

**EVALUACIÓN DE LA PREFACTIBILIDAD TÉCNICA, AMBIENTAL Y ECONÓMICA  
MEDIANTE UN PROTOTIPO DE TECHOS VERDES PARA EL BLOQUE A DE LA  
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**AUTORES**

**EDGARDO RAFAEL MATUTE TERNERA**

**LUIS CARLOS VENECIA GUERRA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS**

**DEPARTAMENTO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**VALLEDUPAR – CESAR**

**2021 – II**

**EVALUACIÓN DE LA PREFACTIBILIDAD TÉCNICA, AMBIENTAL Y ECONÓMICA  
MEDIANTE UN PROTOTIPO DE TECHOS VERDES PARA EL BLOQUE A DE LA  
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**AUTORES**

**EDGARDO RAFAEL MATUTE TERNERA**

**LUIS CARLOS VENECIA GUERRA**

**DIRECTORA**

**SANDY MILENA PINTO ROBLES**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS**

**DEPARTAMENTO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**VALLEDUPAR – CESAR**

**2021 – II**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	6
1. TÍTULO .....	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	8
3. JUSTIFICACIÓN .....	10
4. OBJETIVOS .....	11
4.1. OBJETIVO GENERAL .....	11
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
5. MARCO REFERENCIAL .....	12
5.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	12
5.2. MARCO TEÓRICO .....	14
5.2.1. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD .....	14
5.2.2. COMPONENTES .....	16
5.2.2. ESTUDIO AMBIENTAL .....	16
5.2.3. ESTUDIO ECONÓMICO .....	17
5.2.4. TIPOS DE TECHOS VERDES .....	17
5.2.5. TECHO VERDE EXTENSIVO .....	17
5.2.6. TECHO VERDE INTENSIVO .....	18
5.2.7. TECHO VERDE SEMI-INTENSIVO .....	20
5.2.8. COMPONENTES DE LOS TECHOS VERDES .....	20
5.2.9. VENTAJAS DE LOS TECHOS VERDES .....	22
5.3. MARCO CONCEPTUAL .....	23
5.4. MARCO CONTEXTUAL .....	24
5.4.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	25
5.5. MARCO INSTITUCIONAL .....	26

5.6.	MARCO LEGAL.....	30
6.	METODOLOGÍA.....	34
6.1.	LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	34
6.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	34
6.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	34
6.4.	POBLACIÓN DE ESTUDIO .....	34
6.5.	MUESTRA POBLACIONAL .....	34
6.6.	DESARROLLO METODOLÓGICO.....	34
6.6.1.	ETAPA 1. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL TECHO DEL BLOQUE A DEL CAMPUS UNIVERSITARIO .....	35
6.6.2.	ETAPA 2: SELECCIONAR EL TIPO DE VEGETACIÓN Y TECHO VERDE A UTILIZAR TENIENDO EN CUENTA LAS CARACTERÍSTICAS IDENTIFICADAS EN EL BLOQUE A.....	36
6.6.3.	ETAPA 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE TECHO VERDE A UTILIZAR EN EL BLOQUE A DEL CAMPUS UNIVERSITARIO .....	38
6.6.4.	ETAPA 4. EVALUACIÓN LA FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL TECHO VERDE SELECCIONADO.....	39
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	44
7.1.	ESTADO ACTUAL DEL TECHO DEL BLOQUE A DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.....	44
7.2.	SELECCIÓN DEL TIPO DE VEGETACIÓN Y TECHO VERDE A UTILIZAR TENIENDO EN CUENTA LAS CARACTERÍSTICAS IDENTIFICADAS EN EL BLOQUE A. ....	54
7.3.	DISEÑO DEL PROTOTIPO DE TECHO VERDE EN EL BOQUE A DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR .....	64
7.4.	EVALUACIÓN LA FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL TECHO VERDE SELECCIONADO .....	66

8. CONCLUSIONES .....	73
9. RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75



## INTRODUCCIÓN

En una perspectiva mundial generalizada, el crecimiento actual y continuo de las ciudades genera problemáticas muy serias para el ambiente. Al reemplazar tierras de rica flora por asfalto y hormigón, se crean ecosistemas gravemente deficitarios que perjudican y degradan paulatinamente la calidad de vida de la población, especialmente en grandes ciudades donde el acelerado desarrollo urbano genera problemas: sociales, económicos y ambientales.

Las soluciones a esta problemática son ofrecidas por las nuevas tendencias en tecnología verde establecidas con éxito en países desarrollados como lo son los techos verdes son conocidos también como techos ecológicos, techos con vegetación, azotea viva, azotea ajardinada que consisten en un sistema integral compuesto por varias capas de materiales diseñados para proteger al inmueble contra daños ocasionados por la exposición al medio ambiente, y promover el crecimiento de vegetación en techos, terrazas y áreas abiertas poco utilizadas, ya sean superficies planas o tejados con cierta inclinación (Bermúdez, 2014).

Los beneficios de implementar un techo verde en una estructura, en donde el beneficio ecológico es implícito, el beneficio e impacto en el ahorro energético, económico y un potencial beneficio en la vida de las personas que habiten dentro de edificaciones que cuenten con un techo verde es alto en comparación con los métodos tradicionales de reducción de temperatura dentro de las edificaciones (Tobar, 2017).

El presente estudio ofreció una visión panorámica sobre un estudio de prefactibilidad técnica, ambiental y económica para la construcción de techos verdes en el bloque A de la Universidad Popular del Cesar. La metodología estuvo conformada de cuatro partes: 1) consulta de información bibliografico. 2) Definir qué tipo de techo verde se ajusta mejor a las características del bloque A teniendo como base los requerimientos técnicos mínimos. 3) Determinar qué tipo de terraza tiene menor impacto ambiental en el bloque A del campus universitario, y, por último, evaluar la viabilidad de los techos verdes en relación con el análisis costo – beneficio.

## 1. TÍTULO

EVALUACIÓN DE LA PREFACTIBILIDAD TÉCNICA, AMBIENTAL Y ECONÓMICA  
MEDIANTE UN PROTOTIPO DE TECHOS VERDES PARA EL BLOQUE A DE LA  
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las ciudades tienen un grave problema conocido como el efecto de “isla de calor” el cual es el aumento de la temperatura en la ciudad debido a los materiales de construcción que almacenan el calor solar y lo emiten lentamente. La contaminación atmosférica influye en dicho fenómeno al igual que la falta de cobertura vegetal y el consumo de energía secundaria (electricidad, gasolina, diésel, gas, etc.). La modificación de características de absorción de las superficies urbanas (impermeables y de color oscuro, más que todo) hacen que en las ciudades aumente la temperatura (Higueras, 2006; López, 1991).

Actualmente las edificaciones de la Universidad Popular del Cesar (UPC) no cuentan en sus techos con materiales impermeables ni con coberturas vegetales lo cual hace que se presente el fenómeno de la isla de calor, teniendo así la necesidad de climatizar y hacer más comfortable las edificaciones por medio de la utilización de aires acondicionados, sin embargo, esto tiene consecuencias sobre el consumo energético, lo cual se traduce en mayores costos, además una mayor huella de carbono, mayor consumo de agua; asimismo, muchos de los salones de la Universidad no cuentan con aires acondicionados eficientes por lo cual el efecto isla de calor se siente en mayor medida perjudicando así a estudiantes y profesores.

Debido a la utilización de aparatos y sistemas de aires acondicionados en los edificios, durante su vida útil, son causantes de un gran porcentaje del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), por el consumo excesivo de energía y la quema de combustibles para la generación de esta dentro de ellos y que son emitidos a la atmósfera. Este gas (CO<sub>2</sub>), que se acumula en la atmósfera, junto con otros gases, provoca el efecto invernadero y con ello el calentamiento global del planeta (Iñigo, 2017).

Además, es importante mencionar que el fenómeno de la isla del calor se agrava en la UPC debido a que alrededor del bloque A con el pasar de los años se ha observado una progresiva sustitución de las áreas verdes por edificios; este último tipo de superficies (concreto) absorbe mayor cantidad de radiación solar y esta situación, unida a otros factores antropogénicos, aumentan el calentamiento del aire y provocan, en consecuencia, una elevación de la temperatura local. De manera que se modifica el microclima que podría tener la Universidad por la presencia de vegetación, toda esta situación afecta el confort en el espacio exterior e interior.

Debido a este panorama, los techos verdes constituyen una opción para combatir problemas ambientales relacionados con el fenómeno de islas de calor, y con el mejoramiento de los índices de consumo eléctrico, por lo cual se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Será factible técnica, ambiental y económicamente la construcción de techos verdes en el bloque A de la Universidad Popular del Cesar?



### 3. JUSTIFICACIÓN

La utilización de techos verdes en la Universidad Popular del Cesar busca contribuir a mitigar las consecuencias del calentamiento global capturando los Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el CO<sub>2</sub> y generando oxígeno por el proceso de la fotosíntesis, así como ayuda a regular la escorrentía y contribuye al confort térmico de los salones beneficiando así a estudiantes y profesores, además, contribuye a la economía de la Universidad ya que esto, techos verdes, representan un ahorro de energía por el consumo de aires acondicionados. Otro beneficio que trae esta implementación es que estas cubiertas vegetales se constituyen con el tiempo en hábitats de diferentes animales y ayuda a la disminución de malos olores.

Hay que mencionar que la construcción de esta alternativa ecológica puede implicar generalmente altos costos iniciales, pero bajo análisis de ciclo de vida, estos costos se compensan durante toda la vida útil de la cubierta por sus múltiples ventajas y el aumento de su durabilidad. Se ha comprobado en múltiples experiencias en Europa que las cubiertas verdes son un valor agregado que aumenta el costo comercial de las edificaciones demostrando que es posible realizar siembras en las terrazas para la producción de alimentos de autoconsumo e incluso para venta (Ibáñez, 2008).

Igualmente es importante decir que los techos verdes tendrán un efecto importante en el estado de ánimo de las personas, ya que una Universidad con presencia de plantas se ajusta mejor al entorno, se integra con el paisaje por su belleza natural y por los matices de color verde; incluso los techos ecológicos pueden convertirse en espacios recreativos y de convivencia social, producir alimentos para consumo o como parcelas demostrativas para la educación ambiental.

Finalmente, la implementación de este tipo de proyectos permite cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuesto por la Universidad Popular del Cesar y consignados en su plan de desarrollo 2017-2026, dentro de los cuales se destaca el objetivo de garantizar la sostenibilidad ambiental en sus instalaciones.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar la prefactibilidad técnica, ambiental y económica de un prototipo de techo verde para el bloque A de la Universidad Popular del Cesar.

### 4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar un diagnóstico del estado actual del techo del bloque A del campus universitario.

Seleccionar el tipo de vegetación y techo verde a utilizar teniendo en cuenta las características identificadas en el bloque A.

Diseñar y construir el prototipo de techo verde a utilizar en el bloque A del campus universitario.



## **5. MARCO REFERENCIAL**

### **5.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Los beneficios brindados por la construcción de techos verdes en las ciudades han sido investigados por muchos años. Los techos verdes han sido catalogados como una de las tecnologías de la nueva era, que han sido usados como herramienta para la gestión ambiental en la construcción y mantenimiento de edificios y casas a nivel urbano.

Victorio (2017) realizó una investigación titulada “Valoración económica y ambiental de los servicios que ofrecen los techos verdes a las familias de la urbanización el Pinar – Comas, 2017” para optar por el título de ingeniero ambiental en la Universidad César Vallejo. El tipo de investigación es no aplicativo, de diseño descriptiva y de alcance descriptiva-correlacional. La muestra estuvo conformada por 157 personas que fueron entrevistadas, los datos fueron procesados en el programa IBM SPSS Statistics 22. En cuanto al costo de instalar y el mantenimiento de techo verde mediante el sistema mesa de cultivo es de S/.216.00, el cual se obtuvo un ingreso económico de S/82.00 por venta de hortalizas de los techos verdes en su vivienda; respecto a lo ambiental se logró mejorar la belleza paisajística y de cierta forma la calidad del ambiente en la zona, teniendo en consideración que las características socioeconómicas (género, infraestructura de la vivienda e ingreso económico) influyen en la valoración de la conservación del servicio de techo verde en las viviendas. En conclusión, se tiene que las personas mejoraron su conocimiento sobre la importancia de contar con áreas verdes, así mismo sobre la conservación de los techos verdes.

Rodríguez (2017) realizaron una investigación titulada “Propuesta de diseño de techo verde en azotea para vivienda en zona de expansión urbana en el Distrito de Nuevo Chimbote, 2017” para optar por el título de ingeniero civil. El enfoque de la investigación fue cuantitativo, de tipo descriptivo y no experimental. Dentro de los resultados, el peso de la carga aportada para el diseño, de la losa aligerada es de  $e = 17\text{cm}$  con una carga de  $142.80\text{ kgf/m}^2$ , la cual es aceptable. Se logró contar con las dimensiones de las capas empleadas para la instalación. En cuanto al mantenimiento, se consideró colocar aspersores con la finalidad de abastecer correctamente el riego en toda el área verde teniendo en cuenta las características físicas del equipo. Se colocó una capa de geo dren -geotextil que permite que el agua drene del techo por

medio de una canaleta hasta llegar por una bajada, en la cual se encuentra con un sumidero, donde evita que la sedimentación no obstruya el paso del agua drenada.

Morales y Uzcatégui (2017) realizaron una investigación titulada diseño y factibilidad técnica-económica de una propuesta de techo verde en el edificio Álvaro Beltrán Pinzón de la UIS. Para optar por el título de ingeniero civil. Dentro de los resultados, el edificio Álvaro Beltrán Pinzón de la UIS cuenta con condiciones arquitectónicas óptimas para implementar un techo verde en la cubierta. Estructuralmente se cuenta con limitantes que reducen el área de implementación, sin embargo, no se hizo necesario el diseño de refuerzo para la edificación. El techo verde diseñado es de tipo extensivo, autorregulado, con un espesor que no supera los 35 cm. Sus capas están conformadas por cobertura vegetal, sustrato, agregado de drenaje, láminas de drenaje, geotextiles de protección y filtro e impermeabilizante. El principal objetivo del proyecto de reducir la temperatura en el último piso, las condiciones climatológicas y la poca accesibilidad determinaron el uso de pastos como cobertura vegetal. La poca pendiente de la cubierta hizo necesaria la utilización de una capa de agregado para garantizar un correcto drenaje del agua. Se adoptó, además, un sistema de irrigación para ocasiones excepcionales donde haya sequía y sea necesaria la irrigación adicional. La propuesta de techo verde no requiere un régimen de mantenimiento durante toda su vida útil; los primeros meses del proyecto requieren supervisión y mantenimiento mientras la cobertura vegetal se establece. Mediante el análisis multi-criterio se realizó una matriz de selección, donde se evaluaron las 4 opciones de techo verdes que se tenían, dando como prioridad a la finalidad de disminuir la temperatura en el piso inferior del ABP. Cada uno de los diseños cumplía los requisitos mínimos técnicos para asegurar el buen funcionamiento de todo el sistema; cada material fue especialmente pensado para que las funciones se cumplieran de manera óptima. Se seleccionó la propuesta de diseño No. 1, con un área de 266,7 m<sup>2</sup> y conformado por cobertura vegetal de pastos, pues dio un porcentaje de factibilidad del cien por ciento y el área afectada por el techo verde era mayor comparada con la propuesta No. 3, la cual también obtuvo un porcentaje de factibilidad del cien por ciento. Mediante indicadores económicos como el VPN, la TIR, la TIO y la RBC se determinó la factibilidad económica del proyecto. La TIR del proyecto dio de 12%, superior a la exigida para proyectos de carácter social, 10%. El VPN para una TIO del 10% dio de \$11.302.596, es decir, se conseguirá maximizar la inversión inicial, la implementación del proyecto significará ganancias por \$11.302.596. La RBC dio de 1,21, lo

que significa que por cada peso invertido se ganarán 0,21 pesos. El proyecto tiene un tiempo de retorno de la inversión de 9 años, 1 mes y 21 días y es rentable.

Díaz (2015), desarrolló la valoración económica de techos verdes, menciona que generan múltiples beneficios privados (aumento en el valor y utilidad del techo de la propiedad, recreación e incremento de zonas verdes) y públicos (captura de CO<sub>2</sub> y retención hídrica, entre otras). A su vez esto varía a los costos iniciales de construcción y de mantenimiento. Se llevaron a cabo encuestas a residentes de edificios con techos verdes y vecinos. Los resultados indican que los beneficios privados son mayores a los costos. Por otro lado, se genera relación beneficio-costos y lleva al interés y conocimiento que tiene personas respecto a techos verdes, el cuál es factor importante a la hora de valorarlos. Los costos de construcción de un metro cuadrado de techo verde en Bogotá son de 162,000 pesos (S/.182.98 soles) esto depende del tamaño y características del techo verde. Los datos en costos anuales de mantenimiento promedio son de 22,300 pesos (S/.25.19 soles).

