamiento global y se evaluó el trabajo considerando las variables de temperatura dentro de la casa (ambiente) y en el techo (superficial). Se encontró una atenuación térmica de la temperatura promedio del ambiente de  $0,52^{\circ}\text{C}$  en la zona con techo verde en comparación con la que no tenía techo verde. Pero en algunas horas se encontró una disminución de  $0,94^{\circ}\text{C}$ , estadísticamente no hubo diferencia significativa pero casi un grado puede afectar e influir en la vida, comportamiento de microorganismos y organismos, en los procesos

biogeoquímicos, etc. Con respecto a la temperatura superficial del techo de la zona con y sin techo verde hubo una diferencia. Se encontró una atenuación de temperatura superficial promedio  $5,82^{\circ}\text{C}$  en el techo verde y en algunas horas del  $12,29^{\circ}\text{C}$ . Finalmente, se describió el manejo de la construcción de dicho techo verde que favorece el entorno ambiental y de las familias como alternativa para mejorar su calidad de vida. Se concluyó que un techo verde atenúa la temperatura de un hogar en una zona de tierra caliente, pero esa atenuación y sus beneficios dependen del área (tamaño) que se implemente y otros factores como los materiales, el espesor del sustrato y el riego. Además el techo verde puede ser asequible para todos ya que se puede hacer con materiales y recursos limitados según las necesidades y la disponibilidad de las personas (Rhodes, 2012)

## **2.2. Marco teórico**

**2.2.1. Techo verde.** La guía de techos verdes en Bogotá (2011) establece que un techo verde es un sistema constructivo que permite mantener de manera sostenible un paisaje vegetal sobre la cubierta de un inmueble mediante una adecuada integración entre: El inmueble intervenido, la vegetación escogida, el medio de crecimiento diseñado, los factores climáticos y ambientales.

Para lograr esta integración, el sistema debe desempeñar seis funciones básicas: Estanqueidad, Drenaje, Capacidad de retención de agua, Estabilidad mecánica, Nutrición, Filtración.

Se considera techo cualquier superficie de infraestructura horizontal o inclinada con componente horizontal que cubra un espacio. Esta definición incluye terrazas, cubiertas planas, cubiertas inclinadas, placas en espacios interiores, semi-interiores, exteriores o entresijos de sótanos



**Figura 2. Techo Verde Cárcel Tuluá, Proyecto Groncol**

Fuente: Groncol Infraestructura verde, s.f.

Complementando este concepto con la perspectiva de otros autores tenemos que:

Los techos verdes, conocidos también como techos ecológicos, cubiertas verdes, sistemas de naturación y azoteas verdes, son una nueva forma de incorporación de masa vegetal a la vida urbana, en aquellos espacios que han sido poco valorados como los envolventes de las edificaciones (García, 2010).

Los techos verdes son sistemas de múltiples capas que revisten las cubiertas de las edificaciones con vegetación, con el fin de interceptar y retener la precipitación, reduciendo los volúmenes de escorrentía y atenuando los caudales máximos que se generan a nivel urbano, todo esto mediante la reducción de superficies impermeables. (Marchena Avila , 2012)

### **Tipos de Techos Verdes:**

Existen diferentes sistemas de naturación en cubiertas; sin embargo, los más comunes se pueden clasificar en tres tipos:

#### **Intensivos:**

Se consideran como jardines convencionales; son accesibles y tienen sustratos espesos que alojan una variedad de plantas, desde comestibles y arbustos, hasta árboles (Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2009). Los techos intensivos requieren que la capa del sustrato sea mayor de 30 cm., lo que aumenta el peso del sistema. Además, el costo de instalación y el mantenimiento son elevados ya que se requiere riego, fertilización y poda constante. Se procura que este tipo de sistema se realice en construcciones nuevas, ya que es necesario un cálculo estructural detallado debido a que el peso del sistema es superior a los 250 kg/m<sup>2</sup>, hasta los 400 Kg/m<sup>2</sup> (López, 2010).

#### **Semi- intensivos:**

Estos sistemas se consideran como intermedios, debido a que el espesor del sustrato oscila entre los 12 y 30 cm., lo que disminuye la selección de especies vegetales en comparación con el sistema intensivo, aunque brinda más posibilidades que el sistema extensivo. Requieren mantenimiento regular. El peso aproximado del sistema es entre 120 y 250 kg/m<sup>2</sup> (García, 2010).

#### **Extensivos:**

Estos sistemas son de bajo mantenimiento y generalmente se instalan en lugares inaccesibles. A menudo se plantan en ellas especies con poco requerimiento de humedad, con solo 5 a 15 cm. de sustrato y suelen subsistir con agua de lluvia. La vegetación es de bajo porte, usando

generalmente especies endémicas o adaptadas a las condiciones ambientales. Por ello su mantenimiento es mínimo. El peso aproximado del sistema oscila entre 60 y 140 kg/m<sup>2</sup> (Stovinet al., 2007). Así, esta clase de cubierta verde es la más apta para ser utilizada en construcciones existentes, ya que se necesitan mínimos refuerzos en la estructura para soportar el peso adicional.

### **Los beneficios:**

Los beneficios de los sistemas de techos verdes han sido investigados en todas partes del mundo. Los numerosos estudios han cuantificado estos beneficios. Sin embargo, la multitud de variables que determinan el desempeño de cada sistema impide dar una respuesta definitiva. Los siguientes datos son los resultados de las investigaciones más recientes que han permitido mejorar la comprensión de los beneficios de techos verdes.

Mejoramiento de la calidad del aire: La contaminación del aire en el ambiente urbano es uno de los problemas de mayor importancia para la salud humana. Los estudios demuestran que la vegetación puede contribuir significativamente a la reducción de la contaminación del aire en las ciudades (Nowak, 2006). La vegetación retiene polvo y partículas contaminantes presentes en el aire por medio de la adhesión (Jun, Yu y Gong, 2008) y gracias al efecto de microclima. Jun Yang et al. (2008) demuestran que el nivel anual de retención de los contaminantes del aire en Chicago por hectárea del techo intensivo es de 85kg. En las ciudades más pequeñas este resultado oscila alrededor de 0.2 kg por m<sup>2</sup> por año (Kuhn y Peck, 2003). Además de filtrar las partículas del aire, las plantas captan CO<sub>2</sub> y liberan oxígeno (Li et al., 2010). La investigación de Li et al. (2010) concluyó que, en Hong Kong, en un día soleado, un techo verde extensivo puede reducir la concentración de CO<sub>2</sub> en su entorno hasta en un 2%. Otros estudios reportan un 37% de reducción de dióxido de azufre y una reducción del 21% del ácido nitroso (Yok Tan y Sia, 2005).

Manejo de aguas lluvias: Los techos verdes tienen la capacidad de retención de agua, almacenándola en el sustrato, donde es absorbida por las plantas y luego devuelta a la atmósfera mediante el proceso de evaporación y transpiración (Wong et al., 2003; Carter y Keeler, 2008). Los estudios de estos investigadores demuestran que las cubiertas verdes tienen la capacidad de absorber, filtrar, retener y almacenar entre 40 y 80 por ciento de la precipitación anual que cae sobre ellas, dependiendo de la intensidad de las precipitaciones y el tipo y grosor de la capa del sustrato. Una capa de 12 cm demora hasta 12 horas en comenzar a liberar el agua almacenada durante un evento de lluvia y continúa liberándola durante cerca de 21 horas (Scholz- Barth y Tanner, 2004), lo que ayuda a reducir la tasa de flujo y el volumen del agua en el sistema de alcantarillado (López, 2010). Además de reducir el flujo de agua, los techos verdes retardan el momento crítico de la descarga al drenaje, ya que el sustrato necesita tiempo para saturarse (Carter y Jackson, 2007).

Regulación de la temperatura y ahorro de electricidad: La vegetación sobre las cubiertas tiene un alto efecto de aislamiento térmico, ya que la capa de sustrato funciona como un colchón que no permite que el techo se caliente (Gernot, 2004). En este contexto, las mediciones realizadas a una cubierta verde en Nottingham Trent University demuestran que mientras la temperatura exterior promedio es de 18.4°C y la temperatura bajo la membrana de un techo normal oscila alrededor de 32.0°C, bajo la membrana del techo verde es de 17.1°C (Livingroofs. org y Ecology Consultancy Ltd., 2004). En efecto, los techos verdes reducen el consumo de electricidad por el sistema de aire acondicionado (Wong et al., 2003) hasta en 50% (Akbari, 1995). Además de tener la función de aislador, las cubiertas verdes reducen la temperatura del ambiente por medio de procesos fisiológicos de la vegetación como son la evapotranspiración, la fotosíntesis y la capacidad de almacenar calor de su propia agua.

**Prolongación de la vida útil de la cubierta:** Los sistemas de naturación ayudan a proteger las cubiertas de fluctuaciones extremas de temperatura, lo que aumenta la durabilidad estructural de la cubierta (Teemusk y Mander, 2009). Con las cubiertas verdes, se puede extender la vida de un techo a 40 años, que es el doble de una cubierta tradicional (Ibáñez, 2008). En Europa, donde la tecnología de techos verdes inició hace más de 20 años, algunas investigaciones concluyen que las membranas cubiertas por vegetación pueden prolongar la vida del techo hasta 50 años (Roofscapes, 2002 citado en Kosareo y Ries, 2007) o 60 años (Livingroofs.org y Ecology Consultancy Ltd., 2004).

**Reducción del efecto de isla de calor:** El efecto de isla de calor es el aumento de la temperatura en zonas urbanas, en relación con los alrededores. En ciudades grandes, esta diferencia puede alcanzar hasta los 5° C, siendo la Ciudad de México un ejemplo específico que alcanza los 9° C de diferencia (Akbari, 1995). Las zonas urbanas cuentan con extensas áreas de superficie dura que absorben radiación solar y reflejan este calor de nuevo hacia la atmósfera (Landsberg, 1981). La vegetación, debido a su comportamiento térmico y físico, absorbe el calor y lo utiliza a través del proceso de evapotranspiración, reduciendo la temperatura urbana y el efecto de smog (Akbari y Konopacki, 2005).

**Creación de hábitats:** Los techos verdes pueden convertirse en hábitat de fauna menor, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad en áreas urbanas. Estudios detallados sobre la relación entre los techos verdes y la biodiversidad han sido realizados desde 1997. Como resultado, la utilidad de las cubiertas verdes para los voladores pequeños ha sido comprobada (Johnston y Newton, 2004). Las cubiertas verdes también proporcionan espacio para anidación de comunidades de aves nativas (Baumann, 2006). El UK Biodiversity Action Plan considera los techos verdes como un importante vínculo entre los hábitats fragmentados que proporciona



nuevos espacios para especies raras y protegidas (Currie y Bass, 2010).

**Reducción de ruido:** La combinación de sustrato, plantas y capas de aire dentro del sistema de techo verde actúa como una barrera de sonido y proporciona una reducción significativa del ruido en el interior del edificio. En las cubiertas verdes, una parte de la onda es absorbida por las plantas y el sustrato, y otra parte es reflejada y desviada (Renterghem y Botteldooren, 2009). En este marco, Renterghem y Botteldooren (2011) investigaron cinco casos de cubiertas verdes, tomando datos antes y después de la instalación de los sistemas, y llegaron a la conclusión de que el aislamiento acústico proporcionado por las cubiertas excede 10 dB. Los investigadores descubrieron que el sustrato bloquea las frecuencias bajas, mientras que las plantas lo hacen con las frecuencias altas. Adicionalmente, el grosor del sustrato es el factor más importante que absorbe las ondas, ya que los mejores resultados fueron registrados en techos con capa de 180 mm. Finalmente, un estudio de Kalzip (citado en Livingroofs.org y Ecology Consultancy Ltd., 2004) demuestra resultados similares, registrando la reducción promedio del ruido de 8 dB.

**Beneficios físicos y psicológicos:** Los techos verdes proveen beneficios psicológicos y físicos relacionados con relajación, regeneración, reducción de estrés y provisión del aire más limpio (Hartig et al. 1991). Samangoei (2006) identifica multitud de casos que demuestran la relación positiva entre las cubiertas verdes y los beneficios psicológicos y físicos para las personas.

**Beneficios sociales:** Los beneficios sociales incluyen la integración del edificio a entornos naturales, las variadas posibilidades de diseño y la utilización del espacio para descanso y esparcimiento (Ibáñez, 2008). La implantación de sistemas de naturación aumenta la superficie verde en las zonas urbanas y permite utilizar un espacio que actualmente está desaprovechado. Especialmente los techos verdes intensivos presentan un potencial muy alto para áreas altamente

urbanizadas. Para un hotel ubicado en el centro de la ciudad, un jardín en el techo es una ventaja competitiva, ya que la vegetación proporciona un espacio verde altamente valorado por los turistas. Además, el techo puede ser utilizado como mirador y cafetería.

**Reconocimiento y responsabilidad ambiental:** Los techos verdes son fácilmente reconocibles, ya que los edificios que implementan esta tecnología difieren significativamente de los demás edificios en las áreas urbanas. Por lo tanto, las edificaciones de este tipo reciben un cierto reconocimiento, especialmente en aquellas ciudades donde apenas se están implementando por primera vez. Es común que los primeros edificios que instalan una cubierta verde sean comerciales, como hoteles y empresas reconocidas, o públicos como universidades e instituciones municipales. Estos edificios son casos exitosos de responsabilidad socio- ambiental, por lo que reciben publicidad en medios de comunicación local, nacional, hasta internacional. Además del reconocimiento, las empresas privadas e instituciones públicas aprovechan la imagen de responsabilidad socio- ambiental en sus campañas de marketing.

**Incremento del valor comercial:** La popularidad de los espacios verdes también se refleja en los valores inmobiliarios. Hoy, existen muchas experiencias documentadas, especialmente en Europa, donde las cubiertas verdes proporcionan un valor agregado, aumentando el precio comercial de los edificios, en la mayoría de uso residencial (especialmente torres de apartamentos), oficinas, hoteles, edificios para la recreación y el esparcimiento (Ibáñez, 2008). Fuera de Europa también se ha registrado una dinámica similar. En Tokio, se han comenzado a instalar cubiertas verdes para incrementar el valor del m<sup>2</sup> en los edificios (Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2009). Finalmente, en los Estados Unidos, se ha registrado un aumento en el valor de los edificios con techos verdes entre 6 y un 15% (Johnston y Newton, 2004).

Productividad y generación de ingreso: Los techos verdes generan la posibilidad de practicar la agricultura urbana que es una manera creativa y práctica para aprovechar áreas subutilizadas de las ciudades. Según los resultados del proyecto piloto de Kortright (2001), las condiciones para cultivar en techos no difieren sustancialmente de las condiciones en tierra. Las experiencias más recientes de Canadá (Santropol Roulant, 2011), Estados Unidos (Geller, 2009), Reino Unido, Japón, Singapur, Tailandia y Taiwán (Hui, 2011) confirman que la producción de alimentos de autoconsumo e incluso venta es completamente viable.

### 2.2.2 Jardines verticales. Como se muestra a continuación:



**Figura 3. Jardín Vertical Hotel B3, Proyecto Groncol con Tecnología Paisajismo Urbano**

Fuente: Groncol infraestructura verde, s.f.

Un jardín vertical es un sistema constructivo que permite mantener de manera sostenible un paisaje vegetal sobre una superficie vertical interior o exterior de un inmueble mediante una

adecuada integración entre el inmueble a intervenir, la vegetación escogida, el medio de crecimiento y los factores climáticos y ambientales. (Muhamad González, 2015 )

#### Requerimientos mínimos para la implementación de un jardín vertical

Los requerimientos básicos con los que debe cumplir un jardín vertical son los mismos de un techo verde y al igual que estos tienen 6 funciones básicas para lograr esta integración:

Estanqueidad, Drenaje, Capacidad de retención de agua, Consistencia, Nutrición, Filtración.

Para la instalación de un jardín vertical se deberán tener entre otras consideraciones, el tiempo de luz día, la orientación de la fachada, velocidad del viento y altura a la que se instalará, la cual determinará la implementación de la normativa para trabajo seguro en alturas.

#### **Componentes de un Jardín Vertical:**

Todo sistema de jardines verticales está compuesto por tres tipos de componentes, independientemente de la tecnología empleada:

#### **Componentes Activos:**

Son aquellos que están expuestos a un cambio constante físico - químico para cumplir sus funciones durante la vida útil del sistema. Los componentes activos son elementos biológicos o elementos que soportan la vida en el sistema: Cobertura vegetal y medio de crecimiento.

#### **Componentes Estables:**

Componentes inertes del jardín vertical que deben mantener estabilidad química y física para cumplir sus funciones durante la vida útil del sistema. Son aquellos elementos fabricados que cumplen determinadas funciones en el sistema: Membranas de impermeabilización, barreras anti-

raíces, barreras filtrantes, medios de drenaje, elementos del sistema de irrigación etc. La durabilidad de los componentes estables depende de la capacidad de los mismos para resistir con éxito a las condiciones ambientales, la humedad y los agentes orgánicos tales como microorganismos y hongos.

### **Elementos Auxiliares:**

Elementos inertes estables que cumplen funciones específicas para adaptar correctamente una sección típica de sistema de jardín vertical a la estructura de un inmueble, tales como: separación, confinamiento, protección, evacuación de agua, tránsito, riego, iluminación etc.

### **Fases del ciclo de vida:**

#### **Planeación:**

Esta fase comprende los estudios y diseños necesarios para seleccionar el tipo adecuado de sistema de jardín vertical a implementar garantizando así los requerimientos mínimos de la presente guía.

Se considera un proceso necesario para áreas mayores a 200m<sup>2</sup>. Esta etapa consiste en mediciones, ensayos, recopilación de información, especificaciones del sistema seleccionado y la información planimétrica necesaria para ejecutar la instalación. Se debe recopilar información de diferentes disciplinas, con el fin de validar las decisiones técnicas y garantizar su correcto funcionamiento bajo las condiciones ambientales presentes y las características del edificio u obra de infraestructura a intervenir. La coordinación se debe realizar con los siguientes diseños y estudios técnicos de la edificación:

Diseño arquitectónico.

Diseño estructural.

Diseño hidrosanitario.

Selección de especies vegetales.

Pueden realizarse coordinaciones complementarias con otros estudios como lo son diseño bioclimático, de aire acondicionado, paisajístico, entre otros.

Para proyectos de más de 1000 m<sup>2</sup> deben existir especificaciones que expliquen el cumplimiento de los requerimientos y características técnicas objeto de la presente guía según el tipo de sistema a implementar.

Los estudios preliminares y especificaciones acá referidas deberán garantizar la compatibilidad del sistema con el edificio, el propósito del sistema y las condiciones climáticas y medioambientales en el lugar de la instalación.

### **Preparativos:**

Se deberá conformar un equipo de mínimo un arquitecto o ingeniero y un horticultor, biólogo o ecólogo quienes deberán revisar los documentos técnicos como planos y especificaciones técnico constructivas haciendo las observaciones pertinentes conforme al plan del sitio (cronograma, trabajo en campo garantizando los accesos, idoneidad del personal, la calidad de los materiales, membrana de impermeabilización y anti raíz, etc.)

### **Instalación:**

Impermeabilización y barreras anti raíz.

Elementos auxiliares y protección de desagües.

Medios de drenaje.

Barreras filtrantes.

Medios de crecimiento.

Sistema de Riego automatizado para áreas mayores a 200 m<sup>2</sup>.

Cobertura vegetal.

Seguridad industrial y salud ocupacional.

**Desmonte:**

El procedimiento de desmonte y disposición final de los componentes de un jardín vertical deberá realizarse realizando la secuencia de las siguientes actividades:

Medidas preventivas de seguridad: Garantizar todas las condiciones de seguridad industrial establecidas para la fase de instalación.

Desmonte y separación de los componentes: Se debe realizar de manera separada iniciando desde la cobertura vegetal hasta llegar a la membrana de impermeabilización. Se debe garantizar que en el proceso de desmonte la cobertura vegetal no quede con las raíces expuestas. Durante el proceso de desmonte se debe prever procesos de clasificación y embalaje para cada uno de los componentes del sistema de Techo Verde.

Disposición final de los componentes: Cada uno de los componentes puede pueden ser reutilizados más de acuerdo al material en el que se encuentren fabricados.

Cobertura vegetal retirada del proceso del desmonte o de los procesos de poda, puede ser reutilizada para repoblar otros techos verdes en la ciudad o zonas verdes a nivel de espacio público.

Medio de crecimiento, puede ser enlonado y pasar por un proceso de solarización para eliminar rastros de semillas o insectos que pueden encontrarse en el sustrato desmontado. Este medio de crecimiento puede ser reutilizado en otros Techos Verdes o en otras actividades de siembra.

Medio filtrante, por las condiciones de degradación o deterioro que puede tener, este elemento puede ser empleado, según su estado, como elemento de embalaje y separación en el proceso de desmonte.

Medio de drenaje, de acuerdo al material en el que se encuentre fabricado este material puede ser reutilizado; en el caso de los medios de drenaje fabricado en plástico reciclable (polipropileno, polietileno, entre otros) pueden ser peletizados para producir nuevos elementos plásticos.

**2.2.3 Software ETABS (Extend Tridimensional Analysis of Building System).** Como se muestra a continuación:

ETABS es un software revolucionario en el análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Son aproximadamente 40 años de investigación y desarrollo continuo, trayendo en su más reciente versión herramientas inigualables de modelado y visualización en 3D.

ETABS es una herramienta con alta capacidad para el análisis lineal y no lineal, opciones para la experimentación con una amplia gama de materiales, generación de gráficos muy limpios y



explicativos, diseños esquemáticos y la generación de informes.

ETABS tiene la capacidad de cubrir todos los pasos para el modelamiento, creación y generación de detalles de una estructura. Diseños CAD pueden convertirse directamente en modelos ETABS o usarse como plantillas a partir de los cuales se puede realizar el modelado. El revolucionario SAPFire 64 bit solver permite el análisis rápido de modelos extremadamente complejos y soporta técnicas de modelado no lineales, como secuencia constructiva y efectos diferidos en el tiempo (por ejemplo: fluencia y retracción). Está incluido el dimensionamiento de estructuras metálicas y de hormigón armado con optimización automatizada, así como de vigas y pilares mixtos, de muros de hormigón y mampostería, y también la comprobación de seguridad de conexiones y chapas metálicas. En el caso de estructuras de hormigón armado y estructuras metálicas, es posible obtener diseños esquemáticos del modelo, cuadros resumen de armaduras, tablas informativas de los perfiles y conexiones dimensionadas, detalles de los elementos estructurales y respectivos cortes, (GruntsWork , 2020 ).

## **2.3 Marco Conceptual**

**2.3.1. Ciclo hidrológico.** Es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y re evaporación.

El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte re circulatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento). (Ordoñez Galvez, 2011).

Dentro la conceptualización de precipitación y escorrentía se tiene:

### **Precipitación:**

Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental (Musy, 2001).

### **Escorrentía:**

**Escorrentía superficial.** Es la porción de lluvia que no es infiltrada, interceptada o evaporada y que fluye sobre las laderas. En realidad, la escorrentía superficial, la infiltración y la humedad del suelo son interactivas entre sí, por tal motivo se debe tener cuidado en seleccionar el modelo adecuado para cada caso.

**Escorrentía Subsuperficial.** Es el agua que ha sido previamente infiltrada y no alcanza el almacenamiento subterráneo o acuífero, por lo tanto, debe ser considerada como parte de la escorrentía.

**2.3.2 Cambio climático.** En la evolución de la vida del planeta se han presentado numerosas variaciones climáticas que perduran por prolongados periodos de tiempo. Actualmente el planeta está pasando por una variación climática reflejada en el aumento de temperatura debida a “procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo”. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio

Climático, 2014) denominada; Calentamiento global. El aumento de temperatura se considera como una amenaza medioambiental y específicamente para la vida humana (Grennpeace Colombia, 2009).

Expertos en física climatológica afirman que el calentamiento global no tiene relación directa con los gases de efecto invernadero como el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), ya que los registros de hielo revelan que el CO<sub>2</sub> no está en facultad de cambiar el clima, según lo afirma el profesor Tim Ball del Departamento de Climatología de la Universidad de Winnipeg y el profesor Nir Shaviv del Instituto de Física de la Universidad de Jerusalén quien a su vez afirma que la tierra ha presentado según las reconstrucciones climáticas entre tres y diez veces más concentraciones de CO<sub>2</sub> que las que presentamos actualmente. A nivel geológico dice el profesor Ian Clark del departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Ottawa el CO<sub>2</sub> no es un factor determinante en el clima. (Durkin, 2007), (Informe de grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático , 2015).

**2.3.3 Ciudades sostenibles.** La naturaleza es permeable, y las ciudades son impermeables y al mismo tiempo no son sostenibles, esto quedo claro posterior a la charla dada por la ponente Mónica Montoya representante de la empresa especializada en soluciones integrales para el manejo de agua lluvia; Aquatectura en el Seminario Internacional Sistemas Sostenibles de Drenajes Urbanos Stormwater. Contrariando las palabras al inicio de este párrafo yace la idea de que si una ciudad es permeable también puede llegar a ser sostenible, es decir, que si la ciudad tuviese un progreso o desarrollo similar a la forma de trabajar de la naturaleza que es permeable seria sostenible, pero “El actual modelo de desarrollo, basado casi exclusivamente en el consumo de recursos, se muestra claramente insostenible” (Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 2012).

La sociedad entera tiene claro que una ciudad sin desarrollo no satisface sus necesidades por lo tanto sería una ciudad pobre. En pocas palabras la ciudad debe ir en pos de un desarrollo sostenible que sea capaz de satisfacer las necesidades de la misma sin comprometer los recursos para generaciones futuras. Una ciudad que busca un desarrollo sostenible es una ciudad sostenible y por ende significa que es una ciudad que está en la capacidad de mantenerse por sí sola repotenciando la vida de sus habitantes favoreciendo el respeto por su entorno natural y contribuyendo así a la mejora de la calidad de vida de las personas integrando lo social, cultural y ambiental. (Atlantis, 2009).

Una ciudad sostenible debe ser claramente una ciudad verde, que promueva las energías renovables, que también sea sostenible en relación a la movilidad, que genere comercio que posea lugares para el ocio y la recreación de sus habitantes recuperando así la vida social, y preserve los espacios naturales que son la base del drenaje de la ciudad (Atlantis, 2009), (Duran Cordoba ).

**2.3.4 Eco hidráulica.** Es un estudio compartido por la Ecología e Hidráulica de vínculos existentes en ecosistemas mayormente acuáticos y las respuestas netamente ecológicas a sus procesos físicos, para conservar y recuperar dichos ecosistemas. De igual forma incrementa el conocimiento de las relaciones entre la dinámica del agua, el hábitat de la cuenca hidrográfica (físico-químico) y la biodiversidad del ecosistema, y así gestionar los recursos hídricos de forma integral (Juan Manuel Díez Hernández, 2008).

La eco hidráulica y la eco hidrología son sub disciplinas de estudio derivadas de la Hidrobiología que se complementan una a otra manifestando vínculos y cambios dados entre acontecimientos del recurso hídrico y el estado de la biota. Ya que los caudales de los ríos

pertenecientes a determinada cuenca hidrográfica dependen de las precipitaciones generadas en la misma cuenca y sabiendo que cada precipitación es una magnitud que varía según el espacio (x) y el tiempo (y), debe entenderse que los procesos hidrológicos de la cuenca transforman dicha precipitación formando los caudales de las corrientes hídricas que son dependientes en función a su cantidad y calidad al drenaje de la misma cuenca hidrográfica, por lo tanto la complementariedad de eco hidráulica y eco hidrología se basa en la salud del ecosistema fluvial (Juan Manuel Díez Hernández, 2008).

**2.3.5 Eco hidrología.** Es el estudio científico compartido por la Ecología e Hidrología como disciplinas aplicadas cuyo objeto de ser es el estudio de interacciones entre el agua y los ecosistemas terrestres, así mismo entender tales interacciones a escala de cuenca hidrográfica con el fin depurativo del recurso hídrico y la mejora de la biodiversidad (UNESCO, 2007), llevando a cabo un ciclo regulativo, por lo que se considera que la Eco hidrología es una sub disciplina que “investiga los efectos de los procesos hidrológicos en la distribución, estructura y función de los ecosistemas, y sobre los efectos de los procesos bióticos sobre los elementos del ciclo del agua”. (Nuttle, William K., 2005)

**2.3.6 Transpiración.** Es la evaporación a través de las hojas. El proceso fisiológico de alimentación de las plantas se efectúa mediante el paso de ciertas cantidades de agua, portadoras de los alimentos, por el interior de ellas y ese tráfico solamente es posible gracias a la transpiración.

Es la pérdida de agua por las plantas, generalmente en forma de vapor, y contribuye a facilitar la absorción de agua y mantiene continua la columna hídrica, en caso de que se trate de salida de vapor por los estomas (Galvez, 2011).

Además de por los estomas la pérdida de vapor de agua puede ocurrir a través de las lenticelas, que están en el tallo; y la cutícula, pero la pérdida de vapor de agua es muy baja, porque la cutícula es impermeable, y debido a su complejidad, que puede variar, por lo tanto, cuanto menos compleja es más vapor de agua se puede perder. Por lo tanto, la pérdida masiva de vapor de agua es a través de las estomas.

## **2.4 Marco Contextual**

Universidad Francisco de Paula Santander

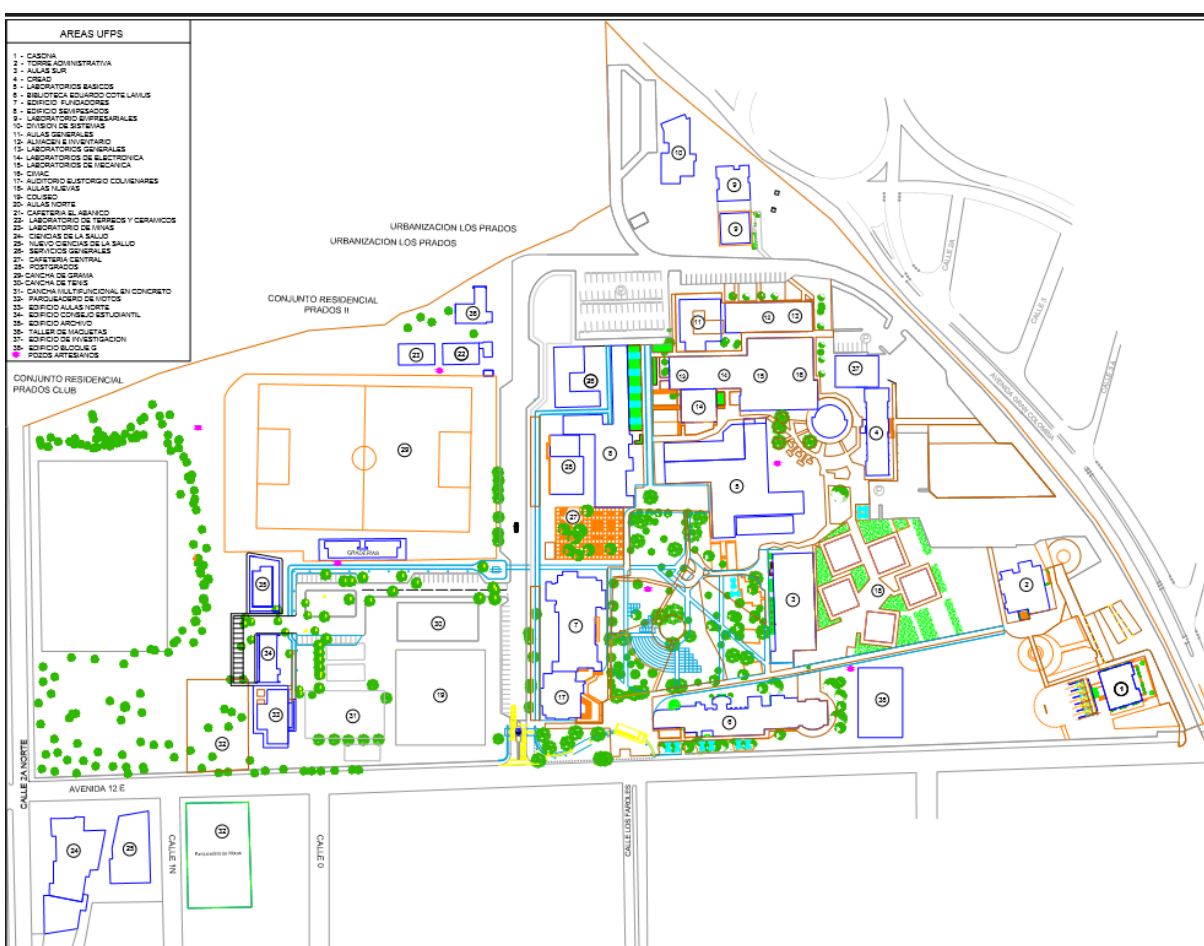
La planta física de la Universidad Francisco de Paula Santander destinada a docencia, investigación, extensión y bienestar estudiantil, ha ido creciendo de forma acelerada a lo largo de los años, contando para el segundo periodo académico del año 2016 con una superficie construida de 56.640,61 m<sup>2</sup> aproximadamente y 56.118 m<sup>2</sup> de área de zona verde.

Al respecto, en la década del 80 se inicia la consolidación de su desarrollo físico basándose en las áreas de la enseñanza, a saber, ingenierías, empresariales, socio-humanística y las referidas a las ciencias de la salud, pero debido entre otros aspectos, a la demanda matricular en segunda mitad de la década del 80 (masificación estudiantil), la planta física de la UFPS se conforma por dos en el área metropolitana y otras sedes en algunos municipios del Departamento (Chinácota y Ocaña), cuya sede principal es el Campus Universitario localizado en el Barrio Colsag.

La Universidad Francisco de Paula Santander cuenta con unas 37 edificaciones de diferentes tipos, en su mayoría de tipología moderna o contemporánea, otras sin tipología definida y de patrimonio arquitectónico (La casona y el Edificio Fundadores FU).

La ubicación y posición geográfica del Campus Universitario sede Colsag, cuyas coordenadas geográficas son:  $7^{\circ} 53' 53.59''$  de latitud Norte y  $72^{\circ} 29' 16.16''$  de longitud oeste y con una altura media de 301 metros sobre el nivel del mar.

El terreno donde se ubica, posee una pendiente aproximada del 6% en dirección descendente hacia el oriente (rio Pamplonita) y hacia el Norte. (Oficina de Planeación, Unidad de Planeación Física , 2011).



**Figura 4. Plano General Campus Universitario (Sede Colsag)**

Fuente. Oficina de Planeación UFPS

## 2.5. Marco Legal

Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2017).  
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Decreto 0330 del 08 de junio de 2017. Artículo 153.  
Sistemas urbanos de drenaje sostenible. Para nuevos desarrollos urbanos, donde se modifique la cobertura del suelo, se deben generar estrategias con el fin de mitigar el efecto de la impermeabilización de las áreas en el aumento de los caudales de escorrentía. Se requiere diseñar sistemas urbanos de drenaje sostenible, con el fin de reducir mínimo en un 25% el caudal pico del hidrograma de crecienta de diseño, a fin de evitar sobrecargas en de los sistemas pluviales y posteriores inundaciones, para ello, adicionalmente, se debe hacer un análisis de las condiciones de escorrentía antes y después del proyecto versus la capacidad de flujo de los cuerpos receptores ya sea el sistema de alcantarillado de drenaje o cuerpos naturales.

Cuando se utilicen estructuras de retención, se deben implementar sistemas de cribado y sedimentación prever la facilidad del mantenimiento manual o mecánico, y la accesibilidad y medios para transportar los desechos a los sitios finales de disposición, de acuerdo con su composición y la normatividad vigente

Los Objetivos de desarrollo sostenible – ODS. Objetivos Mundiales. Objetivo 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles. Objetivo 13, Acción por el Clima. Objetivo 15, Vida de Ecosistemas Terrestres.

Alcaldía mayor de Bogotá D.C (2000). Plan de ordenamiento territorial- POT. Alcaldía mayor de Bogotá D.C. decreto distrital 619 de 2000. Decreto distrital 1110 de 2000. Decreto Distrital 469 de 2003. Decreto distrital 190 de 2004 y decretos relacionados.



(Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010 ). Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Decreto 926 del 19 de marzo de 2010.

Consejo de Bogotá D.C. (1995). Código de construcción del distrito capital de Bogotá y estándar único de constricciones sostenible. Consejo de Bogotá D.C. acuerdo 20 de 1995, decreto distrital 74 de 2001. Decreto distrital 193 de 2006. Acuerdo 323 de 2008. Y decretos relacionados.

### **3. Diseño Metodológico**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, ya que se centra en los datos y no en interpretaciones, la recolección de datos se basa en la medición con instrumentos estandarizados y aceptados por la comunidad científica como lo son los pluviómetros que se emplean en las estaciones meteorológicas, los datos se representan mediante números y los mismos se analizan a través de métodos estadísticos, también se refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los problemas como lo son la frecuencia de las inundaciones presentes en el lugar y temperaturas del mismo.

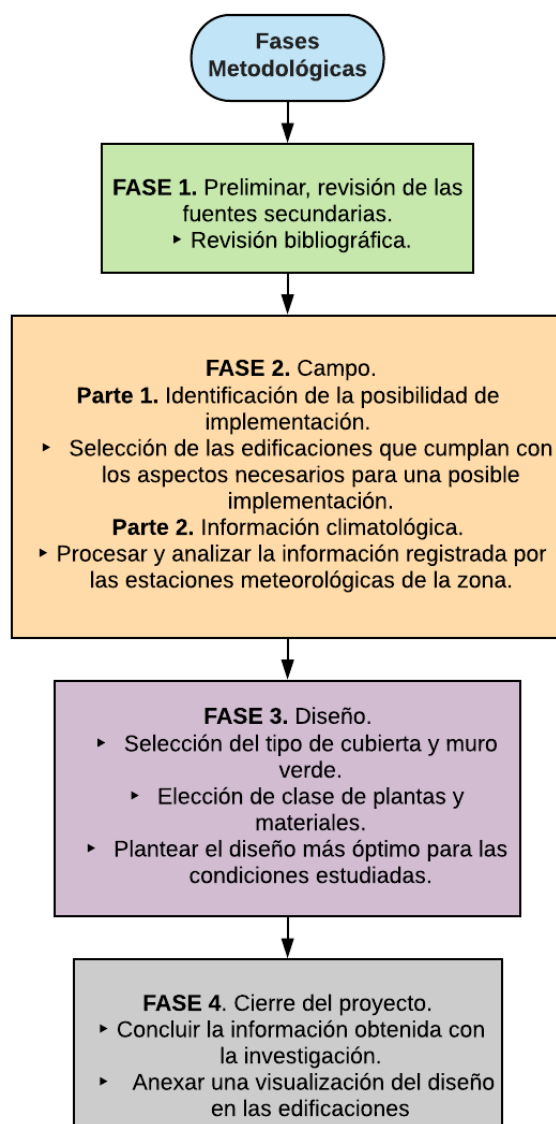
La investigación que se llevara a cabo es de tipo aplicada, ya que se pretende adaptar un diseño de techos y muros verdes a las condiciones climáticas y medioambientales de la región, teniendo como guía las teorías y recomendaciones de experiencias de proyectos similares de otras partes el mundo. Debido a esto la metodología que se llevara a cabo es la siguiente:

Primero se hará una amplia consulta en proyectos similares y en las conclusiones de las experiencias de expertos sobre el tema.

Luego se procederá a buscar la información necesaria para el diseño de los techos y muros verdes en la Universidad Francisco de Paula Santander, información como planos estructurales de las edificaciones “que nos ayudaran a determinar si son apropiadas para su posible implementación”, condiciones climáticas-medioambientales del lugar, y la posible vegetación que se pueda adaptar al diseño.

Una vez procesada toda la información obtenida se procederá hacer el diseño de los techos y muros verdes con un estimado del costo de una posible implementación.

El desarrollo metodológico del proyecto comprende cuatro fases que se aprecian a continuación en el siguiente diagrama.



**Figura 5. Fases de la Metodología**

## **3.2 Población y Muestra**

**3.2.1 Población.** Hernández, Fernández & Baptista (2010) define la población como el “agregado de casos que coincide con alguna de sus descripciones y suele estar conformada por personas, organizaciones, eventos o situaciones entre otros que constituyen el foco de la investigación”. Por lo tanto, para el presente proyecto la población será tomada de las edificaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander que actualmente no cuenta con los estudios y diseños para este tipo de sistemas de techos y muros verdes.

**3.2.2 Muestra.** Los autores Tamayo & Tamayo (1997), afirman que la muestra “es el grupo de individuos que se toma de la población para estudiar un fenómeno estadístico”; se utilizará un muestreo de tipo no probabilístico de tipo intencional, ya que las edificaciones deberán contar con los requerimientos necesarios para la implementación de los techos verdes y jardines verticales dentro de la sede colsag.

## **3.3 Instrumentos para la Recolección de la Información**

**3.3.1 Fuente primaria.** La información primaria se obtendrá a partir de la observación que se hará en campo, entrevistas que se llevará a cabo a personas con conocimiento en las estructuras de la Universidad Francisco de Paula Santander, y personas con experiencia en botánica.

**3.3.2 Fuente secundaria.** La información secundaria consiste en aquella suministrada por: Estaciones meteorológicas, oficina de planeación, bibliografías especializadas, normas, guías técnicas, y recomendaciones de proyectos similar.

### 3.4 Fases y Actividades Desarrolladas

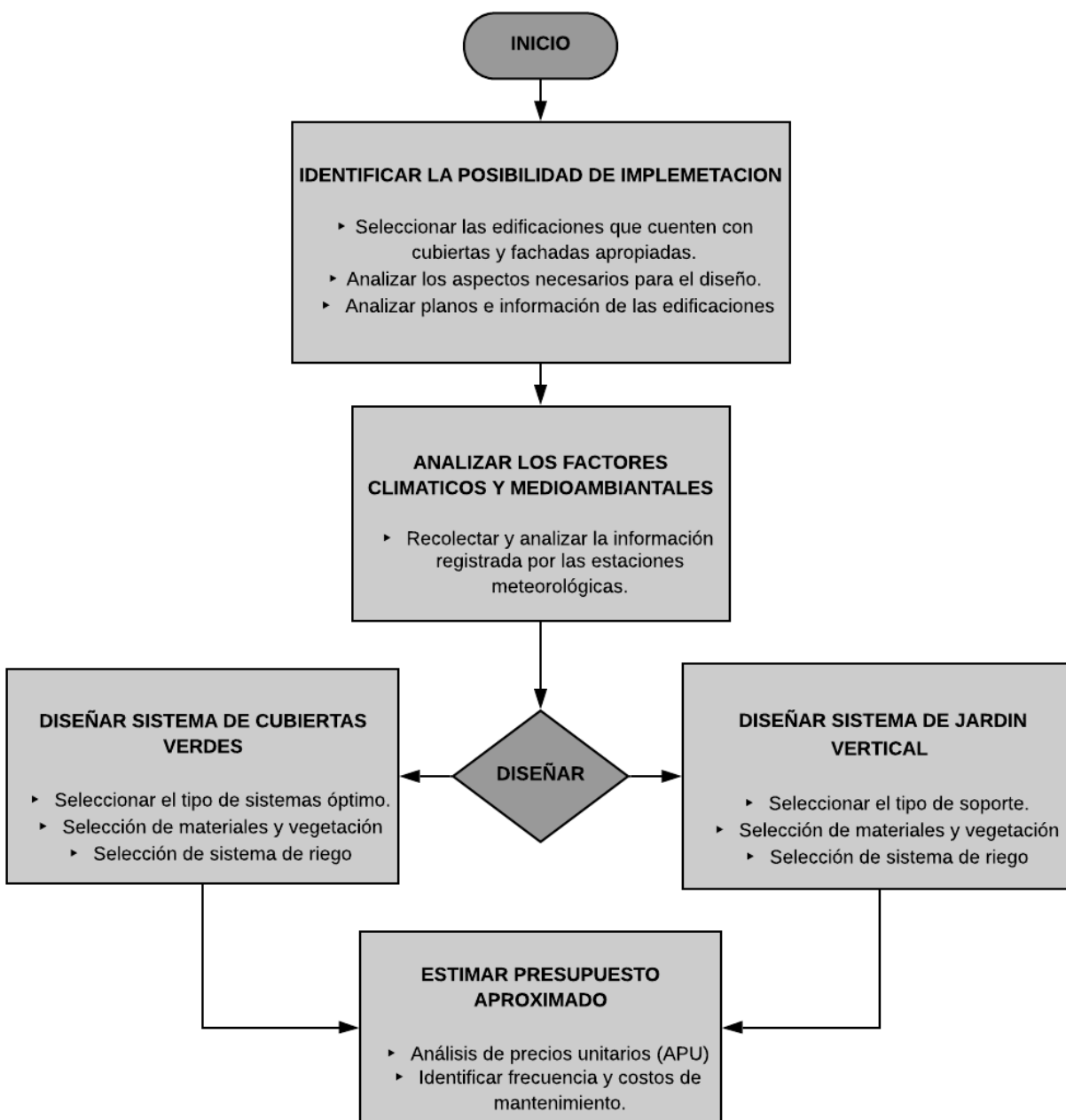


Figura 6. Fases y Actividades del Proyecto

**3.4.1 Posibilidad de implementación.** Para el desarrollo de este proyecto, se llevó a cabo un primer análisis visual y descriptivo de todas las edificaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander sede Colsag, para posteriormente, realizar un segundo análisis estructural de las edificaciones seleccionadas con base en los resultados del análisis anterior.

Para el análisis visual, se procedió con las visitas a los diferentes inmuebles, en donde se tomaron muestras fotográficas, tanto de las fachadas como de las cubiertas, esta última por medio de fotografías aéreas. Cabe mencionar que las fotografías aéreas fueron tomadas con el DRON del laboratorio de topografía de la universidad.

Seguidamente, se realizó un análisis descriptivo para cada una de las edificaciones por medio de fichas técnicas, 34 en total, que lleva como nombre: Ficha técnica para evaluar la posibilidad de implementación del diseño de Techos Verdes y Jardines Verticales en las edificaciones (ver anexo 1). Allí, se puede visualizar el nombre, el registro fotográfico y el plano ubicación, como también la descripción de las características constructivas del inmueble. Igualmente, se puede apreciar una serie de requisitos de diseño que fueron vitales en la selección de las edificaciones para la posibilidad de implementación de estos sistemas. Por último, se puede ver unas fotografías en donde se resalta en color verde las áreas aptas y en color rojo las áreas no aptas para la posibilidad de implementación. Una vez concluido este análisis descriptivo, se pudo determinar que, de las 34 edificaciones, solo 26 inmuebles cumplen con los requerimientos mínimos de diseño de Techo Verde y que, para el diseño del Jardín Vertical, todas cumplen con los respectivos requisitos.

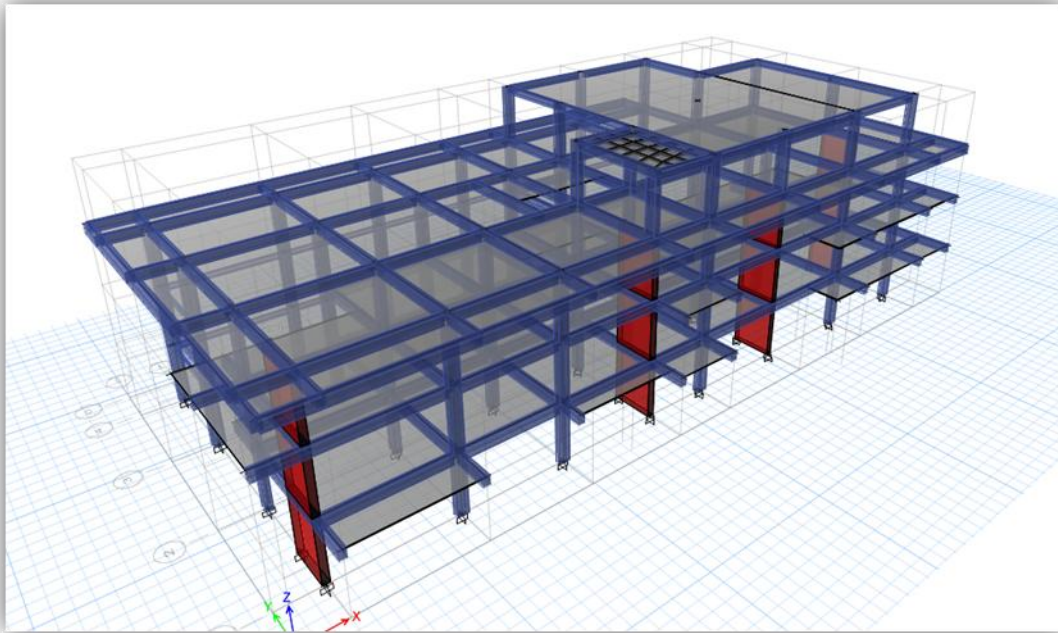
Posteriormente, con estos datos se procedió a la búsqueda de planos estructurales y arquitectónicos de algunas edificaciones seleccionadas para la posibilidad de implementación.

Para la recolección de esta información se solicitó ante la oficina de planeación de la Universidad Francisco de Paula Santander, mediante dos cartas (ver anexo 2), los planos requeridos para el análisis estructural y diseño de estos sistemas, en la cual notificaron que, sólo podían entregarnos información de dos edificaciones de las solicitadas, estas edificaciones fueron: Edificio Bienestar Universitario, que actualmente se encuentra terminando su construcción, y Edificio Ingeniería Civil, que hace poco se inició su construcción, ya que la oficina de planeación no dispone de toda la información, debido a que algunas edificaciones cuentan con varios años de haberse construido y los planos con los que disponen se encuentran en la bodega y sólo son entregados a proyectos que llevará a cabo la universidad.

#### **Análisis estructural:**

La verificación de la estructura es uno de los puntos esenciales de este proyecto, ya que de esto depende la factibilidad de la implementación de los techos verdes, por lo tanto se llevó a cabo el análisis estructural siguiendo la norma sismo resistente NSR-10, donde se realizó el modelo estructural de las dos edificaciones (Edificio Bienestar y Edificio Civil), con la ayuda del programa ETABS (Extend Tridimensional Analysis of Building System), siguiendo las condiciones del diseño y bajo la inclusión de cargas de las distintas alternativas de techos verdes, verificando los desplazamientos, corroborando tanto la deriva, periodo fundamental de la estructura y áreas de aceros en los elementos estructurales de la cubierta.

### Modelo Estructural Edificio Bienestar :



**Figura 7. Modelo Estructural del Edificio Bienestar en ETABS**

En la realización del modelo estructural, se emplearon todas las secciones exactamente con las mismas dimensiones y direcciones de los elementos estructurales planteados en los planos, la edificación presenta una geometría irregular y fue diseñada con un sistema estructural aporticado en concreto armado, donde existen también refuerzos con vigas de acero tipo IPE300, la estructura cuenta con cuatro niveles y una altura total de 13.9 metros, entrepisos con losas nervadas en una y dos direcciones, en el anexo 3 se muestran los planos en planta de la estructura, el ultimo entrepiso también hace la función de cubierta, ya que solo el 78% de su área total está construida y el otro 22% trabaja como cubierta, y es en esta área donde se ve la posibilidad de implementar el diseño de techo verde.



**Materiales:**

Los materiales que se utilizaron fueron los mismo del diseño original, estos son:

Hormigón:

Resistencia a la compresión  $f'c = 28$  Mpa.

Módulo de elasticidad  $Ec = 4700\sqrt{f'c}$

Peso específico del hormigón  $\gamma = 2400$  Kg/cm<sup>3</sup>

Acero:

Módulo de elasticidad del acero  $Es = 20000$  Mpa

Límite de fluencia  $f'y = 420$  Mpa

A continuación, en la tabla 1 se presentan las secciones de los principales elementos estructurales del edificio bienestar.

**Tabla 1. Sección de Elementos Estructurales Edificio Bienestar**

<b>Elementos Estructurales</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Sección (m)</b>
Columna	C1	0,4x2,50
	C2	0,40x0,75
Viga	V1	0,40x0,60
	V2	0,40x0,40
	V3	0,40x0,50
	V4	IPE300

**Parámetros sísmicos:**

Zona de Amenaza sísmica: Alta

Disipación Especial de energía (DES)

Coefficiente de importancia (I): 1.25

Coefficiente de Aceleración (Aa): 0.35

Coefficiente de Velocidad (Av): 0.3

Grupo de uso Edificación: III

Coefficiente de Amplificación de Sitio (Fa): 1.05

Coefficiente de Amplificación de Sitio (Fv): 1.5

Tipo de Perfil del Suelo: C

Sistema estructural de resistencia sísmica: 1

**Análisis de carga:**

Para el análisis de las cargas se tuvo en cuenta las recomendaciones de la NSR-10 Título B, adicionando a estas las cargas que genera los distintos tipos de techos verdes, para el caso de las cargas muertas estas no incluyen el peso propio de las vigas, placas y columnas que también se consideraron en el modelo.

**Tabla 2. Análisis de Carga**

<b>Carga muerta entrepisos</b>		
Tablero de yeso (1cm)	0,1	KN/m <sup>2</sup>
Mortero de nivelación y pisos	1,2	KN/m <sup>2</sup>
Tuberías e instalaciones	0,2	KN/m <sup>2</sup>
Fachada y particiones uso educativo	2	KN/m <sup>2</sup>
	$\Sigma$ 3,5	KN/m <sup>2</sup>
<b>Carga muerta cubierta (Techo verde Extensivo)</b>		
Cielo Raso	0,1	KN/m <sup>2</sup>
Mortero de nivelación	1,1	KN/m <sup>2</sup>
Tuberías e instalaciones	0,2	KN/m <sup>2</sup>
Techo verde Extensivo	1,4	KN/m <sup>2</sup>
	$\Sigma$ 2,8	KN/m <sup>2</sup>
<b>Carga muerta cubierta (Techo verde Semi-Intensivo)</b>		
Cielo Raso	0,1	KN/m <sup>2</sup>
Mortero de nivelación	1,1	KN/m <sup>2</sup>
Tuberías e instalaciones	0,2	KN/m <sup>2</sup>
Techo verde Semi-Intensivo	2,5	KN/m <sup>2</sup>
	$\Sigma$ 3,9	KN/m <sup>2</sup>
<b>Carga muerta cubierta (Techo verde Intensivo)</b>		
Cielo Raso	0,1	KN/m <sup>2</sup>
Mortero de nivelación	1,1	KN/m <sup>2</sup>
Tuberías e instalaciones	0,2	KN/m <sup>2</sup>
Techo verde Intensivo	4	KN/m <sup>2</sup>
	$\Sigma$ 5,4	KN/m <sup>2</sup>
<b>Carga Vivas</b>		
Salones	2,0	KN/m <sup>2</sup>
Corredores escaleras y balcones	5,0	KN/m <sup>2</sup>

**Procedimiento adoptado para la modelación en ETABS:**

A continuación, se presenta una breve descripción del procedimiento y parámetros utilizados en la modelación del edificio.

1. Se inició el modelo creando la grilla con las respectivas distancias entre ejes y alturas de pisos descritas en los planos, (ver anexo 4).

2. Se definieron el material y secciones de losas, vigas y columnas de la edificación, (ver anexo 5), con respecto a la modelación de la losa se optó por no modelar los nervios, y solo se modelo la losa tipo membrana con su respectiva dirección y espesor de 5cm, y posteriormente la carga que generan los nervios fue distribuida uniformemente sobre la losa.

3. Luego se procedió a dibujar todos los elementos sobre la grilla establecida, y se consideró en la base las columnas como empotradas, (ver anexo 6).

4. Se crearon patrones de carga, de tipo permanente DEAD en donde considera el peso propio de los elementos modelados y de tipo variable LIVE, y se procedió a cargar las losas con sus respectivos valores de cargas uniformemente distribuidas por metro cuadrado determinadas en el análisis de carga, (ver anexo 7), cabe mencionar que se adiciono a la cargar muerta la carga que generan los nervios de la losa aligerada, que tiene un valor de 1,3 KN/m<sup>2</sup> para su sección de 0,12 x 0,45m.

5. Se consideraron todos los entrepisos como diafragmas rígidos, (ver anexo 8).

6. Se continuó con la asignación de la masa de la estructura, (ver anexo 9), en donde se modificó para que toda la masa fuera considerada con el patrón de carga DEAD.

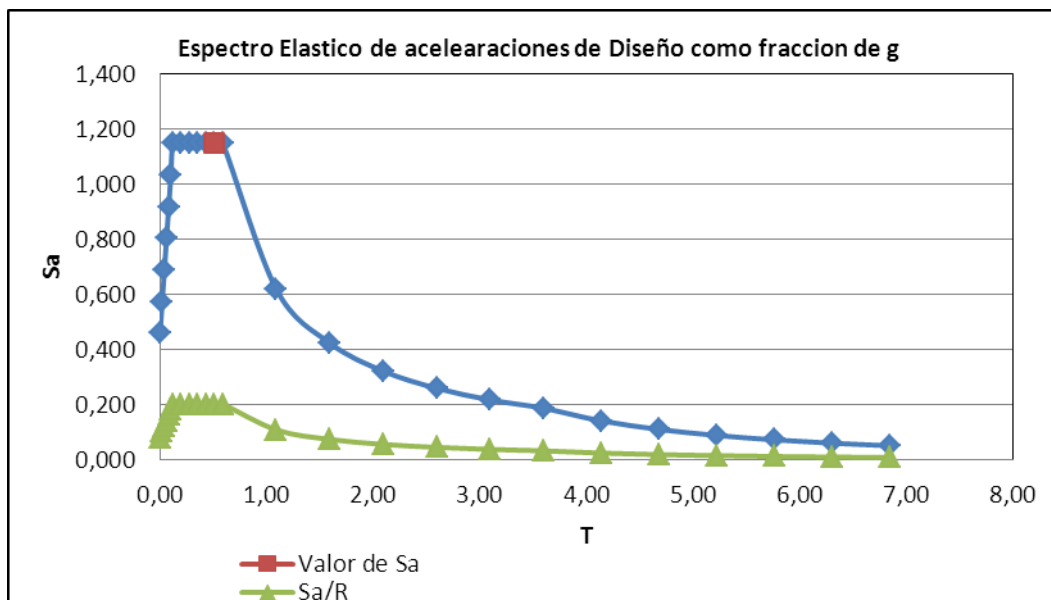
7. Se chequeo que el modelo no presentara errores y se puso analizar preliminarmente para determinar el peso de toda la estructura, (ver anexo 10), dándonos un valor de 20813,65 KN y así posteriormente calcular el cortante de base estático ( $V_s = S_a * W$ ).

8. Para el cálculo del cortante de base estático, se realizó el espectro elástico de aceleración, y con un periodo aproximado calculado de  $T_a = 0,50$ seg se tiene en la gráfica un valor de  $S_a$  de 1,1484, por lo tanto, el cortante de base estático ( $V_s = 20813,65 * 1,1484$ ) es igual a 23902,40 KN,

en la tabla 3 se registran los datos utilizados para la realización del espectro.

**Tabla 3. Datos del Espectro Elástico de Aceleración de Diseño del Edificio Bienestar**

<b>Datos</b>		<b>Unidad</b>	<b>Página</b>
Ubicación de la Estructura-CIUDAD	Cúcuta		
Departamento	Norte de Santander		
Altura del edificio	13,90	[m]	Título A
Número de Pisos	4,00		
Tipo de Perfil del Suelo:	C		Tabla A.2.4-3
Grupo de Uso Edificación:	III		A.2.5.1
Sistema estructural de resistencia sísmica	1		Tabla A.4.2-1
Zona de Amenaza Sísmica:	Alta		APÉNDICE A-4
Coefficiente de Aceleración (Aa):	0,35		APÉNDICE A-4
Coefficiente de Velocidad (Av):	0,30		APÉNDICE A-4
Coefficiente de Amplificación de Sitio (Fa):	1,05		Tabla A.2.4-3
Coefficiente de Amplificación de Sitio (Fv):	1,50		Tabla A.2.4-4
Coefficiente de Importancia (I):	1,25		A.2.5.1
Espectro de Diseño (Sa):	Grafico		Título A
Período de Vibración Inicial (To):	0,12	[s]	Título A
Período de Vibración Corto (Tc):	0,59	[s]	Título A
Período de Vibración Largo (TL):	3,60	[s]	Título A
Coefficiente (C <sub>t</sub> ):	0,047		Tabla A.4.2-1
Exponente (α):	0,9		Tabla A.4.2-1
Período de Vibración Aproximado (Ta = C <sub>t</sub> h <sup>α</sup> ):	0,50	[s]	Form. A.4.2-3
Coefficiente (Cu):	1,21		Form. A.4.2-2
Tmax= Cu*Ta	0,61	[s]	Form. A.4.2-2
k	1,00		A.4.3.2
Capacidad de Disipación de Energía:	Especial		



**Figura 8. Espectro Elástico de Aceleración de Diseño del Edificio Bienestar**

9. Teniendo en cuenta el numeral A.5.4.5 de la NSR-10, en el cual nos indica que el cortante de base dinámico no puede ser menor al 80% para estructuras regulares, o el 90% para estructuras irregulares, del cortante de base estático. Se procedió a verificar la irregularidad en planta y altura de la estructura.

#### **Irregularidad en planta:**

En la figura A.3-1- Irregularidad en planta de la NSR-10, (ver anexo 11), se tiene que la edificación no presenta ninguna irregularidad en planta.

#### **Irregularidad en altura:**

En la figura A.3-2 Irregularidad en altura de la NSR-10, (ver anexo 12), se tiene que la edificación presenta irregularidad en la altura de tipo 3A geométrica, donde  $a = 40,43$  y  $b = 21,83$  por lo que  $40,43 > 28,37$ .

Aprovechando el chequeo por irregularidad, se revisó si la estructura presenta una ausencia de redundancia según lo establecido en el numeral A.3.3.8 de la NSR-10, para determinar el factor de reducción de fuerza sísmica  $R$ , en lo cual se comprobó que la estructura no presenta una ausencia de redundancia, y luego de examinar la tabla A.3-3 de la NSR-10, (ver anexo 13), se tiene un valor de  $R_0 = 7$  dado por la capacidad de la estructura de disipar energía, en tabla 4 se resumen todos los datos obtenidos para el cálculo del valor de reducción de fuerza sísmica  $R$ , siendo igual a 6,3.

**Tabla 4. Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica  $R$**

<b>Datos</b>		<b>Página</b>
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía Básico ( $R_0$ ):	7,0	A.3.3.3-Tabla A.3-1 a Tabla A.3-4
Coeficiente de Reducción ( $\phi_a$ ):	1,0	tabla A.3-7,
Coeficiente de Reducción ( $\phi_p$ ):	0,9	tabla A.3-6,
Coeficiente de Reducción ( $\phi_r$ ):	1,0	A.3.3.8
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía de Diseño ( $R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$ ):	6,30	form. A.3.3-1

10. Una vez determinado que la estructura es irregular, se siguió con el cálculo del cortante de base dinámico, que con la ayuda del programa ETABS, se creó el espectro elástico de aceleración de diseño y dos casos de carga de tipo espectro en la dirección X y Y, (ver anexo 14).

11. Seguidamente se analizó el modelo y se verificó que el programa estuviera considerando el 100% de la masa en los modos de vibración, y así comprobar las fuerzas horizontales por los casos de carga de tipo espectro creados anteriormente, que representan el cortante de base dinámico por medio del programa ETABS, en el que nos da unos valores de 19600,12 en el sentido X y 17338,50 en el sentido Y, (ver anexo 15). Como la estructura es irregular, estos valores de cortante de base dinámico no deben ser menor a 21512,16 KN que es 90% del cortante

de base estático, por lo cual no cumple esta condición.

$$0,9 * \frac{V_s}{V_{tj}} = V_{tj} = V_s * 0,9$$

$$V_{tj} = 23902,40 * 0,9 = 21512,16 \text{ KN}$$

$$V_{tj} \geq V_s$$

$$19600,12 < 21512,16 \text{ NO CUMPLE}$$

$$17338,50 < 21512,16 \text{ NO CUMPLE}$$

12. Ya que el cortante de base dinámico calculado es menor al 90% del cortante de base estático, se calculó un factor de ajuste de gravedad para los casos de carga tipo espectro en el programa ETBAS, de 10,77 en el sentido X y de 12,17 en el sentido Y, analizando así nuevamente el modelo y obteniendo unos nuevos cortantes de base dinámicos de 19270,52 en el sentido X y 19283,61 en el sentido Y, (ver anexo 16).

$$21525,41 > 21512,16 \text{ CUMPLE}$$

$$21516,88 > 21512,16 \text{ CUMPLE}$$

13. Una vez ajustado el cortante de base dinámico se continuo con el chequeo del periodo fundamental de la estructura calculado en ETABS, en el cual tiene un valor de 0,474 s, (ver anexo 17), y teniendo en cuenta el numeral A.5.4.5 de la NSR-10, el cual establece que el periodo fundamental de la estructura obtenido en el análisis dinámico, T en segundos no debe exceder  $C_u * T_a$  calculado de acuerdo con los requisitos del capítulo A.4, por lo que se puede comprobar



que cumple con esta condición, ya que el periodo máximo ( $T_{max} = C_u \cdot T_a$ ), es igual a 0,61 s.

**0,474 < 0,61 CUMPLE**

14. Chequeo de las derivas, en la cual la norma nos permite una deriva máxima del 1% de la altura de piso, por lo que se pudo determinar que la edificación cumple por derivas, ya que está presentando una deriva máxima de 0,997%, (ver anexo 18).

15. Una vez verificadas las derivas, se pasó a definir las combinaciones de carga, que fueron determinadas a partir de las recomendaciones de la NSR-10, para posteriormente determinar las áreas de acero de los elementos estructurales de la cubierta, las fuerzas sísmicas reducidas de diseño E, fueron las definidas anteriormente de tipo espectro usadas para el cálculo de las derivas, pero reducidas por el factor R calculado antes de 6,3, en la tabla 6 podemos ver el factor de escala que se usó para las fuerzas sísmicas en las combinaciones de carga.

**Tabla 5. Combinaciones de Carga Según Recomendaciones de la NSR-10**

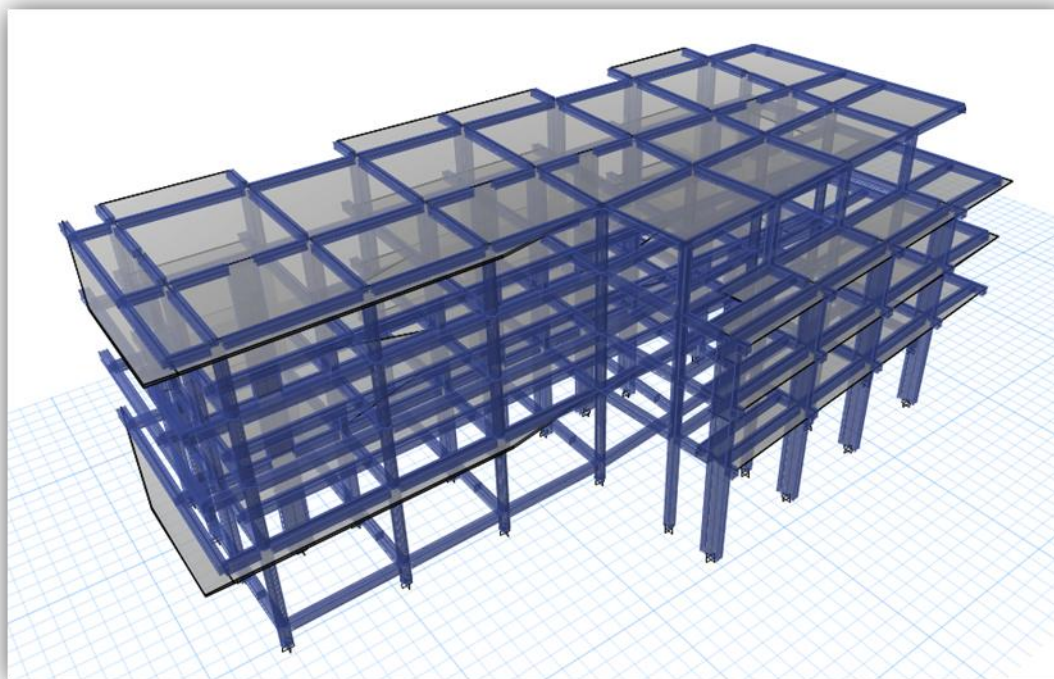
<b>Combinaciones de Carga</b>	
Comb1	1,4 D
Comb2	1,2 D + 1,6 L
Comb3	1,2 D + 1,0 L + 1,0 Ex + 0,3 Ey
Comb4	1,2 D + 1,0 L - 1,0 Ex - 0,3 Ey
Comb5	1,2 D + 1,0 L + 1,0 Ey + 0,3 Ex
Comb6	1,2 D + 1,0 L - 1,0 Ey - 0,3 Ex
Comb7	0,9 D + 1,0 Ex + 0,3 Ey
Comb8	0,9 D - 1,0 Ex - 0,3 Ey
Comb9	0,9 D + 1,0 Ey + 0,3 Ex
Comb10	0,9 D - 1,0 Ey - 0,3 Ex

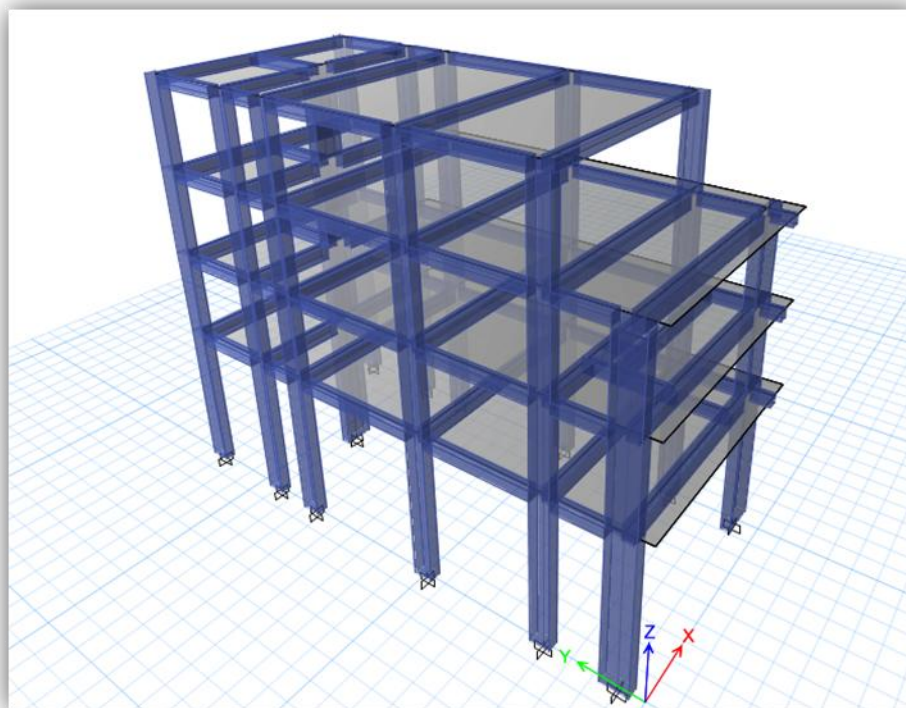
**Tabla 6. Factor de Escala para Fuerzas Sísmicas de Diseño**

Factor de Escala Ex Comb		Factor de Escala Ey Comb	
ADMEX/R	0,159	ADMEY/R	0,159
30% ADMEX/R	0,048	30% ADMEY/R	0,048

16. Finalmente, después de terminar y verificar el modelo de ETABS, se pasó a cargar la cubierta del modelo con las diferentes alternativas de techos verdes, para así poder comparar y chequear los valores de: derivas, periodo fundamental y áreas de aceros, para cada uno de los diferentes tipos de techos verdes, y así determinar la factibilidad de implementación del diseño de techo verde, los resultados obtenidos se encuentran en el siguiente capítulo.

#### **Modelo Estructural Edificio Civil:**

**Figura 9. Modelo Estructural del Edificio Civil (1ra Estructura) en ETABS**



**Figura 10. Modelo Estructural del Edificio Civil (2da Estructura) en ETABS**

La edificación se compone de dos estructuras (1ra Estructura y 2da Estructura) unidas entre sí, donde la 1ra Estructura apoya sobre la 2da Estructura través de una ménsula de concreto que solo permite la transmisión de esfuerzos verticales, por lo que se modelaron las dos estructuras por separado, siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones que el modelo anterior de bienestar, por lo que se usaron las mismas cargas vivas y muertas, parámetros sísmicos, materiales y de la misma forma se emplearon todas las secciones exactamente con las dimensiones y direcciones de los elementos estructurales planteados en los planos, la edificación fue diseñada con un sistema estructural aporticado en concreto armado, cuenta con cuatro niveles y una altura total de 18,50 metros, entrepisos y cubierta con losas nervadas en una dirección, (ver anexo 19), la 1ra Estructura presenta una geometría irregular de tipo 5P sistemas no paralelos según la figura A.3-1 de la NSR-10 y la 2da Estructura presenta una geometría regular. A

continuación, se muestran los datos usados para la modelación de las estructuras del edificio civil.

**Tabla 7. Elementos Estructurales del Edificio Civil 1ra Estructura**

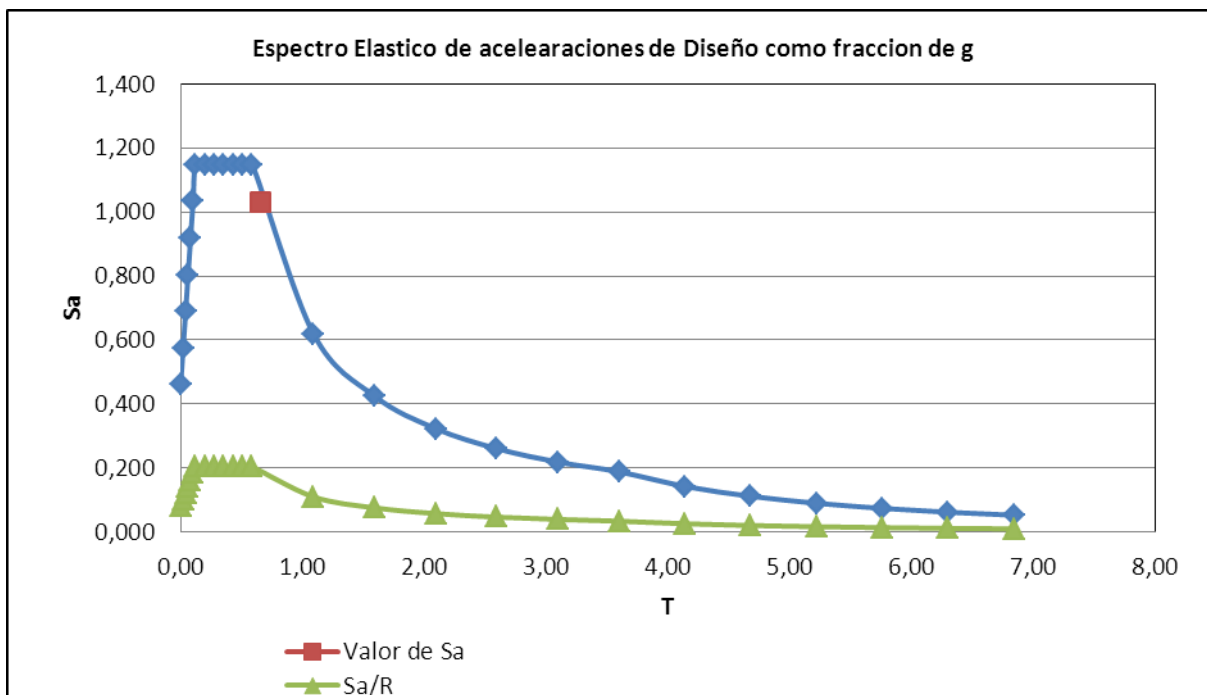
<b>Elementos Estructurales</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Sección (m)</b>
Columna	C1	0,45x1,20
Columna	C2	0,45x0,60
Columna	C3 - Circular	Diámetro 0,60
Columna	C4	0,45x1,35
Columna	C5	0,50x1,20
Viga	V1	0,45x0,50
Viga	V2	0,40x0,40
Viga	V3	0,35x0,45
Viga	V4	0,30x0,40

**Tabla 8. Elementos Estructurales del Edificio Civil 2da Estructura**

<b>Elementos Estructurales</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Sección (m)</b>
Columna	C1	0,50x1,20
Columna	C2	0,45x0,85
Columna	C3	0,50x0,85
Columna	C4	0,45x1,35
Columna	C5	0,45x1,60
Viga	V1	0,45x0,65
Viga	V2	0,40x 0,45
Viga	V3	0,35x0,45
Viga	V4	0,45x0,45

**Tabla 9. Datos del Espectro Elástico de Aceleración de Diseño del Edificio Civil**

<b>Datos</b>		<b>Unidad</b>	<b>Página</b>
Ubicación de la Estructura-CIUDAD	Cúcuta		
Departamento	Norte de Santander		
Altura del edificio	18,65	[m]	Título A
Número de Pisos	4,00		
Tipo de Perfil del Suelo:	C		Tabla A.2.4-3
Grupo de Uso Edificación:	III		A.2.5.1
Sistema estructural de resistencia sísmica	1		Tabla A.4.2-1
Zona de Amenaza Sísmica:	Alta		APÉNDICE A-4
Coefficiente de Aceleración (Aa):	0,35		APÉNDICE A-4
Coefficiente de Velocidad (Av):	0,30		APÉNDICE A-4
Coefficiente de Amplificación de Sitio (Fa):	1,05		Tabla A.2.4-3
Coefficiente de Amplificación de Sitio (Fv):	1,50		Tabla A.2.4-4
Coefficiente de Importancia (I):	1,25		A.2.5.1
Espectro de Diseño (Sa):	1,0317		Título A
Período de Vibración Inicial (To):	0,12	[s]	Título A
Período de Vibración Corto (Tc):	0,59	[s]	Título A
Período de Vibración Largo (TL):	3,60	[s]	Título A
Coefficiente (Ci):	0,047		Tabla A.4.2-1
Exponente ( $\alpha$ ):	0,9		Tabla A.4.2-1
Período de Vibración Aproximado ( $T_a = C_i h^\alpha$ ):	0,65	[s]	Form. A.4.2-3
Coefficiente (Cu):	1,21		Form. A.4.2-2
Tmax= Cu*Ta	0,79	[s]	Form. A.4.2-2
k	1,08		A.4.3.2
Capacidad de Disipación de Energía:	Especial		



**Figura 11. Espectro Elástico de Aceleración de Diseño Edificio Civil**

**Tabla 10. Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica (R) del Edificio Civil 1ra Estructura**

Datos		Página
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía Básico ( $R_0$ ):	7,0	A.3.3.3-Tabla A.3-1 a Tabla A.3-4
Coeficiente de Reducción ( $\phi_a$ ):	1,0	tabla A.3-7,
Coeficiente de Reducción ( $\phi_p$ ):	0,9	tabla A.3-6,
Coeficiente de Reducción ( $\phi_r$ ):	1,0	A.3.3.8
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía de Diseño ( $R = \phi_a\phi_p\phi_rR_0$ ):	6,30	form. A.3.3-1

**Tabla 11. Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica (R) del Edificio Civil 2da Estructura**

<b>Datos</b>		<b>Página</b>
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía Básico ( $R_0$ ):	7,0	A.3.3.3-Tabla A.3-1 a Tabla A.3-4
Coeficiente de Reducción ( $\phi_a$ ):	1,0	tabla A.3-7,
Coeficiente de Reducción ( $\phi_p$ ):	1,0	tabla A.3-6,
Coeficiente de Reducción ( $\phi_r$ ):	1,0	A.3.3.8
Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía de Diseño ( $R = \phi_a\phi_p\phi_rR_0$ ):	7,00	form. A.3.3-1

El procedimiento de modelación que se siguió fue el mismo que se usó anteriormente en el modelo de bienestar, y de la misma forma una vez terminados y verificados los modelos de las estructuras en ETABS (ver anexos 20, 21) se pasó a cargar las cubiertas con las diferentes alternativas de techos verdes, concluyendo con la verificación y comparación de derivas, periodos y áreas de acero para los diferentes tipos de techos verdes, y así determinar su factibilidad de implementación.

### **3.4.2 Análisis de factores climáticos y medioambientales que afectan a la Universidad**

**Francisco de Paula Santander.** Para la guía de techos verdes de Bogotá, la mayoría de cubiertas están expuestas a condiciones ambientales inestables: vientos variables, exposición directa a la radiación solar, lluvia variable, contaminación, fluctuaciones de temperatura, presión, y humedad relativa. Asimismo, la vitalidad de los sistemas de techos verdes y jardines verticales depende de:

Una apropiada elección de especies vegetales que puedan adaptarse a las condiciones ambientales a las que se puede enfrentar.

La interacción con cada componente del sistema y el medio de crecimiento.

Riego y cuidado humano.

La información ambiental del sitio de instalación garantizará un ahorro en la economía y eficiencia en el uso racional del material, implementación y mantenimiento de estos sistemas. Igualmente, lo que se busca es el aprovechamiento de las condiciones climáticas y su compatibilidad con estas mismas.

### **Metodología:**

El procedimiento empleado para este objetivo consta en la búsqueda, recolección y análisis de las diferentes variables climáticas y medioambientales de la zona.

La información recolectada fue tomada de la estación meteorología de la Universidad Francisco de Paula Santander, ubicada en la cede Colsag. Los datos fueron tomados a partir del 1 de septiembre de 2018 hasta el 31 de agosto del 2019 para un total de un año, con frecuencia horaria. Dichos datos son suficientes para ser tenidos en cuenta para el desarrollo de este proyecto.

Para el análisis de los datos solo se utilizó el programa de Microsoft Excel, con el que se realizaron las respectivas descripciones y gráficas donde se presentan en forma de resumen estadístico, los valores climatológicos y medioambientales, estos resultados se encuentran en el siguiente capítulo.

**3.4.3 Diseño de techo verde.** Para la guía de Techos Verdes de Bogotá (2011), la etapa de diseño incide drásticamente en el desempeño económico del Techo Verde durante todo su ciclo de vida útil. Además de reducir los costos directos de instalación, un análisis integral de diseño permite evitar costos innecesarios a mediano y largo plazo mediante un funcionamiento eficiente. Para cumplir este propósito se debe elegir correctamente el tipo de techo verde considerando:



Integración funcional de componentes y materiales.

Estrategias de adaptación a las condiciones técnicas particulares del inmueble a intervenir.

Aprovechamiento de condiciones macro y micro ambientales.

Exclusión de componentes innecesarios.

Reducción de costos mediante empleo de recursos locales, reciclados, recuperados o readaptados.

Reducción de riego activo y mantenimiento.

Reducción del peso del sistema para minimizar o evitar reforzamiento estructural adicional del inmueble.

Cuantificación y certificación de beneficios ambientales que puedan concluir a incentivos públicos en el futuro.

### **Selección del tipo de Techo Verde:**

Para la selección del sistema de Techo Verde se realizó un cuadro comparativo en donde se evalúan las principales características entre las tres tipologías más usadas a nivel mundial, haciendo énfasis en las condiciones estructurales de las edificaciones, inversión y propósito del sistema.

**Tabla 12. Criterios de comparación de Techos Verdes**

<b>Criterios de comparación de Techos Verdes</b>				
Variables	Tipos de Techos Verdes			
	Extensivo	Semi - intensivo	Intensivo	
Condiciones estructurales de las edificaciones	Carga (Condición saturada)	60 - 140 kg/m <sup>2</sup>	120 - 250 kg/m <sup>2</sup>	> 250 kg/m <sup>2</sup>
	Espesor del sustrato	5 - 15 cm	12 - 30 cm	> 30 cm
	Pendiente de la cubierta	< 40 %	< 5 %	< 5 %
	Acceso a la cubierta	No requiere	Requiere	Requiere
	Apto para construcciones existentes	Recomendable	Poco recomendable	No recomendable
	Riego	Bajo o casi nulo	Medio	Alto
Inversión	Mantenimiento	Mínimo	Regular	Constante
	Costo	Bajo	Medio	Alto
Propósito del sistema	Superficie	No transitable	Parcialmente transitable	Transitable
	Diversidad vegetal	Poca	Mayor	Máxima
	Funcionalidad como SUDS	Baja	Media	Alta
	Uso	Ecológico y elemento de drenaje urbano	Ecológico, recreativo y elemento de drenaje urbano	Recreativo, elemento paisajístico y de drenaje urbano

Nota: Se resalta en otro color, el criterio más favorable para cada variable.

De las tipologías descritas en la tabla 12 y de acuerdo con los criterios comparados se opta por realizar un diseño de Techo Verde tipo Extensivo. Primeramente, por el peso que este genera al inmueble, y como resultado del análisis estructural, es el único que cumple con los parámetros estructurales sin generar afectaciones a las edificaciones. Además, son los sistemas más aptos para ser utilizados en construcciones existentes.




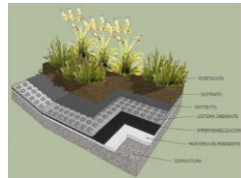

En cuanto a la inversión, el sistema tipo extensivo sigue siendo el más favorable ya que va a requerir de un riego muy bajo o casi nulo y al tener una menor cantidad de plantas y sustrato, su instalación y mantenimiento va ser menos costoso.

Ahora, en cuanto al propósito que aporta cada sistema, el más beneficioso es el tipo intensivo, ya que aporta una alta variedad de funciones en general. De igual forma, el sistema tipo extensivo cumple con los requerimientos y propósitos del proyecto a desarrollar.

### **Selección de la tecnología del sistema de Techo Verde:**

Actualmente existe un amplio espectro de tecnologías para los sistemas de Cubiertas Verdes a nivel mundial. A continuación, se identifican los tipos de tecnologías empleadas según lo define la guía de Techos Verdes de Bogotá (Secretaría Distrital del Medio Ambiente, 2011).

**Tabla 13. Tecnología empleada en los Sistemas de Techos Verdes**

Tipos de Sistemas de techos verdes de acuerdo a la tecnología empleada		
Tipo	Imagen	Descripción
Multicapa Monolítico		Consiste en apoyar directamente sobre el techo impermeabilizado varias capas de componentes especializados que tienen continuidad horizontal, lo cual da como resultado un sistema que actúa monolíticamente como una unidad sobre la totalidad del área del techo o sobre una determinada área.
Multicapa Elevados		En este caso las capas especializadas se apoyan sobre pedestales que elevan el sistema del techo impermeabilizado, creando un intersticio horizontal continuo en el intermedio.
Receptáculo		Son sistemas que consisten en apoyar sobre el techo impermeabilizado recipientes individuales que alojan el medio de crecimiento y la vegetación, y pueden lograr las funciones básicas del sistema de manera independiente y en conjunto.
Monocapa		Son tapetes presembrados que incorporan en una sola capa los diferentes componentes estables y activos, y se deben fijar al techo impermeabilizado.
Aeropónico		En ausencia de sustrato o medio sólido de crecimiento, se requiere de un mecanismo de soporte para la vegetación. En este caso, la nutrición se realiza por medio de irrigación directa en forma de líquido o vapor a las raíces expuestas de las plantas.

En la tabla anterior, fueron descritas varios tipos de Techos Verdes según la tecnología empleada. Seguidamente, cada tecnología presenta ventajas y desventajas.

El sistema tipo multicapa monolítico ofrece una mayor funcionalidad como sistema urbano de drenaje sostenible ya que cuenta con una lámina de drenaje especial capaz de captar agua lluvia, reduciendo el caudal pico. Igualmente, este sistema reduce la posibilidad de afectación por levantamiento producido por viento. Es importante mencionar que es el sistema más usado a nivel mundial.

El sistema multicapa elevado posee las mismas características del sistema anterior, a diferencia de que este tiene unos pedestales en donde se apoya las diferentes capas, que para efectos del proyecto no se considera relevante.

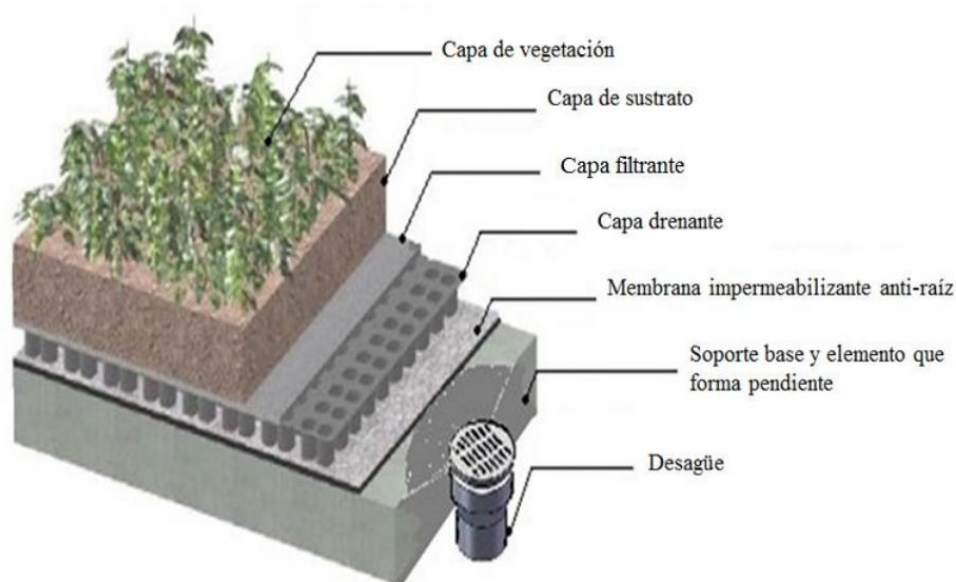
Los sistemas tipo receptáculo a pesar de tener una mayor facilidad de instalación y reparación tiene grandes desventajas frente al riesgo de levantamiento por viento, además de presentar deficiencia en la filtración de los finos por fuera de los contenedores junto con la posibilidad de estancamiento al no tener al menos una pendiente del 3% para el drenaje horizontal; esto podría producir crecimiento vegetal y por consiguiente el bloqueo del agua hacia el desagüe. Igualmente, la capa de impermeabilización va estar expuesta a la radiación solar y al punzonamiento, por ello esta debe ser resistente a estas condiciones. Otra desventaja es el alto costo del sistema.

El sistema monocapa al incorporar en una sola capa los diferentes componentes del sistema, dificulta su manteniendo. Asimismo, es el más recomendado para cubiertas con más de 10° de inclinación.

El sistema tipo aeropónico en ausencia de sustrato minimiza su funcionalidad como sistema urbano de drenaje sostenible, impidiendo el objetivo de retención de aguas lluvias. Además, este sistema necesita de un riego periódico de agua esencial para el cuidado de la cobertura vegetal.

Estos dos últimos sistemas a pesar de tener beneficios interesantes, cumplen funciones específicas, por lo tanto, se descartan para ser seleccionadas en este proyecto.

Para efectos de este proyecto se seleccionó el tipo de sistema de Techo Verde multicapa monolítico, ya que es uno de los más usados a nivel mundial, además de ser el más práctico de todos en su instalación y no genera dependencia en la importación de materiales.



**Figura 12. Componentes básicos de un sistema de Techo Verde multicapa monolítico**

Fuente: Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, 2018.

### **Componentes de los Techos Verdes:**

Para el diseño de una cubierta verde, es necesaria la disposición de diversas capas con características específicas que juntas permiten el establecimiento de una capa vegetal. A continuación, se describen los diferentes componentes del sistema independientemente de la tecnología empleada, algunos requisitos y sugerencias de acuerdo a la Guía de Techos Verdes de

Bogotá.

Componentes de un sistema de Techos Verdes:

Componentes estables.

Componentes activos.

Elementos auxiliares.

**Componentes estables:**

Son los componentes inertes del Techo Verde que deben mantener estabilidad química y física para cumplir funciones durante la vida útil del sistema. Los componentes estables son aquellos elementos fabricados que cumplen determinadas funciones en el sistema: Membrana de impermeabilización, barrera anti-raíces, barreras filtrantes, losetas, medios de drenaje, elementos de irrigación, etc.

**Membrana impermeabilizante:**

Su propósito es impedir la penetración de agua a la estructura de soporte del techo verde y garantizar que no existan filtraciones o deterioros causados por la humedad.

**Requisitos:**

Certificado de resistencia UV para sistemas de impermeabilización parcial o totalmente expuestos a la radiación solar directa.

Cuando del sistema de impermeabilización empleado no sea completamente sintético, será obligatorio colocar sobre este una capa de protección independiente hecha en su totalidad con

material sintético que proporcione bloqueo físico de las raíces, aun en los casos en los que estos sistemas tengan tratamiento químico para inhibición de raíz. El espesor mínimo de esta capa de protección mecánica es 0.61mm.

Resistencia a fuerzas de compresión de acuerdo al uso y tránsito de la cubierta. Debe considerarse una fuerza de compresión mínima de 0.9 kg/cm<sup>2</sup>, para efectos de tránsito mínimo para mantenimiento.