Además, Duarte y Moreno (2014) realizaron un estudio titulado “Techos verdes en viviendas de estrato 1: aplicado al barrio Yomasa” para optar por el título de ingeniero civil en la Universidad Católica de Colombia. Con base en los estudios realizados se propone implementar un techo verde tipo huerta que se adecua perfectamente a las condiciones generales de la comunidad de Yomasa. El análisis costo vs beneficio arrojó un valor de \$1,099,503.7 para la implementación del sistema en la vivienda de estudio ubicada en Yomasa. El costo de la implementación y/o adecuación de las viviendas inestables es bajo pues el valor por m<sup>2</sup> es de \$45.812, lo que hace que sea asequible para la comunidad. Se puede tener una compensación económica al ahorrarse la mano de obra, el cual tiene un costo aproximado de \$225,000; ya que este puede ser implementado por la misma comunidad, lo que nos arroja un valor final por m<sup>2</sup> de \$36.438. Por otro lado, si se comercializa la producción agrícola se puede obtener un valor estimado de \$403,200 puesto que si se tuviera una producción agrícola de más o menos 576 hortalizas a un precio de \$700 cada una, se puede llegar a alcanzar este valor.

## **5.2.MARCO TEÓRICO**

### **5.2.1. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD**

Es la etapa en la que se realiza una evaluación más completa y profunda de las posibles alternativas de solución al problema planteado y el análisis técnico de las mismas, partiendo de

información que proviene principalmente de fuentes de origen secundario. Este estudio se debe realizar comparando la situación con proyecto y la situación sin proyecto (CEPAL).

- Como resultado de la etapa se pretende:
- Descartar las alternativas no factibles
- Seleccionar aquella alternativa que es técnica y económicamente mejor y pasar a la etapa de factibilidad o diseño.
- Esperar o postergar mientras se adopta una cierta decisión por la autoridad

El estudio de prefactibilidad debe tener como mínimo los siguientes aspectos (Thompson, 2009):

1. El Diagnóstico de la situación actual, que identifique el problema a solucionar con el proyecto. Para este efecto, debe incluir el análisis de la oferta y demanda del bien o servicio que el proyecto generará.
2. La identificación de la situación “Sin proyecto” que consiste en establecer lo que pasaría en caso de no ejecutar el proyecto, considerando la mejor utilización de los recursos disponibles.
3. El análisis técnico de la ingeniería del proyecto de las alternativas técnicas que permitan determinar los costos de inversión y los costos de operación del proyecto.
4. El tamaño del proyecto que permita determinar su capacidad instalada.
5. La localización del proyecto, que incluye el análisis del aprovisionamiento y consumo de los insumos, así como la distribución de los productos.
6. El análisis de la legislación vigente aplicable al proyecto en temas específicos como contaminación ambiental y eliminación de desechos.
7. Ficha ambiental.
8. La evaluación socioeconómica del proyecto que permita determinar la conveniencia de su ejecución y que incorpora los costos ambientales generados por las externalidades consistentes con la ficha ambiental.
9. La evaluación financiera privada del proyecto sin financiamiento que permita determinar su sostenibilidad operativa.
10. El análisis de sensibilidad y/o riesgo, cuando corresponda, de las variables que inciden directamente en la rentabilidad de las alternativas consideradas más convenientes.

11. Las conclusiones del estudio que permitan recomendar alguna de las siguientes decisiones:

- a) Postergar el proyecto.
- b) Reformular el proyecto.
- c) Abandonar el proyecto.
- d) Continuar su estudio a nivel de factibilidad.

#### **4.2.2. COMPONENTES**

##### **4.2.2.1. ESTUDIO TÉCNICO**

El estudio técnico tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área.

Este estudio a su vez puede ser dividido en cuatro partes que son:

**Determinación de un tamaño óptimo:** Es una de las partes más difíciles del estudio ya que no existe un método preciso y directo para realizar este cálculo. Además, este tamaño puede ser variable dependiendo de los turnos a trabajar y demás.

**Determinación de la localización óptima:** En esta parte es necesario no contemplar solo los factores cuantitativos como costos de transporte, sino también, factores cualitativos como clima, comunidad, etc. Se debe tener en cuenta que estos estudios deben ser integrales.

**Ingeniería del proyecto:** Se debe tener en cuenta que existen variedad de tecnologías tanto manuales como automatizadas, y esto será totalmente dependiente del capital disponible. En esta parte, también se debe tener en cuenta qué tipo de herramientas y equipos son necesarios dependiendo el desarrollo de las actividades, la distribución física, etc.

**Análisis organizativo, administrativo y legal:** debe mencionarse de manera general que se va a hacer sobre estos temas, por ejemplo, en la selección adecuada del personal, manual de procedimientos y funciones, análisis de los principales artículos aplicables de las leyes y demás aspectos que deban ser incluidos sobre el proyecto final.

##### **5.2.2. ESTUDIO AMBIENTAL**

La gestión del impacto ambiental se tiende a la búsqueda de un proceso continuo de mejoramiento ambiental de toda la cadena de producción, desde el proveedor hasta el distribuidor final que lo entrega al cliente. Es decir, el evaluador de proyectos debe preocuparse

cada vez más del ciclo de producción completo que generará la inversión, determinando el impacto ambiental que ocasionará tanto el proveedor de los insumos por la extracción, producción, transporte o embalaje de la materia prima, como el sistema de distribución del producto en su embalaje, transporte y uso (Chain & Chain, 2008).

En el estudio ambiental se debe detallar e incluir posibles fuentes de contaminación o de impacto ambiental. No olvidar aspectos de ruido, iluminación, y manejo de desechos. Incluir medidas de mitigación de los factores que podrían impactar negativamente al ambiente. Incluir también consideraciones que podrían mejorar el ambiente.

El estudio del impacto ambiental como parte de la evaluación económica de un proyecto no ha sido lo suficientemente tratado, aunque se observan avances sustanciales en el último tiempo. Una tipología de estudios de impacto ambiental permite identificar tres tipos: cualitativos, cualitativo-numéricos y cuantitativos (Chain & Chain, 2008).

### **5.2.3. ESTUDIO ECONÓMICO**

El estudio de la viabilidad financiera de un proyecto determina, en último término, su aprobación o rechazo. Éste mide la rentabilidad que retorna la inversión, todo medido con bases monetarias (Chain & Chain, 2008).

### **5.2.4. TIPOS DE TECHOS VERDES**

Los tipos de techos verdes se pueden clasificar en varias categorías, estas categorías pueden depender elementos utilizados en su construcción, en esta puede estar la clasificación techos verdes donde sus elementos de construcción son más livianos ya que su función es ambiental y estética; jardines techo donde sus elementos de construcción son más robustos ya que su función es de simular un jardín para convivencia social (Cristancho, 2011).

Otra categoría es por el espesor del sustrato por utilizar, en esta clasificación encontramos techos verdes intensivos (se podría considerar como techo verde o green roof); extensivos (en comparación a la anterior clasificación este se podría considerar como un jardín techo o rooftop garden) (Escotelhado, 2014).

### **5.2.5. TECHO VERDE EXTENSIVO**

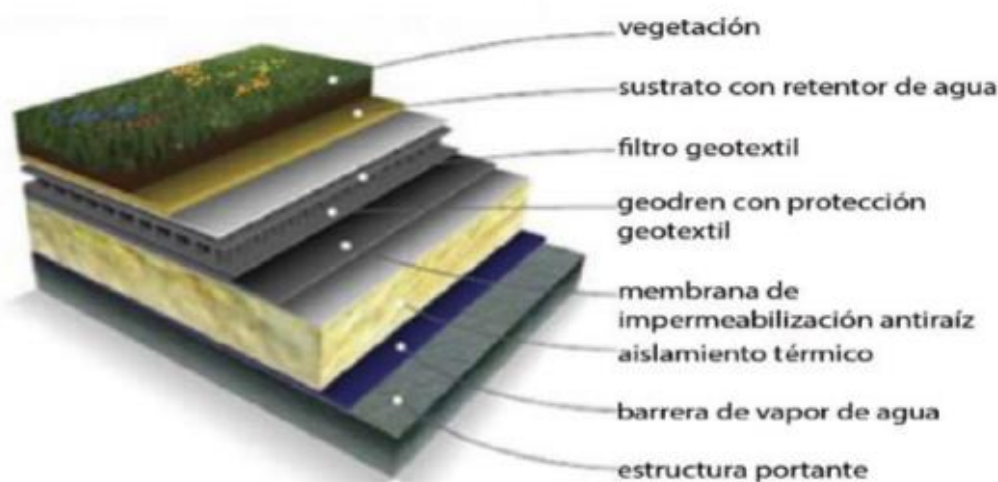
Este tipo de techo se caracteriza por ser un techo verde simple que puede asignarse tipos de vegetación o plantaciones simples y silvestres, el cual no requiere un tipo de mantenimiento

dedicado, ya que no demanda un sistema de irrigación complejo, este puede ser hasta cierto punto natural, es muy conveniente por su sencillez ya que su capa de sustrato es la más delgada entre los techos verdes (Tobar, 2017).

A este tipo de techo se designa una plantación que crece naturalmente sin ser sembrada, que se las arregla con un escaso espesor de sustrato desde tres hasta 15 centímetros sin agua ni nutrientes, y forma una duradera y cerrada capa de pantas. Los pesos son menores a los 1,6 KN/m<sup>2</sup> (160 kg/m<sup>2</sup>). La vegetación de musgos, hierbas o pastos de diferente composición pueden sobrevivir sin cuidados y resistentes al calor y al frío. Generalmente se eligen plantas silvestres por su capacidad de regeneración, resistencia y adaptación (Ely, 2016).

El techo verde extensivo se caracteriza por precisar un mantenimiento muy reducido, que puede limitarse a dos o tres visitas de inspección y control al año (Haro, 2009).

*Figura 1. Sección de techo verde extensivo*



*Fuente: Agudelo et al (2013)*

### **5.2.6. TECHO VERDE INTENSIVO**

Este tipo de techo se caracteriza por ser un techo verde más complejo y elaborado, ya que su vegetación es específica y requiere de cuidados dedicados, exige un sistema de irrigación complejo y de componentes en el sustrato que proporcione los nutrientes suficientes a la vegetación para su desarrollo. El techo verde intensivo se asemeja a un campo abierto o jardín a nivel de terreno, es por eso que el grosor del sustrato es mayor al de un techo verde extensivo, por lo cual su instalación y mantenimiento es más complejo comparado con un techo

verde extensivo o semi intensivo. En la mayoría de los casos este tipo de techos requiere de un sistema de irrigación, y una fertilización especial, así como también de un cuidadoso mantenimiento; y dependiendo del tipo de plantas hasta pueden requerir de un sistema adicional de recolección de agua (Tobar, 2017).

“A este tipo de techo se designa una plantación vivaz de plantas leñosas y superficies de césped, que usualmente se encuentran en campo abierto. Es indispensable un espesor de sustrato de más de 30 cm; además de ser abastecidas regularmente con agua y nutrientes (Iarna, 2004).

Estos techos son comparables con un jardín de nivel de terreno natural el cual se puede considerar instalarlos en techos de poca pendiente de 1.5° a 2° hasta un máximo de 15°, mediante el uso de sistemas de gestión del agua es posible plantar y hacer crecer la vegetación más exigente, incluso árboles. El mantenimiento es el mismo que el de un jardín tradicional, requiere riego, fertilización y mantenimiento. “Los medios de crecimiento son bastante profundos por lo general más de 30 cms (Ibáñez, 2008).

Este tipo de techo verde requiere un tipo de estructura de edificación adecuada para su instalación ya que por su compleja construcción y tipo de vegetación puede llegar a tener un peso en su estado no saturado de 12 KN/m<sup>2</sup> (1200 kg/m<sup>2</sup>) (Koberle, 2012).

Figura 2. Sección de techo verde intensivo



Fuente: Agudelo et al., (2013).

### 5.2.7. *TECHO VERDE SEMI-INTENSIVO*

El techo verde semi-intensivo, combina los diseños de un techo verde extensivo y un intensivo, aprovechando las características de un techo intensivo de una sección más compleja con la versatilidad de un techo extensivo (Tobar, 2017).

El techo verde semi-intensivo divide la carga de acuerdo con las características estructurales del inmueble. En este tipo de techo se puede eliminar algunas capas del techo de tipo intensivo y elementos de sistemas independientes tales como los sistemas de irrigación dedicados (Tobar, 2017).

Se compone de algunos suculentos de las familias tipo extensivo, mezclado con arbustos pequeños y plantas aromáticas. La cubierta semiintensiva permite formar la plantación a gusto del cliente. Los medios de crecimiento por lo general de 15 a 20 cm de profundidad (Larios y Robalino, 2014).

Figura 3. Techo verde semi-intensivo



Fuente: Agudelo et al., (2013)

### 5.2.8. *COMPONENTES DE LOS TECHOS VERDES*

De acuerdo con García (2010) los componentes de un techo verde son:

**Soporte base:** donde se apoyan todos los componentes (teja, cemento, vigas, concreto etc.).

**Membrana impermeabilizante:** Es una de las partes más importantes del techo verde ya que controla y soporta el crecimiento radical de las especies vegetales; esta debe ser capaz

de mantener el ambiente húmedo, debe ser de larga duración, monolítica o sin costuras y capaz de quedar totalmente unida al soporte.

**Barrera anti-raíz:** Esta barrera cumple la función de garantizar la estanqueidad del techo, y evitar que las raíces de las plantas se extiendan a zonas no deseadas. El material de las barreras depende de la agresividad de las raíces.

**Capa drenante:** Uno de los más grandes problemas es mantener el equilibrio entre la humedad necesaria y la cantidad de agua suficiente para las plantas, sin llegar al exceso de riego. Esta capa sirve para recibir las precipitaciones y conducirlas hacia los desagües de la cubierta, y retener la cantidad suficiente para ser aprovechada.

**Capa filtrante:** debe estar hecho de materiales que no se descompongan; además, deben ser lo suficientemente resistentes a los ácidos y fluidos naturales, así como para evitar el paso de las partículas finas del sustrato hacia la capa drenante.

**Capa de sustrato:** Los sustratos usados en un techo verde deben ser principalmente livianos, entre 30-50% más ligeros que la tierra común. Sin embargo, deben mantener características de retener la humedad, los nutrientes y de tener un buen drenaje. Esta sirve de soporte físico a la capa de vegetación, suministrándole lo necesario para su crecimiento.

**Vegetación:** Es el material vegetal (plantas) usado para la cubierta. Estas deben cumplir los estándares ecológicos necesarios y dependen de las condiciones de la ubicación del techo verde:

- Los paisajes de techo deben imitar la naturaleza, las plantas deben ser de larga vida y auto regenerarse.
- La vegetación se debe seleccionar de acuerdo con su tamaño, tolerancia a la sequía, a la radiación directa, al viento; y las condiciones climáticas.
- Las plantas nativas a menudo ofrecen las condiciones más favorables para techos semi-intensivo e intensivos de poca profundidad.

Algunas plantas utilizadas en cubiertas ajardinadas, de tipo extensivo, son:

- **Crotos (*Codiaeum variegatum*):** es una planta que necesita una iluminación intensa para mantener vivos sus colores. Necesita mucha humedad y un riego adecuado.
- **Barba de León (*anemone patens*):** tipo de planta que necesita situarse en lugares

con exposición directa al sol.

- **Garbancillo (astragalus garbancillo):** así como las anteriores, es una planta que crece estrictamente con la luz solar.

### **5.2.9. VENTAJAS DE LOS TECHOS VERDES**

De acuerdo con Tobar (2017) las principales ventajas de los techos verdes se clasifican en económicas, ambientales y resiliencia como se mencionan a continuación:

#### **Ventajas económicas**

En la implementación de un techo verde se consideran las siguientes ventajas económicas:

- Reduce los costos de mantenimiento e impermeabilización del techo de concreto armado.
- Reduce de los costos de instalación y/o mantenimiento de aire acondicionado del edificio por la reducción de la temperatura manteniendo el interior fresco.
- Incremento del valor comercial de los inmuebles ya sean residenciales, oficinas, hoteles e inmuebles de recreación.
- Aplicaciones de producción de alimentos productivos específicos para el autoconsumo.
- Permite la reutilización de materiales de construcción para su instalación en las estructuras.
- En caso de un incendio o conato de incendio el techo verde ralentiza el avance del fuego en un siniestro.

#### **Ventajas ambientales**

Las ventajas ambientales en la implementación de techos verdes son:

- Dentro de los inmuebles donde se instalan los techos verdes permiten la regulación térmica ya que reduce la temperatura en temporadas de calor y mantiene la temperatura interna en temporadas de frío.
- Disminución efecto isla de calor en las ciudades donde se implementan los techos verdes.

- Retención de agua en el sustrato del techo verde y regulación de descarga del agua de lluvia.
- Producción de oxígeno, captación de carbono y mejora calidad de aire en el área de instalación de los techos verdes
- Aislamiento acústico del ruido externo de los inmuebles donde se instalan los techos verdes.
- Conectividad biológica y ecológica por la creación de pequeños nuevos hábitats en las ciudades y aumento en la biodiversidad local.

#### **Ventajas de resiliencia**

- Reconstitución del paisaje natural dentro de las ciudades
- Crean espacios de recreación para los habitantes o la población en general.
- Aprovechamiento de espacio marginal (espacio muerto o abandonado) donde se pueden crear ambientes de recreación.
- Su uso puede extenderse a cualquier edificio público, privado, colegios, conjuntos residenciales y zonas críticas de la ciudad.
- Responsabilidad ambiental de todos los involucrados directa o indirectamente en la instalación de los techos verdes.

### **5.3.MARCO CONCEPTUAL**

A continuación, se detallan los conceptos más relevantes para el desarrollo de esta investigación:

**Contaminación ambiental:** se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos.<sup>4</sup>

**Ecología:** es la rama de las ciencias biológicas que se ocupa de las interacciones entre los organismos y su ambiente (sustancias químicas y factores físicos).<sup>5</sup>

**Efecto invernadero:** es un fenómeno por el cual ciertos gases retienen parte de la energía emitida por el suelo tras haber sido calentado por la radiación solar. Se produce, por lo tanto, un efecto de calentamiento similar al que ocurre en un invernadero, con una elevación de la temperatura.<sup>6</sup>

**Energías renovables:** las energías renovables son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, y que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua y estas perdurarán por miles de años.<sup>7</sup>

**Geotextil:** textil permeable usado en aplicaciones geotécnicas para funciones de separación, filtración, refuerzo, drenaje o protección.

**Plantas suculentas:** también llamadas plantas grasas o plantas carnosas, son aquellas que han desarrollado tallos u hojas gruesas y carnosas para almacenar agua en sus organismos.

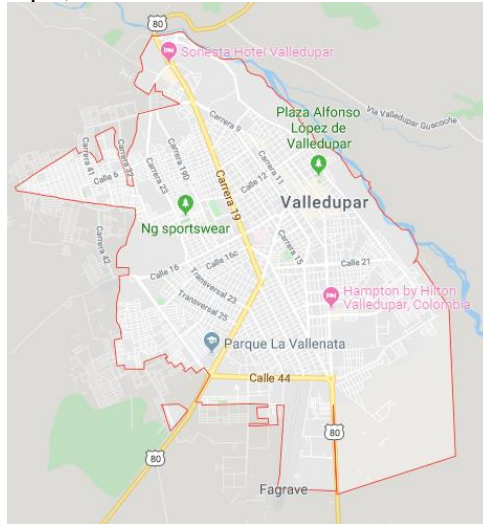
**Precipitación:** la precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad.

#### 5.4.MARCO CONTEXTUAL

Valledupar es la capital del Departamento del Cesar, cuenta con 204 barrios, 15 asentamientos, 25 corregimientos y 102 veredas, con una extensión de 4.192KM<sup>2</sup> (el 18% de la extensión del departamento) de los cuales el 40% corresponden a área de protección forestal según la Ley 2<sup>a</sup> de 1959. El perímetro urbano abarca 50.5KM<sup>2</sup> y está dividido en seis comunas. Además de limitar al norte con el departamento de La Guajira, Valledupar es la capital del Área Metropolitana del Valle del Cacique Upar, conocida actualmente como MetropoliUpar, que agrupa en un mismo proyecto de desarrollo a los municipios de Valledupar, La Paz (Los Robles), Manaure Balcón del Cesar, San Diego y Agustín Codazzi. Fundada por los conquistadores españoles el 6 de enero de 1550 y dominada por los pueblos indígenas de Aruhacos, Kogüi, Kankuamos, Wiwa y Yukpa, Valledupar cuenta con todos los pisos térmicos, desde los picos nevados de la Sierra Nevada de Santa Marta y las alturas de la Serranía del

Perijá hasta el fértil Valle bañado principalmente por los ríos Guatapurí, Badillo y Cesar (Alcaldía de Valledupar, 2020).

Figura 4. Ubicación de Valledupar, Cesar.



Fuente: tomada y adaptada de google maps, 2020

#### 5.4.1. **ÁREA DE ESTUDIO**

La Universidad Popular del Cesar, está ubicada en la Diagonal 21 No. 29-56 Sabanas del Valle –Valledupar- Cesar -Colombia.

Figura 5. Ubicación de la Universidad Popular del Cesar.



Fuente: Tomada y adaptada de Google Maps, 2020

## 5.5.MARCO INSTITUCIONAL

### Breve Historia de la institución

En los tantos intentos por fundar una Universidad en la capital del Cesar, el intento que llevó esta idea a lo que hoy en día conocemos fue la iniciativa del rector Instituto de Carreras Intermedias de carácter privado (ITUCE) el doctor Alonso Fernández Oñate en 1976, encabezó un movimiento cívico para convertir el instituto en Universidad. En el movimiento logró aglutinar parlamentarios, profesionales, entidades cívicas y los gobiernos municipal y departamental; el comité organizador del dicho movimiento encomendó al doctor Jaime Murgas Arzuaga, representante a la cámara, la misión de presentar el proyecto de ley ante el Congreso de la República para crear la Universidad Popular del Cesar. Como efectivamente se dio mediante la Ley 34 del 19 de noviembre de ese año.

La Universidad Popular del Cesar se creó “como establecimiento público autónomo con personería jurídica cuyo objetivo primordial será la investigación y la docencia a través de programas que conduzcan a la obtención de licenciaturas, grados profesionales y títulos académicos como el de doctor”.

La Universidad inició labores el 1º de agosto de 1977 con tres Facultades: Ciencias de la Salud, Ciencias Administrativas y Contables y Ciencias de la Educación, a las cuales estaban adscritos cuatro programas académicos: Enfermería, Administración de Empresas y Contaduría Pública, y Matemáticas y Física, respectivamente. Se inscribieron para acceder a los programas ofrecidos 173 aspirantes siendo la mayoría para el programa de Contaduría Pública con el 39.3%, para el programa de Administración de Empresas el 25.4%, para Matemáticas y Física el 18.5% y el 16.8% para el programa de Enfermería. Del total sólo 94 fueron admitidos y matriculados, su distribución fue la siguiente: Contaduría Pública 34, Administración de Empresas 23, Matemáticas y Física 16 y Enfermería 21. Esta población estudiantil fue atendida por 13 profesores: 3 de tiempo completo, 1 de medio tiempo y 9 catedráticos. *(Sitio web oficial de la Universidad Popular del Cesar)*

### Misión

La Universidad Popular del Cesar, como institución de educación superior oficial del orden nacional, forma personas responsables social y culturalmente; con una educación de

calidad, integral e inclusiva, rigor científico y tecnológico; mediante las diferentes modalidades y metodologías de educación, a través de programas pertinentes al contexto, dentro de la diversidad de campos disciplinares, en un marco de libertad de pensamiento; que consolide la construcción de saberes, para contribuir a la solución de problemas y conflictos, en un ambiente sostenible, con visibilidad nacional e internacional.

### **Visión**

En el año 2025, la Universidad Popular del Cesar será una Institución de Educación Superior de alta calidad, incluyente y transformadora; comprometida en el desarrollo sustentable de la Región, con visibilidad nacional y alcance internacional.

### **Valores institucionales**

**La Responsabilidad** es el cumplimiento de la tarea o labor asignada, asumida de manera libre y autónoma, y como compromiso individual, colectivo o social, desde la posición que cada grupo, individuo o estamento ocupe, para generar un clima de confianza. La Responsabilidad es la conciencia acerca de las consecuencias de todas nuestras actuaciones y la libre voluntad para realizarlas.

**La Honestidad** les da honor y decoro a las actividades realizadas, porque genera confianza, respeto y consideración por el trabajo. Es el valor que les da decoro y pudor a nuestras acciones y nos hace dignos de merecer honor, respeto y consideración.

**La Justicia** corresponde a la Universidad ser depositaria de la aplicación de la Justicia, entendida ésta como todas las acciones públicas y privadas dirigidas a los individuos para garantizar la igualdad, el respeto, la integridad, el libre desarrollo de la personalidad y el respeto por la vida, las creencias, los credos políticos, los derechos humanos, y el disfrute de condiciones de dignidad para estudiantes, profesores y administrativos, a la luz de su misión y visión en el marco legal y constitucional que nos rige. La Justicia considerada por los antiguos como la más excelsa de todas las virtudes, es un valor que nos inclina a dar a cada uno lo que le corresponde como propio según la recta razón.

**Lealtad y Veracidad** son todas aquellas formas de actuar donde priman la verdad, el compromiso de la palabra, el respeto por las normas y la inviolabilidad a la vida privada y a los procesos reservados para cada uno en el cumplimiento de su trabajo.

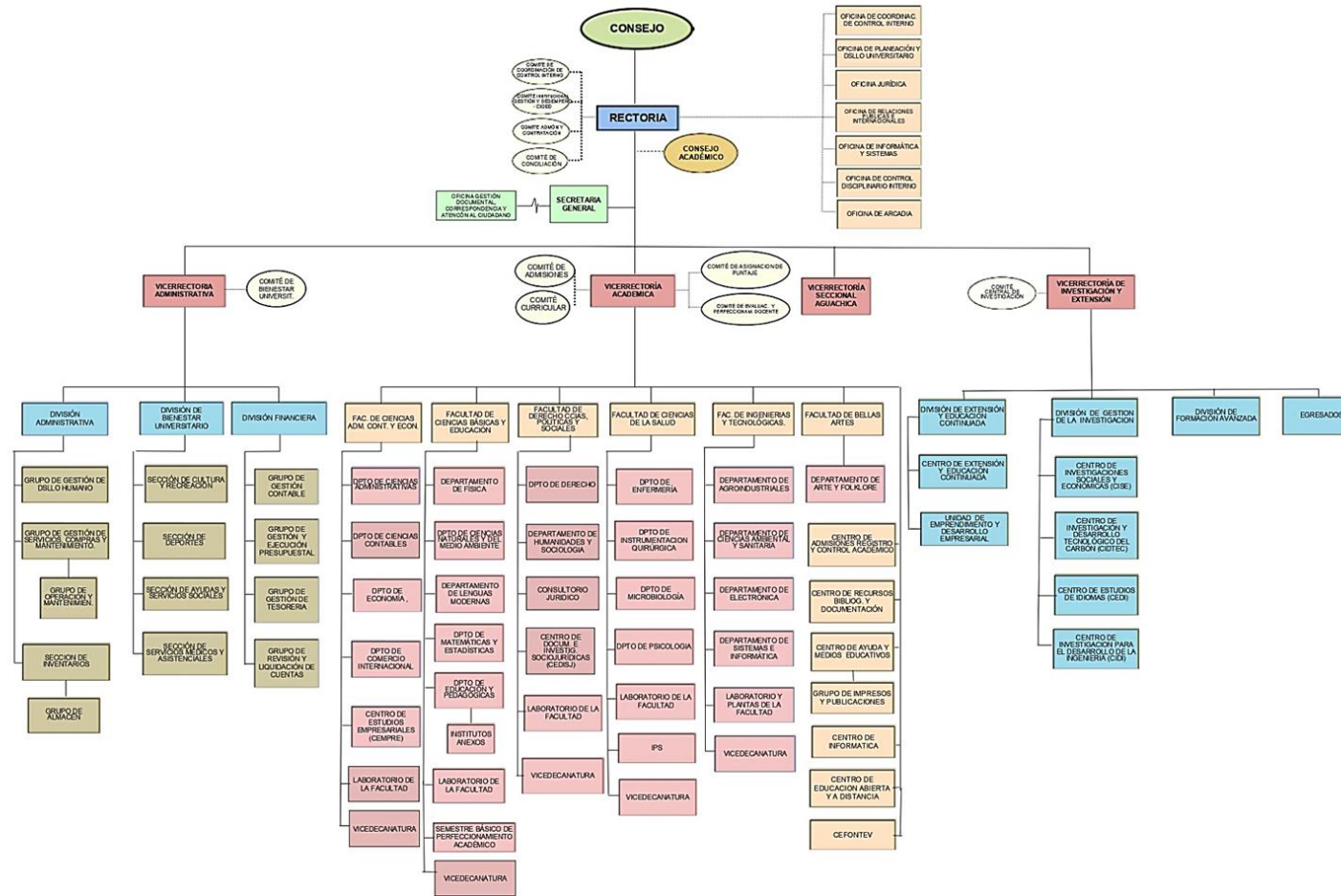
**La Solidaridad** es el apoyo mutuo, la realización de actos de beneficios comunes y sociales que favorezcan a los de menores recursos y capacidades y que potencialicen el acercamiento, la paz, la convivencia y el reconocimiento del otro y el servicio. Es el valor que lleva a los miembros de una sociedad a unirse para realizar acciones positivas y evitar las malas.

**La Fidelidad** es valor determinante de las actitudes y compromisos de los miembros de la organización, con su naturaleza y razón de ser, con su misión y su visión.

Corresponde a los estamentos de la Universidad Popular del Cesar ser fieles a su Institución, entendida la Fidelidad como el compromiso con la Universidad en las realizaciones de las acciones y valores dedicados a la organización, respetando su nombre, funcionarios, misión y visión que la hagan grande y reconocida por otros.



**ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL  
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**



## 5.6.MARCO LEGAL

Para abordar la problemática de la escasez del agua y la importancia de su ahorro en cualquier contexto es fundamental conocer la legislación vigente relacionada con esta temática, la cual se describe a continuación:

Tabla 1. Normativa referente al proyecto.

<b>Ámbito nacional</b>		
<b>Normatividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aplicabilidad</b>
<b>Constitución Política de Colombia, 1991</b>	<p>A través de la carta magna se incluyen las disposiciones ambientales en la legislación colombiana. En sus artículos 79 y 80 señala la obligación del Estado de prevenir los factores de deterioro, garantizar el medio ambiente sano y promover el desarrollo sostenible.</p>	<p>La aplicabilidad de esta norma tiene que ver con garantizar dicho desarrollo sostenible en este caso en la UPC.</p>
<b>Ley 99 de 1993</b>	<p>Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza</p>	<p>Ley 99 la cual enmarca las funciones de las autónomas permite que la CRA del Cesar tome este estudio como referencia para la aplicabilidad en diferentes edificios</p>

el Sistema Nacional Ambiental y el SINA. Mediante esta ley se logra concretar en un solo documento las normas y principios que influyen en el control y formulación de políticas ambientales a escala nacional (Congreso de la República, 1993)

entendiendo que dentro de sus funciones se encuentra la ejecución de proyectos que beneficien el ambiente y la salud de la población.

**Ley 697 del 2001**

Mediante el cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. (Reglamentado por el Decreto Nacional 3683 de 2003)

La aplicabilidad de esta norma es directa sobre el estudio ya que con este se pretende disminuir el consumo de energía en el bloque A.

Por el cual se dicta el Código Nacional de los Recursos Naturales de Protección al Medio Ambiente. Establece que el medio ambiente es patrimonio

**Decreto 2811 de 1974**

común, el Estado y particulares deben participar en su preservación y manejo.

La aplicabilidad es poder cumplir con este decreto.

**Resolución 0453 del 2004**

Por la cual se adoptan los principios, requisitos y criterios y se establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan Mecanismo de Desarrollo Limpio, MDL.

La aplicabilidad de esta norma es directa sobre el estudio ya que con este se pretende disminuir el consumo de energía en el bloque A.

Objetivo 13:  
Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Los objetivos de desarrollo sostenible aplican en este estudio porque permite mediante los techos verdes mitigar los impactos del cambio climático.

Objetivo 6:  
Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.  
En este contexto, se espera para 2030, lograr el acceso universal y

**Objetivos de Desarrollo  
Sostenible:**

equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos, aumentar sustancialmente la utilización eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir sustancialmente el número de personas que sufren de escasez de agua. Para 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.

---

Nota: Elaborado por los Autores, 2021.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

La línea de investigación a la que pertenece el presente trabajo es la de sostenibilidad y gestión ambiental y en la sublínea de investigación producción más limpia y tecnologías ambientales y sanitarias.

### **6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), un estudio es cuantitativo porque utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. Además, refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación

### **6.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Un estudio descriptivo es aquel que “busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas”.

### **6.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La Universidad Popular del Cesar cuenta con alrededor de 1200 docentes, 600 empleados administrativos y aproximadamente 20.000 estudiantes en las distintas modalidades (Informe de Gestión, Universidad Popular del Cesar, 2018).

### **6.5. MUESTRA POBLACIONAL**

La muestra de la población inmersa en el estudio corresponde al personal que frecuenta el Bloque A de la Universidad.