### **Recomendaciones:**

**Protección anti raíces:** La diferencia entre un sistema convencional de impermeabilización para un techo ordinario y un sistema de impermeabilización para un techo verde es que este último debe ser resistente a la penetración de raíces. El sistema de impermeabilización empleado preferiblemente debe de estar hecho de materiales sintéticos como PVC, poliéster u otros libres de compuestos orgánicos que puedan atraer raíces y alojar microorganismos.

Bajo ninguna circunstancia se deberán colocar o apoyar directamente elementos que puedan generar punzonamiento sobre la capa de impermeabilización. No se deben emplear membranas de impermeabilización de menos de 1.2 mm de espesor. Esta capa no deberá perforarse para anclaje de elementos auxiliares, barreras erosión o cualquier otro componente.

**Protección mecánica:** Cuando se emplea gravilla u otro material granular como filtro, zona de tránsito o medio drenante, se deberá proteger la capa de impermeabilización con una capa adicional que puede ser: geotextil no tejido con una resistencia mínima al punzonamiento de 350 N y longitud de traslapeo mínima de 10 cm o lamina rígida continua de alta densidad con un espesor mínimo de 0.61mm (Calibre 24) con traslapos mínimos de 2 cm entre si y selladas con



aire caliente. En las zonas donde existan láminas plásticas de alta densidad como medio drenante y estas proporcionen protección mecánica, se podrá prescindir de la capa de protección mecánica adicional.

**Herbicidas:** Debe evitarse el uso de herbicidas.

**Mantos de base asfáltica y bituminosa:** Los mantos convencionales para impermeabilización que usualmente contienen bitumen o asfalto deben:

Ser tratados químicamente para inhibir la atracción de raíces

Incluir un esfuerzo poliéster de 200 gr/m<sup>2</sup>

Tener al menos 4 mm de espesor

**Capa de Drenaje:**

Su propósito es permitir el flujo de agua lluvia o de riego a través del sistema, y conducirla de forma efectiva hacia los elementos de evacuación de la cubierta tales como bajantes, sumideros y canales.

**Requisitos:**

En ausencia de información estadística de lluvias, se deberá diseñar el sistema para drenar al menos 1.8 l/m<sup>2</sup>/seg.

Resistencia a fuerzas de compresión de acuerdo al uso y tránsito de la cubierta. Debe considerarse una fuerza de compresión mínima de 0.9 kg/cm<sup>2</sup>, para efectos de tránsito mínimo para mantenimiento.

**Recomendaciones:**

**Medios drenantes:** El sistema deberá contener suficiente volumen de vacíos para permitir el flujo horizontal de exceso de agua proveniente del sustrato y conducirlo hacia los sumideros, bajantes u otros elementos de evacuación. Se debe garantizar que este porcentaje de vacíos se mantenga estable durante todo el ciclo de vida útil en condiciones reales y bajo interacciones de los demás componentes y capas del sistema.

No se deberá emplear medios drenantes cuya capacidad de drenaje en condiciones reales de instalación sea menos a 5 l/m<sup>2</sup>/seg y/o cuya altura efectiva sea menor a 2.5 cm para Techos Verdes con menos de 8° de inclinación.

**Pendiente:** Los Techos Verdes, cuyos medios drenantes estén directamente apoyados sobre la impermeabilización, deben garantizar al menos 2% de pendiente mínima en todas las áreas vegetalizadas.

**Capa de filtración:**

Su función es permitir el paso del agua a través del sistema restringiendo el paso de partículas finas.

**Requisitos:**

Filtración de partículas de menos de 2 mm de diámetro

En ningún caso el peso por metro cuadrado del manto filtrante deberá ser inferior a 120 gr.

Resistencia química a microorganismos y a la humedad.

Permitividad de al menos 2 sec-1.

Tamaño de apertura aparente mínimo: 0.25mm.

Resistencia a fuerzas de compresión de acuerdo al uso y tránsito de la cubierta. Debe considerarse una fuerza de compresión mínima de 0.9 kg/cm<sup>2</sup>, para efectos de tránsito mínimo para mantenimiento.

### **Recomendaciones:**

El medio filtrante más común es geotextil no tejido. Se debe garantizar que el medio filtrante opere también a lo largo de todos los elementos de confinamiento y transición, desagües y demás puntos singulares del Techo Verde.

**Mantos y geotextiles:** Los mantos a emplear deben estar diseñados para soportar esfuerzos de punzonamiento y rasgado de acuerdo a: El peso propio del sistema. Las características formales del medio de drenaje y el grado de transitabilidad de cada Techo Verde en particular. No se recomienda el uso de geotextiles con resistencia al punzonamiento de menos de 250 N y resistencia al rasgado de menos de 200 N. La resistencia a la tensión debe ser al menos 450 N y el porcentaje de elongación superior al 50%.

### **Componentes activos:**

Son los componentes del Techo Verde que presentan constantes cambios fisicoquímicos para cumplir sus funciones durante la vida útil del sistema. Los componentes activos son los elementos biológicos o elementos que soportan la vida en el sistema: Cobertura vegetal y medio de crecimiento. La sostenibilidad de los componentes activos depende de la capacidad de los mismos para adaptarse con éxito a las condiciones medioambientales y a las interacciones

fisicoquímicas que tiene lugar entre ellos.

### **Sustrato o medio de crecimiento:**

Es el soporte físico de la vegetación en el cual tiene lugar el desarrollo de las raíces mediante el suministro de aire, agua y nutrientes. El medio de crecimiento más comúnmente empleado es un sustrato de materiales granulares. Este deberá ser capaz de alojar una concentración densa de raíces y deberá cumplir con las propiedades físicas, químicas y bioquímicas requeridas para el crecimiento de las plantas, deberá ser estable y suministrar un medio de anclaje para las raíces además debe cumplir los requerimientos de retención y drenaje de agua.

### **Requisitos:**

El contenido de partículas de menos de 0.074 mm (Tamiz No. 200) (limos y arcillas) no debe ser mayor al 20% con respecto a la masa total del medio de crecimiento.

### **Recomendaciones:**

**Tabla 14. Características requeridas del sustrato**

<b>Propiedades Físicas</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Capacidad de retención de agua (Compactado)	30 - 60	% del volumen
Diámetro máximo de partículas	≤ 12	mm
Contenido de aire (Porosidad)	≥ 10	% del volumen
<b>Propiedades Químicas</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Contenido mineral	80	% de la masa
Materia Orgánica	20	% de la masa
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	10 - 40	meq/100g
pH	6.0 - 8.0	
Conductividad eléctrica	1-2	mS/cm
Nitrógeno (N)	≤ 80	mg/l
Fósforo (P205)	≤ 200	mg/l
Potasio (K20)	≤ 700	mg/l
Magnesio (Mg)	≤ 160	mg/l

Es posible que, durante las etapas de crecimiento y consolidación, las cantidades de estos nutrientes requieran ser ajustadas para propiciar el desarrollo de la cobertura vegetal.

No se recomienda el uso de tierra negra o suelo natural, dado que esto generalmente tienen una proporción considerable de partículas finas y además pueden contener semillas o rizomas de especies vegetales no deseadas.

La capacidad de retención de agua del medio de crecimiento depende más de la distribución granulométrica, área de superficie de partículas y porosidad efectiva del sustrato, que del espesor mismo.

**Espesor:** El espesor del medio de crecimiento dependerá de las especies vegetales propuestas y del tipo de Techo Verde propuesto.

#### **Cobertura vegetal:**

Es el componente más activo del Techo Verde, y está compuesto por el conjunto de especies vegetales que conforman la capa superior del sistema. El objetivo principal de todo Techo Verde es propiciar las condiciones necesarias para mantener esta cobertura viva y sana durante el ciclo de vida útil del techo. Dadas las diversas condiciones climáticas y químicas a las que están sujetas las plantas en el techo, una selección adecuada de componentes activos debe propiciar las condiciones para que la cobertura vegetal pueda adaptarse sosteniblemente a dichos cambios medioambientales.

Hay tres factores determinantes para la seleccionar correctamente las especies vegetales de un Techo Verde:

El tipo de Techo Verde

Las condiciones climáticas

La biota local

**Requisitos:**

**Porcentaje de área y periodos máximas de consolidación de la cobertura vegetal:** Al menos el 25% del área al momento de instalación, 75% del área antes de un año y el 100% del área verde consolidada a los dos años de haber efectuado la instalación.

No se debe emplear plantas invasivas.

Plantas con semilla: Al menos 300 semillas/m<sup>2</sup>.

Plantas con esqueje: Al menos 100 gr/m<sup>2</sup> y no menos de 16 plántulas.

**Recomendaciones de la cobertura vegetal en los sistemas de Techos Verdes Extensivos:**

Para la Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, en los sistemas de naturación extensiva, es necesario plantar una variedad de plantas que requieran poco mantenimiento, que puedan adaptarse a las condiciones extremas del lugar de plantación y que permitan obtener una cobertura de vegetación rápida y duradera. Las condiciones generales que deberá soportar la vegetación en este sistema son:

Alta radiación solar (cuando la vegetación esté dispuesta horizontalmente u orientada hacia el sol)

Escaso volumen de suelo (predominantemente mineral)

Largos periodos de sequía

Temperaturas extremas

Condiciones de mínimo mantenimiento.

Para que la capa de vegetación pueda soportar estas condiciones deberán usarse agrupaciones vegetales cuyas condiciones se asemejen a las anteriormente descritas y que se encuentren adaptadas a las condiciones físicas y climáticas de la zona.

### **Características de la vegetación:**

La vegetación utilizada en los sistemas de naturación extensiva deberá tener sistemas radicales de poca profundidad, con buena capacidad de regeneración y con una altura de crecimiento menor a 50 cm. Las especies vegetales deberán cumplir con el máximo posible de los requerimientos siguientes:

Con un desarrollo tapizante rápido y duradero

Resistentes a la acción del viento

Resistentes a largos periodos de sequía

Resistentes a las temperaturas extremas de la zona

Resistentes a los niveles de contaminación de la zona urbana

Resistentes a radiaciones solares elevadas

Metabolismo C-4 (Planta en la que inicialmente el CO<sub>2</sub> atmosférico es fijado en un ácido orgánico de cuatro carbonos y en la que en una descarboxilación posterior, se libera el CO<sub>2</sub> el cual es captado y reducido mediante el Ciclo de Calvin. Son plantas adaptadas a regímenes de

radiación elevados que no resisten las temperaturas bajas.)

Metabolismo CAM “Crasulacean Acid Metabolism” (Planta adaptada a hábitat xerofíticos que absorbe y fija el CO<sub>2</sub> durante la noche acumulando ácido málico que se descarboxila durante el día y se produce CO<sub>2</sub>.)

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 cespitosas

Plantas herbáceas

Plantas subarborescentes

Plantas suculentas

Plantas perennes.

No se podrá usar una sola especie vegetal en este sistema, sino agrupaciones vegetales adaptadas a cada biotipo y a las condiciones particulares de cada edificación. Deberán considerarse diferentes agrupaciones de vegetación a fin de favorecer la viabilidad y la biodiversidad del sistema.

### **Elementos auxiliares:**

Según la guía de Techos verdes de Bogotá, los componentes auxiliares son aquellos elementos inertes estables que cumplen funciones específicas para adaptar correctamente una



sección típica de sistema de Techo Verde a la estructura de un determinado inmueble, tales como: Separación, confinamiento, protección, evacuación de agua, tránsito, riego, iluminación, etc.

Para cada elemento auxiliar se debe conocer la función o funciones que desempeña, las propiedades necesarias para lograr dicha función y la forma como interactúa con otros componentes.

Estos deben estar diseñados para resistir esfuerzos a los que estarán sometidos (compresión, flexión, tracción). Se debe verificar que los elementos empleados mantendrán su estabilidad formal y dimensional al someterse a dichos esfuerzos.

### **Sistema de riego:**

Para la guía técnica (Universidad de Córdoba, Paisajes del Sur SL, Bonterra Ibérica SL, Agencia de la obra pública de Andalucía, 2015), la elección del sistema de riego debe estar orientada a la conservación y mantenimiento de las plantas de la cubierta procurando el máximo ahorro de agua. Entre los sistemas de riego más frecuentes, los más indicados en caso de Cubiertas Verdes Extensivas son:

El riego localizado por goteo (superficial o subterráneo)

El riego por micro aspersores o difusión.

**Tabla 15. Eficiencia de aplicación de riego (Ea)**

<b>Sistema de riego</b>	<b>Ea</b>
Riego localizado subterráneo	0.95
Riego localizado en superficie	0.9
Difusores y micro aspersores	0.8

**Riego localizado:**

En el riego localizado el agua se aplica sobre la superficie del terreno, en la zona próxima a las raíces de las plantas a través de emisores. El agua circula a presión por la instalación de tuberías, desde la toma de riego hasta los goteros (emisores), en lo que el agua pierde presión y velocidad, saliendo gota a gota.

Los goteros son emisores de bajo caudal que, en condiciones normales aplican hasta 16 litros por hora, y trabajan a presiones próximas a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Disipan la presión del agua en su interior, de modo que, al llegar al orificio de salida, ésta sale gota a gota. Según como se encuentren dispuestos en las tuberías laterales, estos podrán ser interlineales o insertados cuando se instalan cortando la tubería e insertando el gotero, pinchados si se insertan en un agujero previamente realizado o integrados si vienen ensamblados en la tubería de fábrica. (Guía técnica de la Universidad de Córdoba, 2015).

**Riego por difusores:**

Los difusores distribuyen el agua en forma de lluvia sobre la superficie de riego en sectores circulares. No presentan elementos móviles a diferencia de los aspersores y precisan bajas presiones más bajas para su funcionamiento. Tienen radios de corto alcance y, en cubiertas conviene instalarlos a ras de suelo para crear zonas de alto nivel de humedad y evitar pérdidas producidas por el viento.

**Recomendaciones:**

**Sistema de riego de respaldo:** Para cubiertas de más de 50 m<sup>2</sup> se recomienda diseñar e instalar un sistema de riego de respaldo en épocas de sequía.

## **Desagües**

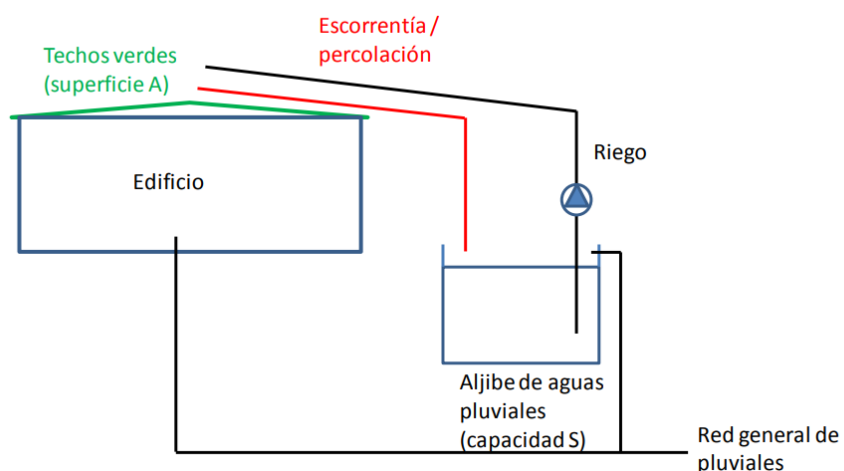
Su función es evacuar el agua hasta el sitio de descarga.

### **Recomendaciones:**

Los puntos que más comúnmente se son susceptibles a presentar fallas en su operación son los desagües. Se debe asegurar que todos los puntos de drenaje tengan un tratamiento especial que consiste en una caja de inspección que permita la inspeccionabilidad, y una rejilla tipo cúpula que atrape hojas u otros elementos extraños sin que se obstruya el paso del agua. Las tapas y rejillas se puedan remover en caso de que se requieran reparaciones futuras. Además, deberán protegerse para evitar taponamiento u obstrucción por la acumulación de basuras o residuos vegetales. No se podrán emplear rejillas planas convencionales.

### **Reutilización de pluviales:**

Para la guía técnica de la Universidad de Córdoba (2015), dentro del diseño de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), la reutilización de pluviales aporta varias ventajas, sobre todo en combinación con techos verdes. La primera es la reducción de la contribución de los pluviales a la red general, disminuyendo de esta manera el pico de los hidrogramas de avenidas y disminuyendo el coste de la infraestructura hidráulica. La segunda ventaja es que el agua pluvial puede satisfacer en gran medida los requerimientos de riego de los techos verdes. Sobre todo, en donde las dosis de riego pueden ser altas, la reutilización de los pluviales puede implicar un ahorro importante de agua. Estos sistemas están formados por un sistema de conducciones y además de un aljibe. El principal parámetro de diseño es el tamaño del aljibe ( $S$ ) que se necesita. Este parámetro depende de la climatología local y de la superficie de techos verdes ( $A$ ).



**Figura 13. Esquema de estrategia para reutilización de pluviales para riego de Techos Verdes**

**3.4.4 Diseño de jardín vertical.** De acuerdo a la guía práctica de la (Secretaría Distrital de Ambiente , 2014) el jardín vertical al igual que los techos verdes, independientemente de la tecnología empleada presenta tres tipos de componentes, según fueron definidos anteriormente.

Para los componentes estables se revisaron los tipos de técnicas de implementación para determinar la más apropiada, ya que en los últimos tiempos se han experimentados y desarrollados múltiples sistemas que optimizan tanto su tiempo de instalación como su rendimiento, algunas de estas tecnologías ya se encuentran disponibles en el mercado, en la tabla 16 se muestran algunas de estas técnicas.

**Tabla 16. Tipos de Técnicas para Jardines Verticales**

<b>Tipos de Técnicas para Jardines Verticales</b>	
<b>Tipo de Técnica</b>	<b>Imagen</b>
<p>Con estructuras que contienen bolsas, dentro de las cuales se colocan las plantas. Estas estructuras se pueden comprar, o hacer recicladas. Es el sistema ideal para la construcción de jardines verticales domésticos y de pequeña escala, de bajo costo</p>	 
<p>Con módulos que se compone de recipientes o macetas, en los cuales se ha dejado enraizar cada planta, cada recipiente tiene tierra en un ángulo de 30 grados, para contrarrestar la gravedad. Se utiliza para la realización de jardines verticales de cualquier tamaño.</p>	 
<p>Con macetas en estantes, o macetas colgadas sobre una estructura. Para esta técnica se puede usar todo tipo de material para su construcción, desde macetas de arcilla hasta macetas hechas con botellas plásticas recicladas. Al igual que la técnica con bolsas es un sistema ideal para usos domésticos y de pequeña escala.</p>	 
<p>Con capas de fieltro que retienen el agua, son de diversos materiales que contienen la humedad sin pudrirse y se sujetan a una estructura a la pared. Para colocar cada planta, se hace un pequeño corte en el fieltro sembrando una bolsa en donde se asientan las raíces con sustrato, cerrando luego el corte con grapas. Esta técnica se utiliza para la realización de jardines verticales de cualquier tamaño.</p>	
<p>Con plantas trepadoras, lo único que necesitamos para este tipo de revestimientos vegetales es cultivar las plantas en un sustrato y abonarlo, regarlo, podarlo y cuidarlo con criterios de jardinería generales para cualquier planta</p>	 

De las técnicas descritas en la tabla se logra determinar que las que son con bolsas y de macetas en estantes o colgadas, no son adecuadas para la implementación en las edificaciones de la universidad, debido a que se pretende que el diseño tenga más de 50m<sup>2</sup> y estas técnicas son para áreas pequeñas o usos domésticos, por lo tanto, estas dos las descartamos para el diseño. Y también por otro lado la técnica con plantas trepadoras a pesar de poseer grandes beneficios en costos de estructuras y demás, presenta también una serie de desventajas como el tiempo que dura en cubrir toda el área y si la edificación llega a presentar alguna grieta, la hiedra puede penetrar a través de ellas y afectar la fachada, por lo tanto, las técnicas que vemos convenientes para el diseño en las edificaciones de la universidad son las de capas de fieltro y módulos de macetas

Seguidamente se pasó a la búsqueda de información completa sobre el diseño de las técnicas seleccionadas anteriormente, para verificar que estas cumplan con los requerimientos básicos y se garantice un correcto funcionamiento del sistema, se encontró que existen varias empresas que venden este tipo de propuestas, pero algunas no describen en su totalidad el diseño, sin embargo empresas como paisajismo urbano y paisajismo creativo (Parra , 2019), cuentan con un amplio catálogo de fichas técnicas y una gran experiencia en proyectos similares, por lo que se decidió trabajar en base a estas empresas.

Para la ubicación del jardín vertical, se analizó la orientación de las fachadas para determinar las zonas que están más expuesta a la intensidad solar máxima, ya que se quiere que el sistema ayude con la reducción de temperatura dentro del edificio, por consiguiente, será un diseño para exteriores y a base de esto se hizo la selección de los componentes activos como lo es la vegetación, en donde también se consideraron otros datos como:

Viento: Al presentarse vientos superiores a 22m/s existirán muchas plantas que no se puedan usar, sin embargo, de acuerdo a los datos de la estación la velocidad de viento máxima registrada fue de 15.6m/s por lo que este dato no influye en la selección.

Demanda de agua de las plantas: Podemos dividir las plantas en tres tipos de demanda de agua: alta, media y baja, por lo que no es recomendable mezclarlas en un mismo diseño.

Por otro lado, el sistema contará con un sistema de riego, ya que el paisajista Álvaro Calonje aconseja que el jardín vertical no puede durar más de dos días sin agua, además de otras recomendaciones que hace en cuando a nutrición y mantenimiento, todos esos detalles estarán en el diseño que se presenta en el siguiente capítulo.

## 4. Resultados y Análisis

### 4.1 Derivas, Periodo Fundamental y Áreas de Aceros

Para la evaluación estructural de los edificios se analizaron las derivas máximas por piso, periodo fundamental y áreas de aceros de las vigas de las cubiertas, sin techo verde y posteriormente con las diferentes cargas de techos verde, con el fin de determinar la factibilidad de implementación.

**Tabla 17. Periodo Fundamental de la Estructura Bienestar para los Distintos Tipos de Techos Verdes**

<b>Periodo Fundamental de la Estructura del Edificio Bienestar</b>	
Sin techo verde	0,474
Techo verde Extensivo	0,469
Techo verde Semi-Intensivo	0,478
Techo verde Intensivo	0,490

Como se puede observar en la tabla 17 el valor del periodo fundamental de la estructura del edificio bienestar no presenta un gran incremento con los diferentes tipos de techos verdes, siendo estos menores al máximo calculado de 0.61s, determinando de esta forma que la estructura cumple con la rigidez bajo las cargas de los diferentes tipos de techos verdes.



**Tabla 18. Derivas Máximas por Piso de la Estructura Bienestar, para los Distintos Tipos de Techos Verdes**

<b>Edificio Bienestar</b>							
<b>Sin Techo verde</b>		<b>Techo Extensivo</b>		<b>Techo Semi-Intensivo</b>		<b>Techo Intensivo</b>	
<b>Sentido X</b>							
Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %
N+13,9	0,4045	N+13,9	0,4029	N+13,9	0,4076	N+13,9	0,4183
N+10,50	0,7599	N+10,50	0,7516	N+10,50	0,77	N+10,50	0,8041
N+7,0	0,997	N+7,0	0,9946	N+7,0	1,014	N+7,0	1,052
N+3,5	0,6352	N+3,5	0,6306	N+3,5	0,6416	N+3,5	0,6625
N+0	0	N+0	0	N+0	0	N+0	0
<b>Sentido Y</b>							
Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %
N+13,9	0,4341	N+13,9	0,4574	N+13,9	0,4377	N+13,9	0,4695
N+10,50	0,7345	N+10,50	0,7213	N+10,50	0,7821	N+10,50	0,9163
N+7,0	0,6847	N+7,0	0,6741	N+7,0	0,7276	N+7,0	0,8484
N+3,5	0,3314	N+3,5	0,3272	N+3,5	0,3513	N+3,5	0,4272
N+0	0	N+0	0	N+0	0	N+0	0

En la tabla 18 se presentan los resultados de las derivas calculadas por piso del edificio bienestar cargados con las alternativas de techos verdes, en el cual se evidencia que al adicionar una carga en la cubierta, algunos de los valores sobrepasan los permitidos por la NSR-10, como fue el caso de las cargas de techo verde semi-intensivo e intensivo con derivas máximas de 1,014% y 1,052% respectivamente, esto hace que sea necesario una mejora en la estructura para su implementación, sin embargo la estructura con la carga del techo verde extensivo cumple con la deriva máxima permitida por la norma, debido a que la carga que genera este tipo de techo verde es muy similar a la que se tuvo en cuenta en el diseño original, comprobando de esta manera que bajo este requerimiento de la norma en la edificación es factible implementar el tipo de techo verde extensivo.

**Tabla 19. Áreas de Acero de las vigas de la cubierta del edificio Bienestar para los distintos tipos de techos verdes**

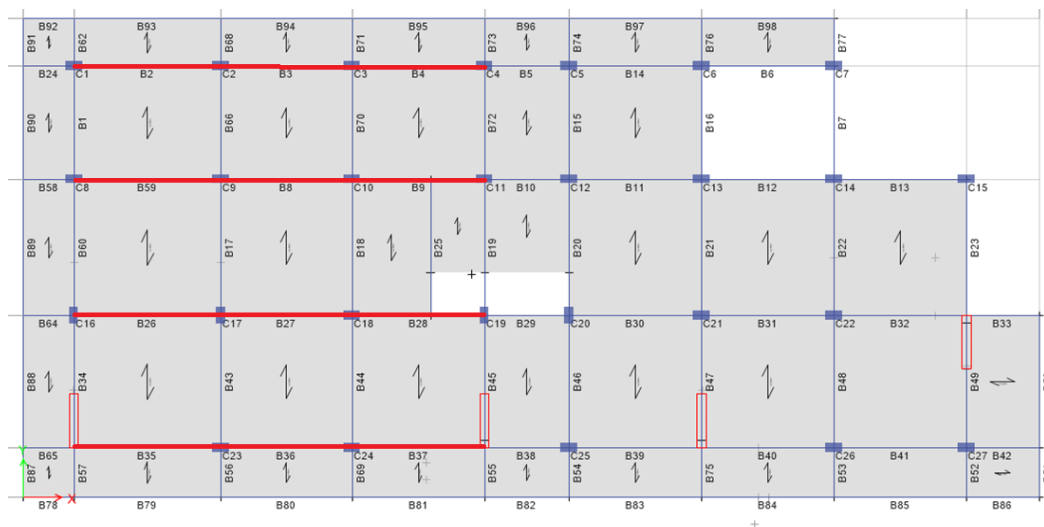
<b>Tabla Comparativa de Áreas de Aceros</b>										
<b>Vigas de la Cubierta Edificio Bienestar</b>			<b>Sin Techo verde</b>		<b>Techo Verde Extensivo</b>		<b>Techo Verde Semi-Intensivo</b>		<b>Techo Verde Intensivo</b>	
<b>Label</b>	<b>Section</b>	<b>Location</b>	<b>As Top cm<sup>2</sup></b>	<b>As Bot cm<sup>2</sup></b>	<b>As Top cm<sup>2</sup></b>	<b>As Bot cm<sup>2</sup></b>	<b>As Top cm<sup>2</sup></b>	<b>As Bot cm<sup>2</sup></b>	<b>As Top cm<sup>2</sup></b>	<b>As Bot cm<sup>2</sup></b>
B1	V(40x60)	End-I	3,06	2,69	3,03	2,68	3,20	2,81	3,59	3,42
B1	V(40x60)	Middle	5,68	2,69	5,65	2,68	5,91	2,79	6,67	3,12
B1	V(40x60)	End-J	8,28	5,42	8,24	5,40	8,60	5,63	9,66	6,31
B2	V(40x60)	End-I	11,45	7,20	11,09	7,20	11,84	7,20	12,56	7,20
B2	V(40x60)	Middle	3,68	7,20	3,57	7,20	3,80	7,20	4,02	7,20
B2	V(40x60)	End-J	9,56	6,25	9,13	5,97	9,92	6,47	10,48	6,83
B3	V(40x60)	End-I	8,98	5,87	8,61	5,64	9,32	6,09	9,89	6,45
B3	V(40x60)	Middle	2,91	6,07	2,80	5,86	3,02	6,24	3,20	6,36
B3	V(40x60)	End-J	8,60	5,63	8,25	5,41	8,90	5,82	9,55	6,24
B4	V(40x60)	End-I	8,88	5,81	8,53	5,58	9,21	6,02	10,20	6,65
B4	V(40x60)	Middle	2,88	6,56	2,77	6,32	2,98	6,76	3,29	7,20
B4	V(40x60)	End-J	7,76	5,09	7,45	4,89	8,02	5,26	8,92	5,84
B8	V(40x60)	End-I	11,29	7,20	10,63	6,93	11,72	7,20	12,68	7,20
B8	V(40x60)	Middle	3,63	7,20	3,43	7,18	3,77	7,20	4,06	7,20
B8	V(40x60)	End-J	10,79	7,03	10,21	6,66	11,19	7,20	12,21	7,20
B9	V(40x60)	End-I	11,75	7,20	11,18	7,20	12,18	7,20	13,58	7,20
B9	V(40x60)	Middle	3,77	7,20	3,60	7,20	3,91	7,22	4,33	8,14
B9	V(40x60)	End-J	10,98	7,15	10,52	6,86	11,33	7,20	12,59	7,20
B17	V(40x60)	End-I	6,53	4,14	6,55	4,15	6,79	4,38	7,20	5,11
B17	V(40x60)	Middle	2,57	3,36	2,58	3,37	2,70	3,51	3,07	3,96
B17	V(40x60)	End-J	3,70	4,01	3,72	4,01	3,84	4,23	4,26	4,87
B18	V(40x60)	End-I	3,41	2,62	3,48	2,66	3,48	2,70	3,66	2,99
B18	V(40x60)	Middle	0,85	2,72	0,86	2,74	0,86	2,79	0,91	3,01
B18	V(40x60)	End-J	2,72	2,87	2,79	2,91	2,77	2,97	2,94	3,28
B26	V(40x60)	End-I	15,61	7,54	15,05	7,28	16,14	7,79	18,06	8,68
B26	V(40x60)	Middle	4,95	8,66	4,78	8,02	5,11	8,99	5,68	10,21
B26	V(40x60)	End-J	12,24	7,20	11,27	7,20	12,78	7,20	14,79	7,20
B27	V(40x60)	End-I	11,91	7,20	11,06	7,20	12,42	7,20	14,29	7,20
B27	V(40x60)	Middle	3,82	7,20	3,56	7,20	3,98	7,20	4,55	7,34
B27	V(40x60)	End-J	10,91	7,11	10,34	6,75	11,29	7,20	12,66	7,20
B28	V(40x60)	End-I	11,54	7,20	10,97	7,14	11,95	7,20	13,43	7,20
B28	V(40x60)	Middle	3,71	7,44	3,53	7,20	3,84	7,70	4,29	8,66

**Tabla Comparativa de Áreas de Aceros**

<b>Vigas de la Cubierta Edificio Bienestar</b>			<b>Sin Techo verde</b>		<b>Techo Verde Extensivo</b>		<b>Techo Verde Semi-Intensivo</b>		<b>Techo Verde Intensivo</b>	
<b>Label</b>	<b>Section</b>	<b>Location</b>	<b>As</b>	<b>As</b>	<b>As</b>	<b>As</b>	<b>As</b>	<b>As</b>	<b>As</b>	<b>As</b>
B28	V(40x60)	End-J	11,08	7,20	10,63	6,93	11,40	7,20	12,58	7,20
B34	V(40x60)	End-I	4,52	4,52	4,44	4,44	4,75	4,75	5,44	5,44
B34	V(40x60)	Middle	25,59	12,12	25,10	11,85	27,07	13,15	31,51	15,99
B34	V(40x60)	End-J	7,29	14,18	7,20	13,92	7,87	14,95	9,47	17,24
B35	V(40x60)	End-I	15,46	7,47	15,00	7,26	15,98	7,71	17,84	8,58
B35	V(40x60)	Middle	4,90	7,20	4,77	7,20	5,06	7,20	5,61	8,01
B35	V(40x60)	End-J	10,75	7,01	10,27	6,70	11,15	7,20	12,55	7,20
B36	V(40x60)	End-I	9,79	6,39	9,39	6,14	10,13	6,61	11,31	7,20
B36	V(40x60)	Middle	3,34	6,80	3,22	6,56	3,44	6,99	3,79	7,20
B36	V(40x60)	End-J	10,33	6,74	9,96	6,50	10,66	6,95	11,81	7,20
B37	V(40x60)	End-I	9,43	6,16	9,11	5,96	9,73	6,35	10,82	7,05
B37	V(40x60)	Middle	3,85	7,20	3,73	7,20	3,95	7,20	4,32	7,20
B37	V(40x60)	End-J	11,99	7,20	11,61	7,20	12,32	7,20	13,54	7,20
B43	V(40x60)	End-I	13,28	7,20	13,27	7,20	13,74	7,20	15,26	7,38
B43	V(40x60)	Middle	7,20	4,25	7,20	4,24	7,20	4,38	7,99	4,85
B43	V(40x60)	End-J	4,46	7,20	4,51	7,20	4,68	7,47	5,24	8,43
B44	V(40x60)	End-I	11,75	7,20	11,84	7,20	12,05	7,20	13,12	7,20
B44	V(40x60)	Middle	6,47	3,77	6,52	3,80	6,66	3,87	7,20	4,19
B44	V(40x60)	End-J	3,77	5,98	3,80	6,06	3,87	6,18	4,19	6,83
B59	V(40x60)	End-I	13,96	7,20	13,36	7,20	14,44	7,20	15,55	7,52
B59	V(40x60)	Middle	4,45	7,74	4,27	7,20	4,60	8,03	4,93	8,63
B59	V(40x60)	End-J	11,88	7,20	11,08	7,20	12,35	7,20	13,41	7,20
B60	V(40x60)	End-I	5,50	3,10	5,44	3,03	5,77	3,36	6,53	4,10
B60	V(40x60)	Middle	1,91	2,64	1,87	2,60	2,04	2,79	2,43	3,22
B60	V(40x60)	End-J	3,34	3,50	3,28	3,44	3,52	3,75	4,04	4,46
B66	V(40x60)	End-I	3,22	4,06	3,22	4,06	3,33	4,27	3,69	4,92
B66	V(40x60)	Middle	6,75	3,22	6,75	3,22	7,00	3,33	7,20	3,69
B66	V(40x60)	End-J	9,96	6,50	9,96	6,50	10,31	6,72	11,47	7,20
B70	V(40x60)	End-I	3,17	3,99	3,26	4,05	3,23	4,14	3,54	4,63
B70	V(40x60)	Middle	6,56	3,15	6,60	3,17	6,76	3,23	7,20	3,54
B70	V(40x60)	End-J	9,73	6,36	9,80	6,40	10,01	6,53	10,98	7,15

En la tabla 19 se observan las áreas de acero superior e inferior en el inicio, centro y final de los tramos de vigas de la cubierta del edificio bienestar para los distintos tipos de techos verdes, en donde se comprobó que para el tipo de techo verde extensivo no se presenta ninguna variación

con respecto al modelo sin techo verde, y para los tipos semi-intensivo e intensivo solo en algunos tramos es en donde no presentan una diferencia con respecto al modelo sin techo verde, en la figura 14 se señalan los tramos de vigas más afectados por el aumento de las cargas.



**Figura 14. Tramos de Vigas de la Cubierta del Edificio Bienestar**

**Tabla 20. Periodo Fundamental de la 1ra Estructura Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes**

<b>Periodo Fundamental de la 1ra Estructura del Edificio Civil</b>	
Sin techo verde	0,782
Techo verde Extensivo	0,781
Techo verde Semi-Intensivo	0,788
Techo verde Intensivo	0,810

**Tabla 21. Derivas Máximas por Piso de la 1ra Estructura del Edificio Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes**

<b>Edificio Civil 1ra Estructura</b>							
Sin Techo verde		Techo Extensivo		Techo Semi-Intensivo		Techo Intensivo	
Sentido X							
Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %
N+18,5	0,6188	N+18,5	0,6089	N+18,5	0,6538	N+18,5	0,7032
N+14,65	0,7901	N+14,65	0,7333	N+14,65	0,8205	N+14,65	0,8533
N+10,75	0,9851	N+10,75	0,9814	N+10,75	1,013	N+10,75	1,027
N+6,85	0,9994	N+6,85	0,9996	N+6,85	1,015	N+6,85	1,011
N+0	0	N+0	0	N+0	0	N+0	0
Sentido Y							
Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %
N+18,5	0,8455	N+18,5	0,8401	N+18,5	0,8816	N+18,5	0,9169
N+14,65	0,9219	N+14,65	0,9193	N+14,65	0,9534	N+14,65	0,9757
N+10,75	0,96	N+10,75	0,9598	N+10,75	0,9905	N+10,75	1,014
N+6,85	0,8372	N+6,85	0,8355	N+6,85	0,8596	N+6,85	0,8707
N+0	0	N+0	0	N+0	0	N+0	0

**Tabla 22. Áreas de Acero de las Vigas de la Cubierta de la 1ra Estructura Edificio Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes**

<b>Tabla Comparativa de las Áreas de Acero</b>										
Vigas de la Cubierta - 1ra Estructura Civil			Sin Techo verde		Techo Verde Extensivo		Techo Verde Semi-Intensivo		Techo Verde Intensivo	
Label	Section	Location	As Top	As Bot	As Top	As Bot	As Top	As Bot	As Top	As Bot
			cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>
B2	V(40x40)	End-I	15,63	7,19	15,06	6,95	17,61	7,99	20,6	9,37
B2	V(40x40)	Middle	4,33	7,87	4,33	7,58	4,33	8,88	4,47	10,66
B2	V(40x40)	End-J	14,52	6,72	13,93	6,48	16,59	7,58	19,89	9,03
B3	V(40x40)	End-I	10,77	5,1	10,39	4,93	12,05	5,66	14,31	6,64
B3	V(40x40)	Middle	3,35	5,08	3,24	4,92	3,73	5,65	4,33	6,61
B3	V(40x40)	End-J	10,89	5,15	10,5	4,98	12,24	5,75	14,57	6,74
B4	V(40x40)	End-I	15,25	7,03	14,66	6,78	17,32	7,87	20,48	9,31
B4	V(40x40)	Middle	4,33	8,26	4,33	7,96	4,33	9,27	4,51	11,07
B4	V(40x40)	End-J	15,24	7,02	14,62	6,76	17,42	7,92	20,8	9,46
B5	V(40x40)	End-I	15,14	6,98	14,54	6,73	17,25	7,85	20,58	9,36

**Tabla Comparativa de las Áreas de Acero**

<b>Vigas de la Cubierta - 1ra Estructura Civil</b>			<b>Sin Techo verde</b>		<b>Techo Verde Extensivo</b>		<b>Techo Verde Semi-Intensivo</b>		<b>Techo Verde Intensivo</b>	
<b>Label</b>	<b>Section</b>	<b>Location</b>	<b>As Top</b>	<b>As Bot</b>	<b>As Top</b>	<b>As Bot</b>	<b>As Top</b>	<b>As Bot</b>	<b>As Top</b>	<b>As Bot</b>
B5	V(40x40)	Middle	4,33	8,2	4,33	7,91	4,33	9,21	4,47	10,99
B5	V(40x40)	End-J	15,19	7	14,6	6,76	17,3	7,87	20,5	9,32
B6	V(40x40)	End-I	10,88	5,15	10,5	4,98	12,17	5,72	14,45	6,69
B6	V(40x40)	Middle	3,35	5,1	3,24	4,94	3,71	5,67	4,33	6,64
B6	V(40x40)	End-J	10,82	5,12	10,44	4,95	12,17	5,72	14,49	6,71
B7	V(40x40)	End-I	14,59	6,75	14,04	6,52	16,56	7,57	19,71	8,95
B7	V(40x40)	Middle	4,33	7,94	4,21	7,65	4,33	8,91	4,33	10,64
B7	V(40x40)	End-J	14,45	6,7	13,89	6,46	16,46	7,53	19,7	8,95
B8	V(40x40)	End-I	9,04	4,33	8,69	4,33	10,22	4,85	12,33	5,78
B8	V(40x40)	Middle	2,82	4,33	2,72	4,33	3,16	4,37	3,75	5,07
B8	V(40x40)	End-J	2,82	3,9	2,72	3,77	3,16	4,33	3,75	4,33
B11	V(40x40)	End-I	15,73	7,23	15,09	6,96	17,96	8,13	21,31	9,71
B11	V(40x40)	Middle	4,33	9,84	4,33	9,48	4,33	11,1	4,7	13,34
B11	V(40x40)	End-J	15,99	7,34	15,34	7,07	18,26	8,27	21,67	9,88
B14	V(40x40)	End-I	14,79	6,84	14,21	6,59	16,83	7,68	20,09	9,13
B14	V(40x40)	Middle	4,33	9,07	4,26	8,74	4,33	10,21	4,37	12,22
B14	V(40x40)	End-J	14,79	6,84	14,2	6,59	16,87	7,69	20,14	9,15
B16	V(40x40)	End-I	11,95	5,62	11,47	5,41	13,58	6,33	16,52	7,55
B16	V(40x40)	Middle	3,65	9,53	3,52	9,19	4,09	10,72	4,33	12,81
B16	V(40x40)	End-J	3,65	6,75	3,52	6,52	4,09	7,56	4,33	8,97
B24	V(40x40)	End-I	10,35	4,91	10,07	4,79	11,31	5,34	12,95	6,05
B24	V(40x40)	Middle	3,21	5,84	3,12	5,68	3,51	6,4	4,01	7,37
B24	V(40x40)	End-J	10,37	4,92	10,06	4,78	11,44	5,4	13,26	6,19
B25	V(40x40)	End-I	9,28	4,43	9,02	4,33	10,16	4,83	11,68	5,5
B25	V(40x40)	Middle	2,94	4,82	2,86	4,69	3,2	5,27	3,64	6,03
B25	V(40x40)	End-J	9,44	4,5	9,17	4,38	10,36	4,92	11,91	5,6
B26	V(40x40)	End-I	9,94	4,73	9,66	4,6	10,91	5,16	12,57	5,89
B26	V(40x40)	Middle	3,4	5,39	3,3	5,24	3,74	5,91	4,32	6,8
B26	V(40x40)	End-J	11,05	5,22	10,69	5,06	12,29	5,77	14,44	6,69
B27	V(40x40)	End-I	14,48	6,71	13,91	6,47	16,47	7,53	19,72	8,95
B27	V(40x40)	Middle	4,33	9,5	4,33	9,15	4,33	10,7	4,49	12,82
B27	V(40x40)	End-J	15,14	6,98	14,52	6,72	17,32	7,87	20,68	9,41
B28	V(40x40)	End-I	12,61	5,91	12,13	5,7	14,28	6,62	17,23	7,84
B28	V(40x40)	Middle	3,83	6,98	3,7	6,74	4,28	7,83	4,33	9,3
B28	V(40x40)	End-J	12,29	5,77	11,83	5,57	13,92	6,47	16,77	7,66
B29	V(40x40)	End-I	13,07	6,11	12,58	5,9	14,79	6,84	17,83	8,08
B29	V(40x40)	Middle	3,95	7,82	3,82	7,55	4,33	8,76	4,33	10,39
B29	V(40x40)	End-J	12,58	5,9	12,09	5,68	14,29	6,63	17,38	7,9

Tabla Comparativa de las Áreas de Acero

Vigas de la Cubierta - 1ra Estructura Civil			Sin Techo verde		Techo Verde Extensivo		Techo Verde Semi-Intensivo		Techo Verde Intensivo	
Label	Section	Location	As Top	As Bot	As Top	As Bot	As Top	As Bot	As Top	As Bot
B30	V(40x40)	End-I	11,36	5,36	10,91	5,16	12,9	6,03	15,65	7,19
B30	V(40x40)	Middle	3,48	8,81	3,36	8,5	3,91	9,87	4,33	11,73
B30	V(40x40)	End-J	3,48	6,41	3,36	6,19	3,91	7,16	4,33	8,46
B31	V(40x40)	End-I	7,82	4,33	7,59	4,33	8,64	4,33	10	4,76
B31	V(40x40)	Middle	3	5,63	2,9	5,44	3,33	6,25	3,88	7,34
B31	V(40x40)	End-J	9,63	4,59	9,3	4,44	10,79	5,11	12,81	5,99
B32	V(40x40)	End-I	8,27	4,33	8	4,33	9,2	4,4	10,81	5,12
B32	V(40x40)	Middle	2,61	4,33	2,53	4,33	2,89	4,33	3,33	5
B32	V(40x40)	End-J	8,32	4,33	8,05	4,33	9,25	4,42	10,83	5,12
B33	V(40x40)	End-I	8,98	4,33	8,69	4,33	9,98	4,74	11,66	5,49
B33	V(40x40)	Middle	2,81	4,85	2,72	4,7	3,09	5,37	3,57	6,26
B33	V(40x40)	End-J	8,59	4,33	8,29	4,33	9,63	4,59	11,45	5,4
B34	V(40x40)	End-I	7,89	4,33	7,61	4,33	8,85	4,33	10,53	4,99
B34	V(40x40)	Middle	2,49	5,89	2,4	5,71	2,77	6,53	3,25	7,63
B34	V(40x40)	End-J	2,49	4,35	2,4	4,33	2,77	4,82	3,25	5,62
B47	V(40x40)	End-I	4,33	4,11	4,33	4,05	4,33	4,33	4,36	4,33
B47	V(40x40)	Middle	1,7	2,92	1,68	2,9	1,77	3,04	1,87	3,18
B47	V(40x40)	End-J	5,28	3,43	5,23	3,4	5,53	3,59	5,84	3,79
B51	V(40x40)	End-I	4,33	3,97	4,33	3,91	4,33	4,24	4,33	4,33
B51	V(40x40)	Middle	1,66	2,86	1,65	2,83	1,74	2,97	1,83	3,1
B51	V(40x40)	End-J	5,18	3,37	5,13	3,33	5,41	3,51	5,72	3,71
B58	V(40x40)	End-I	4,33	3,8	4,33	3,74	4,33	4,05	4,33	4,33
B58	V(40x40)	Middle	1,61	2,73	1,6	2,71	1,68	2,83	1,78	2,96
B58	V(40x40)	End-J	5,01	3,26	4,96	3,23	5,24	3,41	5,56	3,61
B64	V(40x40)	End-I	4,33	3,87	4,33	3,8	4,33	4,15	4,33	4,33
B64	V(40x40)	Middle	1,64	2,82	1,62	2,8	1,71	2,93	1,81	3,07
B64	V(40x40)	End-J	5,1	3,32	5,05	3,29	5,33	3,47	5,65	3,67
B68	V(40x40)	End-I	4,33	3,83	4,33	3,76	4,33	4,12	4,33	4,33
B68	V(40x40)	Middle	1,63	2,81	1,61	2,78	1,71	2,92	1,81	3,07
B68	V(40x40)	End-J	5,07	3,3	5,01	3,26	5,31	3,45	5,65	3,67
B81	V(40x40)	End-I	0,46	1,1	0,45	1,03	0,47	1,36	0,5	1,8
B81	V(40x40)	Middle	0,56	0,83	0,58	0,78	0,5	1,01	0,5	1,3
B81	V(40x40)	End-J	1,84	0,91	1,82	0,91	1,9	0,94	2	0,99
B82	V(40x40)	End-I	1,84	0,91	1,82	0,91	1,9	0,94	2	0,99
B82	V(40x40)	Middle	0,46	1,5	0,45	1,51	0,47	1,48	0,5	1,44
B82	V(40x40)	End-J	0,46	1,12	0,45	1,12	0,47	1,11	0,5	1,09
B84	V(40x40)	End-I	5,07	3,8	5,01	3,74	5,3	4,04	5,63	4,33
B84	V(40x40)	Middle	1,77	3,3	1,74	3,26	1,88	3,45	2,04	3,65