### **6.6. DESARROLLO METODOLÓGICO**

A continuación, se presentan cada una de las fases con sus actividades las cuales les dieron cumplimiento a los objetivos planteados:

### **6.6.1. ETAPA 1. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL TECHO DEL BLOQUE A DEL CAMPUS UNIVERSITARIO**

En esta etapa se creó una línea base para conocer las condiciones actuales de la edificación que va a ser intervenida y con esto definir el tipo de vegetación y de techo verde que se ajusten a las características del Bloque A, a los requisitos técnicos y las condiciones ambientales.

#### **Actividad 1.1. Línea base**

Descripción: Se realizó una caracterización del estado actual del Bloque A de la Universidad Popular del Cesar desde cuatro ejes, estructural, arquitectónico, eléctrico y medioambiental de acuerdo con lo propuesto por Morales y Uzcategui (2017).

- **Caracterización estructural**

Se determinó el estado actual del edificio se identificó el tipo de sistema estructural, uso del edificio, características de los materiales, norma de diseño vigente durante la construcción, capacidad estructural, daños y anomalías existentes. El levantamiento geométrico de la estructura, los materiales que la conforman, pendiente de la cubierta, drenaje pluvial y las especificaciones de estos serán tomados de los planos estructurales de los archivos de la Universidad.

- **Caracterización arquitectónica**

Se delimitó el área para la construcción del techo verde a partir de los planos que serán suministrados por la oficina de planeación de la universidad. Estos indicaron qué estructuras se encuentran expuestas en el techo, como antenas, equipos complementarios de ventilación, cableado, los materiales de construcción, revestimientos, etc.

- **Caracterización eléctrica.**

Con el fin de cuantificar el ahorro energético que un techo verde puede proporcionar al Bloque A, se debió conocer el consumo de energía actual destinado a la climatización de la edificación, así como los costos que esto representa.

La estimación del consumo eléctrico en kW/h requirió la identificación de los sistemas de aires acondicionados instalados en las diferentes áreas del edificio y la recopilación de las características eléctricas de cada uno. Las horas de trabajo de los diferentes aires

acondicionados se obtuvieron a partir de encuestas e información obtenida sobre el uso del edificio por parte de los funcionarios y personal de mantenimiento.

$$\text{Consumo} = \frac{nkW}{h} * h \quad (1)$$

Donde:

nkW/h: es la potencia eléctrica del aire acondicionado

h: es la duración en horas que se mantiene encendido el aire acondicionado.

- **Caracterización medioambiental**

Se recopiló información del clima y factores ambientales que inciden en la elección del tipo de vegetación y techo verde. La fuente de esta información fueron los informes y data bases multianuales del IDEAM de un periodo regresivo de por lo menos 10 años de la ciudad de Valledupar.

Los factores para tener en cuenta serán:

- Radiación solar.
- Precipitación.
- Temperatura promedio.

### **6.6.2. ETAPA 2: SELECCIONAR EL TIPO DE VEGETACIÓN Y TECHO VERDE A UTILIZAR TENIENDO EN CUENTA LAS CARACTERÍSTICAS IDENTIFICADAS EN EL BLOQUE A**

#### **Actividad 2.1. Tipo de vegetación**

**Descripción:** La elección del tipo de vegetación debió cumplir varios criterios para garantizar resultados óptimos y asegurar la vida útil del techo verde. Se tomaron como referencia los criterios establecidos por la Guía para la instalación de techos verdes de la empresa Toxement (2018):

- Expectativa de vida de 18 meses a 2 años.
- Resista condiciones ambientales (incluso extremas).
- Hábitos predecibles de crecimiento.

- Especies no invasivas.
- Fácil propagación.
- Mínimo desperdicio y poda.
- Raíces poco profundas.
- Requerimientos bajos de nutrientes.
- Plantas nativas de más de una clase

Cuando se realice la selección a su vez se eligió el medio de cultivo, que debió ser estable y suministrar un medio de anclaje para las raíces, además de cumplir con los requerimientos de retención y drenaje de agua.

### **Actividad 2.2. Tipo de techo verde**

**Descripción:** La selección del tipo de techo verde debió seguir el propósito para el que se desea implementar.

Inicialmente se realizó un cuadro comparativo de los tipos de techos verdes y su favorabilidad según los criterios de carga, desarrollo de las plantas, transitabilidad, espesor del sustrato, vegetación, costos por m<sup>2</sup> uso, mantenimiento y propósito (Acuña & Estévez, 2013).

Además, se realizaron tres filtros para la definición. Los criterios se dividieron en tres clasificaciones según lo establece la Guía de techos verdes de Bogotá D.C (2011).

- Clasificación primaria: Propósito y uso del techo verde. Responderá a la pregunta ¿Para qué se implementará el techo verde?
- Clasificación secundaria: Robustez del sistema en función del porte y requerimientos de la vegetación empleada. Responderá a la pregunta: ¿Se adecuará a las necesidades del tipo de vegetación?
- Tipo de sistema de techo verde según la tecnología deseada.

### **Actividad 2.3. Selección de los componentes del techo verde**

**Descripción:** Se tuvieron en cuenta los criterios como tipo de techo verde, sustrato, impermeabilizante, filtración y tipo de drenaje. Se seleccionaron los componentes de acuerdo con el numeral 2.2.1 de la Guía de techos verdes de Bogotá D.C.

Clasificados en: Componentes activos, componentes estables y elementos auxiliares.

### **6.6.3. ETAPA 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE TECHO VERDE A UTILIZAR EN EL BLOQUE A DEL CAMPUS UNIVERSITARIO**

En esta etapa se definieron los criterios para diseñar un techo verde que se ajuste a las características del Bloque A.

#### **Actividad 3.1. Diseño del prototipo de techo verde**

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

Selección de las capas y materiales

Las capas que deben ser seleccionadas son:

Cobertura vegetal. En la etapa 1 se eligió el tipo de vegetación y en esta actividad se realizó la distribución espacial de las plantas de acuerdo con la propagación de la especie, su nutrición y el número de especímenes por superficie.

Sustrato. Se tuvo en cuenta las condiciones nutricionales de la cobertura vegetal, el grosor, el porcentaje granulométrico de las partículas que lo conforman, para describir el flujo e intercambio de agua y aire.

Filtro. El medio debe permitir el paso de agua, y que filtre de acuerdo con la Guía de techos verdes de Bogotá las partículas de menos de 2 mm de diámetro, también debió ser liviano y a prueba de putrefacción como lo recomienda la Cámara Chilena para la construcción de terrazas verdes (2010).

Drenaje. Para conocer la capacidad de drenaje mínima que debió tener el producto se utilizaron las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) del IDEAM, para la ciudad de Valledupar de la estación Apto Alfonso López con código 28035030.

Impermeabilización y barrera anti-raíz. El material impermeabilizante debió tener certificación contra los rayos UV y protección mecánica.

Elementos auxiliares. Estos elementos se consideraron en caso de que se necesiten elementos que permitan la transición entre la cubierta vegetal, los filtros y los drenajes.

#### **6.6.4. ETAPA 4. EVALUACIÓN LA FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL TECHO VERDE SELECCIONADO**

En esta etapa se evaluó el diseño desde la factibilidad técnica, económica y ambiental.

##### **Actividad 4.1. Evaluación técnica**

**Descripción:** Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de los requisitos técnicos mínimos (Etapa 1) dados por la Guía de techos Verdes de Bogotá (2011) de cada una de las propuestas de diseño, para determinar si son factibles técnicamente y en qué porcentaje lo serían. De cada propuesta se calificó si cumple o no el criterio de evaluación.

Tabla 2 Requisitos técnicos mínimos para la implementación de techos verdes.

	Características técnicas mínimas y recomendadas para implementación de Techos Bióticos en Bogotá D.C.
Requisitos Mínimos de obligatorio cumplimiento	Operatividad del sistema de Techo Biótico
	1 Estanqueidad
	2 Drenaje
	3 Retención de agua
	4 Estabilidad mecánica
	5 Nutrición
	6 Filtración
	Techo Biótico Implementado
	7 Economía
	8 Durabilidad
	9 Estabilidad y resistencia mecánica
	10 Estabilidad biológica y vitalidad
	11 Continuidad operativa
	Inmueble intervenido
	12 Integridad del inmueble
13 Compatibilidad funcional con el inmueble	
Estructura ecológica principal	
14 Conectividad ecológica	
15 Servicios ambientales prioritarios	

Fuente: Guías de techos verdes en Bogotá. Secretaría Distrital. 2011

Estanqueidad Debe impedir el paso de agua, por ello esta capa, según el numeral de la guía debió tener un espesor mínimo de 0,61 mm. Se tuvo en cuenta densidad, resistencia a la tracción. Se tomaron los datos de estudios previos donde se hayan realizado las pruebas de estanqueidad, donde se coloca un espejo de agua de 5 a 10 cm de altura durante 48 horas y se verifica si hubo filtraciones.

Retención de humedad: Se tuvieron como referencia los valores de estudios anteriores como el de León (2014), donde realizaron contrastes entre varios estudios en techos verdes implementados generando curvas de retención de Humedad con distintas especies vegetales que relacionan el porcentaje de humedad y la presión de los poros en kPa.

La filtración y el drenaje se caracterizaron teniendo en cuenta los criterios de la actividad anterior.

El factor económico se valoró detalladamente en la tercera etapa.

El resto de los criterios fueron suministrados por el proveedor del material y fueron verificados con investigaciones realizadas. Así mismo aquellos cualitativos que dependieron de las especies vegetales y la disposición en el techo del Bloque A (inmueble intervenido, Estructura ecológica principal). Todos ellos se analizaron de acuerdo con las recomendaciones de la Guía para techos verdes de Bogotá.

#### **Actividad 4.2. Evaluación económica**

**Descripción:** Mediante la evaluación económica se buscó medir la rentabilidad de la inversión del proyecto. Los costos y beneficios constituyen el flujo económico.

Este trabajo se basó en los cálculos realizados por Morales y Uzcategui (2017):

**Flujo de caja sin techo verde:** En la realización del flujo de caja sin techo verde se tuvieron en cuenta costos por consumo energético y costos por cambio de la impermeabilización

**Flujo de caja con techo verde:** Se tuvieron en cuenta ingresos por ahorro en consumo energético, ahorro por CO<sub>2</sub> e impermeabilización. En cuanto a los costos se tuvieron en cuenta la inversión inicial, el consumo energético de los aires acondicionados, el costo de mantenimiento y el cambio de impermeabilización de acuerdo con la vida útil estimada del techo verde.

**Flujo de caja incremental:** Se calcularon las diferencias entre los flujos de caja planeados sin proyecto y con proyecto.

### Cálculo TIO, VPN y TIR

Es la rentabilidad mínima que un inversionista espera recibir por un proyecto (Cardona, 1986), en Colombia la TIO es de 12% para proyectos sociales. Para calcular el VPN de este proyecto, se tomó una TIO del 10% puesto que puede ser menor a la normativa ya que sólo se hará un diseño, puede tener un valor mayor cuando sea para el nivel de oferta para el mercado.

El VPN (Valor presente neto) mide la rentabilidad en valores monetarios que exceden a la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión, Se calculó la diferencia entre los ingresos y egreso, incluyendo la inversión como un egreso, a valores actualizados

$$VPN = \frac{FE_1}{1+i} + \frac{FE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FE_n}{(1+i)^n} - I_0 \quad (2)$$

Donde:

FE1: Representa el flujo de efectivo del primer año, es decir, la utilidad neta resultante después de impuestos.

FE2: Representa el flujo de efectivo del segundo año.

FE<sub>n</sub>: Representa el flujo de efectivo del último año seleccionado.

I0: Es la inversión inicial del proyecto.

### TIR

Tasa Interna de Retorno, la TIR es la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, generando un Valor Actualizado Neto-VAN igual a cero:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Donde:

**$F_n$**  es el flujo de caja en el periodo  $n$ .

**$n$**  es el número de períodos

**$I$**  es el valor de la inversión inicial.

### **Actividad 4.3. Evaluación de la factibilidad ambiental**

**Descripción:** En los factores ambientales de factibilidad se tuvieron en cuenta los impactos de la implementación del techo verde en las siguientes variables (Tibasosa Bolívar, A. P., y Valbuena Lesmes, S., 2016):

- ✓ Mejoramiento de la calidad del aire
- ✓ Reducción del efecto Isla de calor
- ✓ Reducción de contaminación acústica
- ✓ Reducción de inundaciones
- ✓ Aumento de la biodiversidad
- ✓ Ahorro de agua
- ✓ Ahorro de energía

Se usó la metodología AHP, es un procedimiento diseñado para cuantificar juicios u opiniones gerenciales sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios en conflicto empleados en el proceso de toma de decisión. Como no se trabajará sobre varias alternativas, sino que se hizo una propuesta, se desarrolló hasta la cuarta etapa.

Las etapas son las siguientes (Roche & Vejo, 2005):

- I. Descomponer el Problema de Decisión en una jerarquía de elementos interrelacionados, identificando: (a) la Meta General, (b) los Criterios ( $i=1,2,m$ ) y (c) las Alternativas posibles ( $j=1,2,\dots,n$ ). Para Cada uno de los “ $m$ ” Criterios repetir las Etapas (2) a (4).
- II. Desarrollar la Matriz de Comparación por Pares (MCP) de Alternativas para cada uno de los criterios estableciendo el rating de importancia relativa entre ambas Alternativas consideradas. El Rating se establece a partir de la siguiente escala denominada la escala de Saaty:

Tabla 3. Metodología AHP

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Fuente: Saaty (1994)

La escala de Saaty es una herramienta propuesta para establecer la importancia o preferencia de criterios o alternativas en la matriz de comparaciones a pares. Es una escala de prioridades como forma de independizarse de las diferentes escalas que existen. De esta forma se entrega homogeneidad y cierto grado de certeza a las comparaciones.

A pesar de que se cuente con una escala para priorizar, es probable que si hay más de un experto responsable de realizar esta tarea ocurra que no lleguen a un consenso sobre del grado de importancia de un criterio o alternativa respecto de otro. En estos casos se calcula la media geométrica de los juicios.

Pueden asignarse los valores intermedios 2, 4, 6,8. Un rating recíproco (ej. 1/9, 1/7, 1/5, 1/3) se aplica cuando la segunda alternativa es preferida a la primera. El valor 1 es siempre asignado a la comparación de una alternativa con sí misma.

- III. Desarrollar la Matriz normalizada (MCN) dividiendo cada número de una columna de la Matriz de Comparación por pares por la suma total de la columna.
- IV. Desarrollar el Vector de Prioridad para el Criterio calculando el promedio de cada fila de la Matriz Normalizada. Este promedio por fila representa el Vector de Prioridad de la Alternativa con respecto al criterio considerado.

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 7.1. ESTADO ACTUAL DEL TECHO DEL BLOQUE A DEL CAMPUS UNIVERSITARIO.

#### Actividad 1.1. Línea base

Se realizó la caracterización del estado actual del Bloque A de la Universidad Popular del Cesar desde cuatro ejes, estructural, arquitectónico, eléctrico y medioambiental de acuerdo con lo propuesto por Morales y Uzcategui (2017).

- **Caracterización estructural**

Se puede identificar en los planos estructurales de los archivos de la Universidad Popular del Cesar que la edificación está construida en terrenos razonablemente homogéneos y bajo un sistema estructural compuesto, que responde a la necesidad de resistir cargas verticales u horizontales. Este sistema lo constituyen vigas, columnas, pórticos, losas y zapatas que, interconectados, trabajan en conjunto para lograr soportar el edificio en su totalidad.

Los materiales usados en edificios deben ser flexibles, duraderos y resistentes a la vez, por ello, en el bloque A de la UPC se utilizó:

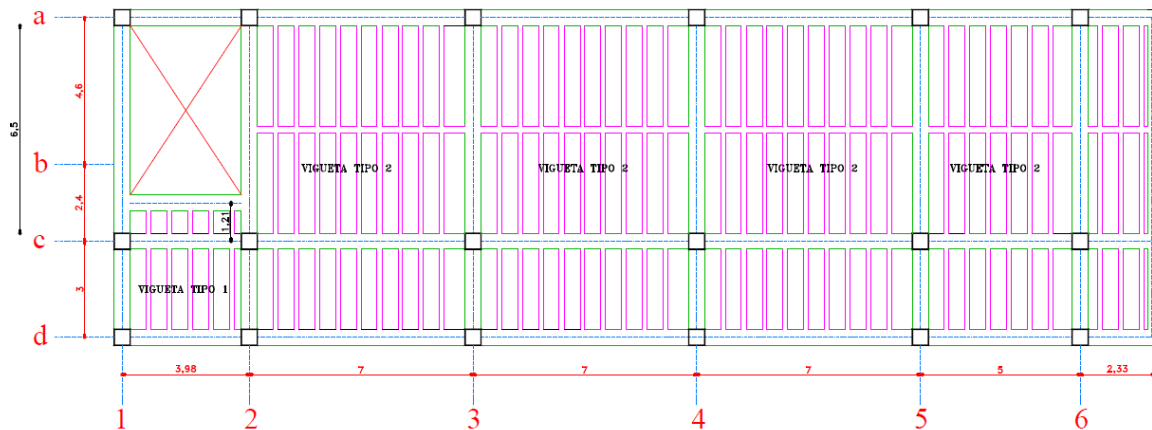
- **Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .** Debido a su resistencia, flexibilidad y a su adaptación a las exigencias y tensiones del terreno.
- **Acero en barras de grado 60.** Debido a su alta calidad y a su alta adherencia al concreto.
- **Acero en estribo grado 40.** Debido a que cumple estrictamente los requisitos de la GOST 1050 y de la DSTU 7809, las cuales vigilan los productos de calidad estructural sin alear y aceros especiales.