Tabla Comparativa de las Áreas de Acero

Vigas de la Cubierta - 1ra Estructura Civil			Sin Techo verde		Techo Verde Extensivo		Techo Verde Semi-Intensivo		Techo Verde Intensivo	
Label	Section	Location	As Top	As Bot	As Top	As Bot	As Top	As Bot	As Top	As Bot
B139	V(40x40)	Middle	1,92	2,82	1,89	2,78	2,04	2,96	2,22	3,18
B139	V(40x40)	End-J	5,22	3,74	5,16	3,71	5,48	3,89	5,85	4,08
B140	V(40x40)	End-I	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33
B140	V(40x40)	Middle	2,19	2,33	2,15	2,29	2,33	2,44	2,53	2,63
B140	V(40x40)	End-J	5,02	3,98	4,95	3,94	5,28	4,15	5,68	4,33
B141	V(40x40)	End-I	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,61	4,33	5,06
B141	V(40x40)	Middle	2,5	2,52	2,46	2,48	2,66	2,66	2,89	2,88
B141	V(40x40)	End-J	5,35	4,09	5,27	4,04	5,65	4,28	6,11	4,33
B142	V(40x40)	End-I	4,33	6,28	4,33	6,17	4,33	6,69	4,33	7,28
B142	V(40x40)	Middle	3	3,57	2,95	3,52	3,19	3,78	3,45	4,08
B142	V(40x40)	End-J	6,5	4,32	6,39	4,26	6,89	4,33	7,46	4,33
B143	V(40x40)	End-I	4,68	4,03	4,63	3,97	4,88	4,24	5,16	4,33
B143	V(40x40)	Middle	1,68	3,13	1,65	3,1	1,77	3,26	1,91	3,43
B143	V(40x40)	End-J	4,34	4,33	4,33	4,33	4,51	4,33	4,76	4,41
B144	V(40x40)	End-I	4,79	4,01	4,74	3,96	4,99	4,21	5,25	4,33
B144	V(40x40)	Middle	1,67	3,17	1,65	3,14	1,76	3,29	1,89	3,45
B144	V(40x40)	End-J	4,33	4,33	4,33	4,33	4,45	4,33	4,69	4,47
B145	V(40x40)	End-I	4,84	4,33	4,79	4,33	5,04	4,33	5,31	4,33
B145	V(40x40)	Middle	1,92	3,16	1,9	3,13	2,01	3,28	2,14	3,43
B145	V(40x40)	End-J	4,72	4,33	4,68	4,33	4,89	4,33	5,11	4,49
B42	V(40x40)	End-I	8,49	4,33	8,26	4,33	9,27	4,43	10,55	5
B42	V(40x40)	Middle	2,66	3,4	2,64	3,28	2,89	3,8	3,26	4,33
B42	V(40x40)	End-J	4,33	4,13	4,33	4,06	4,33	4,33	4,33	4,33
B46	V(40x40)	End-I	4,33	4,09	4,33	3,98	4,33	4,33	4,33	4,33
B46	V(40x40)	Middle	2,6	3,41	2,52	3,3	2,88	3,8	3,34	4,33
B46	V(40x40)	End-J	8,27	4,33	7,99	4,33	9,23	4,41	10,83	5,13
B50	V(40x40)	End-I	7,8	4,33	7,56	4,33	8,6	4,33	9,96	4,74
B50	V(40x40)	Middle	2,53	3,11	2,48	3,01	2,7	3,43	3,09	3,96
B50	V(40x40)	End-J	4,33	4,25	4,33	4,17	4,33	4,33	4,36	4,33
B59	V(40x40)	End-I	4,33	4,15	4,33	4,06	4,33	4,33	4,33	4,33
B59	V(40x40)	Middle	2,46	3,2	2,41	3,1	2,71	3,54	3,11	4,1
B59	V(40x40)	End-J	7,79	4,33	7,54	4,33	8,64	4,33	10,04	4,77
B10	V(40x40)	End-I	8,26	4,33	8	4,33	9,15	4,37	10,68	5,06
B10	V(40x40)	Middle	2,6	3,51	2,52	3,4	2,86	3,89	3,29	4,33
B10	V(40x40)	End-J	4,33	4,14	4,33	4,07	4,33	4,33	4,52	4,33
B15	V(40x40)	End-I	4,33	4,33	4,33	4,27	4,46	4,33	4,79	4,33
B15	V(40x40)	Middle	2,13	4,27	2,07	4,18	2,34	4,33	2,67	4,33
B15	V(40x40)	End-J	6,69	4,32	6,49	4,23	7,39	4,33	8,5	4,33

Tabla Comparativa de las Áreas de Acero

Vigas de la Cubierta - 1ra Estructura Civil			Sin Techo verde		Techo Verde Extensivo		Techo Verde Semi-Intensivo		Techo Verde Intensivo	
Label	Section	Location	As Top	As Bot	As Top	As Bot	As Top	As Bot	As Top	As Bot
B65	V(40x40)	End-I	6,63	4,28	6,45	4,17	7,24	4,33	8,26	4,33
B65	V(40x40)	Middle	2,11	4,27	2,05	4,17	2,29	4,33	2,6	4,33
B65	V(40x40)	End-J	4,33	4,32	4,33	4,2	4,57	4,33	4,97	4,33
B69	V(40x40)	End-I	4,33	4,12	4,33	4,01	4,33	4,33	4,33	4,33
B69	V(40x40)	Middle	2,57	3,46	2,49	3,35	2,84	3,85	3,28	4,33
B69	V(40x40)	End-J	8,17	4,33	7,91	4,33	9,11	4,35	10,65	5,04
B13	V(40x40)	End-I	4,33	5,98	4,33	5,88	4,33	6,37	4,52	6,93
B13	V(40x40)	Middle	2,76	2,69	2,72	2,65	2,95	2,84	3,21	3,06
B13	V(40x40)	End-J	6,8	4,33	6,69	4,33	7,23	4,33	7,84	4,42
B73	V(40x40)	End-I	4,85	4,65	4,78	4,58	5,13	4,91	5,51	5,32
B73	V(40x40)	Middle	1,95	2,24	1,92	2,21	2,08	2,35	2,26	2,51
B73	V(40x40)	End-J	5,04	4,33	4,96	4,33	5,33	4,45	5,78	4,8
B72	V(40x40)	End-I	4,58	6,42	4,55	6,34	4,77	6,81	4,99	7,29
B72	V(40x40)	Middle	2,96	2,87	2,92	2,84	3,14	3,02	3,35	3,2
B72	V(40x40)	End-J	7,27	4,44	7,18	4,4	7,69	4,63	8,2	4,84
B75	V(40x40)	End-I	5,9	4,92	5,85	4,86	6,18	5,2	6,49	5,56
B75	V(40x40)	Middle	2,4	2,35	2,38	2,33	2,53	2,47	2,68	2,61
B75	V(40x40)	End-J	5,27	5,15	5,2	5,11	5,58	5,4	5,97	5,68
B43	V(40x40)	End-I	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33
B43	V(40x40)	Middle	10,69	4,33	10,58	4,33	11,05	4,33	11,66	4,33
B43	V(40x40)	End-J	17,62	8	17,37	7,9	18,39	8,34	19,65	8,92
B80	V(40x40)	End-I	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33
B80	V(40x40)	Middle	8,59	4,33	8,46	4,33	9,06	4,33	9,94	4,33
B80	V(40x40)	End-J	15,82	7,26	15,48	7,13	16,98	7,74	18,87	8,56
B90	V(40x40)	End-I	2,28	2,28	2,24	2,24	2,4	2,4	2,61	2,61
B90	V(40x40)	Middle	4,33	2,28	4,33	2,24	4,33	2,4	4,66	2,61
B90	V(40x40)	End-J	7,19	4,33	7,07	4,33	7,61	4,33	8,32	4,33
B92	V(40x40)	End-I	5,83	3,78	5,83	3,78	5,83	3,78	5,83	3,78
B92	V(40x40)	Middle	4,33	1,86	4,33	1,86	4,33	1,86	4,33	1,86
B92	V(40x40)	End-J	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86
B94	V(40x40)	End-I	2,3	1,87	2,33	1,87	2,2	1,87	2,02	1,87
B94	V(40x40)	Middle	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
B94	V(40x40)	End-J	5,84	3,79	5,84	3,79	5,84	3,79	5,84	3,79
B95	V(40x40)	End-I	0,57	1,89	0,58	1,89	0,55	1,91	0,51	1,95
B95	V(40x40)	Middle	0,57	2,76	0,58	2,75	0,55	2,8	0,51	2,87
B95	V(40x40)	End-J	2,32	1,15	2,36	1,17	2,22	1,1	2,04	1,02

**Tabla 23. Periodo Fundamental de la 2da Estructura Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes**

<b>Periodo Fundamental de la 2da Estructura del Edificio Civil</b>	
Sin techo verde	0,773
Techo verde Extensivo	0,771
Techo verde Semi-Intensivo	0,784
Techo verde Intensivo	0,793

Como se observa en las tablas 20 y 23 el periodo fundamental de la estructura bajo la inclusión de los diferentes tipos de techos verdes presentan un aumento muy parecido al modelo del edificio bienestar, sin embargo estos sobrepasan el periodo máximo calculado de 0,787s como es el caso con los tipos de techo verde semi-intensivo e intensivo, comprobando de esta forma que las dos estructuraras del edificio civil bajo la inclusión de cargas de techo verde semi-intensivo e intensivo se ven afectadas y no cumplen por rigidez.

**Tabla 24. Derivas Máximas de Piso de la 2da Estructura Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes**

<b>Edificio Civil 2da Estructura</b>							
Sin Techo verde		Techo Extensivo		Techo Semi-Intensivo		Techo Intensivo	
Sentido X							
Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %
N+18,5	0,7078	N+18,5	0,6817	N+18,5	0,7223	N+18,5	0,7741
N+14,65	0,8789	N+14,65	0,8733	N+14,65	0,882	N+14,65	0,893
N+10,75	0,9601	N+10,75	0,9594	N+10,75	0,9604	N+10,75	0,974
N+6,85	0,951	N+6,85	0,9464	N+6,85	0,9534	N+6,85	0,9614
N+0	0	N+0	0	N+0	0	N+0	0
Sentido Y							
Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %	Nivel	Deriva %
N+18,5	0,5474	N+18,5	0,5319	N+18,5	0,556	N+18,5	0,5878
N+14,65	0,7998	N+14,65	0,79	N+14,65	0,8051	N+14,65	0,8261
N+10,75	0,998	N+10,75	0,997	N+10,75	1,012	N+10,75	1,023
N+6,85	0,8324	N+6,85	0,8321	N+6,85	0,8324	N+6,85	0,8346

N+0	0	N+0	0	N+0	0	N+0	0
-----	---	-----	---	-----	---	-----	---

Fuente: Elaboración Propia.

En las tablas de 21 y 24 se puede contemplar que las dos estructuras del edificio civil se ven un poco afectadas bajo los diferentes tipos de techos verdes, y de la misma forma como se observó en el modelo del edificio bienestar las derivas sobrepasan el valor máximo permitido por la norma bajo las cargas de techos verdes semi-intensivo e intensivo.

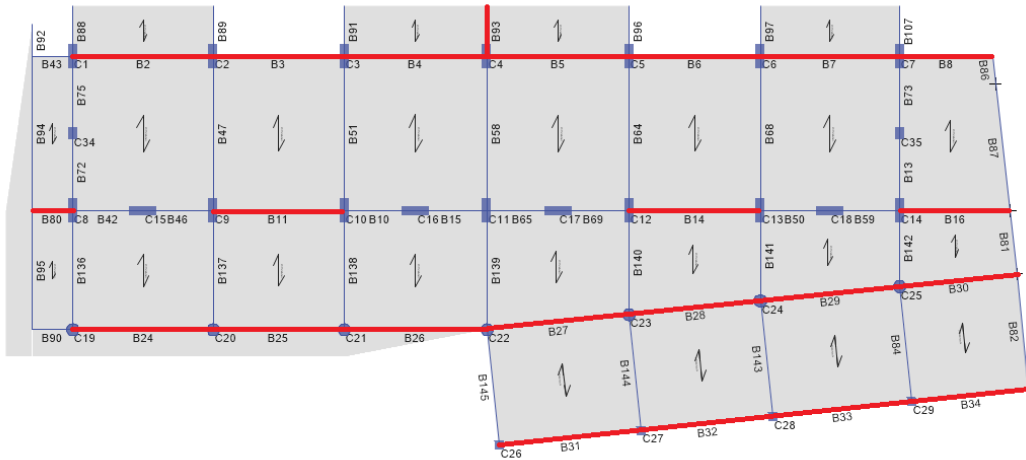
Tabla 25

*Áreas de Acero de las Vigas de la Cubierta de la 2da Estructura Civil para los Distintos Tipos de Techos Verdes*

<b>Tabla comparativa de las áreas de acero</b>										
Vigas de la Cubierta - 2da Estructura Civil			Sin Techo verde		Techo Verde Extensivo		Techo Verde Semi-Intensivo		Techo Verde Intensivo	
Label	Section	Location	As Top cm <sup>2</sup>	As Bot cm <sup>2</sup>	As Top cm <sup>2</sup>	As Bot cm <sup>2</sup>	As Top cm <sup>2</sup>	As Bot cm <sup>2</sup>	As Top cm <sup>2</sup>	As Bot cm <sup>2</sup>
B26	V(45x45)	End-I	17,73	8,25	16,17	7,58	18,65	8,64	22,2	10,11
B26	V(45x45)	Middle	5,34	9,99	4,91	9,09	5,58	10,51	5,61	12,49
B26	V(45x45)	End-J	17,65	8,22	16,09	7,54	18,56	8,61	22,11	10,07
B27	V(45x45)	End-I	12,01	5,74	11,14	5,61	12,52	5,96	14,43	6,82
B27	V(45x45)	Middle	3,98	5,61	3,8	5,61	4,08	5,7	4,45	6,61
B27	V(45x45)	End-J	3,75	6,58	3,49	6,08	3,89	6,86	4,43	7,94
B28	V(45x45)	End-I	3,77	6,72	3,51	6,22	3,91	7,01	4,46	8,12
B28	V(45x45)	Middle	3,77	6,07	3,51	5,61	3,91	6,35	4,46	7,4
B28	V(45x45)	End-J	12,09	5,77	11,21	5,61	12,6	6	14,53	6,86
B29	V(45x45)	End-I	6,31	4,38	5,94	4,14	6,51	4,52	7,27	5,02
B29	V(45x45)	Middle	2,03	4,44	1,92	4,14	2,1	4,61	2,33	5,24
B29	V(45x45)	End-J	5,61	4,15	5,61	3,9	5,61	4,29	5,86	4,81
B30	V(45x45)	End-I	5,61	4,34	5,61	4,07	5,74	4,49	6,46	5,03
B30	V(45x45)	Middle	2,22	4,71	2,09	4,37	2,3	4,9	2,56	5,61
B30	V(45x45)	End-J	6,93	4,5	6,51	4,24	7,16	4,65	8,04	5,2
B31	V(45x45)	End-I	24,27	11,02	21,87	9,97	25,52	11,63	30,21	13,95
B31	V(45x45)	Middle	5,61	15,6	5,61	14,04	5,61	16,51	6,6	20,05
B31	V(45x45)	End-J	24,26	11,02	21,86	9,97	25,52	11,63	30,2	13,94
B32	V(45x45)	End-I	31,56	14,63	28,75	13,21	33,17	15,46	39,5	23,88

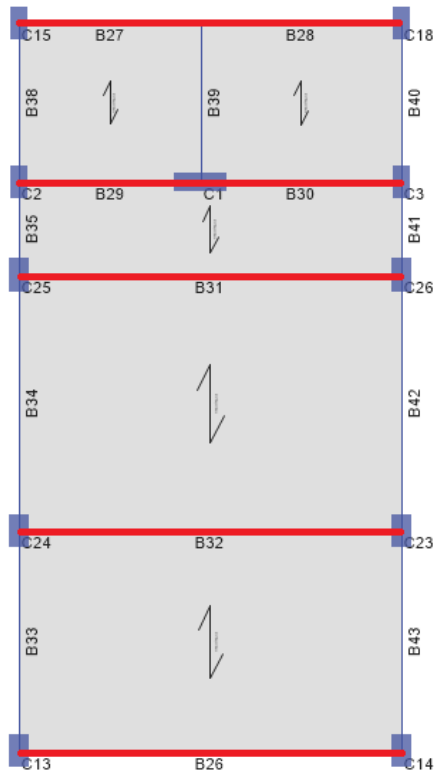
B32	V(45x45)	Middle	6,91	21,56	6,28	19,22	7,27	22,95	8,72	27,42
B32	V(45x45)	End-J	31,46	14,58	28,65	13,16	33,08	15,41	39,41	23,75
B33	V(45x45)	End-I	5,61	3,76	5,61	3,62	5,61	3,84	5,61	4,13
B33	V(45x45)	Middle	1,57	2,26	1,51	2,2	1,61	2,3	1,75	2,42
B33	V(45x45)	End-J	4,86	3,84	4,72	3,68	4,93	3,92	5,2	4,25
B34	V(45x45)	End-I	4,73	3,16	4,62	3,02	4,79	3,24	5,02	3,53
B34	V(45x45)	Middle	1,34	2,37	1,3	2,32	1,35	2,41	1,42	2,53
B34	V(45x45)	End-J	5,46	2,69	5,32	2,62	5,54	2,75	5,61	2,98
B35	V(45x45)	End-I	2,84	5,56	2,72	5,33	2,9	5,61	3,14	5,61
B35	V(45x45)	Middle	2,07	2,32	1,99	2,22	2,11	2,37	2,29	2,56
B35	V(45x45)	End-J	5,59	2,75	5,37	2,65	5,61	2,81	5,61	3,04
B38	V(45x45)	End-I	5,56	4,54	5,4	4,37	5,61	4,63	5,61	4,98
B38	V(45x45)	Middle	1,92	2,42	1,84	2,35	1,96	2,46	2,12	2,6
B38	V(45x45)	End-J	5,44	5,03	5,25	4,85	5,55	5,12	5,61	5,48
B39	V(45x45)	End-I	8,59	5,55	8,01	5,18	8,93	5,61	10,19	5,61
B39	V(45x45)	Middle	5,61	2,73	5,61	2,56	5,61	2,83	6,26	3,21
B39	V(45x45)	End-J	2,73	2,73	2,56	2,56	2,83	2,83	3,21	3,21
B40	V(45x45)	End-I	5,61	5,16	5,61	4,98	5,61	5,26	5,61	5,61
B40	V(45x45)	Middle	2,19	2,68	2,1	2,6	2,24	2,72	2,41	2,88
B40	V(45x45)	End-J	5,61	5,61	5,61	5,48	5,61	5,61	5,61	5,61
B41	V(45x45)	End-I	3,38	5,61	3,24	5,61	3,46	5,61	3,74	5,61
B41	V(45x45)	Middle	2,25	2,57	2,16	2,47	2,3	2,62	2,48	2,83
B41	V(45x45)	End-J	5,61	3,01	5,61	2,89	5,61	3,07	5,61	3,31
B42	V(45x45)	End-I	5,3	3,65	5,17	3,5	5,36	3,73	5,61	4,05
B42	V(45x45)	Middle	1,45	2,56	1,42	2,5	1,47	2,6	1,55	2,73
B42	V(45x45)	End-J	5,61	3,22	5,61	3,09	5,61	3,29	5,61	3,54
B43	V(45x45)	End-I	5,61	4,23	5,61	4,08	5,61	4,32	5,61	4,64
B43	V(45x45)	Middle	1,85	2,52	1,78	2,46	1,89	2,56	2,04	2,7
B43	V(45x45)	End-J	5,28	4,51	5,14	4,33	5,37	4,6	5,61	4,97

En las tablas 22 y 25 se observa que la variación de las áreas de acero en las vigas de la cubierta de los modelos del edificio civil con respecto a los diferentes tipos de techos verdes es muy parecido al del modelo anterior del edificio bienestar, en donde de la misma forma algunos tramos de vigas presentan un aumento de su área de acero y se tiene hasta una diferencia máxima de 2.27cm<sup>2</sup> en tipo semi-intensivo y de 5.68cm<sup>2</sup> en el tipo intensivo con respecto al modelo sin techo verde, en las figuras 15 y 16 se pueden observar los tramos de vigas afectados por el incremento de cargas.



Y

**Figura 15. Tramos de Vigas de la Cubierta del Edificio Civil 1ra Estructura**



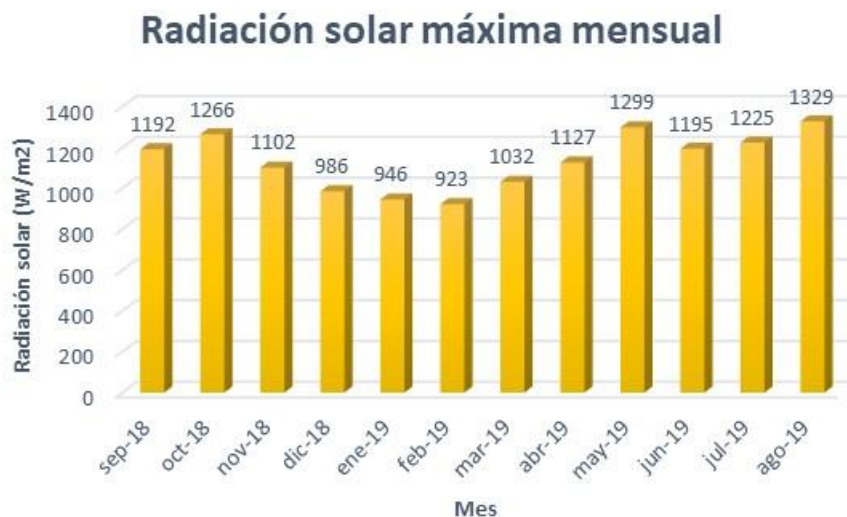
**Figura 16. Tramos de Vigas de la Cubierta del Edificio Civil 2da Estructura**

Una vez terminado y verificado los modelos estructurales de las edificaciones bienestar y civil bajo la inclusión de los diferentes tipos de techos verdes, se logró comprobar que tanto la edificación bienestar como la de civil es posible la implementación del tipo de techo verde extensivo, ya que los modelos no presentaron ningún incumplimiento con respecto a las exigencias de la norma NSR-10, de la misma forma también se determinó que las edificaciones bajo la incorporación de cargas de techos verdes semi-intensivos e intensivos se ven un poco afectadas, llegando a sobrepasar los límites de la NSR-10, concluyendo así que en las edificaciones analizadas es factible la implementación de techos verdes extensivos.

#### **4.2 Resultados de los Factores Climáticos y Medio Ambientales**

##### **Intensidad y duración de exposición solar:**

En la figura 17, se puede observar los valores máximos de radiación solar mensual, que en su mayoría superan los 1000 W/m<sup>2</sup>, siendo el mes de agosto de 2019, el valor de intensidad solar máxima con 1329 watts/m<sup>2</sup> y el mes de febrero con menor intensidad, con un valor de 923 W/m<sup>2</sup>.



**Figura 17. Intensidad de radiación solar máxima mensual**

Así mismo, en la figura 18, se puede apreciar los valores de radiación solar promedio para los 12 meses analizados.

Allí, podemos observar que la duración de exposición solar en el día tiene un intervalo de tiempo de 6:00 am a 7:00 pm, siendo así que la radiación promedio en estas horas del día varía entre los 2 W/m<sup>2</sup> y 993 W/m<sup>2</sup>. También, se puede ver que para los meses de enero y febrero la duración de exposición solar bajo considerablemente, siendo la radiación de 0 W/m<sup>2</sup> de 6:00 am a 7:00 pm.

Además, se puede percibir que las intensidades de radiación máximas se dan en un intervalo de tiempo de 6 horas, entre las 10:00 am hasta las 4:00 pm.



**Septiembre**



**Octubre**



**Noviembre**



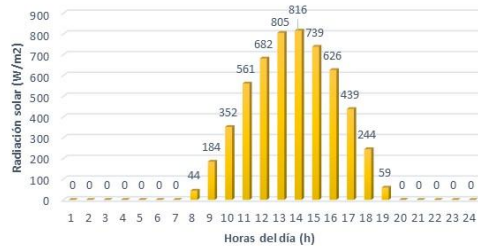
**Diciembre**



**Enero**



**Febrero**



**Marzo**



**Abril**

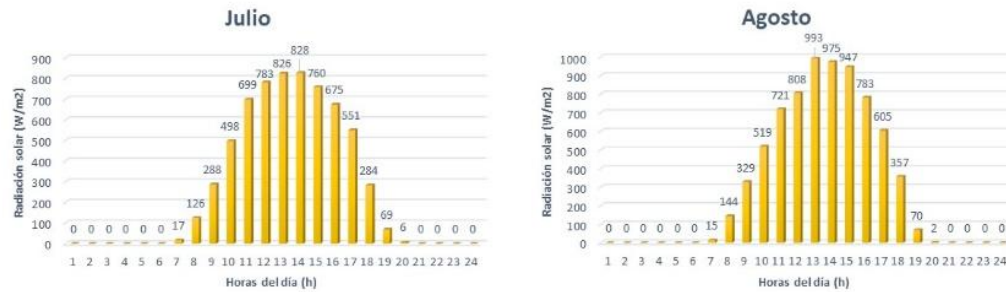


**Mayo**



**Junio**





**Figura 18. Radiación solar promedio por hora para cada mes**

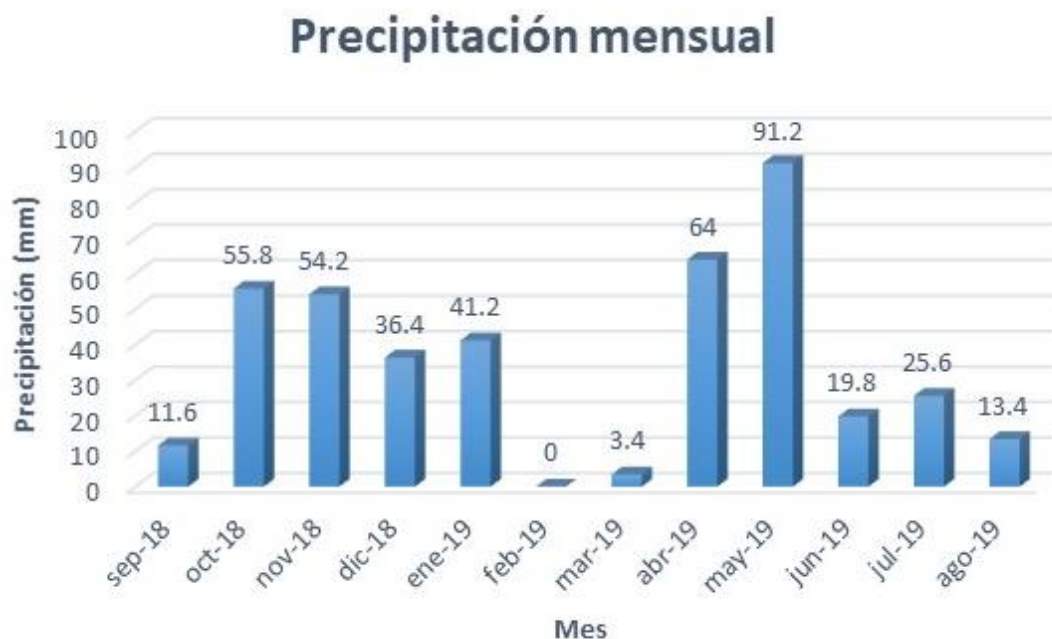
La figura 19 nos muestra el potencial solar que hay en la zona, teniendo un valor promedio de insolación de 5967 W/m<sup>2</sup>/día, además el valor de las horas solar pico promedio es de 5.967 h.



**Figura 19. Insolación promedio mensual**

### Precipitación anual y mensual:

En la figura 20, se puede considerar que la precipitación anual en la zona por los 12 meses analizados es de 416.6 mm, siendo el mes de febrero de 2019 el más seco, con una precipitación mensual de 0 mm, mientras que la máxima es de 91.2 mm en el mes de mayo de 2019. Su precipitación promedio mensual es de 34.72mm.



**Figura 20. Precipitación total mensual**

### Intensidad de lluvia:

El evento de lluvia de máxima intensidad registró un valor de 1645.8 mm/h en el mes de octubre de 2018, con una precipitación de 11.8mm. Ver figura 21.



**Figura 21. Intensidad máxima de eventos de lluvia**

**Cantidad de eventos de lluvia durante el año, mes del año con mayor y menor número de días de lluvia**

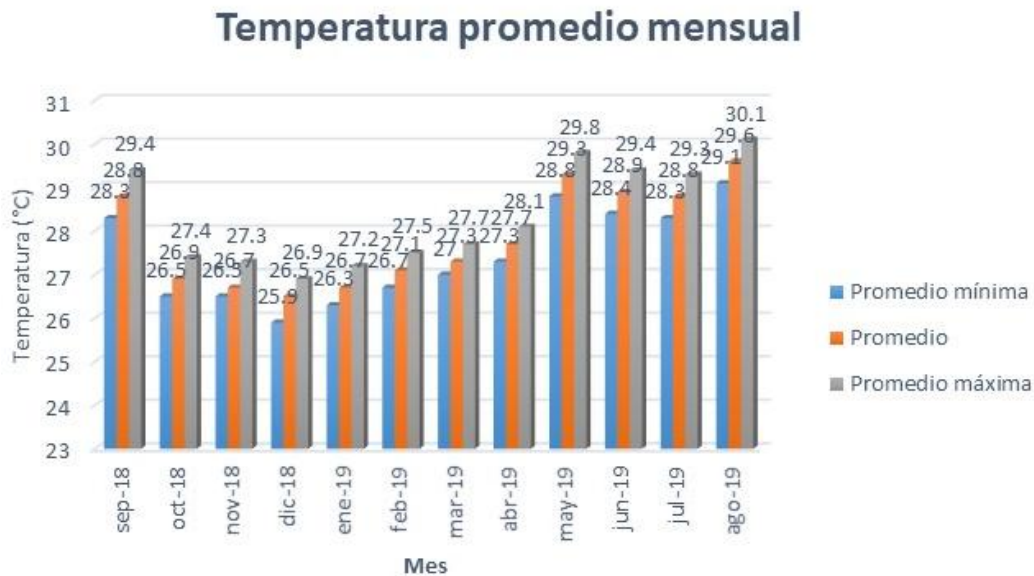
La cantidad de eventos durante el año es de 267, siendo octubre de 2018 el mes con mayor número de días de lluvia, con un total de 25 días, y el mes de febrero de 2019 el más seco, siendo 0 el número de eventos de lluvia. Ver figura 22. Ahora el periodo más largo sin lluvia es de 57 días, tiempo que comprende del 31 enero al 28 marzo del año 2019.



**Figura 22. Número de días con lluvia**

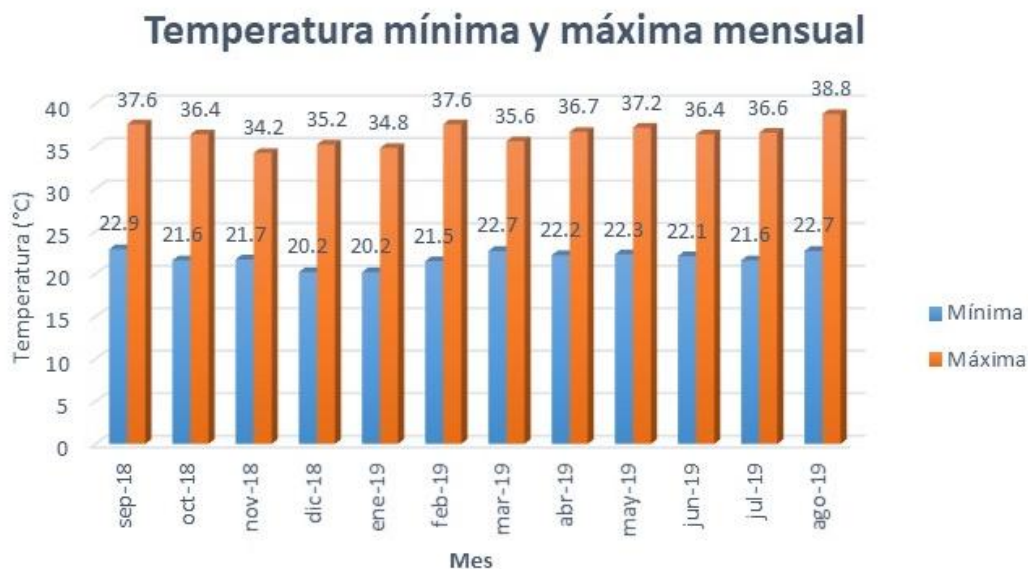
**Temperatura promedio del aire mínima y máxima:**

En la figura 23, se observa que la temperatura mínima promedio es de 25.9 °C para el mes de diciembre y la máxima promedio es de 30.1 °C en agosto. Igualmente, la zona de estudio cuenta con una temperatura promedio de 27.9 °C.



**Figura 23. Temperatura promedio mensual**

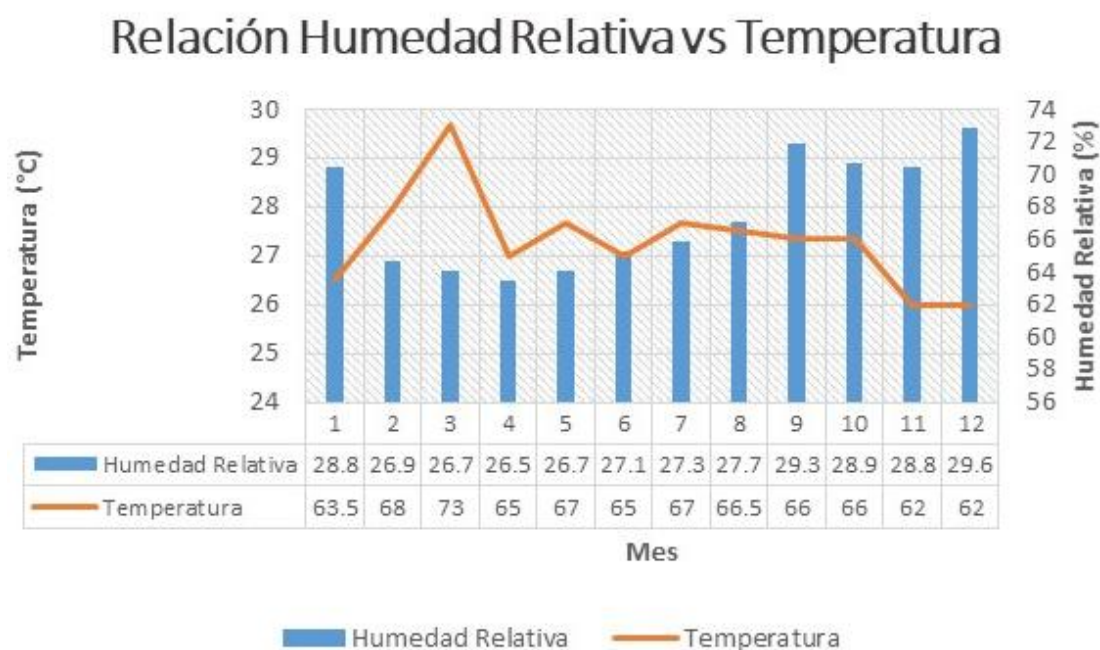
También, en la figura 24 se puede exponer las temperaturas mínimas y máximas de cada mes, en donde la mínima tiene un valor de 20.2 °C registrado en los meses de diciembre y enero, mientras que la temperatura máxima registrada es de 38.8 °C en el mes de agosto.



**Figura 24. Temperatura mínima y máxima mensual**

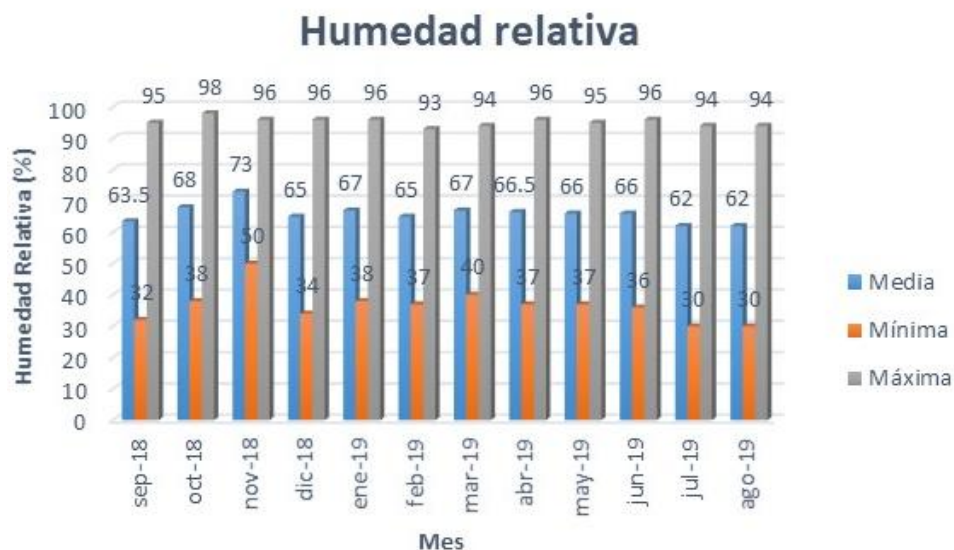
### Humedad relativa:

De acuerdo a los datos analizados, se puede estimar que la humedad varía de acuerdo a la temperatura del aire, así mismo en la figura 25, podemos mostrar la humedad relativa media y la temperatura promedio. Allí se puede observar que la humedad relativa aumenta cuando la temperatura del aire es baja.



**Figura 25. Relación entre Humedad Relativa vs Temperatura**

Ahora, en la zona de estudio la humedad relativa máxima registrada alcanza el 98% para el mes de octubre, mientras que las humedades mínimas se registran para los meses de Julio y agosto, con 30% y una humedad relativa promedio del 66%. Ver figura 26.



**Figura 26. Humedad relativa media, mínima y máxima mensual**

#### Velocidad y frecuencia dominante del viento:

En la figura 27, se pueden ver las velocidades máximas alcanzadas, siendo el valor máximo registrado de 15.6 m/s en el mes de agosto de 2019.



**Figura 27. Velocidad máxima del viento**



La frecuencia dominante del tiempo varía durante el año. En las figuras 28 y 29 se muestra la dirección predominante del viento para cada mes del año, en donde se puede ver que la frecuencia dominante se da en dirección SO (Sur-Oeste) y SSO (Sursuroeste), con porcentajes máximos de 22% y 63% (Agos – 19).

También, se registran vientos con componentes NNE (Nornoreste) y NE (Norte-Este), con un porcentaje máximo de 24% y 25 % (Jun – 19).



**Figura 28. Dirección del viento por mes (Sep. – 18 a Feb. – 19)**



**Figura 29. Dirección del viento por mes (Mar. – 19 a Agos. – 19)**

De acuerdo a los resultados obtenidos podremos decir, que el clima de Cúcuta es un clima estepa local, que en la clasificación climática de Köppen se denomina BSh (Clima Semiárido Cálido). La temperatura promedio es de 27.9 °C, con precipitación anual de 416.6 mm, las cuales son características de este tipo de clima.

En cuanto a los escenarios climatológicos más críticos de la zona de posible implementación o instalación de estos sistemas urbanos de drenajes sostenibles (SUDS), las edificaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander se enfrentan a variables climáticas bastante drásticas.

En base a los resultados obtenidos, podremos concluir que los componentes del Techo Verde van a estar expuestos a extremas temperaturas, en especial la vegetación, que deberá ser lo suficientemente resistente a los largos períodos de exposición solar y altas temperaturas, como

también a largos períodos de sequía. Con esto, también se podrá decir que el sistema necesitará de un riego artificial y de un sistema de captación de aguas lluvias, para así contribuir en reutilizar esta misma agua para el riego de la cobertura vegetal en los periodos de sequía, como también en otros usos que no requieran el consumo de agua potable.

Asimismo, los datos climatológicos y medioambientales nos ayudarán en la correcta elección de los diferentes componentes del sistema, en donde los datos de precipitación e intensidad de lluvia nos permitirá seleccionar el medio drenante más adecuado, como también nos servirá para la correcta dosificación del sustrato, permitiendo el flujo vertical del volumen de agua considerando un escenario de precipitación pico, evitando así la escorrentía sobre la cubierta verde.

Igualmente, la humedad relativa tiene gran influencia sobre el desarrollo y sanidad de las plantas, ya que esta cuando es muy alta atrasa el crecimiento y favorece la aparición de enfermedades, y cuando es baja favorece la fotosíntesis y el crecimiento de la planta, entonces, debido a los altos porcentajes de humedad es de vital importancia el uso de fertilizantes.

Por otro lado, ya que la velocidad del viento máxima registrada es de 15.6 m/s, no superior a los 22 m/s, no será necesario hacer estructuras de soportes para que no afecten a los diferentes diseños de techos verdes y jardines verticales.

De igual forma, los materiales de cada componente del sistema que queden expuestos a la radiación solar deberán ser resistentes a los rayos UV y a la humedad, para así evitar su deterioro.

### 4.3 Techo Verde

#### **Selección del material para los diferentes componentes del sistema:**

Existen innumerables materiales que ofrecen diferentes características dentro y fuera del campo de las Cubiertas Verdes. De acuerdo a esto se hizo una búsqueda en el mercado de los diferentes materiales para las capas que conforma el sistema de Techo Verde, analizando sus especialidades y verificando que cumplan con los requerimientos mínimos de la guía de Techos Verdes de Bogotá, para de esta forma poder seleccionar los materiales que presenten un desempeño más óptimo para cada componente del sistema.

Además, los materiales aquí seleccionados son de origen nacional para de esta manera crear una mejor alternativa económica en su implementación, ahorrando costos de importación. Muchos de estos materiales ya han sido implementados por las diferentes empresas que laboran en la instalación de estos sistemas de Techos Verdes, de esta manera podemos confiar en la calidad, desempeño y eficiencia del material.

**4.3.1 Material para la capa de impermeabilización.** De acuerdo a los requerimientos y sugerencias ya mencionadas anteriormente, hoy en día existe en el mercado nacional una gran variedad de materiales impermeabilizantes que cumplen con el propósito y las exigencias para el cual se requiere. Dentro del campo de las Cubiertas Verdes, los tipos de impermeabilizantes más usados son:

Membrana de PVC (Polivinilo de Cloruro)

Membrana EPDM (Etileno, Propileno y Dieno, tipo M ASTM)

Membrana de TPO (Poliiolefinas Termoplásticas)

Membranas asfálticas

Membranas líquidas

Cada uno de estos materiales tiene ventajas y desventajas, que a la hora de seleccionar el material más óptimo debemos conocer el estado al cual va estar expuesto la capa de impermeabilización y la información técnica del producto.

Seguidamente, mencionaremos dos materiales que ya han sido usados como impermeabilización en los sistemas de Techos Verdes.

**Tabla 26. Materiales para la capa de impermeabilización**

Criterios	Capa de impermeabilización	
	Tipos de impermeabilizante	
	Membrana de PVC (Sarnafil G476 – 15)	Poliurea híbrida (Sikalastic - 851R)
<b>Uso o descripción</b>	Impermeabilizante para cubiertas verdes o que van a llevar un acabado duro encima, para soldar con aire caliente	Membrana de Poliurea – Poliuretano alifática, de dos componentes, de curado muy rápido, flexible, 100% sólidos, de aplicación en caliente. (Membrana líquida)
<b>Material</b>	Polivinilo de Cloruro (PVC)	Híbrido de Poliuretano / Poliurea modificado
<b>Resistencia a rayos UV</b>	No cumple	No cumple
<b>Resistencia a raíces</b>	Cumple	Cumple
<b>Presentación</b>	2 m x 20 m (70 kg)	Componente A: 211 kg (tambor) Componente B: 202 kg (tambor)
<b>Espesor efectivo</b>	1.5 mm	2 mm
<b>Masa por unidad de área</b>	1.75 kg/m <sup>2</sup>	2 kg/m <sup>2</sup>
<b>Reacción al fuego</b>	Clase E	-
<b>Resistencia a Tracción</b>	> 9.0 N/mm <sup>2</sup>	11 N/mm <sup>2</sup>
<b>Elongación a Rotura</b>	> 210%	350%
<b>Compatibilidad</b>	No es compatible con el contacto directo con otros plásticos (EPS, XPS, PUR, PIR o PF). No es resistente a alquitrán, betún, aceites y materiales que contengan solventes	Generalmente resiste a: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bitúmenes</li> <li>▪ Álcalis</li> </ul>

Se opta por la membrana de PVC (Sarnafil G476 – 15), primeramente, porque este material ya ha sido usado en proyectos de Cubiertas Verdes a nivel nacional e internacional. Algunas referencias nacionales son los proyectos: Edificio O – Universidad de los Andes - Bogotá (566 m<sup>2</sup>), Edificio G7 en Connecta - Bogotá (2.000 m<sup>2</sup>), Home Center Calle 80 - Bogotá (2.000 m<sup>2</sup>), Comfenalco - Cartagena (1.500 m<sup>2</sup>), Aeropuerto José María Córdoba - Medellín (2.000 m<sup>2</sup>), Parque Arví - Medellín (4.000 m<sup>2</sup>), EPM - Medellín (2.000 m<sup>2</sup>), entre otros y a nivel internacional: Target Center, Minneapolis - USA (13.700 m<sup>2</sup>) y European Investment Bank - Luxemburgo (3.500 m<sup>2</sup>). Además, este material ofrece un mejor costo beneficio, en cuanto al costo del material por metro cuadrado de área y en su instalación.