La combinación de los elementos y de los materiales anteriormente mencionados optimizó los recursos usados en la construcción, al complementar las ventajas del acero estructural y el concreto reforzado obteniendo como resultado una estructura más ligera, con mayor resistencia a la corrosión y a los incendios al disipar el calor.

Con el fin de conocer el levantamiento geométrico de la estructura, es decir, sus condiciones reales de geometría, detalles de los elementos de construcción y anclajes, se revisaron los siguientes planos:

- **Planta estructural**

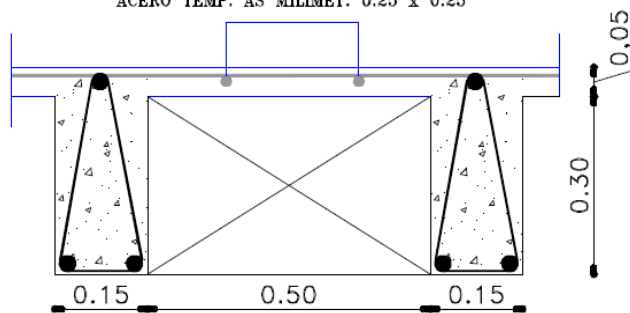
Figura 1: Planta estructural



Fuente: Archivos de la UPC.

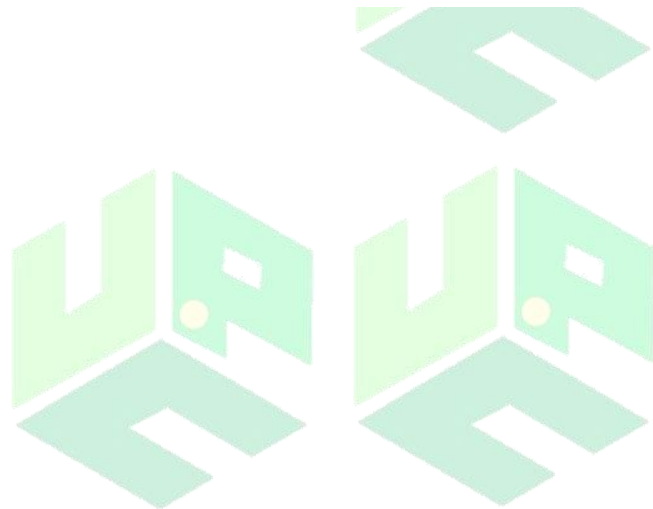
Figura 2: Detalle de la losa

ACERO TEMP. AS MILIMET. 0.25 x 0.25



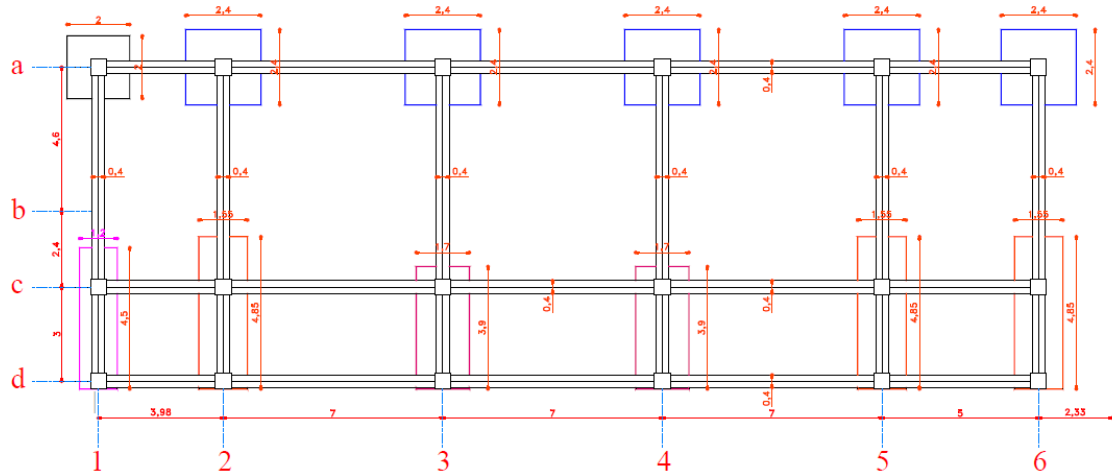
DETALLE DE LOSA  
AREA PLACA = 327.94 M2

Fuente: Archivos de la UPC.



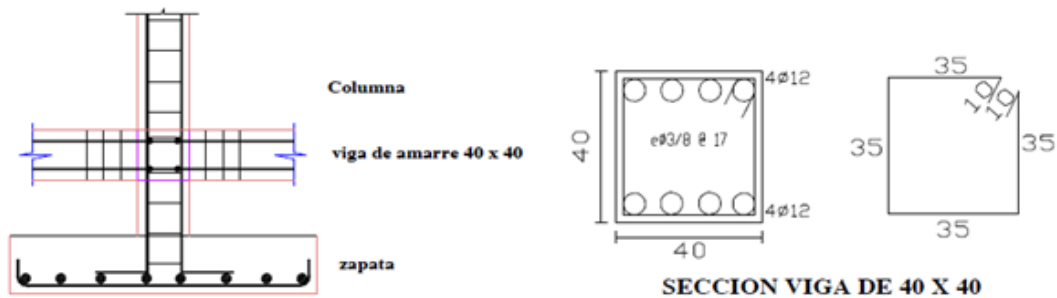
- **Planta de cimientos**

Figura 3: Planta de cimientos



Fuente: Archivos de la UPC.

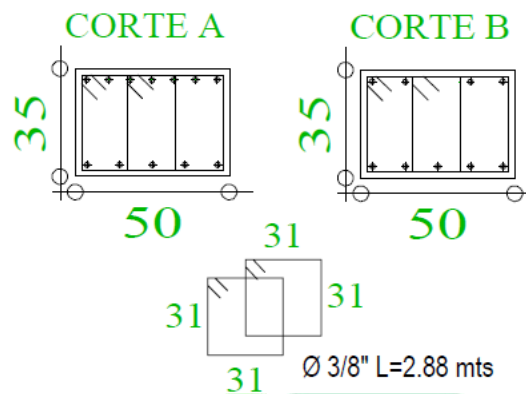
Figura 4: Detalle de cimiento



Fuente: Archivos de la UPC.

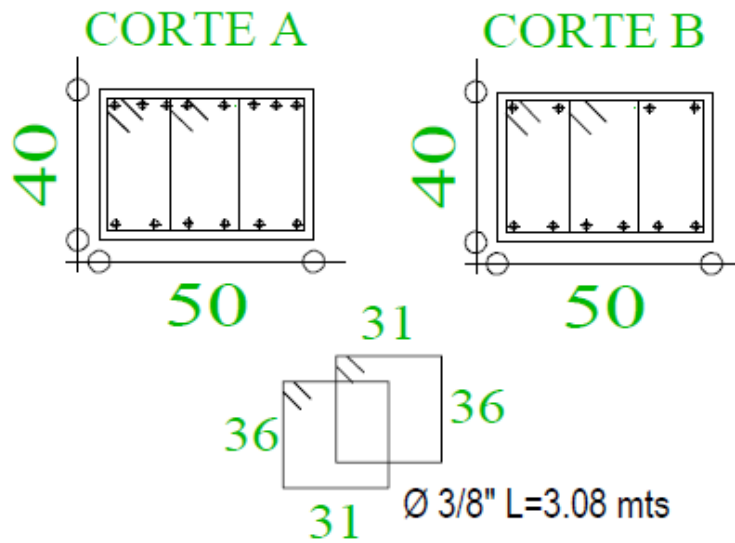
- **Vigas**

Figura 5: Sección 0.50 m x 0.40 m



Fuente: Archivos de la UPC.

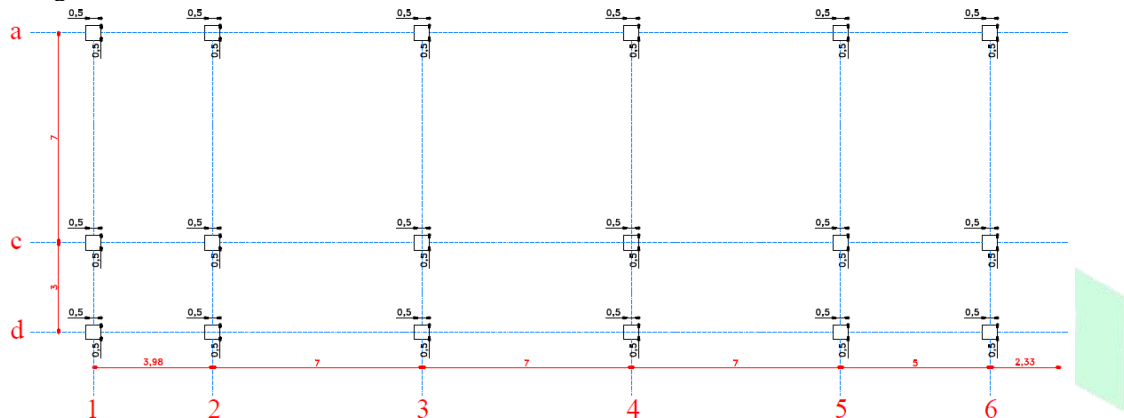
Figura 6: Sección 0.50 m x 0.40 m



Fuente: Archivos de la UPC

- **Columnas**

Figura 7: Planta de columnas

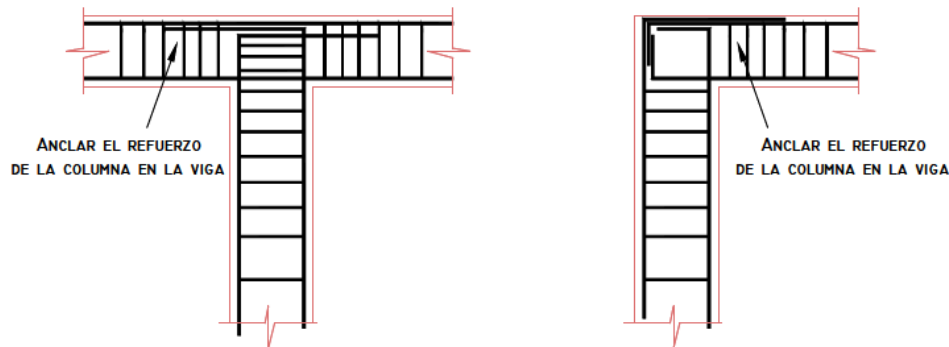


Fuente: Archivos de la UPC.



Figura 8: Detalles constructivos

**ANCLAJE DEL REFUERZO EN EL ULTIMO NIVEL**



Fuente: Archivos de la UPC.

De igual modo, se consideró que la edificación cuenta con un drenaje pluvial de tipo particular, es decir, que contiene una red de instalaciones pluviales dentro del edificio, encargadas de captar y conducir los escurrimientos pluviales generados dentro del mismo hasta algún canal o tubería de salida. Este sistema funciona gracias a las estructuras de captación que recolectan las aguas a través de sumideros, evitando circule de manera descontrolada y a las estructuras de conducción que transportan las aguas recolectadas a través de conductos con pendiente hasta las estructuras de descargas (SIAPA, 2014).

Por último, fue hasta principios de los 80 que en Colombia se creó la Norma AIS 100-81 de requisitos sísmicos para edificios que era usada de manera voluntaria por algunos ingenieros en la nación, posterior al sismo ocurrido en Popayán en el año 1983 se hizo evidente la necesidad de ampliar el alcance de esta norma y de convertirla en obligatoria en todo el territorio apoyado en el decreto 1400 de junio 7 de 1984, "Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes" y de la ley 400 de 1997 cuyo objetivo es la determinación de varios requisitos, los cuales se enfocan en el diseño, construcción y supervisión técnica de edificios, por posible caso de fuerzas sísmicas y otras por decirlo así catástrofes naturales, o por el mismo uso del hombre (Función pública, 1997). La universidad fue fundada en el año 1973 y no se precisa información relacionada con los lineamientos bajo los que fue construida, sin embargo, se puede deducir al analizar los planos de la edificación que el diseño y la infraestructura cumplen con los requerimientos estructurales básicos para garantizar la seguridad todos.

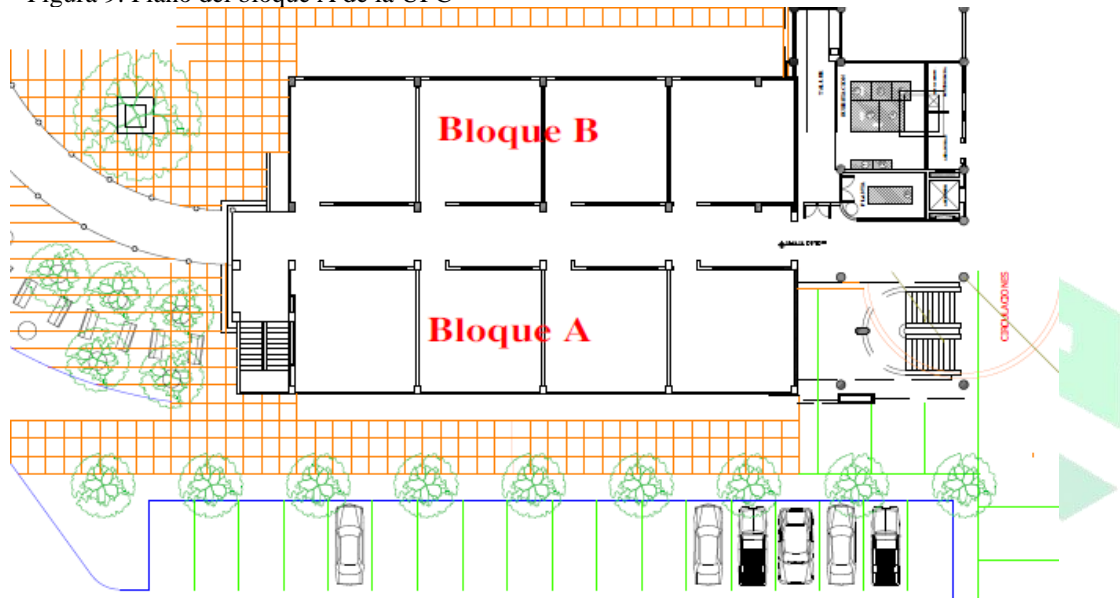
### **Daños y anomalías existentes**

De acuerdo con la revisión técnica realizada, el techo no presenta ningún daño ni anomalía. Ver figuras 11, 12 y 13.

### **Caracterización arquitectónica**

El bloque A consta de 5 pisos, se puede acceder a él haciendo uso de dos escaleras y está destinado únicamente para aulas de clase, a partir de los planos suministrados por la oficina de planeación de la universidad y a las imágenes aéreas disponibles en Google Earth, se pudo medir el perímetro que corresponde a 78,59 m y delimitar el área para la construcción del techo verde que es de 262,22 m<sup>2</sup>, de igual modo se observó que las estructuras expuestas en la superficie son de los aires acondicionados, pero no se encuentran específicamente en la zona donde se planea instalar el techo verde como se puede ver en las figuras 11, 12 y 13, por lo que no afectan en el desarrollo del proyecto.

Figura 9: Plano del bloque A de la UPC



Fuente: Archivos de la UPC.



Figura 10: Imagen aérea del bloque A de la UPC



Fuente: Google Earth.

Figura 11: Techo de los bloques A y B de la UPC



Fuente: Autores, 2021.



Figura 12: Techo del bloque A de la UPC



Fuente: Autores, 2021.

Figura 13: Estructuras expuestas en el techo del bloque A y B de la UPC



Fuente: Autores

### **Caracterización eléctrica**

De acuerdo con la visita técnica realizada los aires acondicionados se encuentran distribuidos por pisos de la siguiente manera:

Primer piso: dos aires con potencia de 340 kw/h y dos de 350 kw/h

Segundo piso: cuatros aires acondicionados de 360 kw/h

Tercer piso: dos aires de 360 kw/h y dos de 350 kw/h

Cuarto piso: cuatro aires de 350 kw/h de potencia.

Nota: los aires acondicionados trabajan durante 16 horas al día, dado que los horarios de clases en la Universidad Popular del Cesar empiezan a las 6 am y terminan a las 10 pm.

Como se planteó en la metodología por medio de la siguiente formula se conocerá el consumo energético actual del bloque:

Primer piso:

$$\text{Consumo primer piso} = \frac{1380 \text{ kw}}{h} * 16 \text{ h} = 22080 \text{ kw}$$

Segundo piso:

$$\text{Consumo segundo piso} = \frac{1440}{h} * 16 \text{ h} = 23040 \text{ kw}$$

Tercer piso:

$$\text{Consumo tercer piso} = \frac{1420}{h} * 16 \text{ h} = 22720 \text{ kw}$$

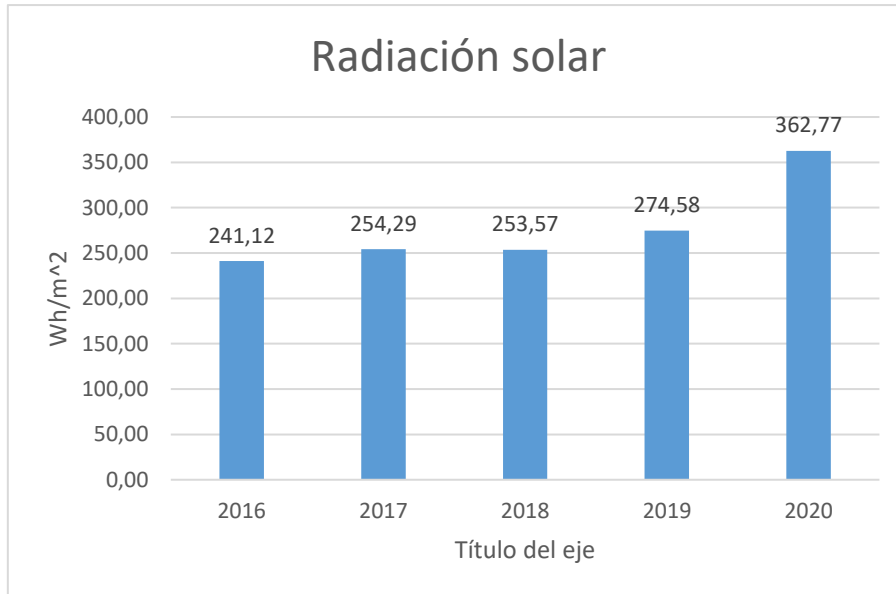
Cuarto piso:

$$\text{Consumo cuarto piso} = \frac{1400}{h} * 16 \text{ h} = 22400 \text{ kw}$$

- **Caracterización medioambiental**

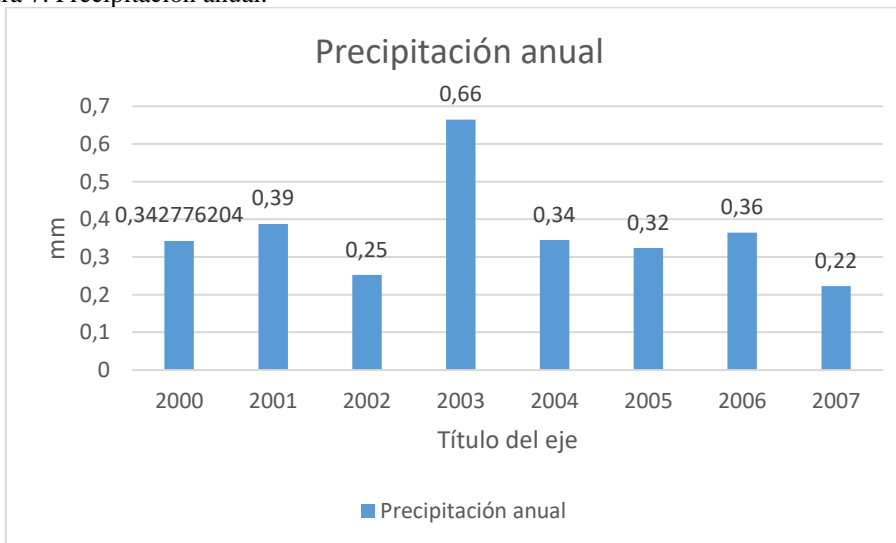
Se solicitó información al IDEAM sobre los siguientes factores ambientales, los cuales tienen una incidencia directa en la elección del tipo de techo verde a usar y sus componentes. Cabe mencionar que estos factores se solicitaron con datos de los últimos 10 años, sin embargo, no en alguno de estos no se tenía el registro completo, por lo cual se trabajó con la información suministrada; los factores fueron:

Figura 6. Radiación solar.



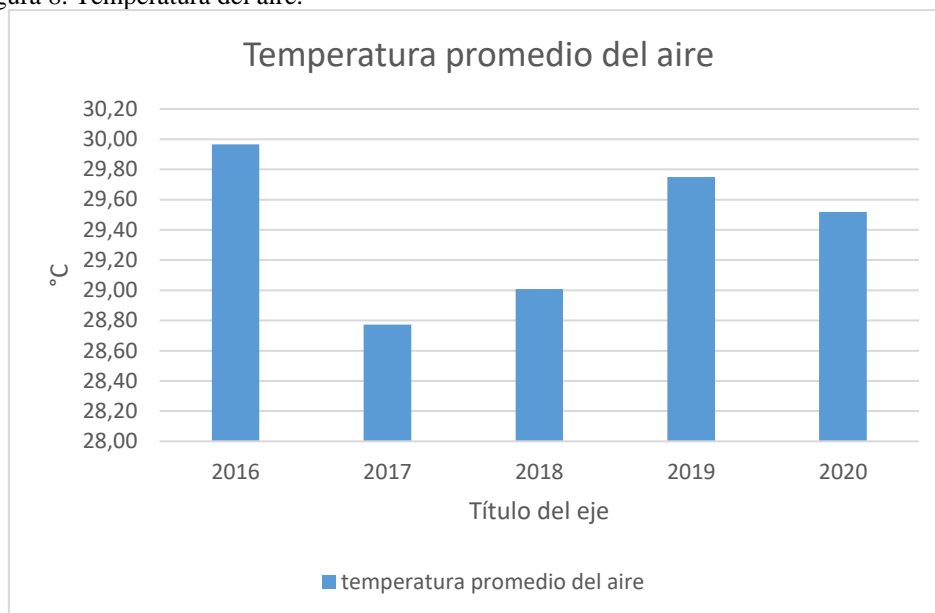
Fuente: Tomada y adaptado del IDEAM.

Figura 7. Precipitación anual.



Fuente: Tomada y adaptado del IDEAM.

Figura 8. Temperatura del aire.



Fuente: Tomada y adaptada del IDEAM.

## **7.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE VEGETACIÓN Y TECHO VERDE A UTILIZAR TENIENDO EN CUENTA LAS CARACTERÍSTICAS IDENTIFICADAS EN EL BLOQUE A.**

### **Actividad 2.1. Tipo de vegetación**

La elección del tipo de vegetación debe garantizar resultados óptimos y la vida útil del techo verde, así como su calidad de sostenible, es por ello por lo que se tomaron como referencia los criterios establecidos por la Guía para la instalación de techos verdes de la empresa Toxement (2018), la temperatura promedio anual de 33° y el promedio de exposición solar de 12 horas diarias en la ciudad de Valledupar. Igualmente, el tipo de planta a mencionar fue seleccionada según los beneficios que le genera al medioambiente al aumentar la biodiversidad, absorber dióxido de carbono, reducir el ruido y el calor excesivo, entre otras cualidades.

Por lo anterior, se propone instalar la cubierta de sedum que es una especie de plantas suculentas de la familia *Crassulaceae* nativas de las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Con hábitos herbáceos que se autorreproducen y que pueden desarrollarse y mantenerse por sí mismas durante largo tiempo, ideales para techos verdes debido a las siguientes características (sempergreen, 2021):

- Requieren mucha luz, como mínimo 7 horas de exposición al día
- Necesitan relativamente pocos nutrientes y un bajo mantenimiento, en comparación con otros tipos de plantas
- Soporta largos periodos de sequía y puede recuperarse rápidamente al entrar en contacto con el agua
- Tienen raíces muy superficiales, ideales para techos verdes extensivos por la poca profundidad del sustrato
- Son plantas Perenne o vivaces, es decir, que viven más de dos años
- No suelen verse afectada por plagas de insectos o enfermedades
- No requieren poda

*Figura 14: Bandeja de Sedum*



*Fuente: Vegetal ID.*

Con respecto al sustrato que es uno de los componentes más importantes para el sostenimiento de la vegetación y el bajo mantenimiento de la cubierta a largo plazo, se debe garantizar que esté compuesto por arena limpia, sin raíces o semillas, evitando el uso de la tierra común usada en jardinería debido a su peso y a su contenido de materia orgánica que promueve el crecimiento de flora indeseable (Escobedo, 2013), por compost o abono y por algún agregado con materiales porosos como las rocas volcánicas o similares.

De este modo para satisfacer las necesidades de la vegetación mencionada anteriormente, el sustrato debe tener un grosor de más o menos 15 cm y se deben realizar

ensayos del tipo de pH para determinar si la disponibilidad de nutrientes es suficiente como para compensar el escaso espesor de la capa a utilizar. Además, es necesario adoptar medidas de anclaje para las raíces teniendo en cuenta que el área en la que se planea instalar el techo verde puede estar sometida a vientos de alta intensidad provocando el movimiento de las plantas.

Otro punto significativo del método de cultivo es que debe garantizar el flujo y evacuación efectiva del agua, evitando que el suelo orgánico se convierta en barro líquido obstruyendo el sistema de desagüe del techo y el encharcamiento que puede pudrir las raíces de las plantas e incluso sobrecargar el edificio, por lo que el sustrato necesita ser poroso y con un alto porcentaje de aireación.

### Actividad 2.2. Tipo de techo verde

Se realizó un cuadro comparativo de los tipos de techos verdes y su favorabilidad según los criterios de carga, transitabilidad, desarrollo de las plantas, vegetación espesor del sustrato, uso, propósito, mantenimiento y costos por m<sup>2</sup> (Acuña & Estévez, 2013).

Tabla 4: Cuadro comparativo: Tipos de techos verdes

<b>Tipos de techos verdes</b>			
<b>Características</b>	<b>Extensivo</b>	<b>Semi-intensivo</b>	<b>Intensivo</b>
<b>Carga</b>	De 50 a 150 kg/m <sup>2</sup>	Entre 150 y 250 Kg/m <sup>2</sup>	Mayores a 250 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Transitabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No son transitables</li> <li>No requieren un acceso fácil y directo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parcialmente transitables</li> <li>Acceso reducido (por corredores adyacentes o patios)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transitables</li> <li>Necesitan un acceso cercano</li> </ul>
<b>Desarrollo de las plantas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De crecimiento rápido</li> <li>Poco requerimiento de agua, fertilizantes y nutrientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requieren riego ocasional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requieren poda, abono y riego habitual.</li> </ul>

<b>Vegetación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sedum</li> <li>• Plantas perennes</li> <li>• Pastos</li> <li>• Hierbas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gramíneas</li> <li>• Plantas perennes</li> <li>• Estrato medio de pastos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gramíneas</li> <li>• Plantas perennes</li> <li>• Arbustos</li> <li>• Arboles pequeños</li> </ul>
<b>Espesor del sustrato</b>	Hasta 15 cm	Entre 10 y 20 cm	Mayor que 15 cm
<b>Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la biodiversidad</li> <li>• Drenaje urbano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la biodiversidad</li> <li>• Recreativo</li> <li>• Drenaje urbano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recreativo</li> <li>• Elemento paisajístico</li> <li>• Drenaje urbano</li> </ul>
<b>Propósito</b>	Ideal para crear nuevos hábitats naturales para las plantas, aves e insectos	Ideal para techados finos que son parcialmente accesibles	Ideal para cubiertas que servirán como zonas de recreación para peatones
<b>Mantenimiento</b>	Mínimo	Variable (Depende de las plantas y del clima)	Alto
<b>Costos por m2</b>	Bajo	Medio	Alto

Fuente: Autores, 2021

Dado que en Colombia y especialmente en la costa caribe los estudios relacionados con los beneficios ambientales y económicos de los techos verdes son escasos aumenta el riesgo de no cumplir con las expectativas de su eficacia (Seweryn, Garda, & Vega, 2012) y teniendo en cuenta que la transitabilidad no es el fin principal del prototipo de techo verde para el bloque A de la Universidad Popular del Cesar salvo para limpieza e inspección esporádica, el sistema empleado debe ser liviano; resistente a las condiciones climáticas de la ciudad de Valledupar de tal forma que la vegetación seleccionada pueda mantener su vitalidad sin necesidad de riego adicional al suministrado por el régimen de lluvias; con un mínimo seguimiento postinstalación y económico.

Por consiguiente, el techo verde de tipo extensivo es la mejor opción al adaptarse completamente a los requisitos técnicos y al propósito de uso, con robustez baja obtenida a partir de la utilización de tecnologías manuales, de componentes y técnicas convencionales, sumado a la incorporación de estrategias para reducir significativamente el peso total en estado de saturación.

### **Actividad 2.3. Selección de los componentes del techo verde**

Se escogió el sistema multicapa monolítico, pues actúa como una sola unidad sobre toda el área y consiste en apoyar sobre el techo impermeabilizado de la edificación los componentes que conforman el techo verde los cuales fueron seleccionados de acuerdo con el numeral 2.2.1 de la Guía de techos verdes de Bogotá D.C. (2011) dividiéndolos en activos, estables y elementos auxiliares.

#### **Componentes activos**

- **Cobertura vegetal**

La mejor forma de cultivar el tipo de vegetación escogida para el bloque A de la Universidad Popular del Cesar fue por medio de bandejas de plugs como las que ofrece la empresa Sempergreen (2021), dado que están pre-cultivada en un 95% y facilitan el trasplante de las plantas causando el menor daño posible a sus raíces y a que se pueden plantar directamente sobre el sustrato de la cubierta vegetal, y al venir separadas entre sí crecen de manera más uniformes, puesto que el agua llena los plugs de forma homogénea, por lo tanto, se seca más lentamente (Anthura, 2016). Es recomendable regar las plantas con frecuencia, pero con poca agua, para que se logre la irrigación en las primeras semanas.

Figura 15: Plug de sedum



Fuente: Sempergreen.

Figura 16: Plug de sedum al momento de la plantación



Fuente: Universidad de Buenos Aires.

- **Sustrato**

En cuanto al sustrato, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina (2021) aconseja la utilización de hasta un 80% de materiales inorgánicos como piedra pómez, zeolita, vermiculita y perlita, mezclado con un 20% como máximo, de materiales orgánicos como turba o compost y que tenga un pH levemente ácido, para que se mantenga estable a través de los años.

Lo anterior debido a que los materiales inorgánicos ayudan a mantener un grosor constante, un correcto drenaje, un manejo nutricional adecuado y que se mantenga inmóvil. Al mismo tiempo, debe ser liviano y con poca materia orgánica.

El sustrato sugerido para este proyecto fue formulado con piedra pómez, microleca, perlita y zeolita por presentar un espacio poroso total con respecto a los sustratos con suelo mineral. En la tabla 2 con información resumida del informe de sustratos para techos verdes sustentables (extensivos) del instituto de floricultura de argentina (2017) se pueden apreciar las características que benefician el desarrollo de las especies de sedum y el peso del sistema por ser de densidad baja.

Tabla 5: Propiedades del sustrato elegido.

Sustrato	pH	CE (dS.cm- 1)	Densidad aparente (Kg.m-3)	Materia orgánica (%)	Capacidad de aireación (%)	Capacidad de retención de agua (%)	Espacio poroso total (%)
Mezcla de piedra pómez, microleca, perlita y zeolita	5,94	0,16	580	2	49	30	79

Fuente: Instituto de floricultura de Argentina

Antes de definir los componentes estables, se revisó y confirmo que la superficie sobre la que se instalara la membrana es homogénea y sin irregularidades que puedan generar daños en la capa de impermeabilización, así como que los desagües cuenten con pendientes de al menos 2% hasta las estructuras de descargas con el fin de evitar posibles estancamientos.

### Componentes estables

- **Barrera antiraíces**

La barrera antiraíces es fundamental para que las raíces no puedan penetrar ni dañar la membrana impermeable, para este proyecto se planteó el uso de una espesa capa de polietileno negro de baja densidad ideal para cubiertas vegetales (Urbanscape, 2018).

- **Filtración**

Las barreras filtrantes o el Geotextil delgado forman una ligera capa de aire, por donde circula el agua libremente hacia las bajadas, manteniendo el sustrato por encima, estas deben extenderse en franjas garantizando traslapes de mínimo 15 cm.