De acuerdo a las especificaciones técnicas del material, podemos ver que la capa de impermeabilización no va a requerir de una capa de protección anti raíces, de la misma manera en caso en que este material vaya a quedar expuesto a los rayos UV, requerirá de una capa adicional para su protección. La membrana de PVC seleccionada cumple con los requerimientos mínimos mencionados anteriormente.

En el Anexo 22 se podrá ver la descripción de la implementación de membranas de PVC, Propileno-Etileno o similares con diferentes puntos de encuentro con elementos emergentes. Además, podrá revisar las especificaciones sobre procedimientos constructivos de dichos materiales impermeabilizantes de acuerdo a la Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, 2018.

**4.3.2 Material para la Capa de drenaje.** En la actualidad existen diferentes tipos de medios de drenaje de acuerdo a los materiales y para el sistema de Techos Verdes, hoy en día se utilizan principalmente dos tipos de capas de drenaje:

Láminas de drenaje con diferentes configuraciones geométrica de acuerdo a su propósito y desempeño (Materiales sintéticos).

Material granular y agregados (Materiales con una cierta capacidad de retención de agua, tales como arcilla expandida, grava y gravilla, etc.).

De acuerdo a la sugerencia de guías, se propone implementar el sistema de láminas de drenaje. Principalmente, porque estas a comparación de los materiales granulares no generan mayor carga por metro cuadrado a la estructura, es de fácil instalación y son efectivos para su propósito.

A continuación, en la tabla 26 se describen los diferentes tipos de láminas de drenaje que hay actualmente en el mercado nacional. Cabe aclarar que existen láminas más eficientes, pero debido a que no son de origen nacional no se tomaran en cuenta para dicho proyecto, de igual forma, estas láminas aquí mencionadas nos ofrecen un buen funcionamiento.

Tabla 27. Tipo de Láminas para la capa de drenaje

<b>Capa de drenaje</b>			
<b>Criterios</b>	<b>Tipos de lamina</b>		
	<b>Sika Lamina de Drenaje 32T</b>	<b>Sika Drain MS20</b>	<b>TecDren (Pavco)</b>
<b>Descripción</b>	Geo compuestos para sistema de drenaje con anima nodular para drenaje horizontal	Geo compuestos para sistemas de drenaje con anima nodular para drenaje horizontal y agujeros para drenaje vertical	Lamina drenante + filtro (geotextil no tejido)
<b>Uso</b>	Drenaje	Drenaje y almacenamiento del agua. Además, garantiza la ventilación de las raíces de las plantas	Filtración y drenaje del agua, reteniendo las partículas del suelo
<b>Material</b>	Polietileno de alta densidad (HDPE)	Polietileno de alta densidad (HDPE)	Polietileno de alta densidad (HDPE)
<b>Resistencia mecánica, impacto y abrasión</b>	Si	Si	Si
<b>Resistencia química y al ataque de las raíces</b>	Si	Si	Si
<b>Genera putrefacción</b>	No	No	-
<b>Presentación</b>	2 m x 25 m	2 m x 20 m	2 m x 20 m
<b>Peso</b>	-	1000 gr/m <sup>2</sup>	500 gr/m <sup>2</sup>
<b>Espesor</b>	0.44 mm	1 mm	-
<b>Altura de nódulos</b>	7 mm	20 mm	8 mm
<b>Nódulos por m<sup>2</sup></b>	-	400	-
<b>Resistencia al aplastamiento</b>	32 Ton/m <sup>2</sup>	150 kN/m <sup>2</sup>	200 kN/m <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la tracción</b>	-	9 kN/m	-
<b>Alargamiento a carga máxima</b>	-	20%	-
<b>Capacidad de drenaje</b>	4.6 L/m <sup>2</sup> /s	10 L/m <sup>2</sup> /s	-



Así mismo, mostrando los diferentes tipos de láminas de drenaje, cada uno con funciones similares, se opta por seleccionar la lámina tipo Sika Drain MS20, ya que nos ofrece no solo su función de drenaje horizontal y vertical, sino también la de almacenamiento de agua. Además, esta ofrece una mayor capacidad de drenaje y garantiza la ventilación de las raíces de las plantas.

**4.3.3 Material para la capa filtrante.** Siguiendo las recomendaciones ya expuestas para la capa filtrante y de acuerdo a su funcionamiento, se opta por seleccionar el Geotextil no tejido como medio filtrante ya que es de uso común y el más recomendado para los sistemas de Techos Verdes. A continuación, se describe el Geotextil Sika PP 1800/2500, de origen nacional y usado por las diferentes empresas que instalan este tipo de sistema. Este geotextil cumple con los requerimientos mínimos expuestos por la guía de Techos Verdes de Bogotá.

**Tabla 28. Material para la capa de filtración**

<b>Material para la capa de filtración</b>		
<b>Criterios</b>	<b>Geotextil Sika</b>	
	<b>PP 1800</b>	<b>PP 2500</b>
<b>Uso o descripción</b>	Es una membrana sintética no tejida 100% de polipropileno, permeable que sirve como protección de las membranas de impermeabilización cuando quedan expuestas al punzonamiento por crestas en el concreto o superficies muy irregulares, además se usa como medio filtrante en sistemas de techos verdes, evitando así el paso de los finos.	
<b>Ventajas</b>	Buena resistencia a raíces, químicos y a la contaminación por hongos, no genera putrefacción, no contamina los acuíferos, fácil colocación y sistema económico de protección	
<b>Presentación</b>	1.8 m x 100 m	
<b>Espesor</b>	1,5 mm	2,5 mm
<b>Unidad de peso</b>	145 gr/m <sup>2</sup>	230 gr/m <sup>2</sup>
<b>Resistencia al Punzonamiento Estático</b>	250 N	390 N
<b>Resistencia a tensión</b>	450 N	730 N
<b>Elongación</b>	> 50 %	> 50 %

**Sustrato:**

En cuanto al sustrato, se deberá tener en cuenta los requerimientos y recomendaciones descritas anteriormente. La combinación deberá ser 20% de materia orgánica y 80% de contenido mineral, que se caracterice por tener buen drenaje, capacidad de retención de agua sugerido y por ser liviano.

El sustrato dependerá de la vegetación que se vaya a plantar, permitiendo una buena penetración y desarrollo de las raíces, garantizando su máximo desarrollo.

La altura del sustrato deberá estar entre 5 a 15 cm, ajustándose a las necesidades de la vegetación. Algunos sustratos comúnmente usados son:

**Sustrato orgánico:**

Humus

Compost

Turba (negra o rubia)

Fibra de coco

**Sustrato inorgánico o mineral:**

Arcilla expandida

Vermiculita

Perlita

Piedra pómez

Arena de río (limpia, sin raíces o semillas)

Zeolita

Minke (2004), nos hace una recomendación: Para verdeados extensivos con césped pobre, hierbas silvestres y Sedum, es conveniente que el sustrato no contenga demasiado humus. Si para esto se utiliza tierra de suelo, este no tiene que ser muy arcilloso. En general deberá ser empobrecido con arena. No debería tener más de 20% de arcilla y limo. Es recomendable, empobrecer la tierra madre con 25 hasta 75% de minerales livianos de granulometría 0-16 mm. Para esto se adaptan bien, por ejemplo, piedra pómez, lava, pizarra expandida, arcilla expandida partida y material reciclado de ladrillos porosos de arcilla y piedra pómez.

**4.3.4 Selección de la vegetación.** Para seleccionar las especies vegetales, hay que resaltar que el tipo de techo verde seleccionado es un sistema de naturación extensiva en donde la altura del sustrato será de 5 a 15 cm.

Otro factor determinante a la hora de elegir la vegetación adecuada son las condiciones climáticas de la zona, y de acuerdo a los análisis realizados, la vegetación deberá resistir a las altas temperaturas, a largos periodos de tiempo de exposición solar y a largos periodos de sequía.











Para (Minke, 2004, pág. 50), si por motivos de peso solo son posibles los pequeños espesores de sustrato, se deberá renunciar a un denso y alto colchón de vegetación. Para espesores de 5 a 8 cm entran en la duda principalmente los tipos de Sedum, y en parte también los tipos de Sempervivum. Para estos casos existe una gran variedad de las cuales algunas están representadas en la tabla 28.

Los tipos de Sedum y de Sempervivum pertenecen a las suculentas, que almacenan agua en los brotes y en las hojas y pueden reducir fuertemente la evaporación. Se adaptan por ese motivo especialmente a lugares soleados.

**Tabla 29. Listado de plantas para el sistema de Techo Verde Extensivo**

<b>Plantas resistentes a sequías</b>		
<b>Crasuláceas</b>	<b>Liliaceas</b>	<b>Gramíneas</b>
Sedum acre	Allium atropurpureum	Bromus tectore
Sedum album	Allium flavum var. minus	Carex humilis
Sedum anacampseros	Allium montanum	Carex ornithopoda
Sedum caudicola	Allium oreophilum	Festuca puntoria
Sedum cyaneum	Allium schoenoprasum	
Sedum ewersii		
Sedum floriferum		
Sedum hispanicum		
Sedum hybridum		
Sedum kamtschaticum		
Sedum Krajiniae		
Sedum lydium		
Sedum reflexum		
Sedum selskianum		
Sedum sexangulare		
Sedum spurium		
Sempervivum arachnoideum		
Sempervivum montanum		
Sempervivum tectorum		

**Tabla 30. Listado de Plantas para Techo Verde Extensivo**

Plantas para sistema de Techo Verde Extensivo			
Nombre científico: Sedum album		Nombre científico: Sedum lydium	
Nombre común: Uva de gato		Nombre común: Sedum lydium	
Nombre científico: Sedum acre		Nombre científico: Sedum hispanicum	
Nombre común: Panpajarito		Nombre común: Sedum hispanicum	
Nombre científico: Sedum reflexum		Nombre Científico: Sempervivum arachnoideum	
Nombre común: Uña de gato		Nombre común: Siempreviva de arañas	
Nombre Científico: Sedum spurium		Nombre científico: Sempervivum montanum	
Nombre común: Sedo bastardo		Nombre común: Sempervivum montanum	
Nombre científico: Sedum sexangulare		Nombre científico: Sempervivum tectorum	
Nombre común: Sedum sexangulare		Nombre común: Baba de bebe	

De acuerdo a la referencia de varios autores, la vegetación más adecuada y una de las más utilizadas para cubiertas verdes es el Sedum, un género de planta suculenta de la familia Crasuláceas, es una planta con sistema radicular, tiene raíces superficiales, y esto lo hace apta para sustratos de poca altura, un requisito para una cubierta extensiva.

Además, su mantenimiento es bajo, es resistente a enfermedades, sequía y al ataque de insectos. También, es capaz de sobrevivir en condiciones extremadamente secas.

Igualmente, las gramíneas, las cactáceas y las liliáceas son familias de plantas que debido a sus características cumplen con los requisitos para ser tenidas en cuenta en un sistema de naturación extensivo.

Cabe resaltar que las plantas aquí mencionadas a pesar de que son muy adecuadas y recomendadas para ser instaladas en estos sistemas de Techos Verdes, no hay un estudio donde se pueda certificar la viabilidad de adaptación de estas especies debido a las condiciones climáticas de la zona, pues la mayoría de documentación y estudios sobre el uso de las plantas para sistemas extensivos, se encuentran para climas diferentes a los de la zona local y es debido a que la mayoría de estos sistemas han sido implementados en regiones con climas diferentes al que se tiene en Cúcuta. Por esto, se recomienda realizar estudios que analicen sobre la adaptabilidad de estas especies vegetales y otras, en climas semiáridos, así como también el análisis de las plantas nativas para estos sistemas. De igual forma es necesario aclarar que no es recomendable la utilización de una sola especie vegetal en sistemas extensivos.

**4.3.5 Sistema de riego y captación de agua pluvial.** Se recomienda un sistema de riego localizado por goteo (superficial o subterráneo), este no deberá exceder la capacidad de absorción del sustrato para así evitar la escorrentía superficial del agua. El riego dependerá del tipo de plantas seleccionadas, de la climatología y de las características del sustrato, ya que este determina la cantidad de almacenamiento de agua y la dificultad con que las plantas lo sustraen. Por lo general en sistemas de naturación extensiva el riego es bajo, pero debido a las condiciones climatológicas y a los largos periodos de sequía se requería un riego para su supervivencia.

De igual manera, según las recomendaciones para cubiertas con áreas mayores a 50 m<sup>2</sup> sería viable el diseño e instalación de un sistema de riego.

Así mismo se podría recomendar un sistema de captación de agua pluvial, para el almacenamiento y reutilización, y así satisfacer las necesidades de riego durante los periodos de sequía. En caso de que el tanque de almacenamiento o aljibe se encuentre desabastecido, podrá ser recargado con agua de la red. Igualmente, en caso en que la lluvia sea muy abundante, se podrá utilizar el agua para otros usos que no requiera agua potable como lo son sanitarios, orinales, etc. Con la implementación de este sistema los proyectos se hacen sostenibles.

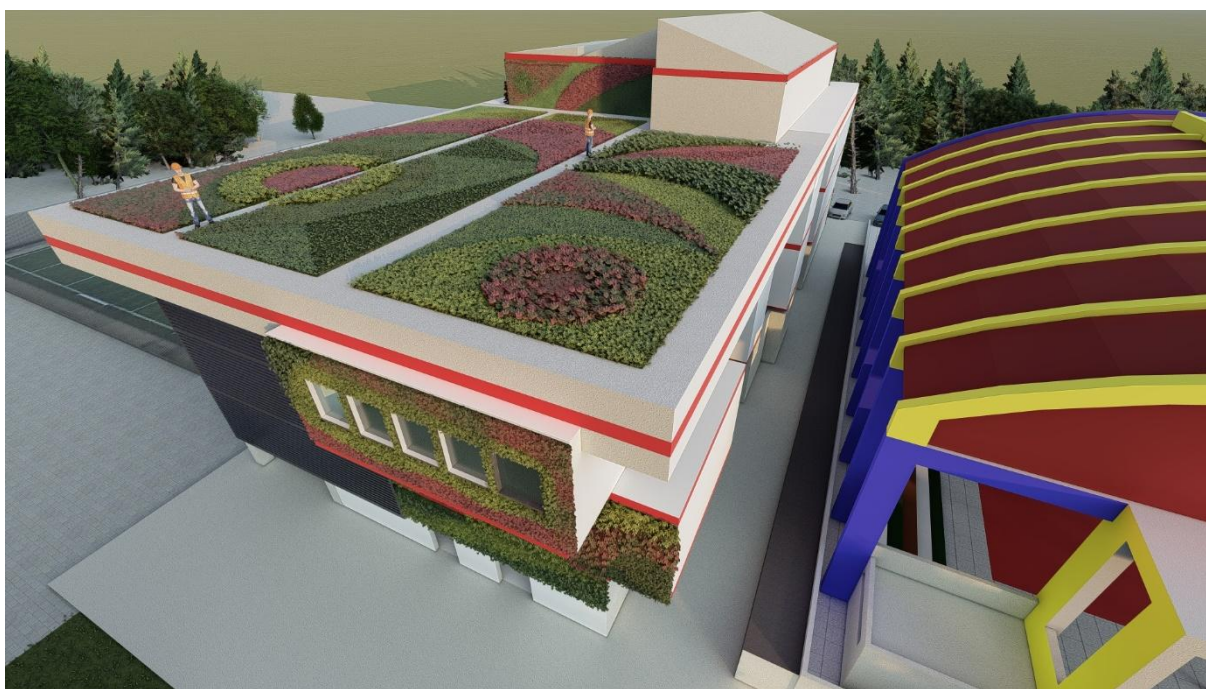
**4.3.6 Diseño del techo verde.** El área total que tendrá el diseño Techo Verde será de, 1037m<sup>2</sup> para la edificación de Civil y de 430m<sup>2</sup> para la edificación de Bienestar, para un total de 1467m<sup>2</sup>, de los cuales 917m<sup>2</sup> será vegetación y los otros 550m<sup>2</sup> serán senderos en gravilla. A continuación, se muestran unas visualizaciones del diseño.



**Figura 30. Visualización Techo Verde Edificio Bienestar**



**Figura 31. Visualización Techo Verde Edificio Bienesta**



**Figura 32. Visualización Techo Verde Edificio Bienestar**

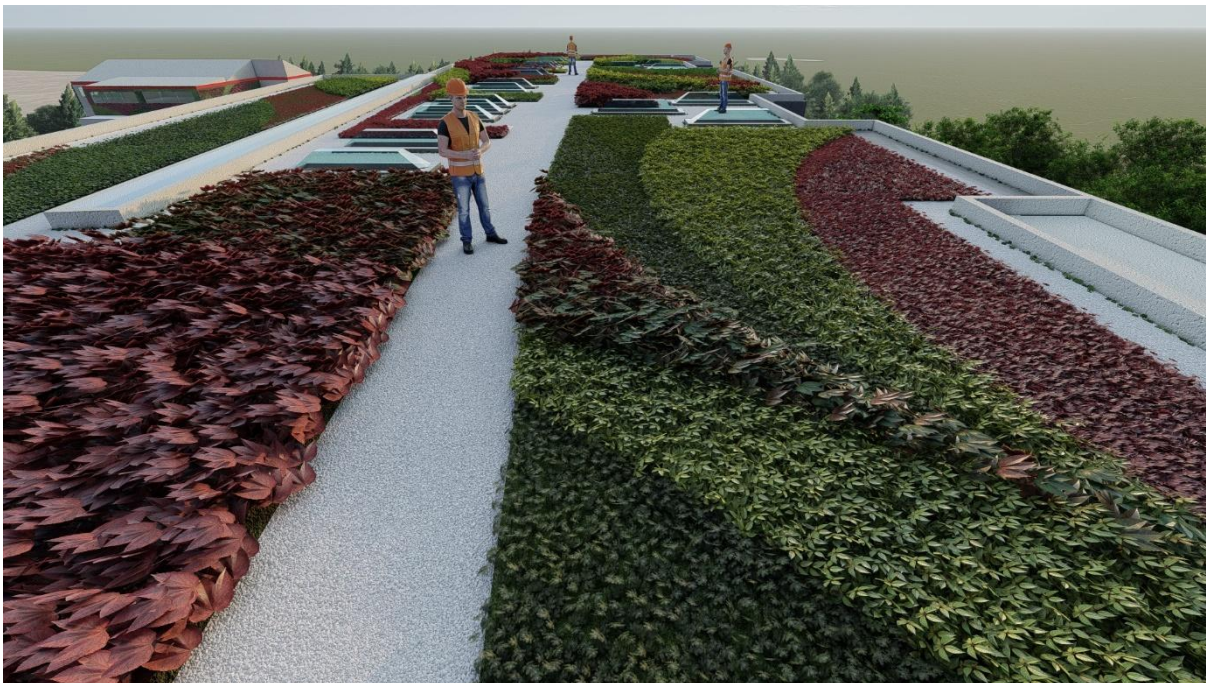




**Figura 33. Visualización Techo Verde Edificio Bienestar**



**Figura 34. Visualización Techo Verde Edificio Civil**



**Figura 35. Visualización Techo Verde Edificio Civil**



**Figura 36. Visualización Techo Verde Edificio Civil**



**Figura 37. Visualización Techo Verde Edificio Civil**



**Figura 38. Visualización Techo Verde Edificio Bienestar**

## 4.4 Jardín Vertical

Como se mencionó en el capítulo anterior para los componentes estables se decidió trabajar con dos tipos de técnicas en las cuales se describirán a continuación.

**4.4.1 Sistema modular Naturpots.** Recomendado por Paisajismo Urbano (Solano, 2020), este sistema brinda infinitas posibilidades de distribución, adaptándose a las necesidades específicas de diseño, tanto para lograr formas rectas o angulares como para crear efectos curvos o circulares. Una de las características de este sistema es que es ecológico, y está totalmente realizado en polipropileno reciclado, su sistema de riego integrado facilita el suministro de agua, y sus macetas extraíbles hacen más sencilla cualquier intervención necesaria, se encuentra compuesto por:

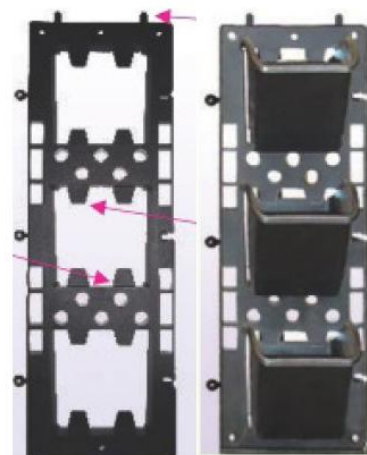
Una primera capa formada por un marco de polipropileno NaturPots de reciclaje, con dimensiones 471x156x15mm. Anclado al elemento vertical mediante tornillería.

Una segunda capa formada por tres recipientes/macetas NaturPots de polipropileno de reciclaje, con dimensiones 155x125x145mm. Encajado en el marco de la primera capa. Cada maceta tiene una capacidad de 1,25 litros de tierra, en la que contiene los sustratos.

Una última capa de cobertura vegetal formada por las especies seleccionadas según las características de la obra.

Incorpora un sistema de riego NaturPots con temporizador mediante tuberías de polietileno de 12mm de diámetro.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
<b>Dimensiones:</b>	155mm (ancho); 470mm (alto); 160 mm (espesor) 14 módulos / m <sup>2</sup>
<b>Set:</b>	Incluye 1 marco y 3 recipientes <b>1,25 litros de tierra por maceta</b>
<b>Material:</b>	Polipropileno de reciclaje
<b>Accesorios:</b>	20 tornillo y 15 cordones de plástico



**Figura 39. Especificaciones Técnicas sistema modular Naturpots**

Fuente: Paisajismo Urbano, s.f.



**Figura 40. Sistema Naturpots**

Fuente: Paisajismo Urbano, s.f.



**Figura 41. Estructura modular Naturpots**

Fuente: Paisajismo Urbano, s.f.



## **Figura 42. Jardín vertical con sistema modular Naturpots**

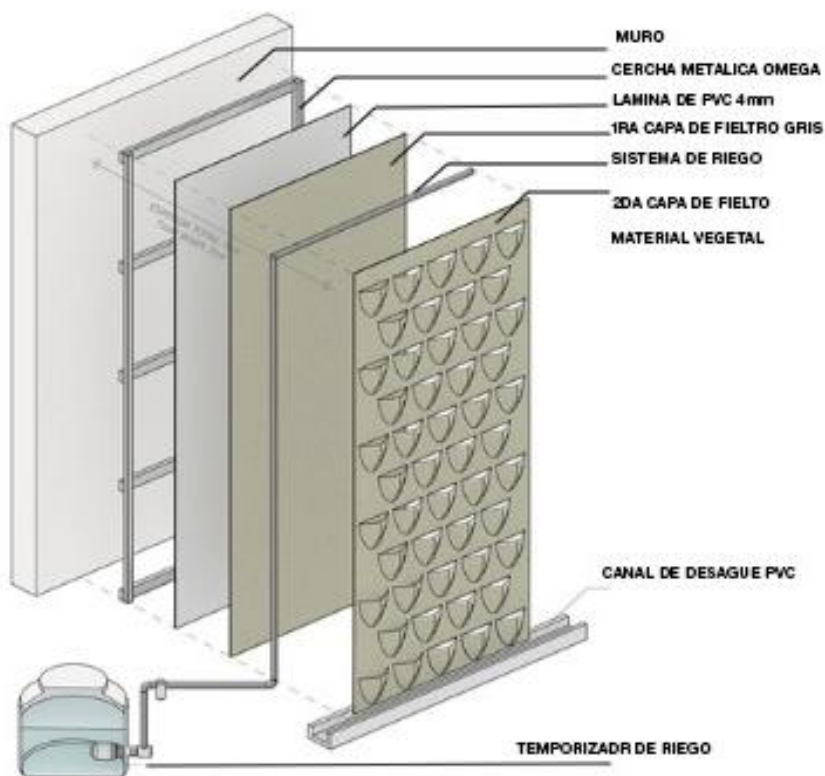
Fuente: Paisajismo Urbano, s.f.

**4.4.2 Sistema con capas fieltro.** Este sistema no requiere de estructuras diseñadas específicamente para la creación del jardín vertical, ya que se compone de materiales que son fabricados para otros usos industriales, por lo que depende del proceso constructivo para que el conjunto de estos materiales cumpla con los requerimientos necesarios del jardín vertical. Los materiales por los que se componen son:

Cercha metálica omega: para la creación del marco de soporte del jardín vertical, esta cercha omega es atornillada al muro con unos chasos, creando así marcos con unas dimensiones de 50cmx50cm.

Lamina de PVC de 4mm: esta lámina de PVC cumple con la función de capa impermeabilizante y capa anti raíces, se sujeta a la estructura creada con cercha omega y se sellan las uniones para evitar una posible filtración de humedad.

Dos capas de fieltro: estas capas de fieltro guardan la humedad sin pudrirse y permite la realización de compartimientos para el sustrato de las plantas, se empieza instalando la primera capa sobre la lámina de PVC, para posteriormente ir grapando y haciendo unos pequeños cortes a la otra capa de fieltro, creando así un espacio entre las dos capas como una bolsa donde se colocarán las raíces con sustrato, en la figura se observan estos componentes.



**Figura 43. Detalle Jardín Vertical con Técnica de Filtro**

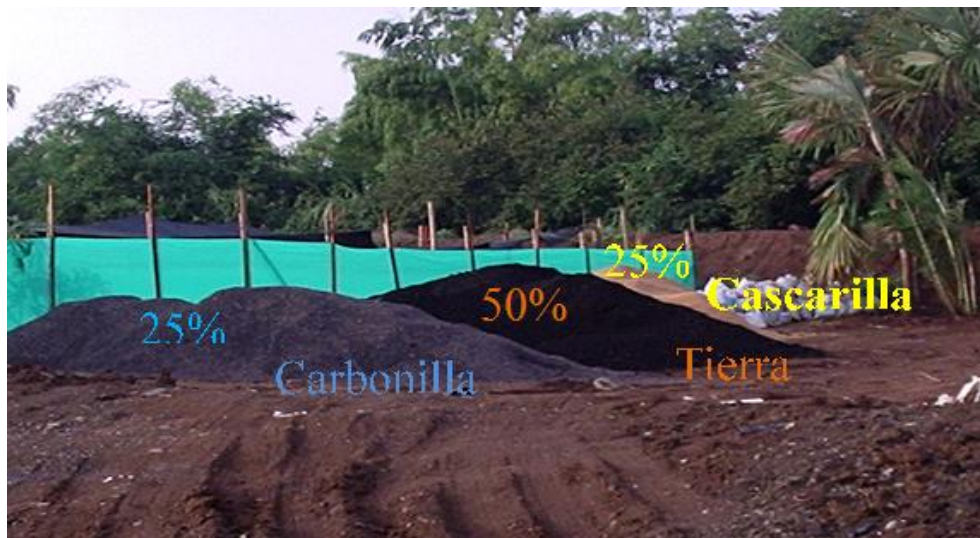


A continuación se presentan algunas recomendaciones que nos hace el paisajista (Calonje Daly, 2010)

**Nutrición:** ya que las plantas están creciendo en poca tierra las necesidades de nutrientes son grandes y constantes. Las demandas pueden llegar a un equivalente de unos 40gr de 10-30-10 por m<sup>2</sup> cada 2 meses. Se recomienda aplicar fertilizante foliar nebulizado cada 2 semanas a razón de 2gr de fertilizante foliar por litro de agua.

**Plagas y enfermedades:** los insectos chupadores y la palomilla tiende a ser un problema constante. El aceite de neem al 5% mezclado con el jabón de coco líquido al 2% forma una combinación sana, equilibrada y efectiva para su control. En caso de no lograrse control adecuado con estos productos se puede aplicar furadan granulado a razón de 3gr por planta.

**Sustrato:** las mezclas de suelo deben ser muy livianas y al mismo tiempo tener una capacidad de retención de agua y nutrientes grandes. Se recomienda composta mezclada con cascara de arroz y tierra en partes iguales. Es importante ajustar el pH a 6.0 para mejorar la solubilidad de elementos menores.













**Figura 44. Dosificación de Sustrato**

Fuente: Paisajista Alvaro Calonje, s.f.

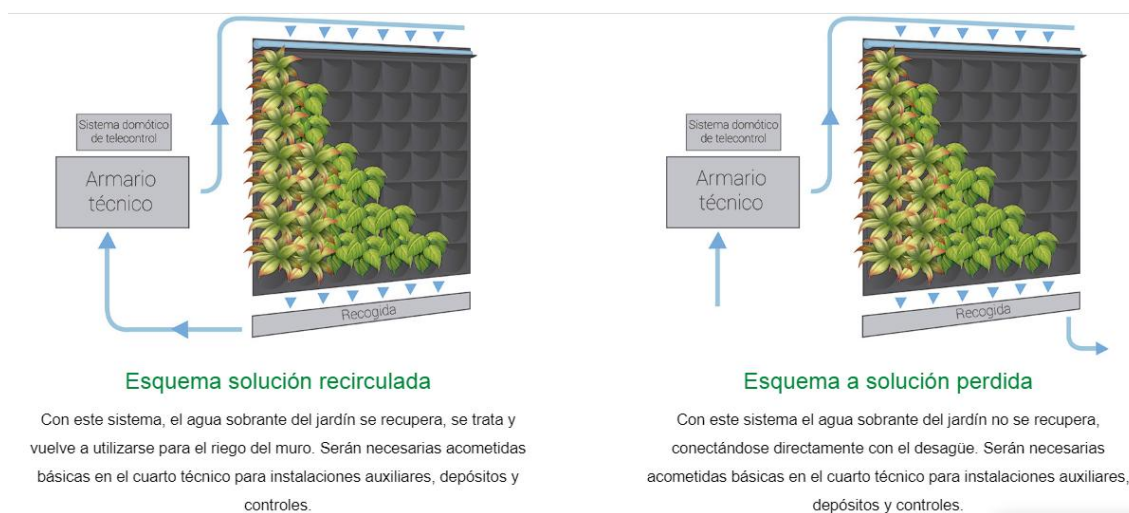
Vegetación: Teniendo en cuenta las condiciones por las que estará expuesto el jardín vertical, se seleccionó un grupo de plantas que se han usado en proyectos similares y han tenido un comportamiento positivo bajo las mismas condiciones climatológicas y de diseño. A continuación, en la tabla 31 podemos encontrar estas especies.

Tabla 31. Vegetación Jardín Vertical

Lista de Plantas Seleccionadas para el Jardín Vertical			
Hemigraphis colorata. Nombre común: Hemigrapis		Nombre científico: Alternanthera Nombre común: coqueta	
Nombre científico: La búgula (Ajuga reptans), Nombre común: consuelda media		Nombre científico: Heterocentron Nombre común: Caña agria	
Nombre científico: Hedera helix L. Nombre común: Hiedra.		Nombre Científico: Lysimachia nummularia. Nombre común: Planta del dinero	
Nombre Científico: Duranta repens Nombre común: Tala Blanco		Nombre científico: Cissus Nombre común: Roiciso	
Nombre científico: Russelia equisetiformis Nombre común: lágrimas de Cupido		Nombre científico: Vriesia Nombre común: Pluma de indio	

Sistema de riego: se recomienda un sistema de riego por goteo, debido al bajo caudal, entrega de agua controlada y compensación de los emisores a diferentes alturas. Debemos contar con una

fuente confiable y presurizada de agua, que permita distribuir el agua en altura y dentro de los rangos de funcionamiento de los goteros. El riego por goteo consta de ramales con goteros que pueden ser instalados en la línea o pueden estar integrados como con el que cuenta paisajismo urbano. Deben ser compensantes para que tengan una emisión uniforme de agua. El caudal recomendado es de 1 – 2 L/h. Se debe sumar el caudal de todos los emisores y verificar que la acometida entrega ese caudal, sí no es así, se debe dividir el área regada hasta tener sectores cuyo caudal sea menor a este. En este caso el diseño contara con un sistema de recirculación para evitar el alto consumo de agua.



**Figura 45. Esquemas de circulación del riego**

**4.4.3 Diseño del jardín vertical.** El área total que tendrá el diseño del jardín vertical será de, 419m<sup>2</sup> para la edificación de Civil y de 242m<sup>2</sup> para la edificación de Bienestar, para un total de 661m<sup>2</sup>. A continuación se muestran unas visualizaciones del diseño.



**Figura 46. Visualización Jardín Vertical de la Fachada Norte Edificio Bienestar**



**Figura 47. Visualización Jardín Vertical de la Fachada Sur Edificio Bienestar**



**Figura 48. Visualización Jardín Vertical de la Fachada Sur Edificio Bienestar**



**Figura 49. Visualización Jardín Vertical de la Fachada Norte Edificio Civil**



**Figura 50. Visualización Jardín Vertical del Edificio Civil**



**Figura 51. Visualización Jardín Vertical del Edificio Civil**



**Figura 52. Perspectiva Norte-Oeste Jardín Vertical del Edificio Civil**



**Figura 53. Visualización Jardín Vertical de la Fachada Norte Edificio Civil**



#### 4.5 Estimación del Presupuesto de Implementación y mantenimiento

Para la determinación del presupuesto del techo verde se tuvo en cuenta el costo de cada fase constructiva con los materiales seleccionados anteriormente, estos presupuestos se muestran a continuación.

##### 4.5.1 Presupuesto de techo verde extensivo. Como se muestra a continuación:

**Tabla 32. Costo de Diseño de Techo Verde**

<b>Diseño del Techo Verde</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Diseño del Techo Verde	1	Diseño	\$ 2.500.000,00	\$ 2.500.000,00
Selección de especies	1	Estudio	\$ 500.000	\$ 500.000,00
Subtotal - Diseño del Techo Verde				\$ 3.000.000,00

**Tabla 33. Costo de Retenedor Perimetral del Techo Verde**

<b>Retenedor Perimetral</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Retenedor en perfilaría	519	ml	\$18.800,00	\$ 9.757.200,00
Instalación	519	ml	\$ 3.990,00	\$ 2.070.810,00
Subtotal - Retenedor perimetral				\$ 11.828.010,00

**Tabla 34. Costo de la Capa Impermeabilizante del Techo Verde**

<b>Capa Impermeabilizante</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Membrana de PVC (Sarnafil G476 - 15)	1467	m2	\$ 48.772,50	\$ 71.549.257,50
Geo textil (Sika PP1800)	1467	m2	\$ 3.745,35	\$ 5.494.428,45
Sikaplan Perfil de borde	386	ml	\$ 5.982,00	\$ 2.309.052,00
Sellador de bordes (Sikaflex-11FC)	111	Unidad	\$ 26.413,00	\$ 2.931.843,00
Instalación	1467	m2	\$ 13.566,00	\$ 19.901.322,00
Subtotal - Capa Impermeabilizante				\$110.536.410

**Tabla 35. Costo de la Capa Drenante del Techo Verde**

<b>Capa Drenante</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Lamina drenante Sika Drain MS20	917	m2	\$ 36.235,50	\$ 33.227.953,50
Instalación	917	m2	\$ 3.990,00	\$ 3.658.830,00
Subtotal - Capa Drenante				\$ 36.886.783,50

**Tabla 36. Costo de la Capa Filtro del Techo Verde**

<b>Capa de Filtro</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Geotextil (Sika PP1800)	917	m2	\$ 3.745,35	\$ 3.434.485,95
Instalación	917	m2	\$ 3.990,00	\$ 3.658.830,00
Subtotal - Capa de Filtro				\$ 7.093.315,95

**Tabla 37. Costo de Sustrato del Techo Verde**

<b>Capa Sustrato</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Sustrato	92	m3	\$ 320.000,00	\$ 29.440.000,00
Instalación	917	m2	\$ 3.990,00	\$ 3.658.830,00
Subtotal - Capa Sustrato				\$ 33.098.830,00

**Tabla 38. Costo de la Vegetación del Techo Verde**

<b>Vegetación</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Vegetación	22925	planta	\$ 5.000,00	\$ 114.625.000,00
Instalación	22925	planta	\$ 446,88	\$ 10.244.724,00
Subtotal - Vegetación				\$ 124.869.724,00

**Tabla 39. Costo de Sistema de Riego del Techo Verde**

Detalle	Sistema de riego			
	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Sistema de riego de goteo: Manguera de 16mm, Tapones de manguera 16mm, Codos y pieza T, Sujetadores de manguera de 16mm, Abrazadera de metal, Válvula check a 1", Conector hembra a manguera de 16mm, Goteros Autoajustables, Tubería de recolección.	917	m2	\$ 25.086,36	\$ 23.004.192,12
Tanque de Agua 1000L	5	Unidad	\$ 372.900,00	\$ 1.864.500,00
Bomba dosificadora	5	Unidad	\$ 1.200.000,00	\$ 6.000.000,00
Instalación	917	m2	\$ 9.310,00	\$ 8.537.270,00
Subtotal - Sistema de riego				\$ 39.405.962,12

**Tabla 40. Costo de Complementos del Techo Verde**

Detalle	Complementos			
	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Zona dura: Gravilla	55	m3	\$ 40.000,00	\$ 2.200.000,00
Filtros, sifones y retenedores de gravilla	20	Unidad	\$ 100.000,00	\$ 2.000.000,00
Instalación	550	m2	\$ 4.655,00	\$ 2.560.250,00
Subtotal - Complementos				\$ 6.760.250,00

Costo total del techo verde para las edificaciones de Civil y Bienestar es de \$ 365.032.778,52

Costo total del jardín vertical Técnica con Filtro más A.I.U

**Tabla 41. Total de A.I.U Techo Verde**

	<b>A.I.U</b>	
Administrativos	8%	\$ 29.202.622,28
Imprevistos	4%	\$ 14.601.311,14
Utilidad	5%	\$ 18.251.638,93
IVA/Utilidad	19%	\$ 3.467.811,40
Total		\$ 65.523.383,74

El costo total para construir el techo verde es de, \$ 304.353.606,18 para la edificación de civil y de \$ 126.202.556,08 la edificación de Bienestar, para un total de \$ 441.798.260,41, siendo el costo por m2 de techo verde igual a \$ 293.494,32.

**4.5.2 Presupuesto de jardín vertical.** Para el costo de implementación se determinaron dos estimados, uno para la técnica modular Naturpots de paisajismo urbano, y otro para la técnica con capas de fieltro, teniendo en cuenta todas las fases constructivas. Estos estimados se presentan a continuación.

#### **Costo de jardín vertical con técnica de capas de fieltro**

**Tabla 42. Costos de Diseño de Jardín Vertical con Técnica de Fieltro**

<b>Diseño del jardín Vertical</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Diseño del jardín Vertical	1	Diseño	\$ 2.500.000,00	\$2.500.000,00
Selección de especies	1	Estudio	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
Subtotal - Diseño del jardín vertical				\$3.000.000,00

**Tabla 43. Costo Estructura Metálica del Jardín Vertical**

<b>Estructura en cercha metálica omega</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Cercha metálica omega	661	m2	\$ 20.508,20	\$ 13.555.920,20
Instalación	661	m2	\$ 4.620,55	\$ 3.054.183,55
Subtotal - Estructura metálica omega				\$ 16.610.103,75

**Tabla 44. Costo Lamina de PVC Jardín Vertical**

<b>Lamina de PVC de 4mm</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Lamina de PVC de 4mm	661	m2	\$ 57.070,00	\$ 37.723.270,00
Sellador de bordes	661	m2	\$ 3.134,64	\$ 2.071.997,04
Instalación	661	m2	\$ 4.159,96	\$ 2.749.733,56
Subtotal - Lamina de PCV de 4mm				\$ 42.545.000,60

**Tabla 45. Costo Laminas de Fieltro Jardín Vertical**

<b>Capas de Fieltro</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Fieltro gris	661	m2	\$ 14.168,00	\$ 9.365.048,00
Instalación	661	m2	\$ 6.473,75	\$ 4.279.148,75
Subtotal - Capa de fieltro gris				\$ 13.644.196,75

**Tabla 46. Costo de Sustrato Jardín Vertical con Técnica de Fieltro**

<b>Sustrato</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Sustrato	661	m2	\$ 6.000,00	\$ 3.966.000,00
Instalación	661	m2	\$ 9.577,08	\$ 6.330.449,88
Subtotal - Sustrato				\$ 10.296.449,88

**Tabla 47. Costo de Vegetación Jardín Vertical con Técnica de Filtro**

<b>Vegetación</b>					
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total	
Vegetación	27762	planta	\$ 6.000,00	\$ 166.572.000,00	
Instalación	661	m2	\$ 9.917,00	\$ 6.555.137,00	
Subtotal - Vegetación				\$ 173.127.137,00	

**Tabla 48. Costo de Sistema de riego Jardín Vertical con Técnica de Filtro**

<b>Sistema de riego</b>					
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total	
Sistema de riego de goteo: Manguera de 16mm, Tapones de manguera 16mm, Codos y pieza T, Sujetadores de manguera de 16mm, Abrazadera de metal, Válvula check a 1", Conector hembra a manguera de 16mm, Goteros Autoajustables, Canal de recolección.	661	m2	\$ 24.228,54	\$ 16.015.064,94	
Tanque de Agua	4	Unidad	\$ 372.900,00	\$ 1.491.600,00	
Bomba dosificadora	4	Unidad	\$ 1.200.000,00	\$ 4.800.000,00	
Instalación	661	m2	\$ 6.607,29	\$ 4.367.418,69	
Subtotal - Sistema de riego				\$ 26.674.083,63	

Costo total del jardín vertical con la técnica de capas de filtro para las edificaciones de Civil y Bienestar es de \$ 285.896.968,00

Costo total del jardín vertical Técnica con Filtro más A.I.U

**Tabla 49. Total de A.I.U Jardín Vertical Técnica con Filtro**

	<b>A.I.U</b>	
Administrativos	8%	\$ 22.871.757,44
Imprevistos	4%	\$ 11.435.878,72
Utilidad	5%	\$ 14.294.848,40
IVA/Utilidad	19%	\$ 2.716.021,20
<b>Total</b>		<b>\$ 51.318.505,76</b>

El costo total para construir el jardín vertical con la técnica de capas de fieltro es de, \$ 213.756.858,55 para la edificación de civil y de \$123.458.615,20 la edificación de Bienestar, para un total de \$ 337.215.473,75 siendo el costo por m2 de jardín vertical igual a \$ 510.159,57

#### **Costo de jardín vertical con técnica modular Naturpots**

**Tabla 50. Costo de Diseño Jardín Vertical Con Técnica Modular**

<b>Diseño del jardín Vertical</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Diseño del jardín Vertical	1	Diseño	\$ 2.500.000,00	\$ 2.500.000,00
Selección de especies	1	Estudio	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
Subtotal - Diseño del jardín vertical				\$ 3.000.000,00

**Tabla 51. Costo de Estructura Jardín Vertical Con Técnica Modular**

<b>Estructura modular Naturpots</b>				
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Estructura Naturpots	661	m2	\$ 420.000,00	\$ 277.620.000,00
Instalación	661	m2	\$ 15.000,00	\$ 9.915.000,00
Subtotal - Estructura modular Naturpots				\$ 287.535.000,00

**Tabla 52. Costo de Sustrato Jardín Vertical con Técnica Modular**

<b>Sustrato</b>					
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total	
Sustrato	661	m2	\$ 6.000,00	\$ 3.966.000,00	
Instalación	661	m2	\$ 9.577,08	\$ 6.330.449,88	
Subtotal - Sustrato				\$ 10.296.449,88	

**Tabla 53. Costo Vegetación Jardín Vertical con Técnica Modular**

<b>Vegetación</b>					
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total	
Vegetación	27762	planta	\$ 6.000,00	\$166.572.000,00	
Instalación	661	m2	\$ 9.917,00	\$ 6.555.137,00	
Subtotal - Vegetación				\$173.127.137,00	

**Tabla 54. Costo Sistema de Riego Jardín Vertical con Técnica Modular**

<b>Sistema de riego</b>					
Detalle	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total	
Sistema de riego de goteo: Manguera de 16mm, Tapones de manguera 16mm, Codos y pieza T, Sujetadores de manguera de 16mm, Abrazadera de metal, Válvula check a 1", Conector hembra a manguera de 16mm, Goteros Autoajustables, Canal de recolección.	661	m2	\$ 24.228,54	\$ 16.015.064,94	
Tanque de Agua 1000L	4	Unidad	\$ 372.900,00	\$ 1.491.600,00	
Bomba dosificadora	4	Unidad	\$1.200.000,00	\$ 4.800.000,00	
Instalación	661	m2	\$ 6.607,29	\$ 4.367.418,69	
Subtotal - Sistema de riego				\$26.674.083,63	

Costo total del jardín vertical con la técnica de capas de fieltro para las edificaciones de Civil y Bienestar es de \$ 497.048.118,19



Costo total del jardín vertical Técnica con Filtro más A.I.U

**Tabla 55. Total de A.I.U Jardín Vertical con Técnica modular**

	<b>A.I.U</b>	
Administrativos	8%	\$ 39.763.849,45
Imprevistos	4%	\$ 19.881.924,73
Utilidad	5%	\$ 24.852.405,91
IVA/Utilidad	19%	\$ 4.721.957,12
Total		\$ 89.220.137,21

El costo total para construir el jardín vertical con la técnica modular es de, \$ 371.628.440,26 para la edificación de civil y de \$214.639.815,14 la edificación de Bienestar, para un total de \$ 586.268.255,40 siendo el costo por m2 de jardín vertical igual a \$ 886.941,38

**4.5.4 Costo de mantenimiento.** El mantenimiento es uno de los aspectos más importantes para la perdurabilidad de los techos verdes y los jardines verticales, ya que si esta falla es muy posible que cause gastos extras afectando la sostenibilidad del proyecto

Para garantizar la longevidad del techo verde o jardín vertical, es importante planificar un mantenimiento trimestral durante el primer año, según lo recomienda la Guía práctica de la secretaria distrital de ambiente que incluya:

Revisión del estado de las plantas

Deshierbe

Poda y corte

Fertilización según sea el caso

Control de plagas

Resiembra según sea el caso

Verificación del sistema de riego

Estabilidad de la estructura según sea el caso

Se estimó el costo de mantenimiento para el techo verde en unos \$ 6.000 el m2 y para el jardín vertical en \$ 10.000 el m2, estos costos de presentan a continuación.

**Tabla 56. Costo de mantenimiento de techo verde**

<b>Costo de mantenimiento Techo verde</b>				
Edificio	Cantidad	Unidad	V. Trimestre	V. Anual
Civil	645	m2	\$ 3.870.000,00	\$ 15.480.000,00
Bienestar	272	m2	\$ 1.632.000,00	\$ 6.528.000,00

**Tabla 57. Costo de mantenimiento del jardín vertical**

<b>Costo de mantenimiento Jardín vertical</b>				
Edificio	Cantidad	Unidad	V. Trimestre	V. Anual
Civil	419	m2	\$ 4.190.000,00	\$ 16.760.000,00
Bienestar	242	m2	\$ 2.420.000,00	\$ 9.680.000,00

### 3. Conclusiones

Como consecuencia de comparar los desplazamientos de las estructuras de Civil y Bienestar bajo las distintas alternativas de techos verdes, se logró evidenciar que estos desplazamientos no presentan una gran variación con respecto a las cargas del diseño original, sin embargo algunos sobrepasan el reglamento como es el caso de las cargas generadas por techo verde semi-intensivo e intensivo, siendo la alternativa de techo verde extensivo la única que se encuentra cumpliendo el desplazamiento permitido por la NSR-10.