- **Drenaje**

El drenaje es instalado encima de la membrana de impermeabilización y bajo el área ocupada por el sustrato, pero evitando el paso de tierra al incluir una capa drenante que permite que el agua circule. El sistema que conduce el exceso de agua hacia las canaletas se mejoró incorporando un drenaje de espuma de polietileno y sobre ella, una lámina geotextil permeable que evita que las raíces toquen la estructura interior (Franco, 2019).

- **Impermeabilizante**

La capa de impermeabilización debe ser instalada en un momento donde no esté circulando personal y donde no se estén realizando otras actividades de construcción de manera simultánea evitando daños mecánicos, de modo monolítico y uniforme a lo largo de toda la superficie que se va a intervenir incluyendo áreas expuestas y no vegetalizadas. El revestimiento resultante es transitable, permeable al vapor de agua y resistente a los rayos UV (Franco, 2019).

En la guía de techos verdes de Bogotá D.C. (2011) sugieren una prueba que debe ser aplicada antes de instalar las rejillas de protección en los desagües y garantiza que no existan filtraciones, esta consiste en llenar el área con 5 a 10 cm de agua, y dejarla por lo menos 2 días, observando que el nivel no baje. El resultado obtenido durante la actividad debe quedar consignado y firmado por los involucrados.

### **Elementos auxiliares**

Se sugieren accesorios que permitan la transición entre las diferentes áreas de la cubierta, estos elementos deben estar fabricados en materiales que soporten la intemperie y la humedad.

## **Análisis de factibilidad de resistencia de estructuras de soporte de techo verde en bloque a de la Universidad Popular Del Cesar U.P.C:**

Con el fin de dar cumplimiento a la normatividad requeridas en NSR 10 (REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE), hemos basados en los parámetros de indicados en el TITULO F. ESTRUCTURAS METALICAS, Generalidades, capitulo F.2 “ESTRUCTURAS DE ACERO CON PERFILES LAMINADOS, ARMADOS Y TUBULARES ESTRUCTURALES (Rangos de esfuerzos) Ver imagen

### **NSR-10 – Capítulo F.2 – Estructuras de acero con perfiles laminados, armados y tubulares estructurales**

**Platina de relleno** — Platina que se usa como suplemento del espesor de un elemento.

**Porcentaje de alargamiento** — Medida de la ductilidad, determinado como la relación entre el alargamiento máximo y la longitud original en un ensayo a tensión.

**Pórtico arriostrado** — Armadura vertical que proporciona estabilidad y resistencia frente a cargas laterales al sistema estructural del cual forma parte.

**Pórtico para cargas gravitacionales** — Porción de la estructura que no forma parte del sistema de resistencia a cargas laterales.

**Pórtico resistente a momento** — Sistema de pórtico que provee estabilidad y resistencia a cargas laterales básicamente a través de fuerzas internas de cortante y de flexión en los miembros y conexiones.

**Presilla** — Platina que se conecta rigidamente a dos componentes paralelos de una columna o viga ensamblada y está diseñada para transmitir cortante entre tales componentes.

**Protección activa** — Materiales y sistemas de construcción que se activan con el fuego para mitigar los efectos adversos o dar aviso a las personas de manera que tomen alguna acción que mitigue dichos efectos.

**Protección pasiva** — Materiales y sistemas de construcción que tienen la propiedad de resistir los efectos del fuego sin requerir mecanismos externos de activación.

**Prueba de impacto de Charpy con ranura en V** — Ensayo dinámico normalizado para medir la tenacidad de ranura de una probeta.

**Punto de fluencia** — Para un material, valor del esfuerzo a partir del cual la deformación continúa aumentando sin que se incremente el valor del esfuerzo.

**Raíz de la junta soldada** — Zona de una junta donde los elementos a soldar están más próximos uno al otro.

**Rango de esfuerzos** — Diferencia entre los esfuerzos máximo y mínimo producidos por la repetida aplicación y remoción de cargas vivas de servicio. Donde se presente inversión de esfuerzos, se toma como la suma numérica de los esfuerzos máximos de tensión y compresión.

De acuerdo con lo anterior mencionado y dando cumplimiento a los establecido en la normatividad, teniendo en cuenta los parámetros de esfuerzo y deformación, al que será sometida la estructura metálica que se va a implementar para soportar las cargas generadas por el techo verde a construir en la parte superior del bloque A de la Universidad Popular de Cesar, arrojan los valores y resultados a continuación:

Tabla 6. Tipo de viga.

Tipo de Viga	Longitud nominal	altura	ancho	Resistencia
IPE 80	6 mt a 12 mt	8 cm	4,6 cm	6,15 kg/m

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Peso del techo verde.

Peso del techo verde	Resistencia requerida con factor de seguridad	Resistencia de viga IPE	Cumple
87 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>	615 kg/m <sup>2</sup>	Si

Fuente: elaboración propia.

Descripción							
Designación	Dimensión h	Dimensión b	Dimensión s	Dimensión t	Dimensión r	Sección (cm <sup>2</sup> )	Peso (Kg/m)
IPE 80	80 mm	46 mm	3,8 mm	5,2 mm	5 mm	7,64 cm <sup>2</sup>	6,15 Kg/m
IPE 100	100 mm	55 mm	4,1 mm	5,7 mm	7 mm	10,3 cm <sup>2</sup>	8,30 Kg/m
IPE 120	120 mm	64 mm	4,4 mm	6,3 mm	7 mm	13,2 cm <sup>2</sup>	10,66 Kg/m
IPE 140	140 mm	73 mm	4,7 mm	6,9 mm	7 mm	16,4 cm <sup>2</sup>	13,22 Kg/m
IPE 160	160 mm	82 mm	5,0 mm	7,4 mm	9 mm	20,1 cm <sup>2</sup>	16,20 Kg/m
IPE 180	180 mm	91 mm	5,3 mm	8,0 mm	9 mm	23,9 cm <sup>2</sup>	19,27 Kg/m
IPE 200	200 mm	100 mm	5,6 mm	8,5 mm	12 mm	28,5 cm <sup>2</sup>	22,96 Kg/m
IPE 220	220 mm	110 mm	5,9 mm	9,2 mm	12 mm	33,4 cm <sup>2</sup>	26,86 Kg/m
IPE 240	240 mm	120 mm	6,2 mm	9,8 mm	15 mm	39,1 cm <sup>2</sup>	31,47 Kg/m

### Descripción de viga IPE:



Se concluye que de acuerdo con la estructura de soporte actual de la cubierta se le dé debe adicionar vigas o perfiles metálicos Tipo IPE 80, soportada sobre la viga aérea de confinamiento o sobre la mampostería superior del edificio, apoyada en ambos extremos a una separación de 1,5 mt sobre toda el área superior del bloque A, este sistema es uno de los más económicos, resistentes, fáciles y livianos de las estructuras metálicas que se construyen para reforzamientos estructurales de este tipo.

### Resistencia de cubierta actual:

Actualmente el bloque A de la Universidad Popular del Cesar, cuenta con una cubierta de Teja en fibra de Vidrio Plus de dimensiones 3.93x1.13m 1mm (de espesor), la cual tiene una resistencia de 100 kg/m<sup>2</sup> a una distancia máxima entre correas (viga IPE 80) de 1,6 mt, basados en estos parámetros resistencia se realiza el siguiente análisis:

peso del techo verde	resistencia requerida con factor de seguridad	resistencia de teja	cumple
87 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>	si

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, los cuales demuestran que el techo actual de la UPC sí es capaz de resistir los componentes del techo verde que se propone con lo cual se estaría cumpliendo con la normatividad NSR 10 en su capítulo b refiere las cargas, siendo así el techo de la UPC cumple con estos criterios dado que la estructura del edificio y todas sus partes han sido diseñadas y construidas para que los materiales utilizados en la construcción de los elementos y sus conexiones puedan soportar con seguridad todas las cargas contempladas sin exceder las resistencias de diseño cuando se mayoran las cargas por medio de coeficientes de carga, o los esfuerzos admisibles cuando se utilicen las cargas sin mayorar.

### **7.3. DISEÑO DEL PROTOTIPO DE TECHO VERDE EN EL BOQUE A DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

Figura 9. Vista frontal prototipo de techo verde.



Fuente: autores, 2021.

Figura 10. Vista lateral del prototipo de techo verde.



Fuente: autores, 2021.

## 7.4.EVALUACIÓN LA FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL TECHO VERDE SELECCIONADO

### Evaluación técnica

La evaluación técnica se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios de evaluación:

Tabla 8. Criterios de evaluación técnica.

Valoración	Definición
3	Se cumple en totalidad el requisito
2	Se cumple medianamente el requisito o criterio
1	No se cumple el requisito o criterio

Guía de techos Verdes de Bogotá (2011).

Tabla 9. Características técnicas mínimas recomendadas para techos verdes.

Características técnicas mínimas y recomendadas para la implementación de techos verdes	Evaluación factibilidad Técnica
Estanqueidad	3

		Drenaje	3	
		Retención de agua	3	
Requisitos mínimos de obligatorio cumplimiento	Operatividad del sistema de techo biológico	Estabilidad mecánica	3	
		Nutrición	3	
		Filtración	3	
		Economía	2	
		Durabilidad	3	
		Estabilidad y resistencia	3	
		Techo verde implementado	mecánica	
		Estabilidad biológica y vitalidad	3	
		Continuidad operativa	3	
				Integridad del inmueble
	Inmueble intervenido	compatibilidad funcional con el inmueble	3	
		Conectividad ecológica	3	
	Estructura ecológica principal	Servicios ambientales prioritarios	3	

Fuente: autores, 2021.

**Estabilidad:** se calificó con una puntuación de 3 puesto que estas al momento de sembrarlas se encontraban firmes y se tuvo en cuenta por tanto la velocidad del viento que es

uno de los factores que podría causar desestabilización del sistema. Además, el producto buscado para la impermeabilización es sintético y a prueba de rayos UV.

**Drenaje:** tuvo una calificación de 3 dado que el edificio existente ya cuenta con un sistema de tuberías que permiten por medio de una pendiente drenar el agua de manera correcta, evitando estancamiento en el techo verde.

**Retención de agua:** tuvo una calificación de 3, debido a que el drenaje de polietileno pensado permite retener agua con el fin de evitar estancamientos.

**Estabilidad mecánica:** tuvo una puntuación de 3 debido a que el sistema diseñado garantiza la estabilidad formal y dimensional del techo verde, logrando así que funcione de manera óptima.

**Nutrición:** tuvo un puntaje de 3 dado que las plantas contarán con abono y nutrientes que garantizan que esta se mantenga viva y sana. Además, no requieren tanto mantenimiento y fueron escogidas teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona.

**Filtración:** con una puntuación de 3 impide el paso de las partículas finas por tal razón se habla de filtración del medio, sin embargo, permite el paso del agua. Además, el medio filtrante es resistente a microorganismo y a la humedad.

**Economía:** tuvo una puntuación de dos dado que, aunque los componentes son fáciles de conseguir, sus costos se pueden incrementar en épocas del año, y varían dependiendo la marca de los componentes, sin embargo, de forma general se puede decir que son económicos.

**Durabilidad:** el diseño tiene una puntuación de tres debido a que el techo es resistente a la humedad, microorganismos, rayas UV, es decir es resistente a condiciones extremas climáticas.

**Estabilidad biológica y vitalidad:** se garantizó eligiendo especies nativas, no invasoras, que resistieran las condiciones climáticas de la zona de estudio, de fácil reproducción y mantenimiento por tanto el puntaje fue de 3.

**Continuidad operativa:** tuvo una puntuación de 3 dado que el sistema de techos verdes podía seguir operando de manera regular bajo la supervisión del jardinero y personal de aseo varios.

**Integridad del inmueble:** se tuvo en cuenta la estructura del edificio por tanto se tiene una calificación de 3, dado que este permite la construcción y operación del techo verde.

**compatibilidad funcional con el inmueble:** todo el sistema se integra de tal manera que es compatible cada componente (plantas, aguas, clima, sustrato), de esta manera se garantiza un buen funcionamiento, su puntuación entonces es de 3.

**Conectividad ecológica:** las especies propician un equilibrio biológico para la zona, su puntuación es de 3.

**Servicios ambientales prioritarios:** su puntuación fue de 3 dado los beneficios que tiene como aislante térmico, belleza paisajística.

De manera general se puede observar que la evaluación técnica del sistema de techo verde escogido es muy buena debido a las puntuaciones en las que todas cumplieron con el máximo puntaje, excepto el ítem de economía.

### Evaluación económica

Tabla 10. Costo de materiales del techo verde.

Material	Unidad	Cantidad	Precio (\$)
Capa impermeable	Mt	1	22.500
Precio de la mano de obra	Mt	1	13.000
Geotextil	M <sup>2</sup>	1	20.990
Sustrato (Abono natural)	Lata o balde de 20 litros	1	4 mil
Piedra	Lata	1	1.800
Tela filtrante	80*400 cm	1	116.129
Palos de madera de pulgada y media	Mt	3	35.000

Clavos de 3 pulgadas	1	3,000
Plantas	200	1,500
Semillas de suculentas	55	15.000
Bandeja de germanización de 72 cavidades	10	80.000
bandeja de 288 cavidades	10	7.500
Maceta plástica individual	30	21.200
<b>Total</b>		<b>333,124</b>

Fuente: autores a partir de la cotización realizada.

Se proyectaron los flujos de caja a un tiempo de 40 años pues corresponde al tiempo de vida útil de un proyecto de techo verde, no se tuvo en cuenta la inflación por tanto los valores son los mismos a lo largo del tiempo:

- **Flujo de caja sin techo verde**

Se tuvo en cuenta los consumos energéticos de los últimos meses de la Universidad para lo cual fue necesario solicitar información, es decir los recibos de energía cuyos resultados se observan a continuación:

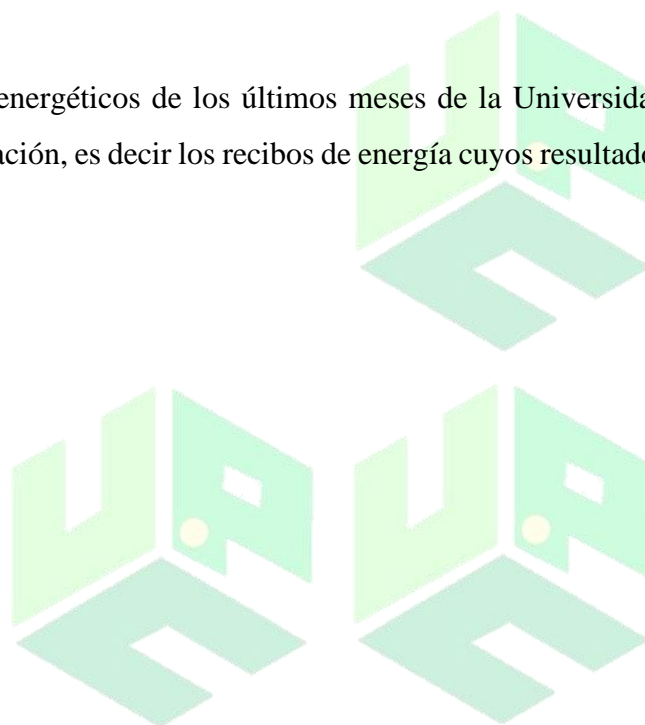


Tabla 11. Flujo de caja sin techo verde.

Mes	Días facturados	Consumo en Kw/mes	Valor del mes
2020			
Enero	31	73,456	57.000.000
Febrero	30	74,847	57.500.000
Marzo	31	81,227	70.000.000
Abril	31	84,559	73.000.000
Mayo	31	78,547	63.000.000
Junio	31	78,126	59.000.000
	Promedio		<b>63,250,000</b>
<b>Total</b>		<b>907,405 kw/mes</b>	

Fuente: autores, 2021.

- **Flujo de caja con techo verde**

Se tuvieron en cuenta ahorros por consumo energético que de acuerdo con la literatura con estos sistemas se ahorra un 25% del consumo promedio mensual. Se tuvo en cuenta la inversión inicial y el costo de mantenimiento, dichos datos fueron tomadas del documento de Morales y Úzcate (2017).

Tabla 12. Flujo de caja con techo verde.

Ahorros energético	\$ 15.812.500
Costo de mantenimiento	\$ 1.000.000
Inversión inicial	\$ 333,124

Fuente: autores, 2021.

### VPN (Valor Presente Neto)

Es la rentabilidad mínima que un inversionista espera recibir por un proyecto (Cardona, 1986), en Colombia la TIO es de 12% para proyectos sociales. Para calcular el VPN de este proyecto, se tomará una TIO del 10% puesto que puede ser menor a la normativa ya que sólo se hará un diseño, puede tener un valor mayor cuando sea para el nivel de oferta para el mercado.