Al realizar el análisis de los resultados obtenidos de los parámetros estructurales bajos las diferentes cargas de techos verdes, se logró concluir que las edificaciones de Civil y Bienestar están en plena capacidad de resistir las cargas generadas por el sistema de techo verde extensivo, siendo factible su implementación.

Debido a que las cargas que genera la alternativa de techo verde extensivo es muy parecida a las que se tienen en cuenta en los diseños originales, es posible que más edificaciones del campus universitario se puedan usar para la implementación de estas propuestas.

La información climatológica y medioambiental es de vital importancia en el diseño de estos sistemas de naturación, debido a que esta nos garantizará una correcta elección en el uso racional de los diferentes componentes del sistema, en especial en la selección de la cobertura vegetal.

Para garantizar un buen funcionamiento de los componentes estables, activos y elementos auxiliares de los sistemas de Techos Verdes y Jardines Verticales, es importante cumplir con los requerimientos y recomendaciones ya establecidos por los diferentes estudios realizados, así como el uso adecuado de los materiales de acuerdo a las especificaciones técnicas.

El costo del jardín vertical difiere considerablemente con respecto al del techo verde, siendo este último más económico tanto en su implementación como en su mantenimiento, y este puede variar aún más ya que depende de la distribución de las áreas de vegetación y senderos en gravilla.

En cuanto al diseño del jardín vertical podemos decir que las dos técnicas seleccionadas cumplen con los requerimientos mínimos de diseño, siendo la opción de paisajismo urbano más costosa debido en parte a la composición de sus materiales que son de origen reciclado y también por su facilidad que tiene en la instalación y mantenimiento,

De acuerdo con el costo de mantenimiento del jardín vertical se pudo concluir que es difícil su estimación, siendo muy diferente a la de un jardín convencional, ya que dependen en parte a las características que tenga el diseño como lo es la altura y facilidad que haya para la instalación de las estructuras de elevación ya que esto incurrirá en el tiempo de instalación y desmonte afectando su costo.

### Referencias Bibliográficas

- Acuña , R., & Carlos , E. (2013 ). Factibilidad, diseño e instalacion de un techo verde en el edificio de postgrado de la univerdad catolica Andres Bello en Caracas. (*Tesis Ingenieria Civil*). Universidad Catolica Andres Bello, Caracas.
- Administracion publica de la Ciudad de México, secretaria del medio ambiente. (2018). *Norma ambiental para el distrito federal NADF-013-RNAT-2017 que establece las especificaciones técnicas para la instalacion de sistemas de naturacion en la Ciudad de México*. Ciudad de Mexico.
- Ballester, F. (2000). *Definicion, funcion y clasificacion de los geotextiles* . Obtenido de Arte y Cemento : <https://www.giteco.unican.es/pdf/publicaciones/AYC30-X-2000.pdf>
- Calonje, A. (2010). *Los muros verdes* . Medellin .
- Canales, M. (2014). Efectos del uso de techos y fachadas vegetales en el comportamiento termico de edificios. (*Memoria Ingenieria Civil*). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Corredor , J. (2016). Análisis comparativo del sistema de paredes verdes mediante el uso de llantas recicladas para determinar la viabilidad de un modelo a escala para paredes vegetada. (*Maestria en Gerencia de Ingenieria*). Universidad de la Sabana, Chia Cundinamarca.
- Diaz , K. (2017). Implementacion de techos verdes en el cetro comercial platino de Bogota. (*Esp. Planeación Ambiental y Manejo Integral de Recursos Naturales*). Universidad Militar Nueva Granada, Bogota D.C.

Duran, J. (s.f.). Descripción de los sistemas urbanos de drenaje sostenible como estrategia para la mejora de la calidad de vida humana y prevención de inundaciones. *Tesis Tecnólogo en Saneamiento Ambiental*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.

García, M., & Vega, J. (2012). Techos verdes ¿una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta? *Gestión y ambiente*, 2.

Grimoldi, E. (2009). Diseño y aplicación de techos verdes. (*Tesis Ingeniería industrial*). Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Buenos Aires.

*Groncol infraestructura verde*. (s.f.). Obtenido de Proyecto Hotel B3 :

<http://groncol.com/proyectos/hotel-b3/>

*Groncol Infraestructura verde*. (s.f.). Obtenido de Proyecto Groncol:

<http://groncol.com/proyectos/carcel-tulua/>

GruntWork . (24 de Enero de 2020 ). *Computers and Structures, Inc*. Obtenido de

<https://www.csiespana.com/software/5/etabs#>

Informe de grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático . (2015). *Cambio climático informe de síntesis* .

Marchena, D. (2012). Techos verdes como sistemas urbanos de drenaje sostenibles. *Trabajo de Grado, Ingeniería Civil* . Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá .

Ministerio de Vivienda . (2015). *Construcciones sostenibles*. Obtenido de ministerio de vivienda:

<http://www.minvivienda.gov.co/cambio-climatico/mitigacion/construccion-sostenible>

- Minke, G. (2004). Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos . En *Techos verdes* (pág. 85). Kassel : Fin de siglo .
- Morales, J. (2017). Tendencias en el diseño, construcción y operación de techos verdes para el mejoramiento de la calidad del agua lluvia. Estado del arte . *Ingeniería del agua* , 2.
- Muhamad, M. (2015 ). *Techos verdes y jardines verticales* . Obtenido de Secretaria de ambiente :  
file:///C:/Users/manri/Downloads/guia\_techos\_verdes\_jardines\_verticales%20(8).pdf
- Oficina de Planeación, Unidad de Planeación Física . (2011). *Plan de Infraestructura Física UFPS*. Cucuta .
- Ordoñez, J. (2011). *Ciclo Hidrológico* . Lima : Zaniel I. Novoa Goicochea.
- Parra , G. (5 de Diciembre de 2019). *Paisajismo Creativo* . Obtenido de  
<https://www.paisajismocreativo.com.co/>
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. (19 de Marzo de 2010 ).  
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial . Colombia .
- Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. (8 de Junio de 2017). Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio . Colombia .
- Rhodes, M. (2012). Implementación de un modelo de techos verdes y su beneficio térmico en un hogar de Holanda, Tolima (Colombia). (*Tesis para Título de Ecólogo*). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.
- Secretaría Distrital de Ambiente . (2014). *Techos verdes y jardines verticales, una piel natural para Bogotá*. Bogotá .

Secretaria Distrital del Medio Ambiente. (2011). *Guia de Techos Verdes en Bogotá*. Bogotá.




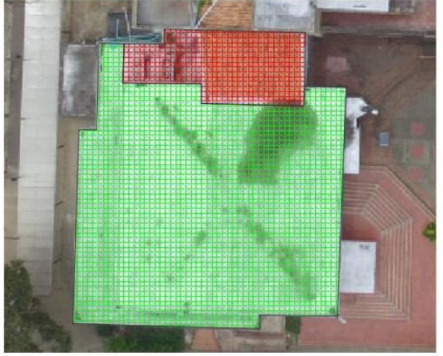



Solano, I. (14 de Enero de 2020). *Paisajismo Urbano* . Obtenido de

<http://www.paisajismourbano.com/sistema-naturpots>




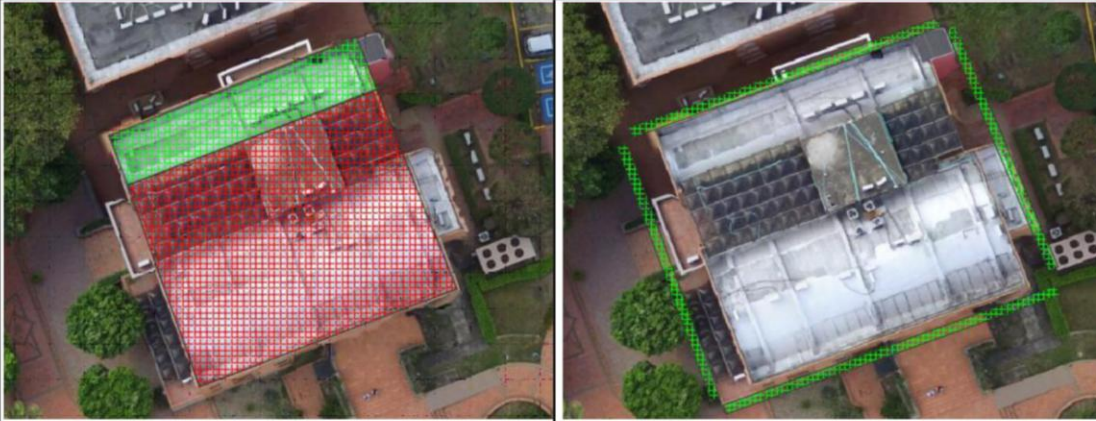










**ANEXOS**







## Anexo 1. Fichas Técnicas

 <b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		FICHA
		1
<b>AUDITORIO EUSTORGIO COLMENARES</b>		
<b>PLANO UBICACIÓN</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>	
		
<b>Nombre de la edificación:</b> Auditorio Eustorgio Colmenares <b>Ubicación:</b> Costado occidental del campus universitario, cerca al edificio Fundadores		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )		
<b>Número de Plantas :</b> 1		<b>Uso:</b> Auditorio
<b>Fachada:</b> Revoque y concreto abujardado		
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>		
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%		CUMPLE
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado		CUMPLE
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>		
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto		CUMPLE
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>		
		
 Área apta para posible implementación		
 Área no apta para implementación		





		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>2</b>
<b>LA CASONA</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
<b>Nombre de la edificación:</b> La Casona				
<b>Ubicación:</b> Sector sur del campus universitario cerca a la av. Gran Colombia				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea ( ) Patrimonio Arquitectónico (X) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 2		<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Revoque				
<b>Cubierta:</b> Teja de arcilla				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%			<b>NO CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado			<b>NO CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto			<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
		<b>Área apta para posible implementación</b>		
		<b>Área no apta para implementación</b>		

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>3</b>
<b>TORRE ADMINISTRATIVA A</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
				
<b>Nombre de la edificación:</b> Torre Administrativa A				
<b>Ubicación:</b> Sector sur del campus universitario cerca a la Casona				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 3		<b>Uso:</b> Administrativo		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista				
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%			<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado			<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto			<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
				
 Área apta para posible implementación				
 Área no apta para implementación				



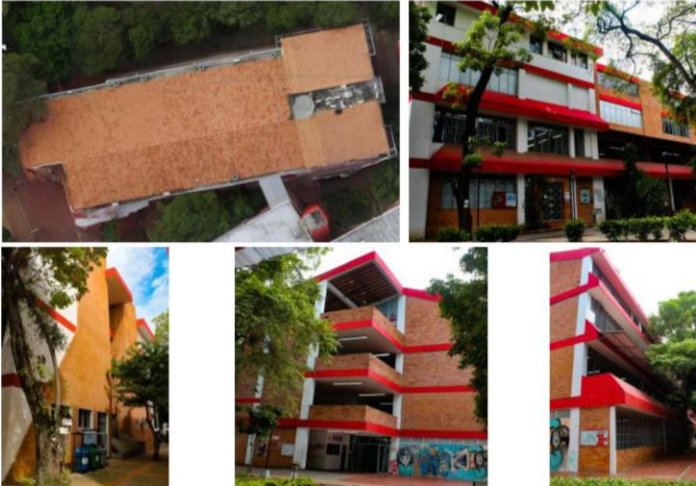



		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>4</b>
<b>CREAD</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
				
<b>Nombre de la edificación:</b> CREAD “ Centro de Educación Abierta y a Distancia”				
<b>Ubicación:</b> Sector sur del campus universitario cerca al parque Los Fundadores				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 3		<b>Uso:</b> Administrativo y bienestar		
<b>Fachada:</b> Revoque y enchape				
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%			<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado			<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto			<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
				
		Área apta para posible implementación		
		Área no apta para implementación		








 <b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		FICHA
		5
LABORATORIOS GENERALES		
PLANO UBICACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
		
<b>Nombre de la edificación:</b> Laboratorios Generales		
<b>Ubicación:</b> Sector suroriente del campus universitario cerca a la cafetería El Abanico		
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS		
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )		
<b>Número de Plantas :</b> 1		<b>Uso:</b> Laboratorio
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista y enchape		
<b>Cubierta:</b> Teja de asbesto cemento		
REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE		
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%		NO CUMPLE
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado		NO CUMPLE
REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL		
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto		CUMPLE
ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO		
		
 Área apta para posible implementación		
 Área no apta para implementación		







		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>6</b>
<b>AULAS GENERALES</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
				
<b>Nombre de la edificación:</b> Aulas Generales				
<b>Ubicación:</b> Sector suroriente del campus universitario cerca a los laboratorios Generales				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 4		<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista y revoque				
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado y teja de acerolit				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%			<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado			<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto			<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
				
		Área apta para posible implementación		
		Área no apta para implementación		

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>7</b>
<b>LABORATORIOS BÁSICOS</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
				
<b>Nombre de la edificación:</b> Laboratorios Básicos				
<b>Ubicación:</b> Sector central del campus universitario cerca al edificio Semipesados				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 1		<b>Uso:</b> Laboratorio		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista				
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado y teja de asbesto cemento				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%			<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado			<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto			<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
				
		Área apta para posible implementación		
		Área no apta para implementación		




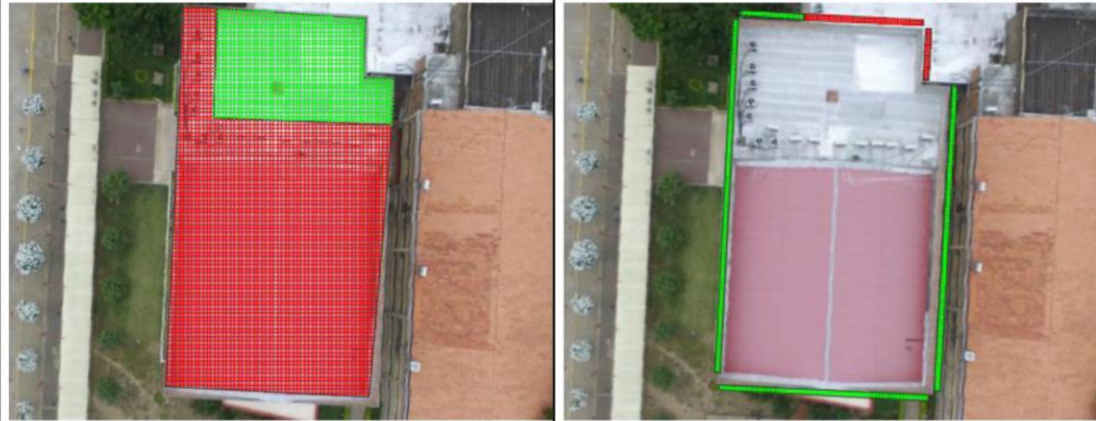




		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>8</b>
<b>AULA SUR</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
				
<b>Nombre de la edificación:</b> Aula Sur				
<b>Ubicación:</b> costado suroccidental del campus universitario, cerca de la Biblioteca Eduardo Cote				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 4		<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista, concreto a la vista y revoque				
<b>Cubierta:</b> Teja de arcilla				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%		<b>NO CUMPLE</b>		
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado		<b>NO CUMPLE</b>		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto		<b>CUMPLE</b>		
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
				
		<b>Área apta para posible implementación</b>		
		<b>Área no apta para implementación</b>		

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>9</b>	
<b>BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> Biblioteca Eduardo Cote Lamus					
<b>Ubicación:</b> Sector occidental del campus universitario cerca al edificio Aula Sur					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 3			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Revoque y concreto abujardado					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado y teja de arcilla					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%			<b>CUMPLE</b>		
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado			<b>CUMPLE</b>		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto			<b>CUMPLE</b>		
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
			Área apta para posible implementación		
			Área no apta para implementación		




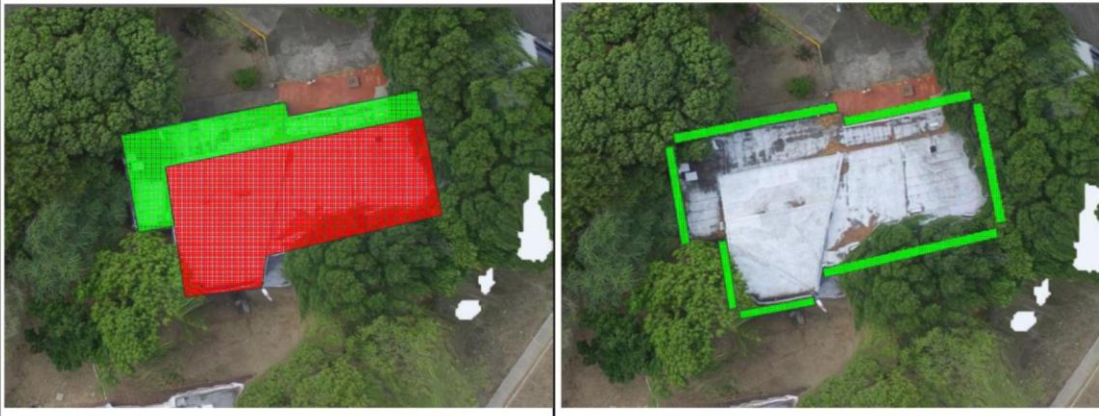


		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>10</b>	
<b>EDIFICIO FUNDADORES</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> Edificio Fundadores					
<b>Ubicación:</b> Costado central occidental del campus universitario cerca de la Biblioteca Eduardo					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 4			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Revoque y concreto abujardado					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado, teja de zinc y arcilla					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
		<b>Área apta para posible implementación</b>			
		<b>Área no apta para implementación</b>			

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>11</b>	
<b>EDIFICIO SEMIPESADOS</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> Edificio Semipesos					
<b>Ubicación:</b> Sector central del campus universitario, cerca a los laboratorios basicos					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( )					
Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 3			<b>Uso:</b> Educativo y Laboratorio		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista y concreto a la vista					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado, teja de asbesto cemento y arcilla					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDIN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
			Área apta para posible implementación		
			Área no apta para implementación		

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>12</b>	
<b>POSTGRADOS</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> Postgrados					
<b>Ubicación:</b> Sector central del campus universitario, cerca al edificio Semipesados					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 5			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Revoque					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDIN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
 Área apta para posible implementación					
 Área no apta para implementación					







		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>13</b>
<b>SERVICIOS GENERALES</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
<b>Nombre de la edificación:</b> Servicios Generales				
<b>Ubicación:</b> Sector central oriental del campus universitario, cerca al edificio de Semipesados				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 1		<b>Uso:</b> Servicios generales		
<b>Fachada:</b> Revoque				
<b>Cubierta:</b> Teja de arcilla				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%		<b>NO CUMPLE</b>		
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado		<b>NO CUMPLE</b>		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDIN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto		<b>CUMPLE</b>		
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
		Área apta para posible implementación		
		Área no apta para implementación		

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>14</b>
<b>LABORATORIOS EMPRESARIALES</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
				
<b>Nombre de la edificación:</b> Laboratorios Empresariales				
<b>Ubicación:</b> Sector oriental del campus universitario, cerca edificación de División de Sistemas				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 3		<b>Uso:</b> Administrativo		
<b>Fachada:</b> Ladrilla a la vista y revoque				
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado y teja de asbesto cemento				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%			<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado			<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDIN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto			<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
				
		<b>Área apta para posible implementación</b>		
		<b>Área no apta para implementación</b>		

	<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>	<b>FICHA</b>  <b>15</b>
<b>DIVISIÓN DE SISTEMAS</b>		
<b>PLANO UBICACIÓN</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>	
		
<b>Nombre de la edificación:</b> División de Sistemas		
<b>Ubicación:</b> Sector oriental del campus universitario, cerca a la Casona		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )		
<b>Número de Plantas :</b> 2	<b>Uso:</b> Administrativo	
<b>Fachada:</b> Revoques, concreto abujardado y ladrillo a la vista		
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>		
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%	<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado	<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDIN VERTICAL</b>		
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto	<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>		
		
	Área apta para posible implementación	
	Área no apta para implementación	










		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>16</b>	
<b>LABORATORIO DE TÉRREOS Y CERÁMICOS</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> Laboratorio de Térreos y Cerámicos					
<b>Ubicación:</b> Sector oriental del campus universitario, cerca edificio postgrado					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 3			<b>Uso:</b> Educativo y laboratorio		
<b>Fachada:</b> Ladrilla a la vista					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado y teja de acerolit					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDIN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
			Área apta para posible implementación		
			Área no apta para implementación		

 <b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>17</b>
<b>AULAS SUR NUEVAS</b>		
PLANO UBICACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
		
<b>Nombre de la edificación:</b> Aulas Sur Nuevas		
<b>Ubicación:</b> Sector suroccidental del campus universitario, cerca al edificio Aula Sur		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )		
<b>Número de Plantas :</b> 4	<b>Uso:</b> Educativo	
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista		
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>		
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%	<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado	<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDIN VERTICAL</b>		
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto	<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>		
		
	Área apta para posible implementación	
	Área no apta para implementación	

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>18</b>	
<b>AULAS NORTE</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
<b>Nombre de la edificación:</b> Aulas Norte					
<b>Ubicación:</b> Sector norte occidental del campus universitario, cerca al Coliseo Cubierto					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 4			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Revoque					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%			<b>CUMPLE</b>		
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado			<b>CUMPLE</b>		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDIN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto			<b>CUMPLE</b>		
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
		Área apta para posible implementación			
		Área no apta para implementación			

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>19</b>
<b>TALLER DE IDEAS</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
<b>Nombre de la edificación:</b> Taller de Ideas				
<b>Ubicación:</b> Costado oriental del campus universitario, cerca del edificio terrenos y ceramicos				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( )				
Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 1		<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista				
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%		<b>NO CUMPLE</b>		
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado		<b>CUMPLE</b>		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDIN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto		<b>CUMPLE</b>		
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
		Área apta para posible implementación		
		Área no apta para implementación		



	<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>	<b>FICHA</b>  <b>20</b>
<b>EDIFICIO COMUNICACIÓN SOCIAL</b>		
<b>PLANO UBICACIÓN</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>	
<b>Nombre de la edificación:</b> Edificio Comunicación Social		
<b>Ubicación:</b> Costado central occidental del campus universitario, cerca de la Biblioteca Eduardo		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )		
<b>Número de Plantas :</b> 4	<b>Uso:</b> Educativo	
<b>Fachada:</b> Revoque		
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>		
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%	<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado	<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDIN VERTICAL</b>		
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto	<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>		
	Área apta para posible implementación	
	Área no apta para implementación	

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>21</b>
<b>LABORATORIO ESTRUCTURAS</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
				
<b>Nombre de la edificación:</b> Laboratorio Estructuras				
<b>Ubicación:</b> Costado oriental del campus universitario, cerca del edificio terreato y ceramicos				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 2		<b>Uso:</b> Educativo y laboratorio		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista				
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%			<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado			<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto			<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
				
		Área apta para posible implementación		
		Área no apta para implementación		

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>22</b>	
<b>EDIFICIO BIENESTAR UNIVERSITARIO</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
<b>Nombre de la edificación:</b> Edificio Bienestar Universitario					
<b>Ubicación:</b> Costado central occidental del campus universitario, cerca del coliseo					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 4			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Revoque					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
		Área apta para posible implementación			
		Área no apta para implementación			

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>23</b>	
<b>EDIFICIO DISEÑO MECÁNICO</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> Edificio Diseño Mecánico					
<b>Ubicación:</b> Costado central oriental del campus universitario, cerca de taller de ideas					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 2			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
			Área apta para posible implementación		
			Área no apta para implementación		






	<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>	<b>FICHA</b>  <b>24</b>
<b>EDIFICIO DE INVESTIGACIÓN</b>		
<b>PLANO UBICACIÓN</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>	
		
<b>Nombre de la edificación:</b> Edificio de Investigación		
<b>Ubicación:</b> Costado sur oriental del campus universitario, cerca del edificio cread		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )		
<b>Número de Plantas :</b> 3	<b>Uso:</b> Educativo	
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista		
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>		
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%	<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado	<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>		
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto	<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>		
		
	Área apta para posible implementación	
	Área no apta para implementación	


		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>25</b>	
<b>BLOQUE DE QUÍMICA</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
<b>Nombre de la edificación:</b> Bloque de Química					
<b>Ubicación:</b> Costado central del campus universitario, cerca del edificio aula sur					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 4			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Revoque					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
		Área apta para posible implementación			
		Área no apta para implementación			







		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>26</b>	
<b>LABORATORIOS DE ELECTRÓNICA</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> Laboratorios de Electrónica					
<b>Ubicación:</b> Costado central oriental del campus universitario, cerca del edificio semipesados					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 2		<b>Uso:</b> Educativo			
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista					
<b>Cubierta:</b> Teja de asbesto cemento					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%			<b>NO CUMPLE</b>		
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado			<b>NO CUMPLE</b>		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto			<b>CUMPLE</b>		
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
		<b>Área apta para posible implementación</b>			
		<b>Área no apta para implementación</b>			

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>27</b>	
<b>LABORATORIO DE MINAS</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> Laboratorio de Minas					
<b>Ubicación:</b> Costado norte oriental del campus universitario, cerca del laboratorio de estructuras					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 3			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista					
<b>Cubierta:</b> Teja de acerolit					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>NO CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>NO CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
		<b>Área apta para posible implementación</b>			
		<b>Área no apta para implementación</b>			

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>28</b>	
<b>EDIFICIO CONSEJO SUPERIOR ESTUDIANTIL</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> Edificio Consejo Superior Estudiantil					
<b>Ubicación:</b> Costado norte del campus universitario, cerca del edificio aulas norte					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 2			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Revoque					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
			Área apta para posible implementación		
			Área no apta para implementación		




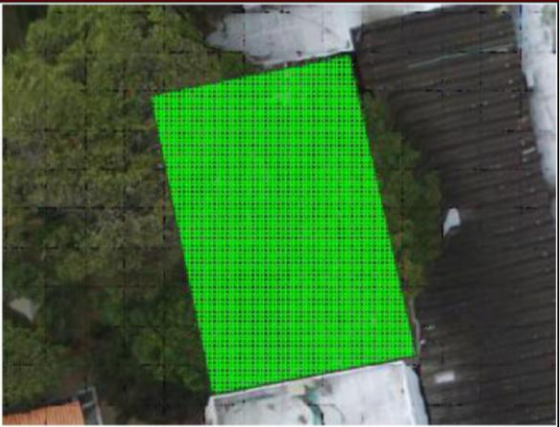



		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>29</b>	
<b>EDIFICIO ARCHIVO CENTRAL</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> Edificio Archivo Central					
<b>Ubicación:</b> Costado norte del campus universitario, cerca del edificio consejo estudiantil					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 3			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Revoque					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
		<b>Área apta para posible implementación</b>			
		<b>Área no apta para implementación</b>			

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>30</b>	
<b>TORRE ADMINISTRATIVA B</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
			    		
<b>Nombre de la edificación:</b> Torre Administrativa B					
<b>Ubicación:</b> Costado sur del campus universitario, cerca del edificio torre administrativa					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 4			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista					
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
 					
		Área apta para posible implementación			
		Área no apta para implementación			

	<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>	<b>FICHA</b>  <b>31</b>
<b>BODEGA DE BAJAS</b>		
<b>PLANO UBICACIÓN</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>	
		
<b>Nombre de la edificación:</b> Bodega de Bajas		
<b>Ubicación:</b> Costado central oriental del campus universitario, cerca del edificio aula generales		
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>		
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )		
<b>Número de Plantas :</b> 1	<b>Uso:</b> Educativo	
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista		
<b>Cubierta:</b> Teja de asbesto cemento		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>		
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%	<b>NO CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado	<b>NO CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>		
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto	<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>		
		
	Área apta para posible implementación	
	Área no apta para implementación	



		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>32</b>
<b>ALMACÉN E INVENTARIO</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
<b>Nombre de la edificación:</b> Almacén e Inventario				
<b>Ubicación:</b> Costado central oriental del campus universitario, cerca del edificio aula generales				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 1		<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista				
<b>Cubierta:</b> Teja de asbesto cemento				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%		<b>NO CUMPLE</b>		
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado		<b>NO CUMPLE</b>		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto		<b>CUMPLE</b>		
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
		Área apta para posible implementación		
		Área no apta para implementación		

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>33</b>
<b>GIQUIBA</b>				
<b>PLANO UBICACIÓN</b>		<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
				
<b>Nombre de la edificación:</b> Giquiba				
<b>Ubicación:</b> Costado central del campus universitario, cerca del edificio aula sur				
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>				
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )				
<b>Número de Plantas :</b> 1		<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Ladrillo a la vista				
<b>Cubierta:</b> Losa en concreto armado				
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>				
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%		<b>CUMPLE</b>		
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado		<b>CUMPLE</b>		
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>				
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto		<b>CUMPLE</b>		
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>				
				
		Área apta para posible implementación		
		Área no apta para implementación		

		<b>FICHA TÉCNICA PARA EVALUAR LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES EN LAS EDIFICACIONES</b>		<b>FICHA</b>  <b>34</b>	
<b>CIMAC</b>					
<b>PLANO UBICACIÓN</b>			<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
					
<b>Nombre de la edificación:</b> CIMAC					
<b>Ubicación:</b> Costado central oriental del campus universitario, cerca del edificio aula generales					
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>					
<b>Tipo de edificación:</b> Arq. Moderna o contemporánea (X) Patrimonio Arquitectónico ( ) Edificación Especial ( ) Ed. sin tipología definida ( ) Otros ( )					
<b>Número de Plantas :</b> 1			<b>Uso:</b> Educativo		
<b>Fachada:</b> Revoque					
<b>Cubierta:</b> Losa de concreto armado y teja de asbesto cemento					
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE TECHO VERDE</b>					
<b>Pendiente cubierta:</b> 2% - 5%				<b>CUMPLE</b>	
<b>Estructura de cubierta:</b> Losa en concreto armado				<b>CUMPLE</b>	
<b>REQUISITOS DE DISEÑO DE JARDÍN VERTICAL</b>					
<b>Material de muros:</b> Ladrillo o concreto				<b>CUMPLE</b>	
<b>ÁREA DE POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO</b>					
					
		Área apta para posible implementación			
		Área no apta para implementación			

## Anexo 2. Carta Dirigida a la Oficina de Planeación UFPS

San José de Cúcuta, 08 de Noviembre del 2019

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
 UNIDAD DE CORRESPONDENCIA

No. RADICADO 14359 180  
 FECHA 08 NOV 2019  
 NOMBRE  
 FIRMA

**Señor**  
**Mario Rafael Fonseca Mejía**  
 Jefe Unidad de Planeación Física


Cordial Saludo

Yo JOHN ALEXANDER PEREZ HERNANDEZ identificado con C.C No 1.090.474.699 de CÚCUTA con código de alumno No 1113280 y JOSE RICARDO MANTILLA MANRIQUE identificado con C.C No 1.090.486.980 de CUCUTA, con código de alumno No 1113336, ante usted con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que solicitamos a usted el plano de la Universidad Francisco de Paula Santander sede Colsag, los planos estructurales y arquitectónicos de las siguientes edificaciones: Auditorio Eustorgio colmenares, Biblioteca Eduardo Cote Lamus, Aula Sur Nuevas SB, SC, SD, SE Y SF, Aulas Norte, Edificio Comunicación Social, Laboratorio de Estructuras, Edificio Mecánico, Edificio Consejo Superior Estudiantil, Edificio Archivo Central, Edificio Bienestar Universitario Nuevo, que requerimos para la realización del proyecto de grado "DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES COMO SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER".

Por lo expuesto:  
 Damos gracias por la atención prestada.

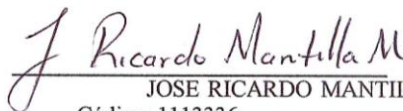
Atentamente



ING. CARLOS ALEXIS BONILLA GRANADOS  
 Esp. Patología de la Construcción  
 Candidato a msc. Tecnologías para el manejo de aguas y residuos



JOHN ALEXANDER PEREZ  
 Código: 1113280



JOSE RICARDO MANTILLA  
 Código: 1113336

Correo: Johnpe0127@gmail.com  
 Telefono: 3163683167

San José de Cúcuta, 28 de Noviembre del 2019

**Doctora**  
**Luz Stella Arenas Pérez**  
 Jefe de oficina de Planeación

UNIVERSIDAD FRANCISCO  
 DE PAULA SANTANDER  
 Oficina: UGAD  
 Fecha: 28 de Noviembre de 2019  
 Hora: 17:10:18  
 Escrito: ANDREINA NEIRA CORREA  
 Radicado: 15671  
 Anexos: ---

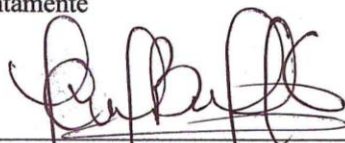
Cordial Saludo

Yo JOHN ALEXANDER PEREZ HERNANDEZ identificado con C.C No 1.090.474.699 de CÚCUTA con código de alumno No 1113280 y JOSE RICARDO MANTILLA MANRIQUE identificado con C.C No 1.090.486.980 de CUCUTA, con código de alumno No 1113336, ante usted con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que solicitamos ante usted los planos estructurales y arquitectónicos de las siguientes dos edificaciones: Edificio Bienestar Universitario Nuevo, y el Edificio de Ingeniería Civil que actualmente está en construcción, que requerimos para la realización del proyecto de grado "DISEÑO DE TECHOS VERDES Y JARDINES VERTICALES COMO SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER".

Por lo expuesto:  
 Damos gracias por la atención prestada.

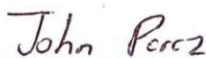
Atentamente



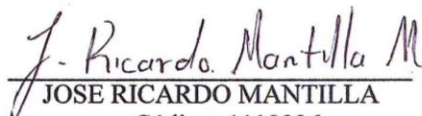
ING. CARLOS ALEXIS BONILLA GRANADOS  
 Esp. Patología de la Construcción  
 Candidato a msc. Tecnologías para el manejo de aguas y residuos



ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
 Director  
 Plan de Estudio de Ingeniería Civil



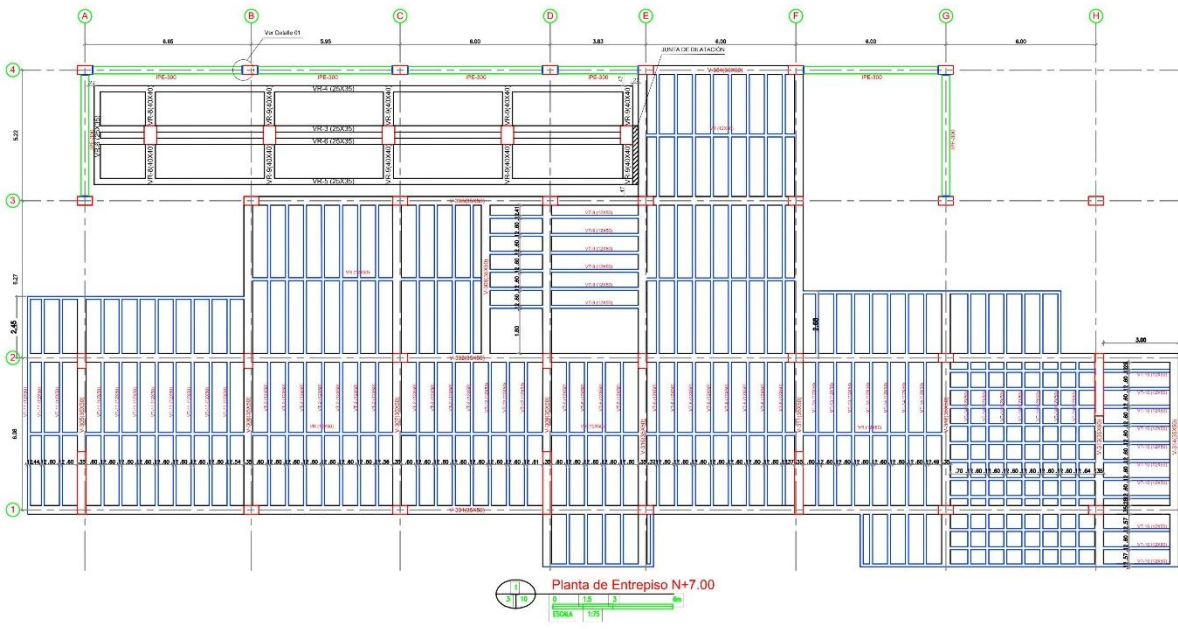
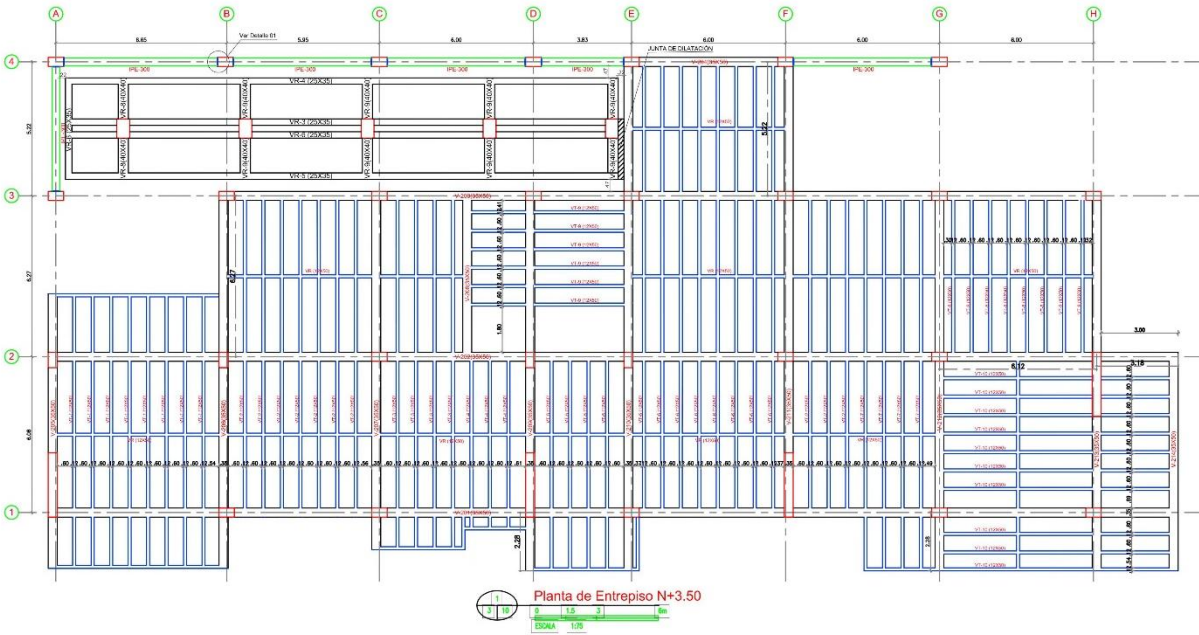
JOHN ALEXANDER PEREZ  
 Código: 1113280

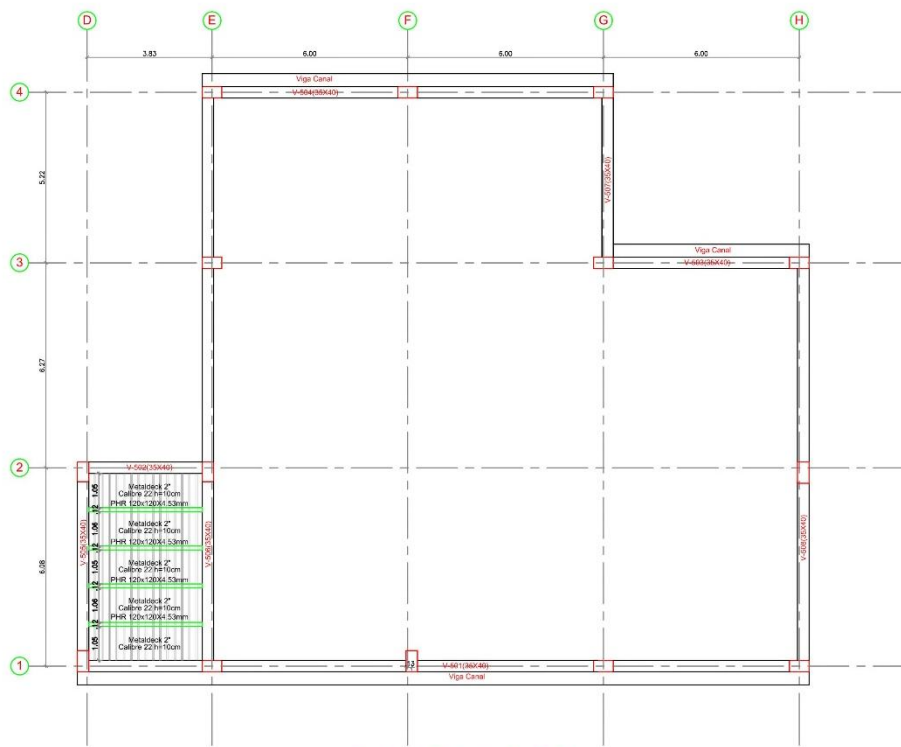
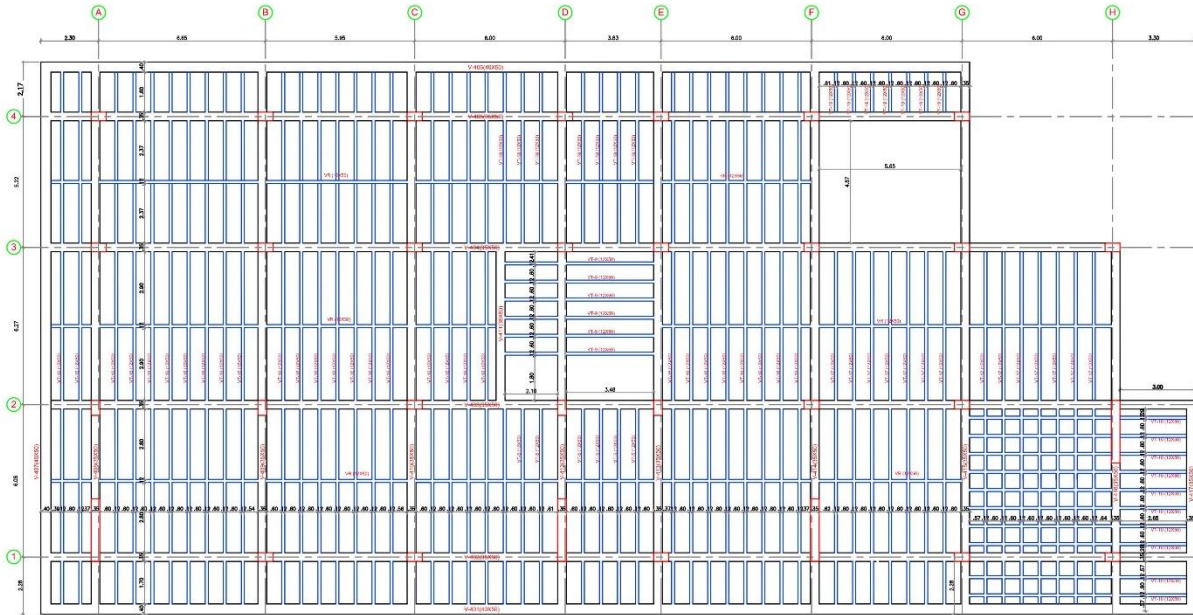


JOSE RICARDO MANTILLA  
 Código: 1113336

Correo: Johnpe0127@gmail.com  
 Telefono: 3163683167

### Anexo 3. Planos en Planta Edificio Bienestar





Planta de Entrepiso N+13.90

ESCALA 1:100

### Anexo 4. Configuración de Grilla de Grilla en ETBAS

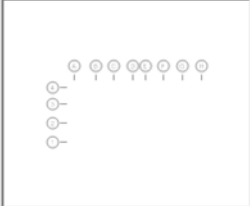
Grid System Name:

System Origin:  
 Global X:  m  
 Global Y:  m  
 Rotation:  deg

Story Range Option:  
 Default - All Stories  
 User Specified  
 Top Story:   
 Bottom Story:

Click to Modify/Show:

Options:  
 Bubble Size:  m  
 Grid Color:



Rectangular Grids:  
 Display Grid Data as Ordinates  
 Display Grid Data as Spacing

Quick Start New Rectangular Grids...

X Grid Data:

Grid ID	X Spacing (m)	Visible	Bubble Loc
	2.3	Yes	End
A	6.65	Yes	End
B	5.95	Yes	End
C	6	Yes	End
D	3.83	Yes	End
E	6	Yes	End

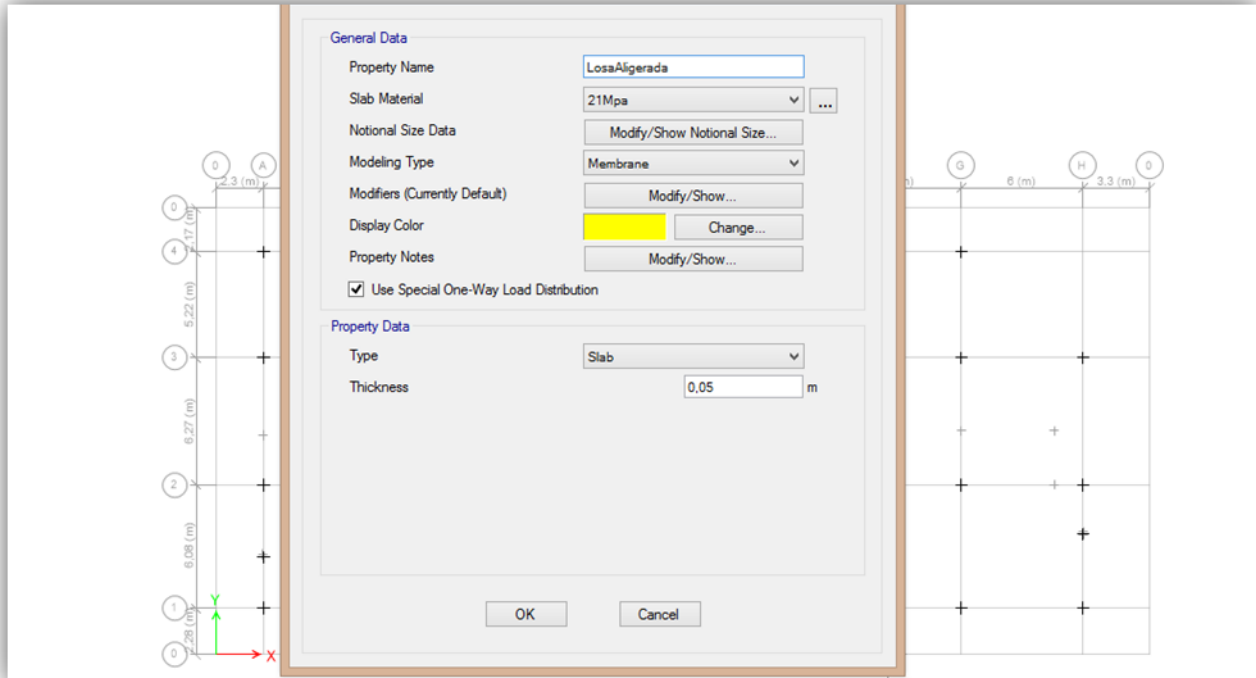
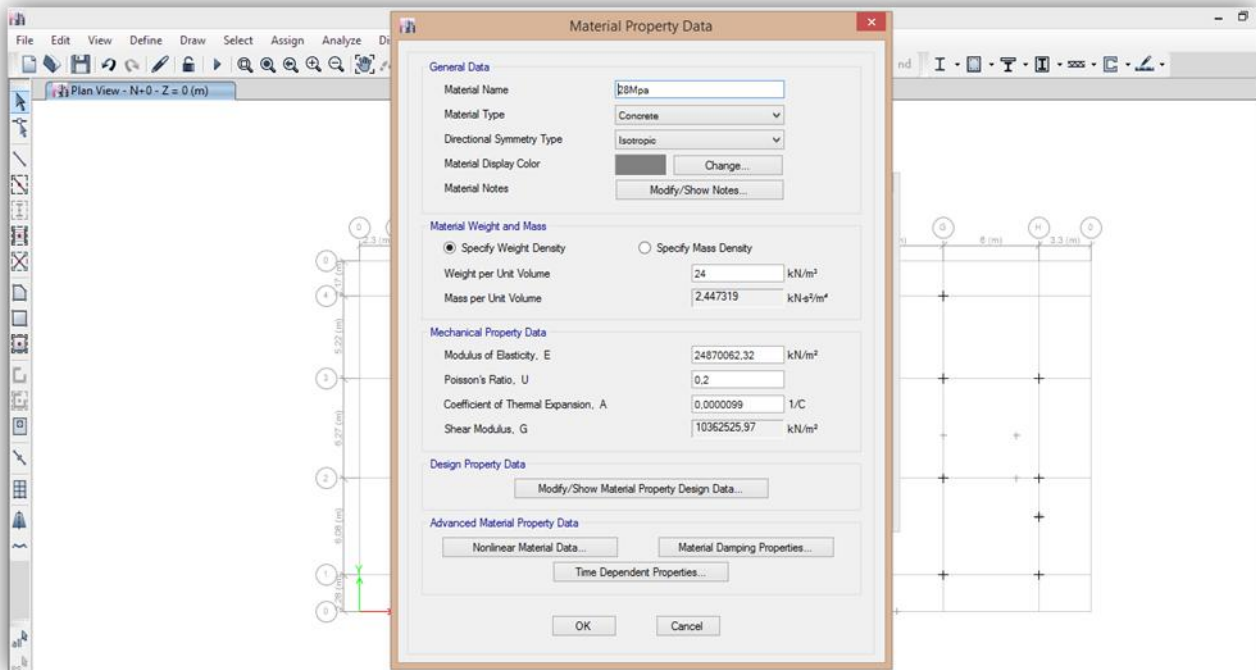
Y Grid Data:

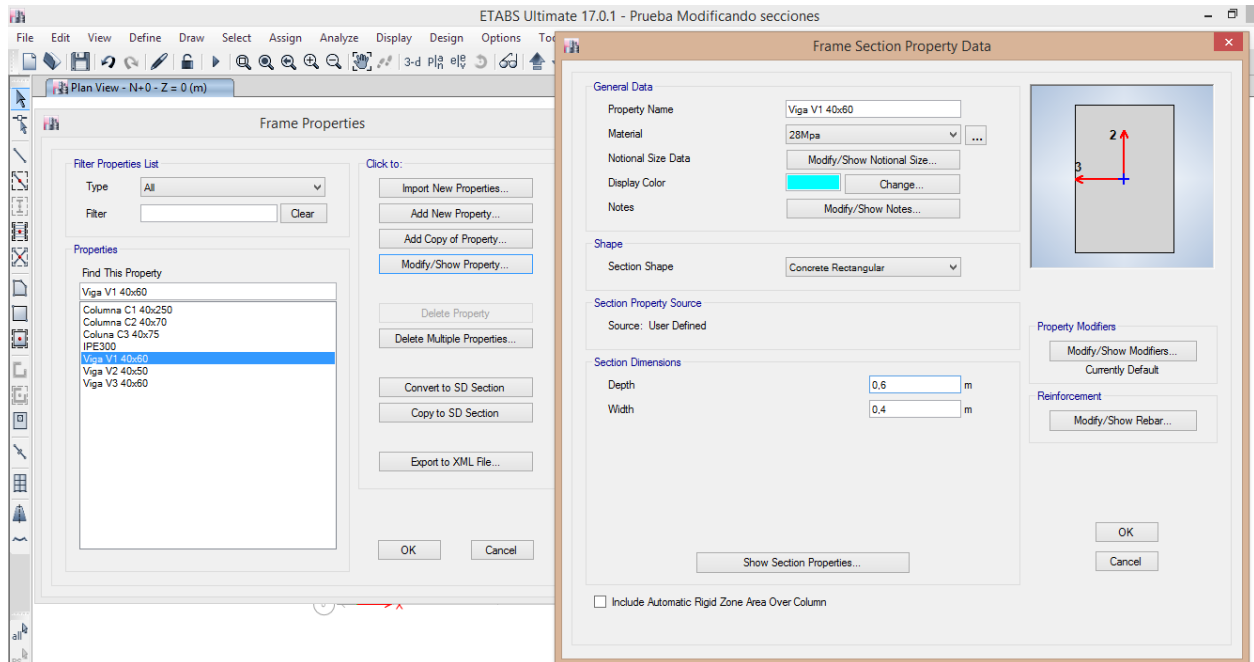
Grid ID	Y Spacing (m)	Visible	Bubble Loc
	2.28	Yes	Start
1	6.08	Yes	Start
2	6.27	Yes	Start
3	5.22	Yes	Start
4	2.17	Yes	Start
	0	Yes	Start

	Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
▶	N+13.9	3.4	13.9	No	None	No	0	Blue
	N+10.5	3.5	10.5	Yes	None	No	0	Green
	N+7	3.5	7	No	N+10.5	No	0	Cyan
	N+3.5	3.5	3.5	No	N+10.5	No	0	Red
	N+0		0					

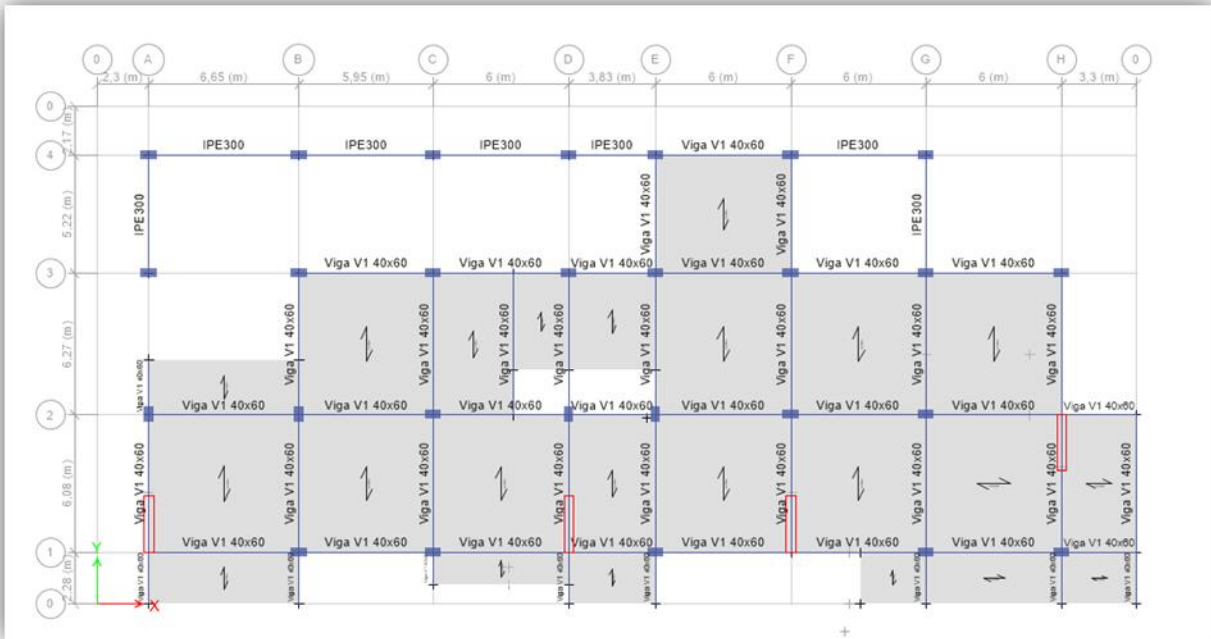


## Anexo 5. Configuración de Materiales y Secciones de Elementos estructurales en ETABS

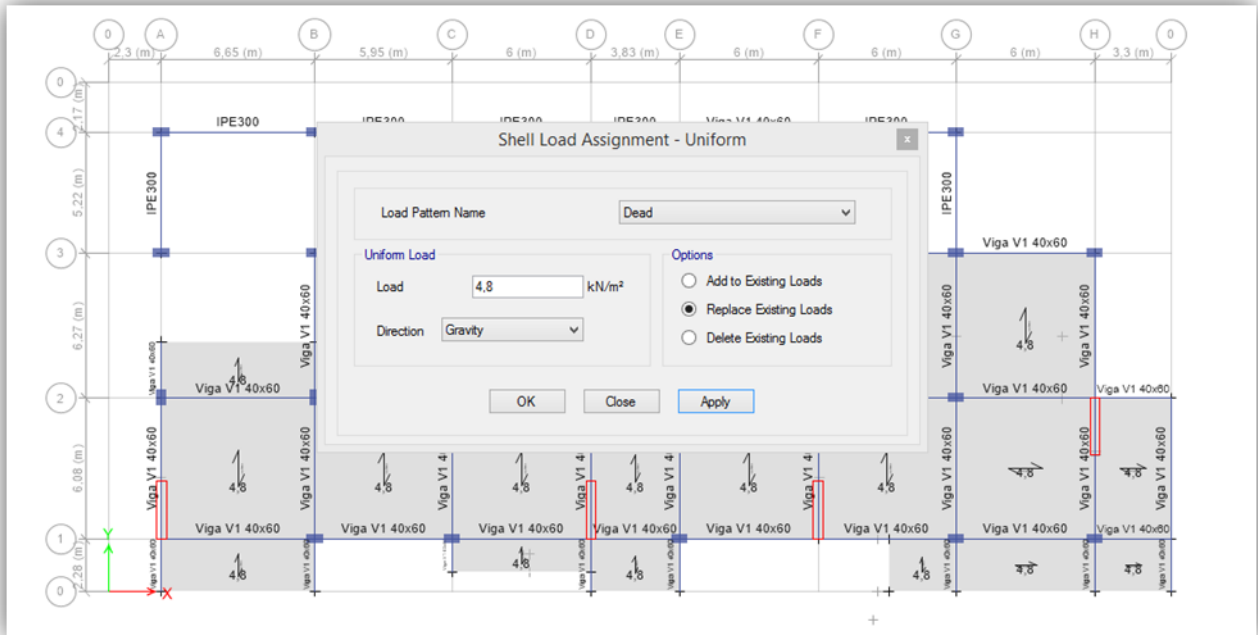




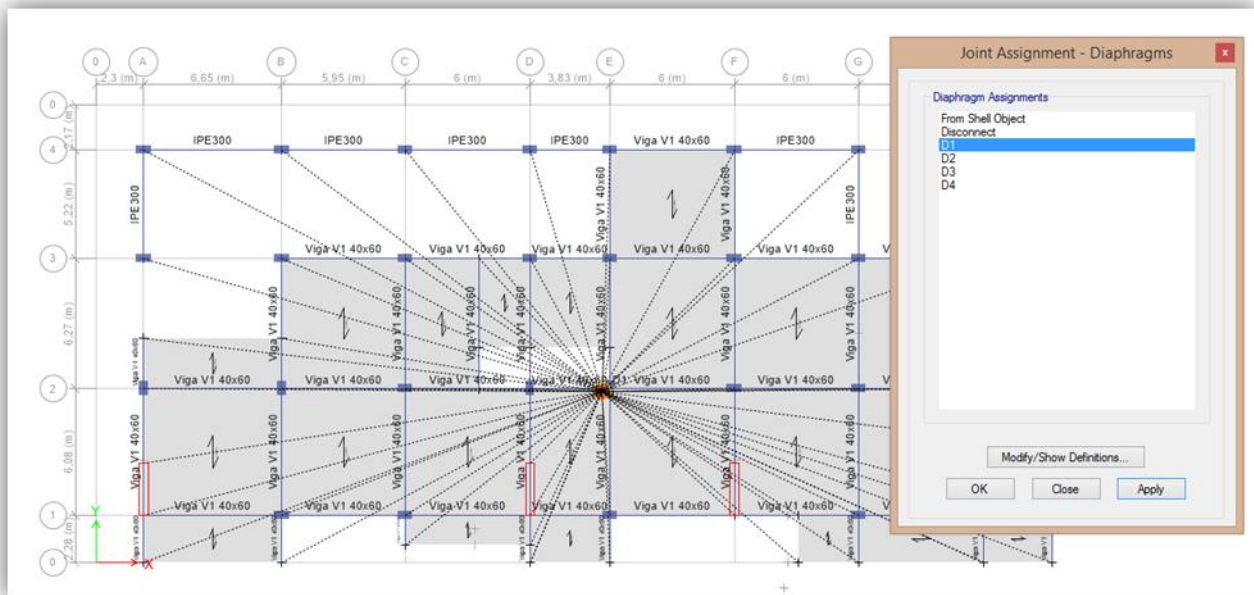
Anexo 6. Secciones de Elementos Estructurales en ETBAS



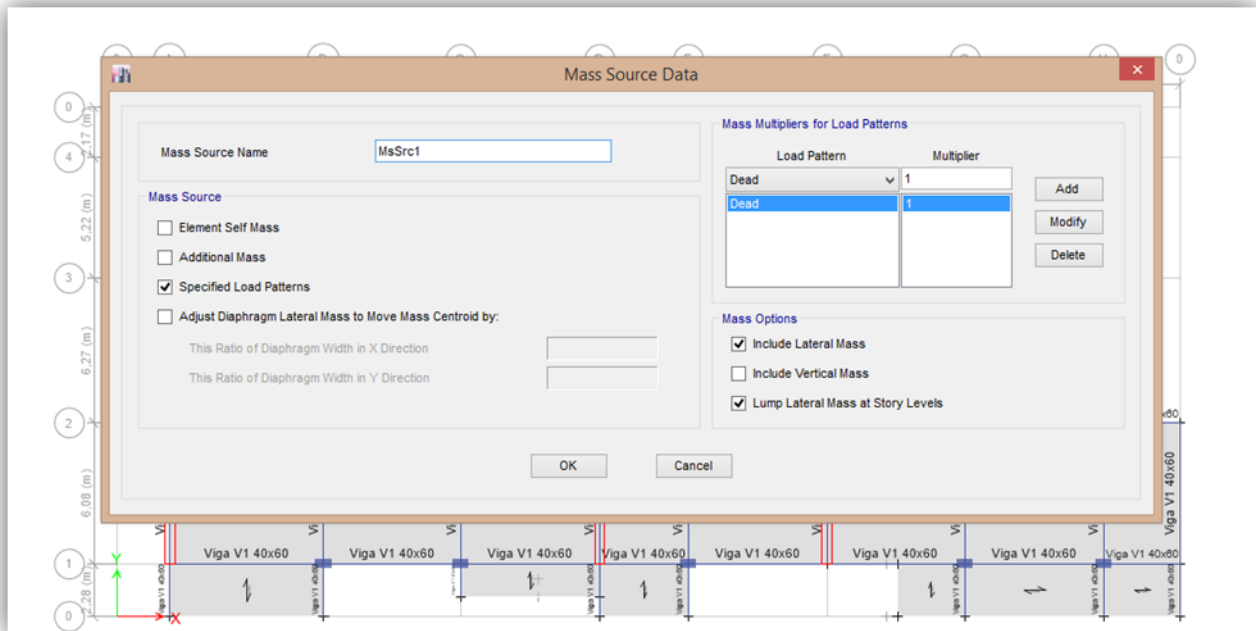
### Anexo 7. Asignación de Cargas en ETBAS



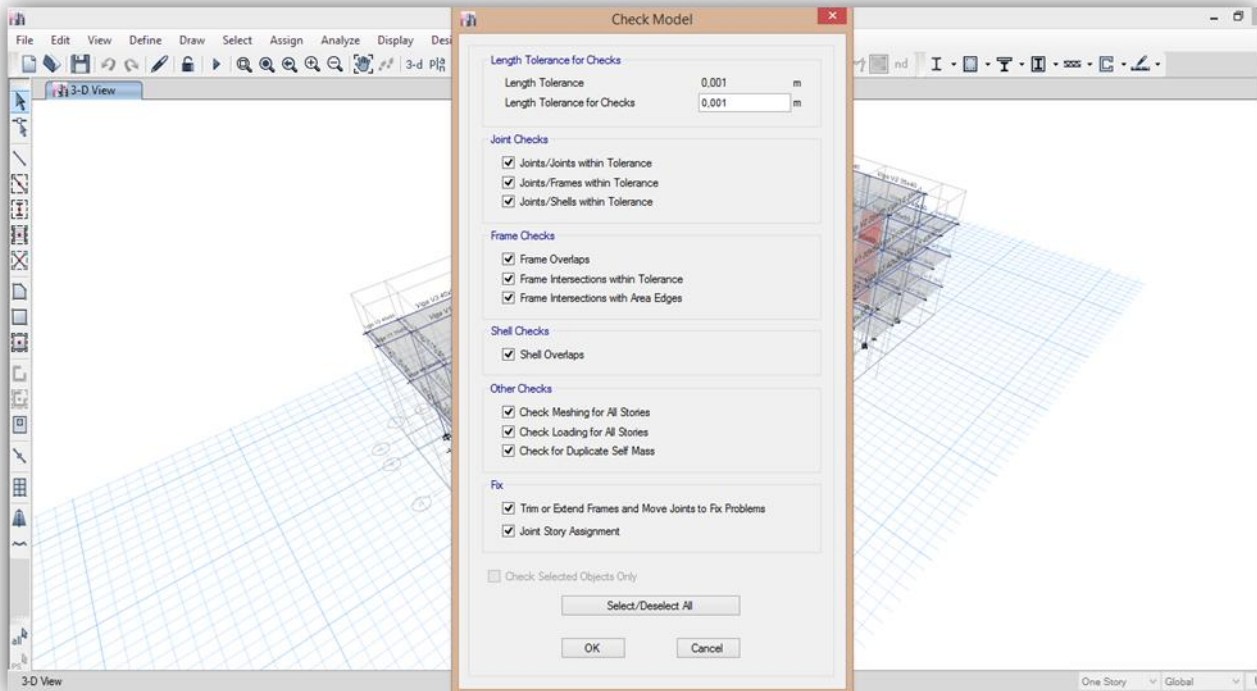
## Anexo 8. Asignación de Diafragma Rígido en ETABS



## Anexo 9. Asignación de la Masas de la Estructura en ETBAS



## Anexo 10. Chequeo y Masa del Modelo en ETABS



	Load Case/Combo	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m
▶	Dead	0	0	20813,6531	189047,2139	-476300,7482
	Live	0	0	5346,8191	45202,5967	-121408,3173

## Anexo 11. Figura A.3-1 - Irregularidad en Planta

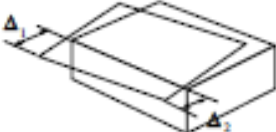
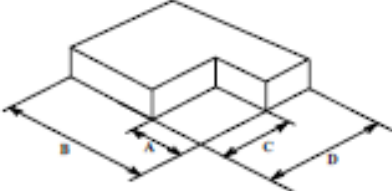
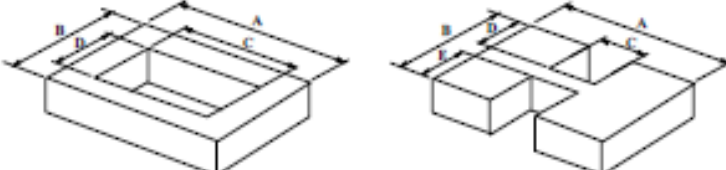
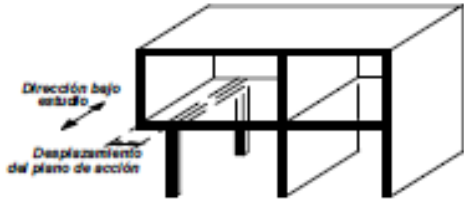
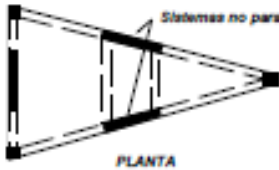
<p>Tipo 1aP — Irregularidad torsional  <math>\phi_p = 0.9</math>  <math>1.4 \left( \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 &gt; 1.2 \left( \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)</math></p>	<p>Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema  <math>\phi_p = 0.8</math>  <math>\Delta_1 &gt; 1.4 \left( \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)</math></p>
	
<p>Tipo 2P — Retrocesos en las esquinas — <math>\phi_p = 0.9</math>  <math>A &gt; 0.15B</math> y <math>C &gt; 0.15D</math></p> 	
<p>Tipo 3P — Irregularidad del diafragma — <math>\phi_p = 0.9</math></p> <p>1) <math>C \times D &gt; 0.5A \times B</math>      2) <math>(C \times D + C \times E) &gt; 0.5A \times B</math></p> 	
<p>Tipo 4P — Desplazamiento de los planos de Acción — <math>\phi_p = 0.8</math></p> 	
<p>Tipo 5P — Sistemas no paralelos — <math>\phi_p = 0.9</math></p> 	

Figura A.3-1 — Irregularidades en planta



## Anexo 12. Figura A.3-2 - Irregularidad en Altura

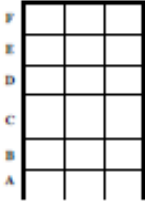
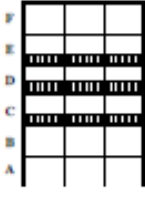
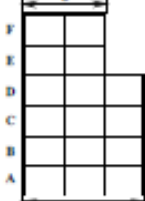
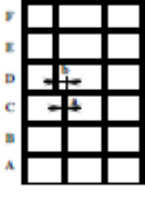
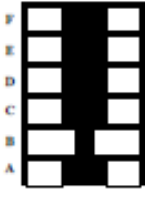

<p>Tipo 1aA — Piso flexible  <math>\phi_a = 0.9</math>  <math>0.60 \text{ Rigidez } K_D \leq \text{Rigidez } K_C &lt; 0.70 \text{ Rigidez } K_D</math>  o  <math>0.70 (K_D + K_E + K_F) / 3 \leq \text{Rigidez } K_C &lt; 0.80 (K_D + K_E + K_F) / 3</math></p> <p>Tipo 1bA — Piso flexible extremo  <math>\phi_a = 0.8</math>  <math>\text{Rigidez } K_C &lt; 0.60 \text{ Rigidez } K_D</math>  o  <math>\text{Rigidez } K_C &lt; 0.70 (K_D + K_E + K_F) / 3</math></p>	
<p>Tipo 2A — Distribución masa — <math>\phi_a = 0.9</math></p> <p><math>m_D &gt; 1.50 m_E</math>  o  <math>m_D &gt; 1.50 m_C</math></p>	
<p>Tipo 3A — Geométrica — <math>\phi_a = 0.9</math></p> <p><math>a &gt; 1.30 b</math></p>	
<p>Tipo 4A — Desplazamiento dentro del plano de acción — <math>\phi_a = 0.8</math></p> <p><math>b &gt; a</math></p>	
<p>Tipo 5aA — Piso débil  <math>\phi_a = 0.9</math>  <math>0.65 \text{ Resist. Piso C} \leq \text{Resist. Piso B} &lt; 0.80 \text{ Resist. Piso C}</math></p>	
<p>Tipo 5bA — Piso débil extremo  <math>\phi_a = 0.8</math>  Resistencia Piso B &lt; 0.65 Resistencia Piso C</p>	

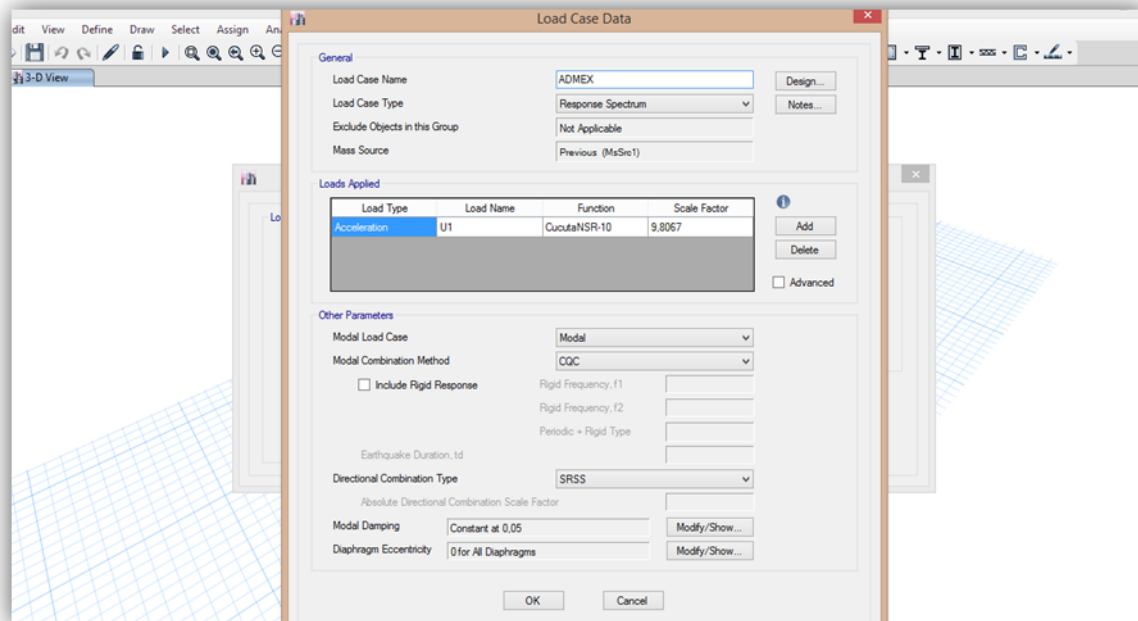
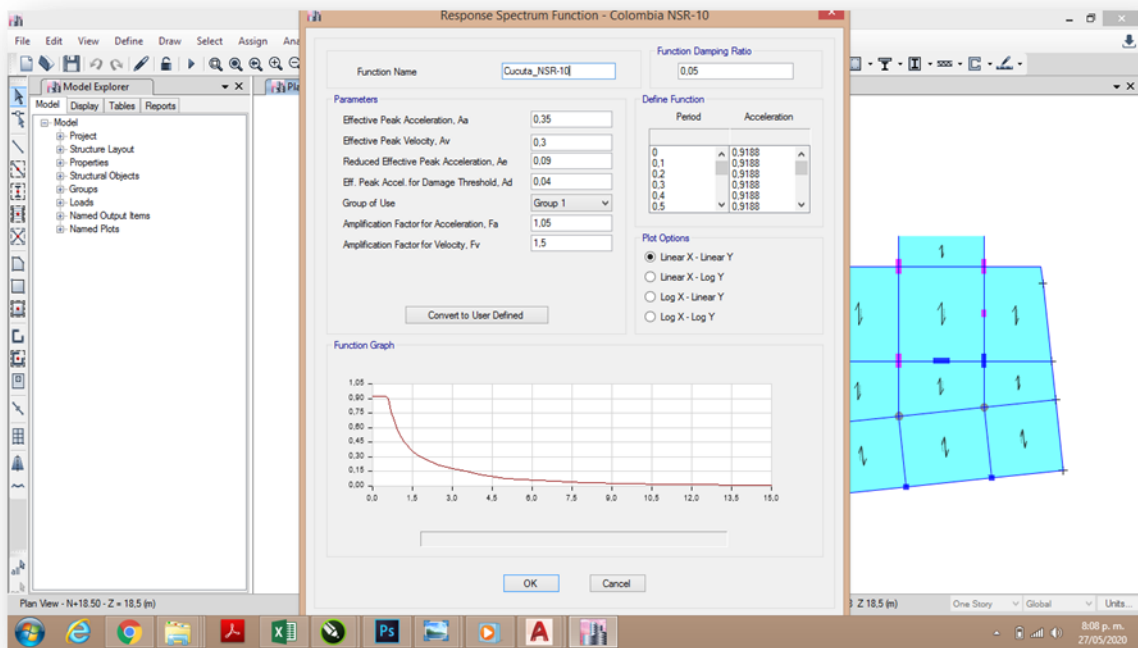
Figura A.3-2 — Irregularidades en la altura

### Anexo 13. Tabla A.3-3 de la NSR-10

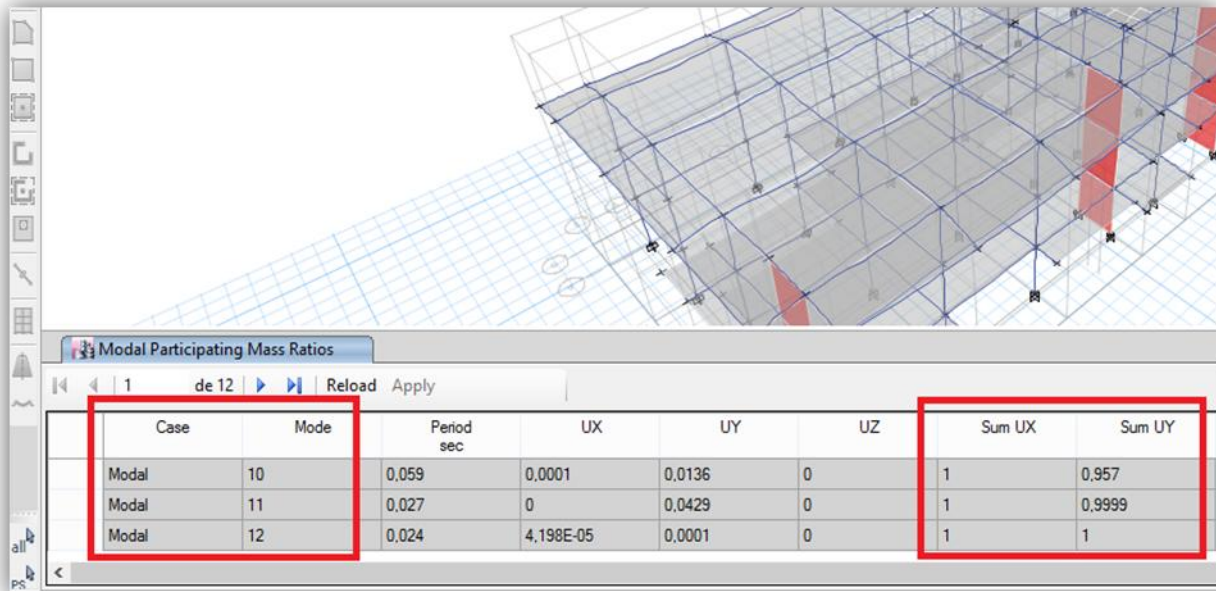
**Tabla A.3-3**  
**Sistema estructural de pórtico resistente a momentos (Nota 1)**

C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor $R_0$ (Nota 2)	Valor $\Omega_0$ (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta		Intermedia		baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
<b>1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)</b>									
a. De concreto (DES)	el mismo	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DES)	el mismo	7.0 (Nota- 3)	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
d. De acero con cerchas dúctiles (DES)	Pórticos de acero resistentes o no a momentos	6.0	3.0	si	30 m	si	45 m	si	sin límite

## Anexo 14. Caso de Carga Tipo Espectro en ETABS



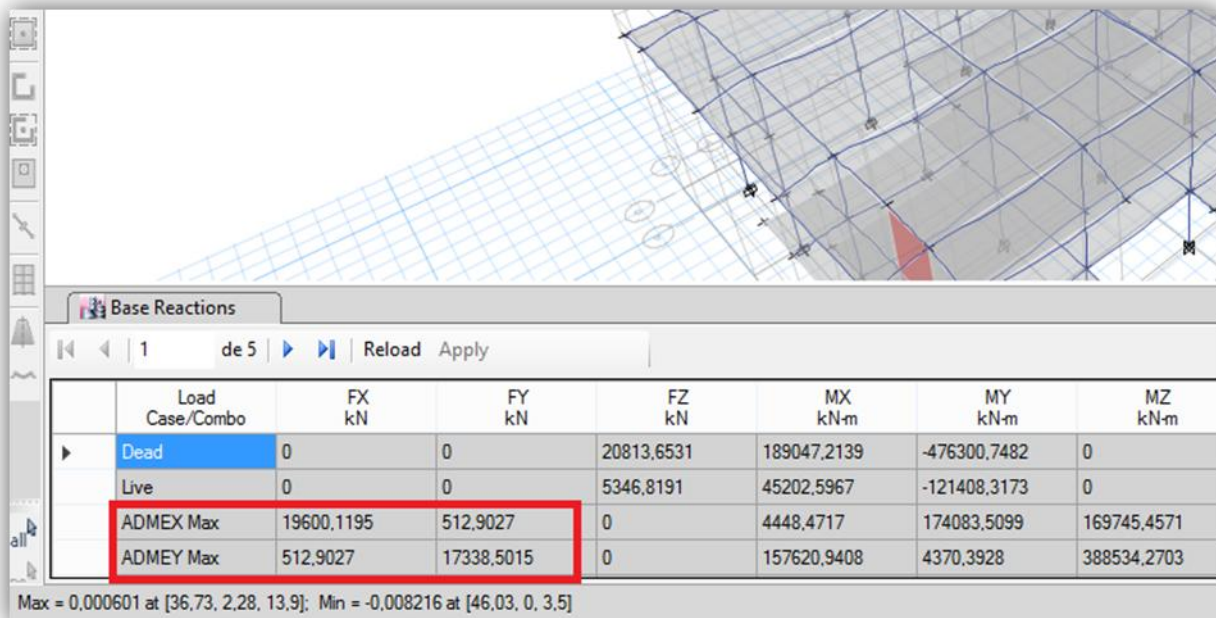
### Anexo 15. Cortante de Base Dinámico en ETABS



Modal Participating Mass Ratios

1 de 12 | Reload | Apply

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
Modal	10	0.059	0.0001	0.0136	0	1	0.957
Modal	11	0.027	0	0.0429	0	1	0.9999
Modal	12	0.024	4.198E-05	0.0001	0	1	1



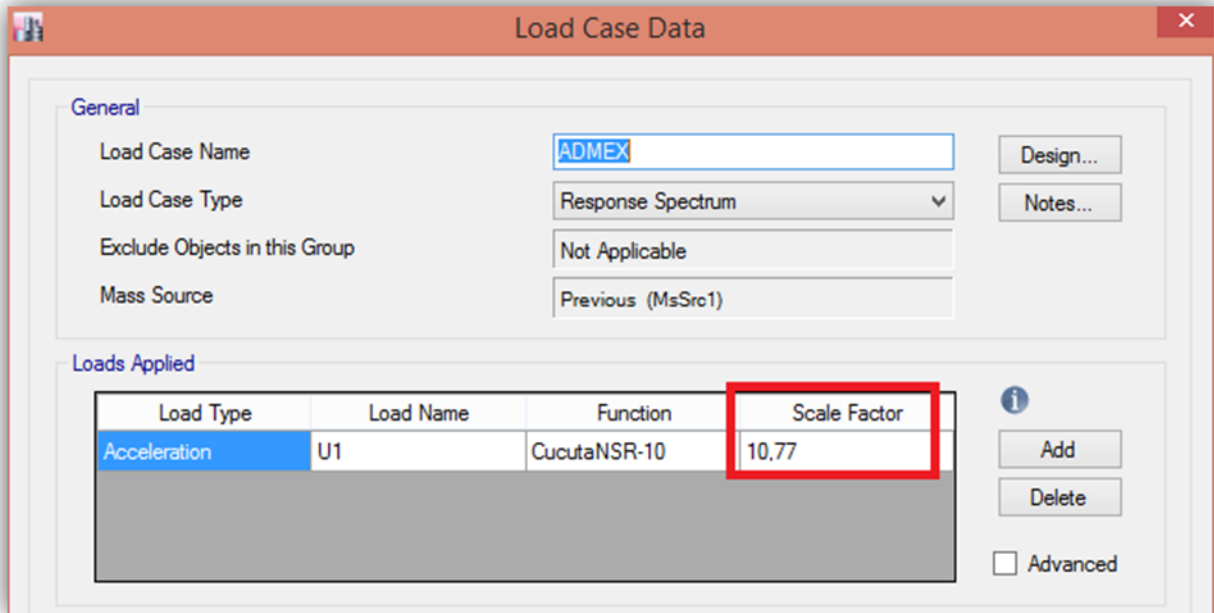
Base Reactions

1 de 5 | Reload | Apply

Load Case/Combo	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Dead	0	0	20813.6531	189047.2139	-476300.7482	0
Live	0	0	5346.8191	45202.5967	-121408.3173	0
ADMEX Max	19600.1195	512.9027	0	4448.4717	174083.5099	169745.4571
ADMEY Max	512.9027	17338.5015	0	157620.9408	4370.3928	388534.2703

Max = 0,000601 at [36,73, 2,28, 13,9]; Min = -0,008216 at [46,03, 0, 3,5]

## Anexo 16. Cambio de Factor de Escala de Gravedad y Nuevo Cortante de Base Dinámico en ETABS

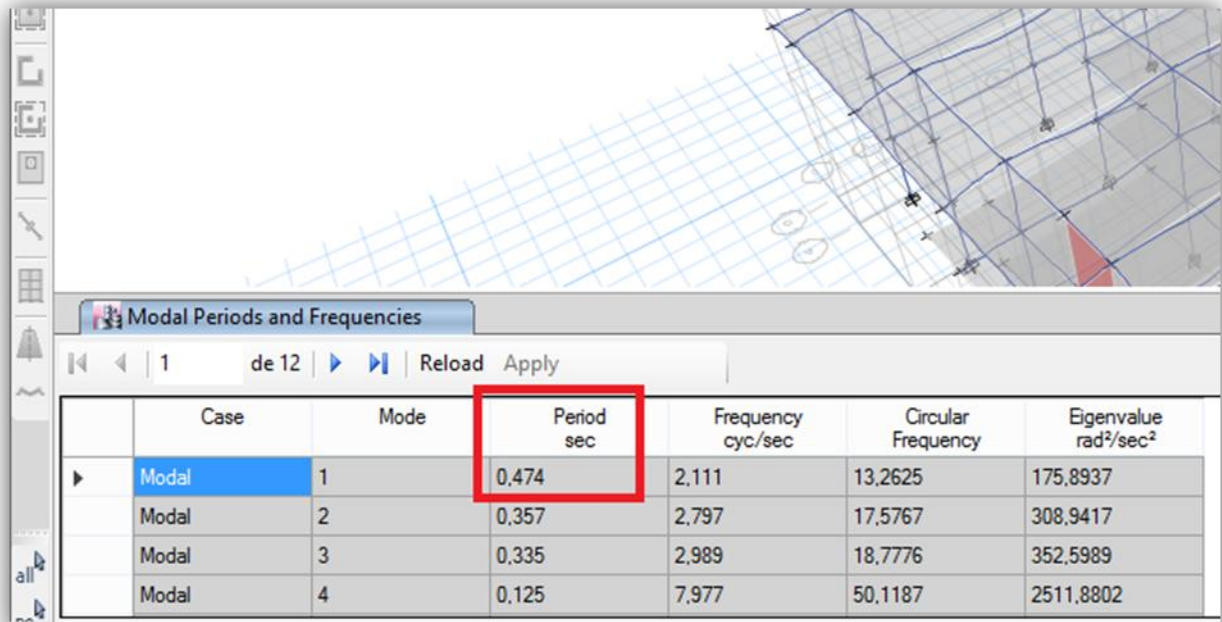


**Base Reactions**

1 de 4 | Reload Apply

Load Case/Combo	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Dead	0	0	20813,6531	189047,2139	-476300,7482	0
Live	0	0	5346,8191	45202,5967	-121408,3173	0
ADMEX Max	21525,415	563,2845	0	4885,4396	191183,5176	186419,3432
ADMEY Max	636,5062	21516,8776	0	195605,744	5423,6064	482166,4851

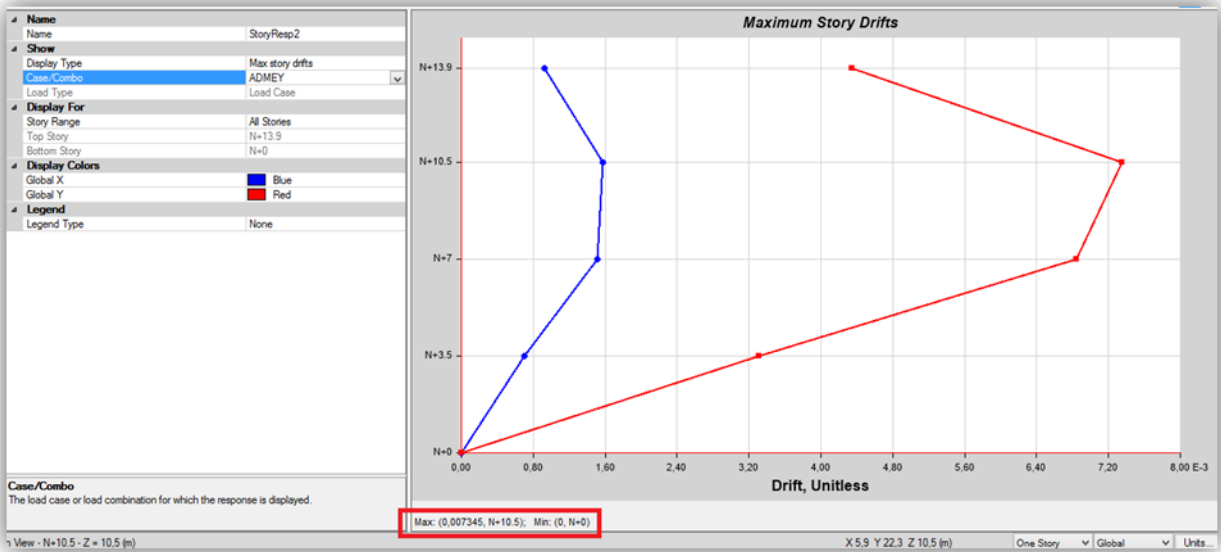
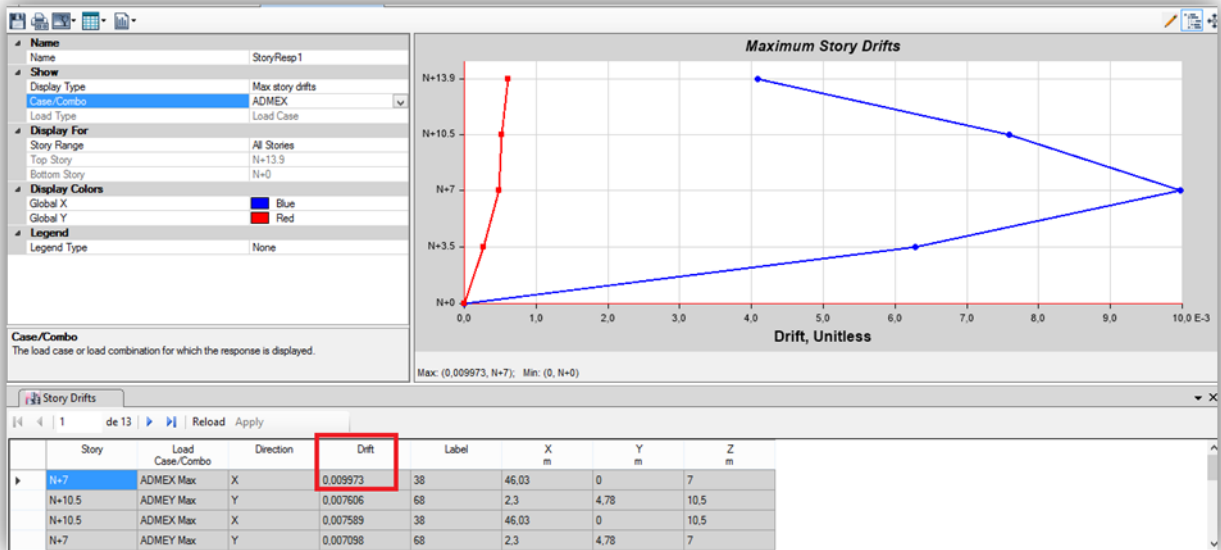
3-D View

**Anexo 17. Periodo Fundamental de la Estructura en ETABS**

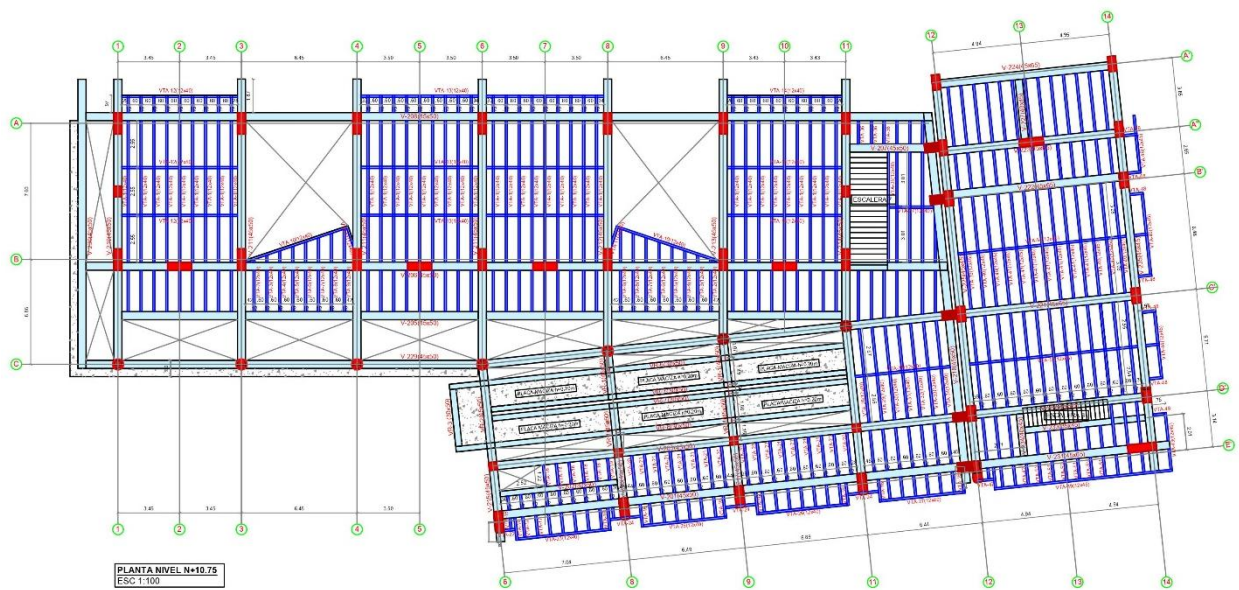
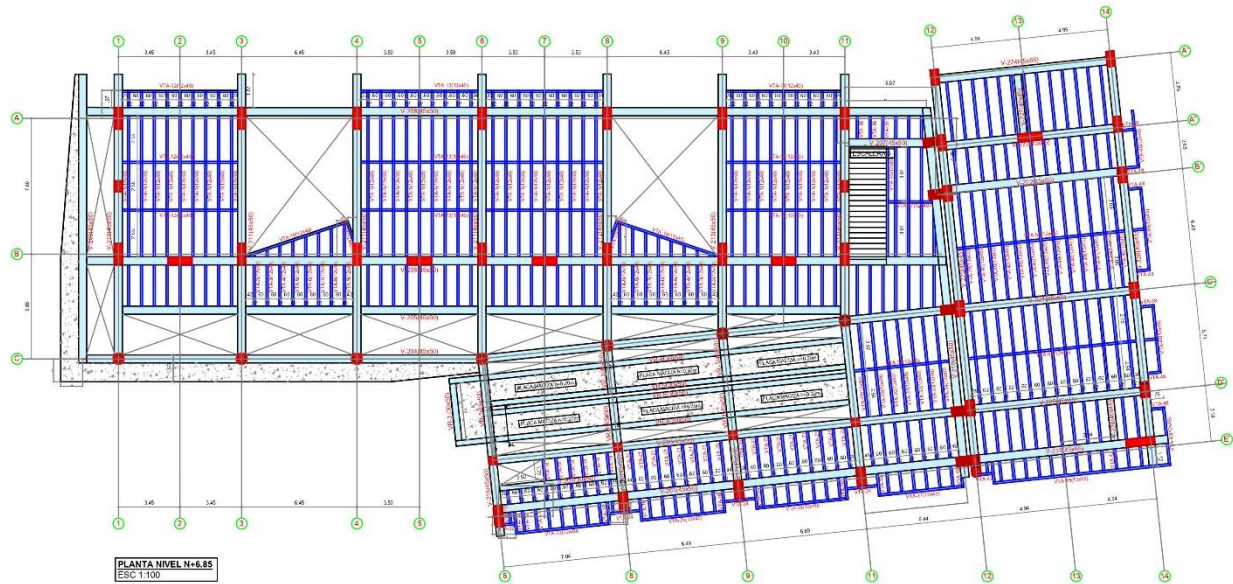
The screenshot shows the 'Modal Periods and Frequencies' window in ETABS. The window title is 'Modal Periods and Frequencies'. Below the title bar, there are navigation controls: a double left arrow, a single left arrow, '1' in a box, a double right arrow, and 'de 12'. To the right of these are 'Reload' and 'Apply' buttons. The main area contains a table with the following data:

	Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	Circular Frequency	Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
▶	Modal	1	0.474	2.111	13,2625	175,8937
	Modal	2	0.357	2,797	17,5767	308,9417
	Modal	3	0.335	2,989	18,7776	352,5989
	Modal	4	0.125	7,977	50,1187	2511,8802

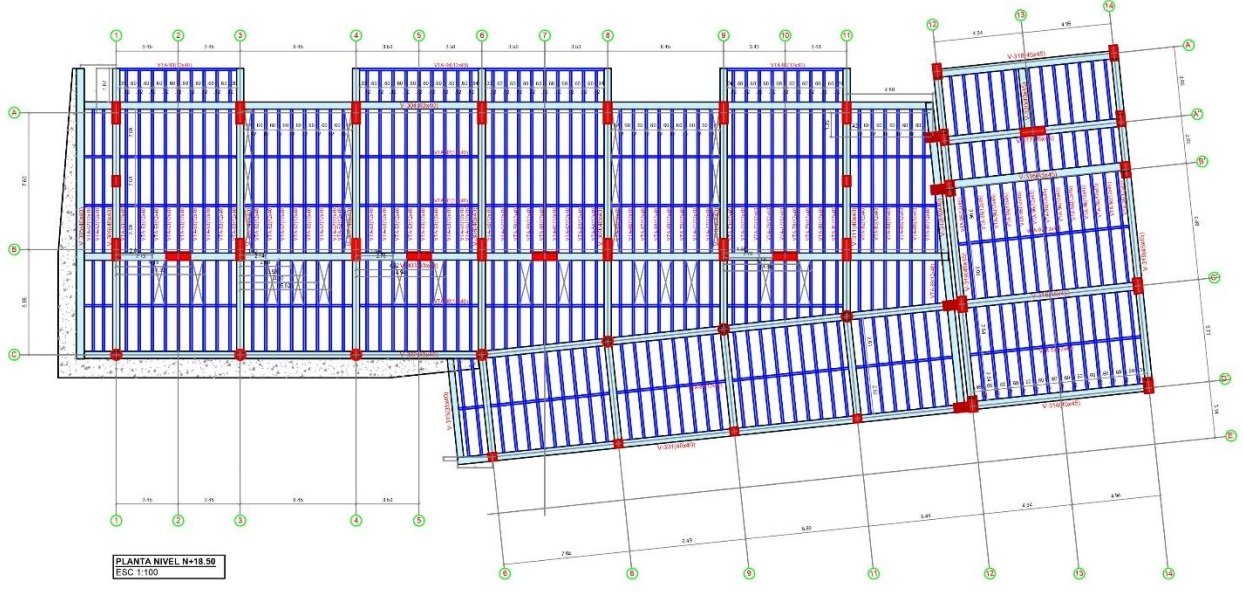
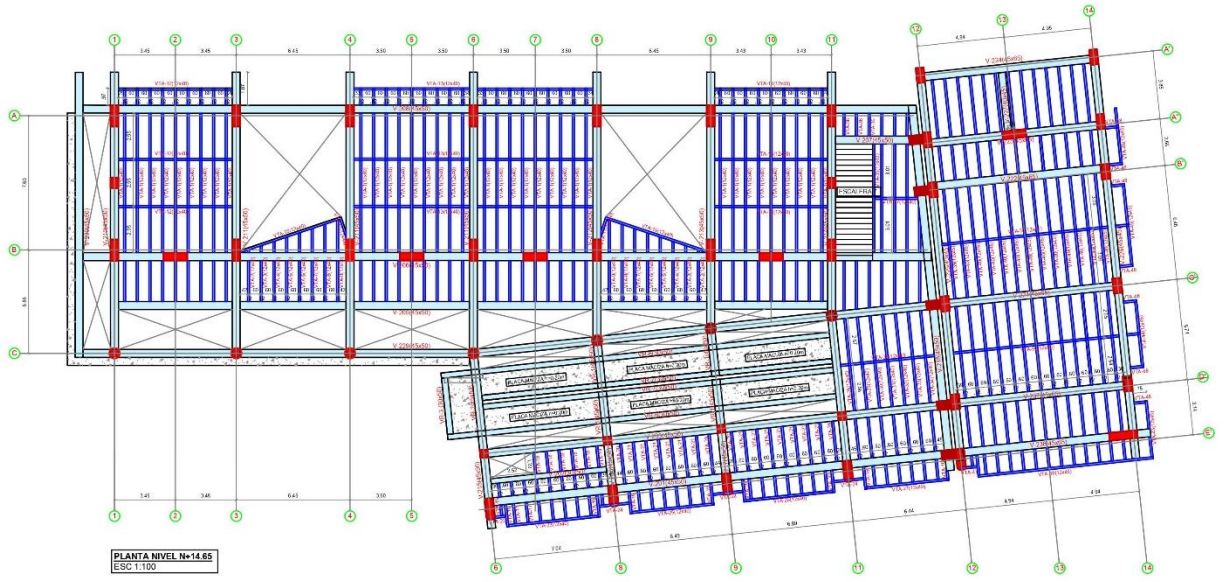
### Anexo 18. Derivas Máximas ETABS



### Anexo 19. Planos en Planta de la Estructura Civil

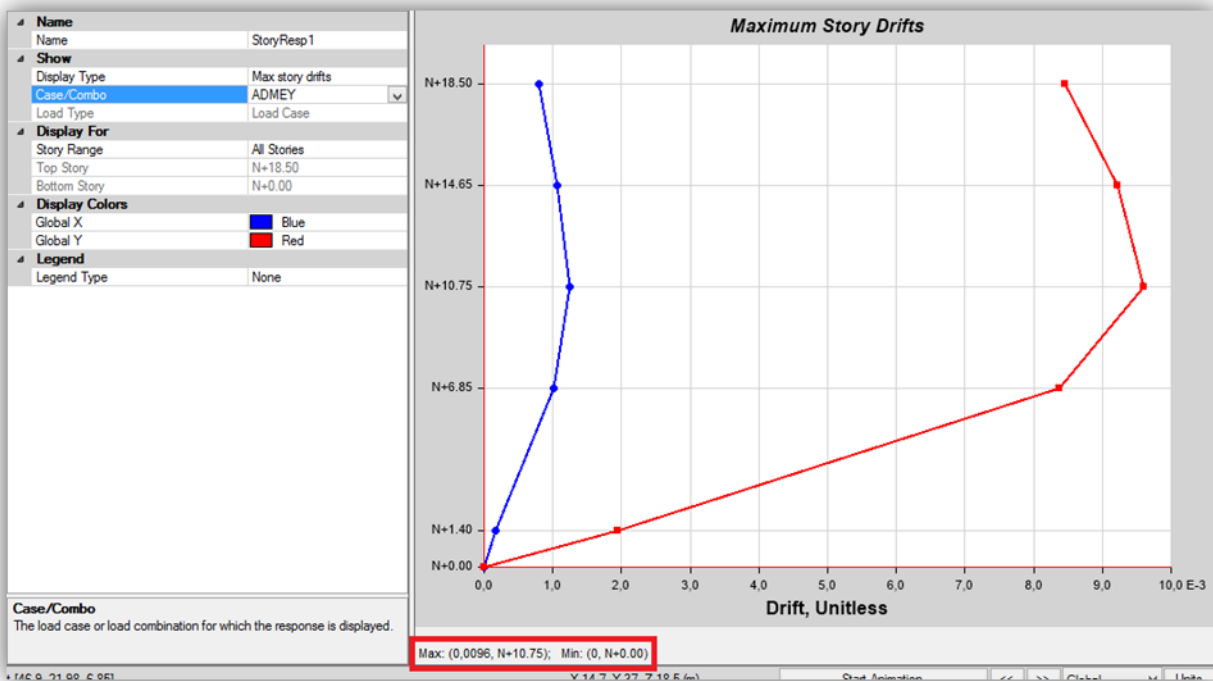
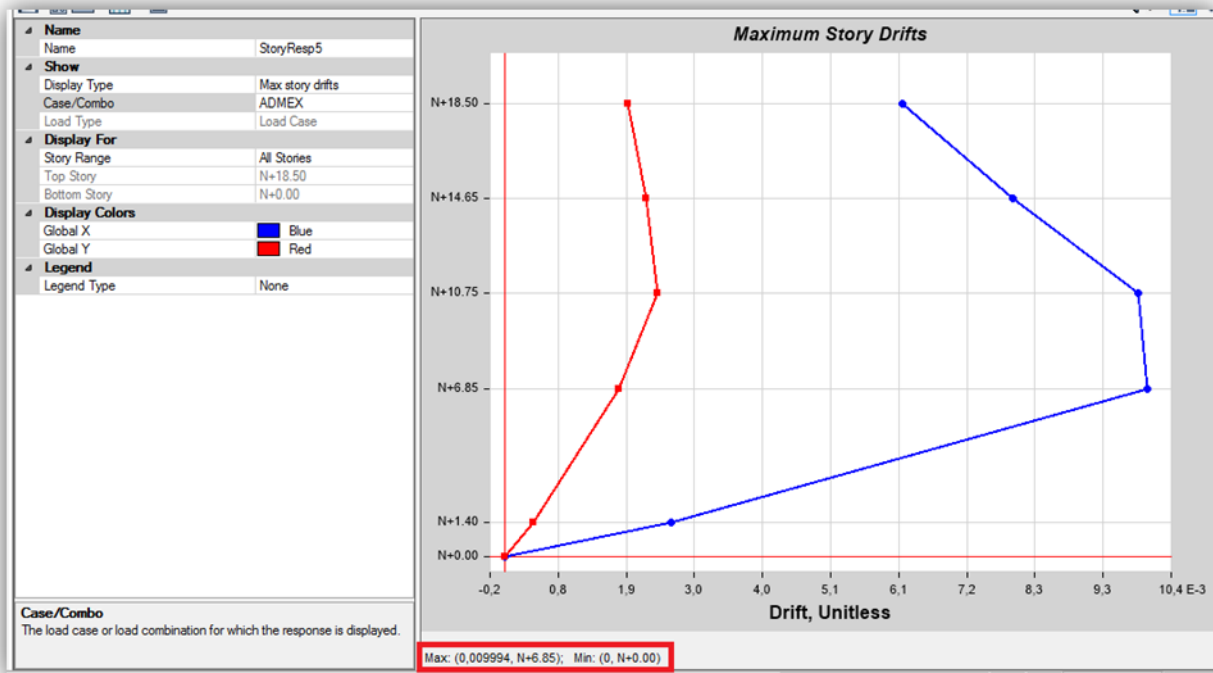






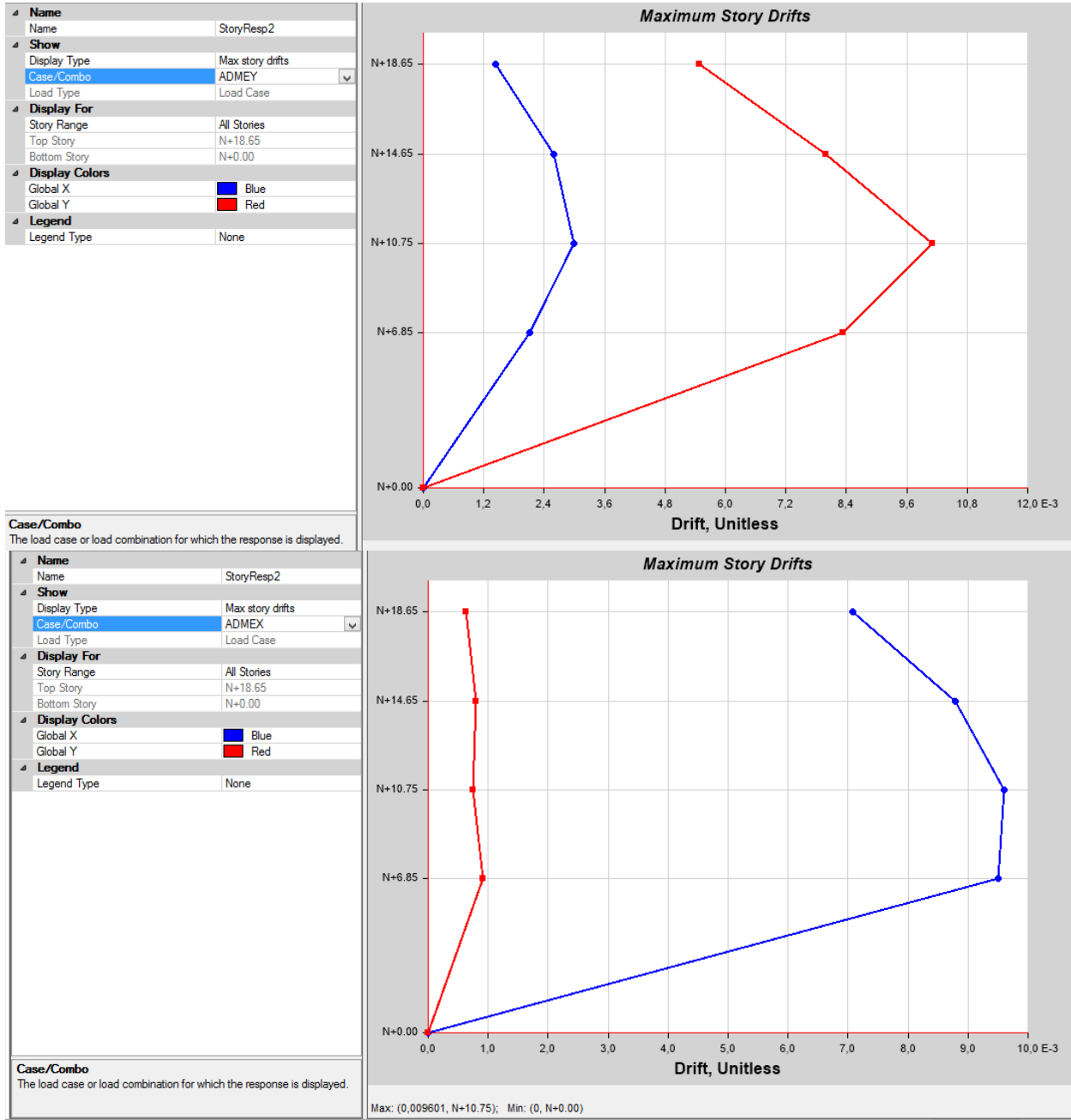
## Anexo 20. Verificación de Derivas y Periodo del Modelo Civil 1ra Estructura sin Techo

### Verde



## Anexo 21. Verificación de Derivas y Periodo del Modelo Civil 1ra Estructura sin Techo

### Verde



## Anexo 22. Implementación de membranas impermeabilizantes anti-raíz a base de PVC, Propileno-Etileno o similares en puntos de encuentro con elementos emergentes.

Para la (Administración pública de la Ciudad de México, Secretaría del Medio Ambiente, 2018), antes de iniciar con la colocación de la membrana impermeabilizante anti-raíz se deberán preparar las juntas de dilatación, parámetros, penetraciones de tuberías y ductos, los desagües, entre otros de modo que se garantice la estanquidad de la cubierta y la correcta evacuación del agua.

En los puntos de encuentro con elementos emergentes intermedios de la cubierta tales como muretes, petos, entre otros, estos deberán contar con un chaflán por ambos lados a 45° de mínimo 8 cm de altura. La membrana de impermeabilización 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 sustrato. Asimismo, deberá tener un refuerzo con traslape de por lo menos 10 cm sobre el chaflán y el remate de la impermeabilización deberá realizarse como se muestra en la figura 1.

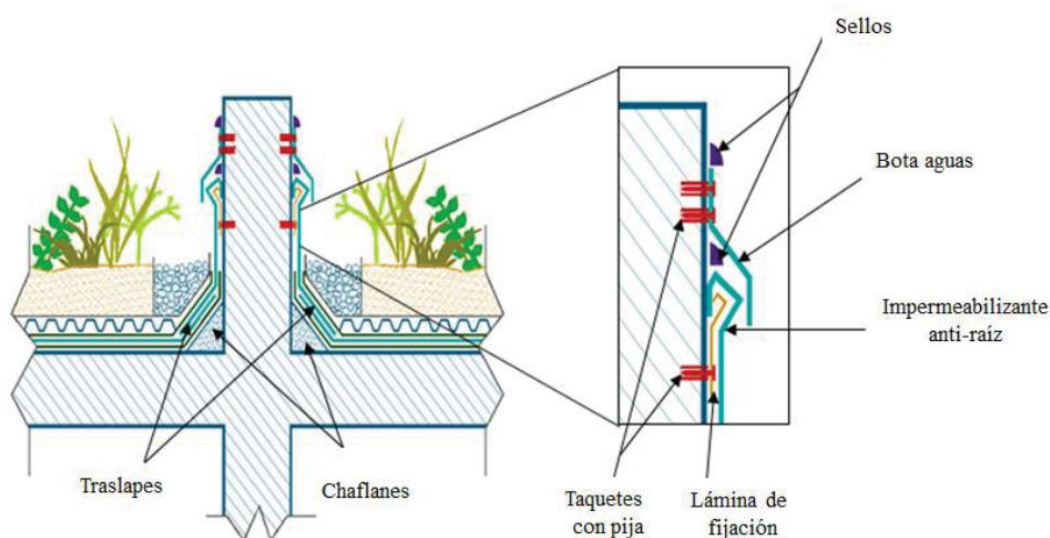


Figura 1. Impermeabilización con láminas de PVC, Propileno-Etileno o similares en puntos de encuentro con elementos emergentes intermedios.

Fuente. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, 2018.

En caso de que la membrana sobresalga menos de 10 cm por encima de la protección pesada de la cubierta o capa de sustrato, deberá continuar con la impermeabilización cubriendo el elemento emergente intermedio y descendiendo del lado contrario. Ambos lados del elemento emergente deberán tener un chaflán a 45° de por lo menos 8 cm de altura y la membrana deberá tener un refuerzo con traslape de por lo menos 10 cm sobre los chaflanes (Ver figura 2).

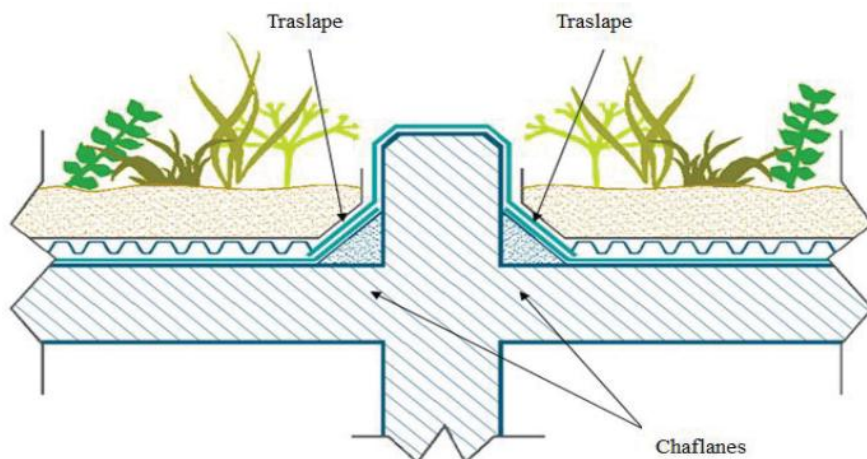


Figura 2. Impermeabilización en puntos de encuentro con elementos emergentes intermedios por debajo del nivel del sustrato o de altura menor a 10 cm sobre el nivel del mismo. Fuente. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, 2018.

En los puntos de encuentro con pretilos u otro tipo de elementos emergentes perimetrales, estos deberán contar con un chaflán a 45° de mínimo 8 cm de altura. La membrana de impermeabilización anti-raíz deberá tener un refuerzo con traslape de por lo menos 10 cm sobre el chaflán y el remate de la impermeabilización deberá de realizarse como se muestra en la figura 3.

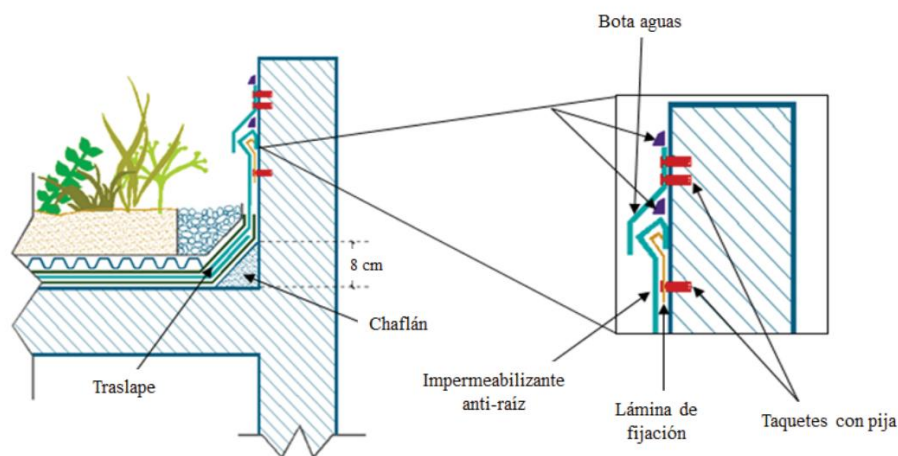


Figura 3. Impermeabilización en puntos de encuentro con pretilos y elementos emergentes perimetrales. Fuente. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, 2018.

El tratamiento en puntos de encuentro con tubos y conductos que penetren desde la cubierta hacia el interior de la edificación deberá ser conforme a lo indicado en la figura 4.

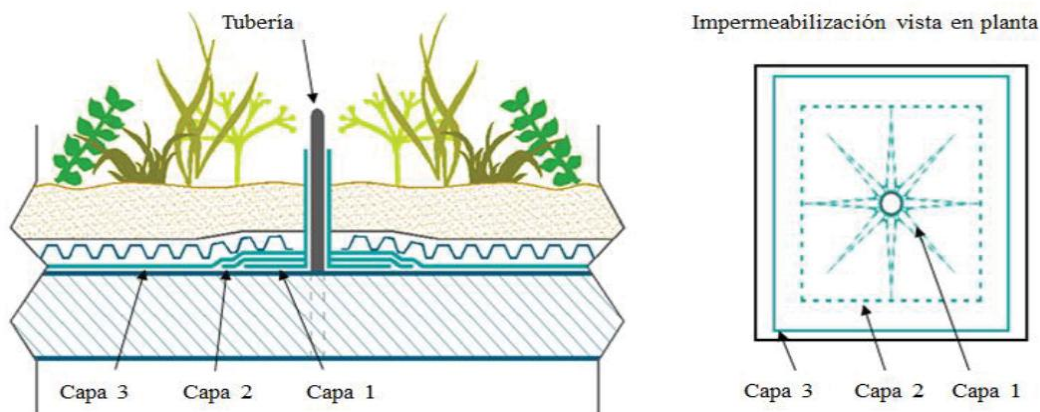


Figura 4. Impermeabilización y refuerzos en puntos de encuentro con tubos y conductos que penetren desde la cubierta hacia el interior de la edificación. Fuente. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, 2018.

**Capa 1:** Se debe cortar en forma de estrella cuidando que no se desprendan las pestañas sobrantes; estas pestañas se pegan al tubo de modo que lo forren y la estrella queda unida directamente sobre la losa (ver la vista e planta).

**Capa 2:** Se corta un cuadro de impermeabilización anti-raíz de dimensiones suficientes para cubrir la capa 1, se le hace el corte necesario para que pasa el tubo y se una a la losa cubriendo la capa 1.

**Capa 3:** Es la capa de impermeabilización anti-raíz que cubre toda la superficie de la cubierta y se debe colocar de modo que rodee toda la tubería lo más pegado posible y cubra las capas 1 y 2.

**Nota:** Todas las capas deberán ser del mismo tipo de impermeabilización anti-raíz.

En los puntos de encuentro con bajadas de agua, la membrana de impermeabilización anti-raíz deberá contar con un esfuerzo como se muestra en la Figura 4. Tanto el refuerzo, como el impermeabilizante deberán cortarse en forma de estrella en todo el diámetro de la sección circular de la bajante de agua y las pestañas se unirán a la losa. Las pestañas deberán quedar de forma que se complementen y cubran la totalidad de la sección del desnivel de la bajada de agua.

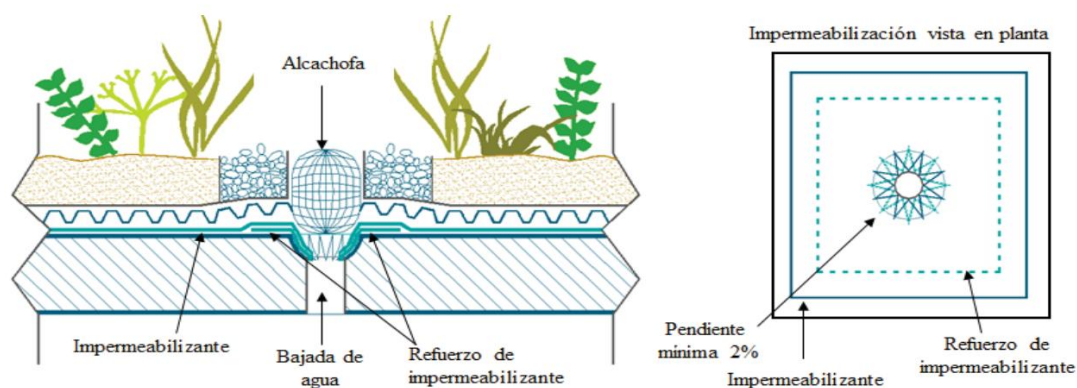


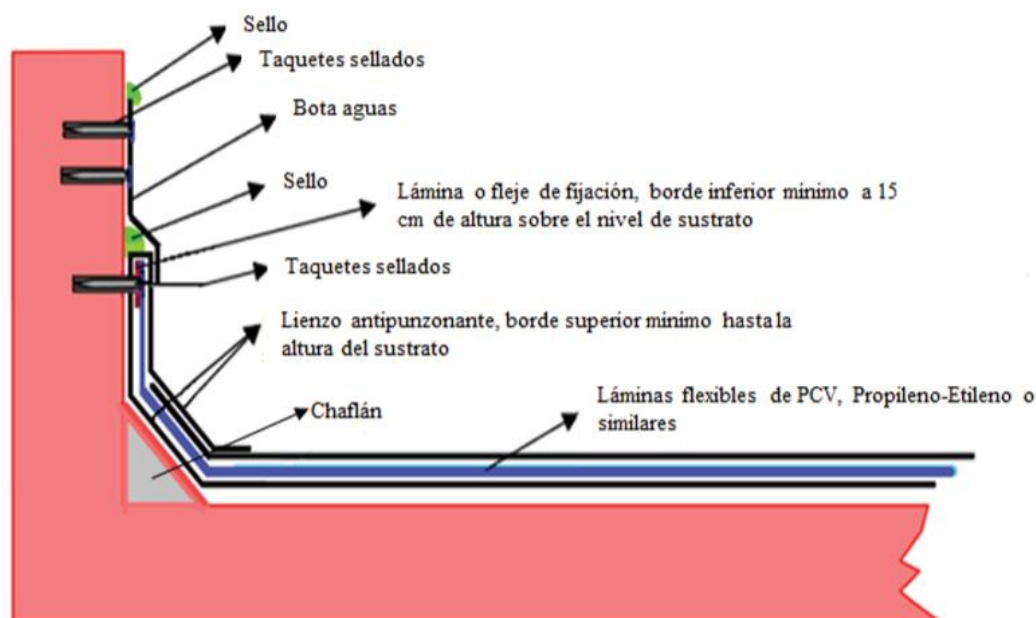
Figura 5. Impermeabilización y refuerzo en puntos de encuentro con bajadas de agua. Fuente. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, 2018.

La colocación del impermeabilizante anti-raíz deberá ser continua en toda la superficie, incluida las áreas bajo equipos existentes.

### Colocación de membranas impermeabilizantes anti-raíz a base de PVC, Propileno-Etileno o similares

Deberá llevarse a cabo una limpieza general del sitio.

1. Colocar una capa de protección antipunzonante.
2. Se colocarán flejes de fijación en el perímetro del pretil y elementos singulares (ver Figura 6), a una altura mínima de 15 cm sobre el nivel estimado del sustrato.
3. Se deberá colocar otro fleje de fijación sobre la superficie horizontal a fin de anular esfuerzos de tensión.
4. Colocar las láminas de impermeabilizante anti-raíz y unir las por termofusión al fleje de fijación sobre la superficie horizontal. Los traslapes entre láminas de impermeabilizante anti-raíz deberán ser sellados con PVC líquido.
5. Unir por medio de un faldón el fleje de fijación del pretil o de elementos singulares a la lámina fijada en forma horizontal.
6. Se deberá sellar el espacio entre el fleje de fijación y el pretil con un material flexible de un mínimo de 200 % de elongación.
7. Se deberá colocar una capa de protección antipunzonante con la finalidad de proteger las láminas de impermeabilizante anti-raíz durante la instalación del resto del sistema de naturación.
8. Se debe colocar un bota aguas para prolongar la vida útil del impermeabilizante anti-raíz.



Esquema de fijación de láminas de PVC, Propileno-Etileno o similares a pretil, muretes y similares.

Fuente. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, 2018.

### Anexo 23. APU del presupuesto de implementación para el techo verde

Retenedor perimetral (ml)						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 3.800,00	5	\$ 190,00		
Observación:				Sub-total	\$ 190,00	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Retenedor en perfleria	m	\$ 16.000,00	1,05	\$ 16.800,00		
Tornillos y chazos	UND	\$ 200,00	10	\$ 2.000,00		
Observación:				Sub-Total	\$ 18.800,00	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (ml/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	28	\$ 1.900,00	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	28	\$ 1.900,00	
Observación:				Sub-total	\$ 3.800,00	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 22.790,00</b>
<b>Capa impermeabilizante (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 12.920,00	5	\$ 646,00		
Observación:				Sub-total	\$ 646,00	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Membrana de PVC (Sarnafil G476 -15)	m2	\$ 46.450,00	1,05	\$ 48.772,50		
Geotextil (Sika PP1800)	m2	\$ 3.567,00	1,05	\$ 3.745,35		
Sikaplan Perfil de borde	ml	\$ 5.982,00	0,26	\$ 1.574,00		
Sellador de bordes (Sikaflex-11FC)	UND	\$ 26.413,00	0,08	\$ 1.998,53		
Observación:				Sub-Total	\$ 56.090,38	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Esp. Impermeabilizante	\$ 40.000,00	1,9	\$ 76.000,00	10	\$ 7.600,00	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	10	\$ 5.320,00	
Observación:				Sub-total	\$ 12.920,00	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 69.656,38</b>



<b>Capa Drenante (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 3.800,00	5	\$ 190,00		
Observación:				Sub-total	\$ 190,00	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Lamina drenante Sika Drain MS20	m2	\$ 34.510,00	1,05	\$ 36.235,50		
Observación:				Sub-Total	\$ 36.235,50	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	28	\$ 1.900,00	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	28	\$ 1.900,00	
Observación:				Sub-total	\$ 3.800,00	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 40.225,50</b>
<b>Capa filtro (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 3.800,00	5	\$ 190,00		
Observación:				Sub-total	\$ 190,00	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Geotextil (Sika PP1800)	m2	\$ 3.567,00	1,05	\$ 3.745,35		
Observación:				Sub-Total	\$ 3.745,35	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	28	\$ 1.900,00	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	28	\$ 1.900,00	
Observación:				Sub-total	\$ 3.800,00	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 7.735,35</b>

<b>Capa Sustrato (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 3.800,00	5	\$ 190,00		
Observación:				Sub-total	\$ 190,00	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Sustrato	m2	\$ 32.000,00	1	\$ 32.000,00		
Observación:				Sub-Total	\$ 32.000,00	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	28	\$ 1.900,00	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	28	\$ 1.900,00	
Observación:				Sub-total	\$ 3.800,00	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 35.990,00</b>
<b>Capa de vegetación (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 10.640,00	5	\$ 532,00		
Observación:				Sub-total	\$ 532,00	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Vegetación	m2	\$ 125.000,00	1	\$ 125.000,00		
Observación:				Sub-Total	\$ 125.000,00	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	10	\$ 5.320,00	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	10	\$ 5.320,00	
Observación:				Sub-total	\$ 10.640,00	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 136.172,00</b>

Sistema de riego (m2)						
Equipo						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 8.866,67	5	\$ 443,33		
Observación:				Sub-total	\$ 443,33	
Materiales						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Manguera de 16mm	m	\$ 4.980,00	2,1	\$ 10.458,00		
Tapones de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,02	\$ 20,40		
Codos de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,16	\$ 163,20		
Pieza T de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,16	\$ 163,20		
Uniones de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,18	\$ 183,60		
Cinta teflon	UND	\$ 1.400,00	0,09	\$ 126,00		
Sugetadores de manguera	UND	\$ 500,00	6	\$ 3.000,00		
Abrazadera de metal	UND	\$ 400,00	0,02	\$ 8,00		
Valvula check a 1"	UND	\$ 4.000,00	0,0003	\$ 1,20		
Conector hembra a de 16mm	UND	\$ 980,00	0,003	\$ 2,94		
Goteros autoajustables	UND	\$ 690,00	10	\$ 6.900,00		
Tuberia de Recolección 1 <sup>1/2</sup>	UND	\$ 62.833,00	0,06	\$ 3.769,98		
Codos y uniones de recolección 1 <sup>1/2</sup>	UND	\$ 7.246,00	0,04	\$ 289,84		
Bomba dosificadora	UND	\$ 1.200.000,00	0,00545	\$ 6.543,08		
Tanque 1000L	UND	\$ 372.900,00	0,00545	\$ 2.033,26		
Observación:				Sub-Total	\$ 33.662,70	
Mano de obra						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/dia)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33	
Observación:				Sub-total	\$ 8.866,67	
Transporte						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 42.972,70</b>

<b>Complementos (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 4.433,33	5	\$ 221,67		
Observación:				Sub-total	\$ 221,67	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Zona dura: Gravilla	m3	\$ 40.000,00	0,1	\$ 4.000,00		
Filtros, sifones y retenedores de gravilla	UND	\$ 100.000,00	0,036	\$ 3.636,36		
Observación:				Sub-Total	\$ 7.636,36	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	24	\$ 2.216,67	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	24	\$ 2.216,67	
Observación:				Sub-total	\$ 4.433,33	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 12.291,36</b>

### Anexo 24. APU del presupuesto de implementación para el jardín vertical con fieltro

Estructura en cercha metalica omega (m2)						
Equipo						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 4.256,00	5	\$ 212,80		
Andamio Tubular (sec: 1.5 x 1.5m)	Día	\$ 607,00	0,25	\$ 151,75		
Observación:				Sub-total	\$	364,55
Materiales						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Cercha metalica omega	m	\$ 2.418,03	6	\$ 14.508,20		
Tornillos y chazos	UND	\$ 200,00	30	\$ 6.000,00		
Observación:				Sub-Total	\$	20.508,20
Mano de obra						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	25	\$ 2.128,00	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	25	\$ 2.128,00	
Observación:				Sub-total	\$	4.256,00
Transporte						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$	-
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 25.128,75</b>

Lamina de PVC de 4mm (m2)						
Equipo						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 3.800,00	5	\$ 190,00		
Andamio Tubular (sec: 1.5 x 1.5m)	Día	\$ 607,00	0,28	\$ 169,96		
Observación:				Sub-total	\$	359,96
Materiales						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Lamina de PVC de 4mm	m2	\$ 55.000,00	1	\$ 55.000,00		
Sellador de bordes	Unidad	\$ 28.000,00	0,112	\$ 3.134,64		
Remaches	Unidad	\$ 69,00	30	\$ 2.070,00		
Observación:				Sub-Total	\$	60.204,64
Mano de obra						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	28	\$ 1.900,00	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	28	\$ 1.900,00	
Observación:				Sub-total	\$	3.800,00
Transporte						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$	-
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 64.364,60</b>

<b>Capa de fieltro (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 5.911,11	5	\$ 295,56		
Andamio Tubular (sec: 1.5 x 1.5m)	Día	\$ 607,00	0,44	\$ 267,08		
Observación:				Sub-total	\$ 562,64	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Fieltro gris	m2	\$ 7.000,00	2	\$ 14.000,00		
Grapas	Caja	\$ 21.000,00	0,008	\$ 168,00		
Observación:				Sub-Total	\$ 14.168,00	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	18	\$ 2.955,56	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	18	\$ 2.955,56	
Observación:				Sub-total	\$ 5.911,11	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 20.641,75</b>
<b>Capa sustrato (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 8.866,67	5	\$ 443,33		
Andamio Tubular (sec: 1.5 x 1.5m)	Día	\$ 607,00	0,44	\$ 267,08		
Observación:				Sub-total	\$ 710,41	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Sustrato	m2	\$ 6.000,00	1	\$ 6.000,00		
Observación:				Sub-Total	\$ 6.000,00	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33	
Observación:				Sub-total	\$ 8.866,67	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 15.577,08</b>

<b>Vegetación (m2)</b>					
Equipo					
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario	
Herramienta menor 5%	%	\$ 8.866,67	5	\$ 443,33	
Andamio Tubular (sec: 1.5 x 1.5m)	Dia	\$ 607,00	1	\$ 607,00	
Observación:				Sub-total	\$ 1.050,33
<b>Materiales</b>					
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario	
Vegetación	m2	\$ 252.000,00	1	\$ 252.000,00	
Observación:				Sub-Total	\$ 252.000,00
<b>Mano de obra</b>					
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/dia)	Valor Unitario
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33
Observación:				Sub-total	\$ 8.866,67
<b>Transporte</b>					
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario
-	-	-	-	\$ -	\$ -
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -
				<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 261.917,00</b>

<b>Sistema de riego (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 5.911,11	5	\$ 295,56		
Andamio Tubular (sec: 1.5 x 1.5m)	Dia	\$ 607,00	0,66	\$ 400,62		
Observación:				Sub-total	\$	696,18
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Manguera de 16mm	m	\$ 4.980,00	2,1	\$ 10.458,00		
Tapones de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,02	\$ 20,40		
Codos de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,16	\$ 163,20		
Pieza T de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,16	\$ 163,20		
Uniones de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,18	\$ 183,60		
Cinta teflon	UND	\$ 1.400,00	0,09	\$ 126,00		
Sugetadores de maguera	UND	\$ 500,00	6	\$ 3.000,00		
Abrazadera de metal	UND	\$ 400,00	0,02	\$ 8,00		
Valvula check a 1"	UND	\$ 4.000,00	0,0003	\$ 1,20		
Conector hembra a de 16mm	UND	\$ 980,00	0,003	\$ 2,94		
Goteros autoajustables	UND	\$ 690,00	12	\$ 8.280,00		
Canal de Recolección	UND	\$ 39.300,00	0,04	\$ 1.572,00		
Codos y uniones de recolección	UND	\$ 5.000,00	0,05	\$ 250,00		
Tanque 1000L	UND	\$ 372.900,00	0,0061	\$ 2.256,58		
Bomba dosificadora	UND	\$ 1.200.000,00	0,0061	\$ 7.261,72		
Observación:				Sub-Total	\$	33.746,85
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	18	\$ 2.955,56	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	18	\$ 2.955,56	
Observación:				Sub-total	\$	5.911,11
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$	-
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 40.354,13</b>



## Anexo 25. APU del presupuesto de implementación del jardín vertical con sistema

### Naturpots

<b>Estructura modular Naturpots (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 8.866,67	5	\$ 443,33		
Andamio Tubular (sec: 1.5 x 1.5m)	Día	\$ 607,00	0,44	\$ 267,08		
Observación:				Sub-total	\$ 710,41	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Estructura Naturpots	m2	\$ 420.000,00	1	\$ 420.000,00		
Observación:				Sub-Total	\$ 420.000,00	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33	
Observación:				Sub-total	\$ 8.866,67	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 429.577,08</b>
<b>Capa sustrato (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 8.866,67	5	\$ 443,33		
Andamio Tubular (sec: 1.5 x 1.5m)	Día	\$ 607,00	0,44	\$ 267,08		
Observación:				Sub-total	\$ 710,41	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Sustrato	m2	\$ 6.000,00	1	\$ 6.000,00		
Observación:				Sub-Total	\$ 6.000,00	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33	
Observación:				Sub-total	\$ 8.866,67	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 15.577,08</b>

<b>Vegetación (m2)</b>						
Equipo						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 8.866,67	5	\$ 443,33		
Andamio Tubular (sec: 1.5 x 1.5m)	Día	\$ 607,00	1	\$ 607,00		
Observación:				Sub-total	\$ 1.050,33	
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Vegetación	m2	\$ 252.000,00	1	\$ 252.000,00		
Observación:				Sub-Total	\$ 252.000,00	
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	12	\$ 4.433,33	
Observación:				Sub-total	\$ 8.866,67	
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$ -	
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 261.917,00</b>

<b>Sistema de riego (m2)</b>						
<b>Equipo</b>						
Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario		
Herramienta menor 5%	%	\$ 5.911,11	5	\$ 295,56		
Andamio Tubular (sec: 1.5 x 1.5m)	Día	\$ 607,00	0,66	\$ 400,62		
Observación:				Sub-total	\$	696,18
<b>Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Valor Unitario		
Manguera de 16mm	m	\$ 4.980,00	2,1	\$ 10.458,00		
Tapones de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,02	\$ 20,40		
Codos de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,16	\$ 163,20		
Pieza T de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,16	\$ 163,20		
Uniones de manguera 16mm	UND	\$ 1.020,00	0,18	\$ 183,60		
Cinta teflon	UND	\$ 1.400,00	0,09	\$ 126,00		
Sugetadores de manguera	UND	\$ 500,00	6	\$ 3.000,00		
Abrazadera de metal	UND	\$ 400,00	0,02	\$ 8,00		
Valvula check a 1"	UND	\$ 4.000,00	0,0003	\$ 1,20		
Conector hembra a de 16mm	UND	\$ 980,00	0,003	\$ 2,94		
Goteros autoajustables	UND	\$ 690,00	12	\$ 8.280,00		
Canal de Recolección	UND	\$ 39.300,00	0,04	\$ 1.572,00		
Codos y uniones de recolección	UND	\$ 5.000,00	0,05	\$ 250,00		
Tanque 1000L	UND	\$ 372.900,00	0,0061	\$ 2.256,58		
Bomba dosificadora	UND	\$ 1.200.000,00	0,0061	\$ 7.261,72		
Observación:				Sub-Total	\$	33.746,85
<b>Mano de obra</b>						
Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal + Prestaciones	Rendimiento (m2/día)	Valor Unitario	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	18	\$ 2.955,56	
Ayudante	\$ 28.000,00	1,9	\$ 53.200,00	18	\$ 2.955,56	
Observación:				Sub-total	\$	5.911,11
<b>Transporte</b>						
Material	Vol o Peso	Distancia	M3 - Km	Tarifa	Valor Unitario	
-	-	-	-	\$ -	\$ -	
Observación: Material puesto en sitio				Sub-Total	\$	-
					<b>Costo Total Directo</b>	<b>\$ 40.354,13</b>