El VPN (Valor presente neto) mide la rentabilidad en valores monetarios que exceden a la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión, Se calculó la diferencia entre los ingresos y egreso, incluyendo la inversión como un egreso, a valores actualizados.

$$VPN = -\$333,124 \frac{\$15,812,500}{(1 + 0,1)^1} = -4.79^{12}$$

Teniendo en cuenta que el valor presente dio negativo, esto significa que no es rentable realizar la inversión.

### **TIR**

Tasa Interna de Retorno, la TIR es la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, generando un Valor Actualizado Neto-VAN igual a cero:

$$TIR = \frac{\$15.812.500}{(1 + 333,124)^1} = 463.383$$

Donde:

**Fn** es el flujo de caja en el periodo n.

**n** es el número de períodos.

**I** es el valor de la inversión inicial.

### **Evaluación de la factibilidad ambiental**

El techo verde es factible debido a que desde el punto de vista ambiental aporta los siguientes beneficios:

- Mejoramiento de la calidad del aire
- Reducción del efecto Isla de calor
- Reducción de contaminación acústica
- Reducción de inundaciones
- Aumento de la biodiversidad
- Ahorro de agua y energía

## 8. CONCLUSIONES

Se pudo determinar que el techo de la del Bloque A de la Universidad permite el montaje y funcionamiento del techo verde esto debido a que la implementación del techo verde no supone una mayor carga para que la se encuentra diseñada la estructura, el estado actual es bueno cuenta con su drenaje pluvial a través de una pendiente del 10%, no presenta ningún daño o anomalía. Además, el consumo de aire acondicionado llega a alcanzar hasta los 23040 kw.

El tipo de vegetación utilizado fue el sedum que es una especie de plantas suculentas, son nativas o propias de la región y se eligió considerando las condiciones climáticas del sitio de estudio, su facilidad de reproducción, poco mantenimiento, facilidad de conseguir sus semillas. El tipo de techo verde escogido fue el extensivo es la mejor opción al adaptarse completamente a los requisitos técnicos y al propósito de uso, con robustez baja obtenida a partir de la utilización de tecnologías manuales, de componentes y técnicas convencionales, sumado a la incorporación de estrategias para reducir significativamente el peso total en estado de saturación.

En cuanto a los componentes del techo verde es escogieron teniendo en cuenta las condiciones climáticas, la guía de techos verdes de Bogotá y las condiciones propias de la estructura en donde se desarrollaría el techo verde por lo cual el diseño constó de la cobertura vegetal cuya planta fue el sedum, el sustrato fue una mezcla de piedra pómez, microleca, perlita y zeolita, se seleccionó un geotextil como medida para evitar la filtración, el drenaje es el mismo que el sistema tiene aprovechando así la pendiente y la red de tuberías ya instaladas.

En cuanto a la factibilidad técnica, se concluye que es factible su construcción dado que cumple con las características técnicas mínimas y recomendadas para la implementación de techos verdes, en cuanto a la parte económica no es factible debido a que la inversión según el VPN es negativa, por tanto no es una buena inversión, y desde el punto de vista ambiental es factible debido a los beneficios que trae dentro de los cuales se destaca su función como aislante térmico, captación de CO<sub>2</sub> y ahorro de energía.

## 9. RECOMENDACIONES

- Seguir realizando estudios para otro tipo de edificios con el fin de conocer si es posible la implementación de techos verdes.
- Estudiar la viabilidad de techos verdes con otros materias o componentes utilizados.
- Proceder a buscar recursos para la implementación del techo verde seleccionado en este estudio.
- Seguir realizando estudios que ayuden a que la Universidad Popular del Cesar obtenga el título de Universidad Verde.
- Implementar este estudio en los otros bloques de la Universidad con el fin de conocer su viabilidad técnica, económica y ambiental.
- Visibilizar este estudio con el fin de lograr la ejecución de este.
- Para futuros proyectos de implementación de sistemas verticales se recomienda prever el sistema de riego para garantizar mayor éxito en el mantenimiento del mismo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, R., & Estévez, C. (2013). Factibilidad, diseño e instalación de un techo verde en el edificio de postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello en Caracas. Universidad Católica Andrés Bello. Escuela de ingeniería civil. Recuperado de: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS6647.pdf>.

Briz, J. 2004. Naturación urbana cubiertas ecológicas y mejora medioambiental. Grupo mundiprensa, Madrid, España.

Bermúdez, E. (2014). Techos verdes para rescatar la ciudad, Bogotá Colombia. Recuperado de: <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/techos-verdes-rescatar-ciudad-articulo-522911>.

Cabezas, G (2017) Análisis de acciones que permitan la reducción y el manejo adecuado de residuos sólidos en la construcción de vivienda en la ciudad de Bogotá. Nuestro entorno natural se ve afectado por la emisión de contaminantes, así como por la deposición de residuos de todo tipo en obras de construcción. (Tesis de especialización en planeación ambiental y manejo integral de recursos naturales). Universidad Militar Nueva Granada.

Duarte Herrera, L. K., y González Parias, C. H. (2015). Metodología y Trabajo de Grado. Guía práctica para Negocios Internacionales. Medellín: ESUMER.

Ñigo, A. (2017). La cubierta verde como mejora del comportamiento energético en Alicante. Universidad de Alicante.

Cristancho, N. Techos verdes en Bogotá, una alternativa ambiental con beneficios técnicos. Tesis de pregrado. Universidad la Gran Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá. 2011. 186 p.

Ely, O (2016). Terrazas verdes, sostenibilidad para todos. Recuperado de: <http://www.trcimplan.gob.mx/blog/terrazas-verdes-sostenibilidadpara-todos.html>.

Ecotelhado. (2014). Ley de techos verdes en Bogotá – Colombia. Recuperado de: <http://ecotelhado.com.co/ley-techos-verdesbogota-colombia/>.

Haro, E. (2009). Comportamiento de dos tipos de cubierta vegetales como dispositivo de climatización, para climas cálido sub-húmedos. Universidad de Colima. Colima, México. 161 p.

Higueras E. (2006) Urbanismos bioclimático. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España

Ibañez, R. (2008) Techos vivos extensivos: una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia. revista Arlarife, revista 1. 32 p.

Iarna. (2004) Estado actual del clima y calidad del aire en Guatemala. Instituto de investigación y proyección sobre ambiente natural y sociedad. Universidad Rafael Landívar. Guatemala, Guatemala. 230 p.

Koberle, A. (2012) Energizar a Guatemala: propuesta de plan de electricidad sostenible, International Rivers. El observador. Guatemala, Guatemala. 90 p.

Larios J y Robalino, J. (2014) Medición de la calidad de vida en la ciudad de Guatemala y su importancia en el diseño de una política pública municipal. Banco Interamericano de Desarrollo. Guatemala, Guatemala. 28 p.

López, C. (2010) Un acercamiento a las cubiertas verdes. Editorial F.B.P.S.A. Medellin.

Tobar, M (2017) estudio de factibilidad e implementación de prototipos de techo verde. (Tesis de ingeniero industrial). Universidad de San Carlos Guatemala.

CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN. Recomendaciones técnicas para proyectos de cubiertas vegetales. Santiago: Publicaciones CDT, 2010. 84 p.

Sampieri, R., Fernández C., C., Baptista L., P., & Collado., H. (2014). Metodología de la Investigación. Ciudad de México: McGraw Hill

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Guía de techos verdes en Bogotá [En línea]. Disponible en: [http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73753/GUIA+DE+TECHOS+VERDES\\_2011.pdf](http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73753/GUIA+DE+TECHOS+VERDES_2011.pdf)

- Roche, H., & Vejo, C. (2005). Analisis multicriterio en la toma de decisiones. Métodos Cuantitativos aplicados a la administración. Analisis multicriterio–AHP. 2004. Material apoyo AHP, 11 f.
- León Fandiño, E. A. (2014). Evaluación de una cubierta verde como sistema de drenaje urbano sostenible (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia)
- Morales Santiago, A. C., & Uzcategui Mojica, Y. M. (2017). Diseño Y Factibilidad Tecnico-Economica De Una Propuesta De Techo Verde En El Edificio Alvaro Beltran Pinzon De La Uis (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Civil).
- Tibasosa Bolívar, A. P., & Valbuena Lesmes, S. (2016). Estudio de pre-factibilidad técnica, ambiental y económica para la implementación de terrazas verdes en el Centro Empresarial la Castellana de Bogotá. Anexo 1. Evidencias
- Acuña, R. E., & Estévez, C. A. (04 de noviembre de 2013). *Biblioteca UCAB*. Obtenido de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS6647.pdf>
- ADC. (23 de Junio de 2020). *Colombia es uno de los países con mayor recursos hídricos del mundo*. Obtenido de Riqueza Hídrica de Colombia: <https://www.facebook.com/104630604587700/photos/colombia-es-uno-de-los-pa%C3%ADses-con-mayor-n%C3%BAmero-de-recursos-h%C3%ADricos-en-el-mundo-/136228788094548/>
- Anthura. (08 de septiembre de 2016). *Anthura*. Obtenido de [https://www.anthura.nl/growing-advice/plantas-jovenes-en-bandejas-plugs-consejos-y-sugerencias-para-un-cultivo-exito-en-macetas-12-cm/?lang=es&cookies=not\\_ok](https://www.anthura.nl/growing-advice/plantas-jovenes-en-bandejas-plugs-consejos-y-sugerencias-para-un-cultivo-exito-en-macetas-12-cm/?lang=es&cookies=not_ok)
- Arango, J. (2013). *Determinación de la Huella Hídrica del sector Doméstico en la cuenca del río Porce*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- BIRF-AIF. (17 de Octubre de 2018). *Casi la mitad de la población mundial vive con menos de USD 5,50 al día*. Obtenido de Banco Mundial:

<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/10/17/nearly-half-the-world-lives-on-less-than-550-a-day>

Calvente, A. (2007). El concepto moderno de sustentabilidad. *UAIS*, 1-7.

Cántaro Azul. (24 de Abril de 2019). *Hablemos de la Huella Hídrica*. Obtenido de Huella Hídrica de Latinoamérica y el Caribe: <https://www.facebook.com/pg/HuellaHidricaLatinoamerica/posts/>

Casero R., D. (2007). *Potabilización del Agua*. Bogotá D.C.: EOI - Escuela de Negocios.

Castro P., M., & López L., J. (2019). Estrategias pedagógicas y tecnológicas para promover el ahorro y uso eficiente del agua en las instituciones educativas del municipio de Valledupar (Colombia). *ESPACIOS*, 30-38.

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquía - CTA. (2018). *Propuestas De Acciones Y Recomendaciones Para Mejorar La Productividad Del Agua, La Eficiencia En El Tratamiento De Aguas Residuales Y El Reúso Del Agua En Colombia*. Medellín: DNP.

Conecting Waterpeople. (14 de Octubre de 2014). *¿Cuál es la distribución del consumo de agua en los hogares españoles?* Obtenido de iAgua: <https://www.iagua.es/blogs/facts-and-figures/cual-es-distribucion-consumo-agua-hogares-espanoles>

CRA. (1997). *Análisis del sector de agua potable y saneamiento en Colombia*. Santiago de Chile: CEPAL.

D.I., S., Aguillón R., J., & Arista G., G. (2016). Huella Hídrica en la Vivienda de San Luis de Potosí. *Desafíos Académicos: Nueva Generación, Nueva Formación*, 444-452.

Davies, Tim;. (2003). *Fundamentals of Hydrology*. Canterbury: Routledge Taylor & Francis Group.

DNP. (s.f.). *Glosario*. Obtenido de Departamento Nacional de Planeación: <https://www.dnp.gov.co/atencion-al-ciudadano/glosario/Paginas/A.aspx>

- Escobedo, V. (09 de agosto de 2013). *Ecoportal*. Obtenido de [https://www.ecoportal.net/temas-especiales/habitat-urbano/6\\_sencillos\\_pasos\\_para\\_hacer\\_un\\_techo\\_verde/](https://www.ecoportal.net/temas-especiales/habitat-urbano/6_sencillos_pasos_para_hacer_un_techo_verde/)
- FAO. (2002). *Despilfarro y mal uso del agua*. Obtenido de Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación: <https://www.fao.org/3/Y3918S/y3918s00.htm#TopOfPage>
- FINDETER. (2016). *Plan de Acción Valledupar 2030*. Valledupar, Cesar: DNP. Obtenido de [https://issuu.com/findetersa/docs/valledupar\\_para\\_la\\_web\\_\\_1\\_](https://issuu.com/findetersa/docs/valledupar_para_la_web__1_)
- Franco, J. T. (28 de enero de 2019). Obtenido de <https://www.archdaily.co/co/909268/cuales-son-las-capas-de-un-techo-verde-y-como-impermeabilizarlo-utilizando-membranas-liquidadas>
- Función pública. (1997). *Ley 400*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=336>
- García S., I., & Toro M., J. (2013). *Evaluación de la Huella Hídrica generada por los Sectores Comerciales y de Vivienda del barrio La Florida (Bogotá D.C.)*. Bogotá D.C.: Universidad Libre.
- GWP. (21 de Diciembre de 2011). *¿Qué es la seguridad hídrica?* Obtenido de Global Warner PartnertShip: <https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/porque/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-seguridad-hidrica/>
- IDEAM. (2010). *Estimación de la Demanda del Agua en Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto de Estudios Hidrológicos, Ambientales y Meteorológicos.
- Instituto de Floricultura. CNIA. (diciembre de 2017). *INTA*. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/sustrato\\_para\\_techos\\_verdes\\_sustentables\\_extensivos.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/sustrato_para_techos_verdes_sustentables_extensivos.pdf)
- INTA. (2021). *Catálogo de plantas para techos verdes*. Obtenido de INTA: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_catlogo\\_de\\_plantas\\_para\\_techos\\_verdes.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_catlogo_de_plantas_para_techos_verdes.pdf)

INVEMAR. (s.f.). *Glosario de Términos del INVEMAR*. Obtenido de Buritaca INVEMAR:  
[http://buritaca.invemar.org.co/siam/tesauro\\_ambiental/A/Aguas%20residuales.htm](http://buritaca.invemar.org.co/siam/tesauro_ambiental/A/Aguas%20residuales.htm)

Isaza C., G. (2014). *El Derecho Al Agua Y El Mínimo Vital En El Marco Del Servicio Público Domiciliario De Acueducto En Colombia*. Bogotá D.C.: Universidad Colegio Mayor De Nuestra Señora Del Rosario.

Lala-Ayo, H., & Fernández-Quintana. (2020). Análisis de la sostenibilidad mediante huella hídrica de la microcuenca del río Pita, Ecuador. *Tecnología y ciencias del agua*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222020000100169](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222020000100169)

MINAMBIENTE. (s.f.). *Glosario de Términos MINAMBIENTE*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:  
[https://www.minambiente.gov.co/component/content/article/1954-cultura-del-agua#:~:text=Seg%C3%BAAn%20la%20Unesco%20\(2005\)%2C,agua%20y%20por%20el%20agua.](https://www.minambiente.gov.co/component/content/article/1954-cultura-del-agua#:~:text=Seg%C3%BAAn%20la%20Unesco%20(2005)%2C,agua%20y%20por%20el%20agua.)

Naciones Unidas. (s.f.). *International Decade for Action 'WATER FOR LIFE' 2005-2015*. Obtenido de Unition Nations Water: <https://www.un.org/waterforlifedecade/>

Núñez Vélez. (s.f.). *Importancia de una adecuada gestión del recurso hídrico*. Obtenido de Portafolio Web: <https://www.portafolio.co/opinion/otros-columnistas-1/gestion-del-recurso-hidrico-en-colombia-importancia-y-politicas-ministerio-medio-ambiente-548351>

OMS-UNICEF. (14 de Junio de 2019). *Agua*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Pahl-Wost, C. (2007). The implications of complexity for integrated resource management. *Environmental Modelling and Software*. 561-569.

Paredes, J. (2013). *Importancia del Agua*. Obtenido de Universidad San Martín de Porres: <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>

Red-DESC. (s.f.). *Observación general N° 15: El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales)*. Obtenido de Red Internacional para los Derechos Económicos, Sociales y Culturales: <https://www.escri-net.org/es/recursos/observacion-general-no-15-derecho-al-agua-articulos-11-y-12-del-pacto-internacional>

Revista Semana. (04 de Agosto de 2014). *En Colombia se desperdician 40 de cada 100 metros cúbicos de agua*. Obtenido de Semana: <https://www.semana.com/pais/articulo/cuanta-agua-desperdicia-colombia/200636/>

Sabas R., C., & Paredes C., D. (2009). Estudio de oferta y demanda hídrica en la cuenca del río barbas. *Scientia Et Technica*, 2(42).

Samaniego, J. (2009). *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña*. Santiago de Chile: CEPAL. Obtenido de Comisión Económica y Política de América Latina y del Caribe.

Sampieri, R., Fernández C., C., Baptista L., P., & Collado., H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: McGraw Hill.

Secretaria distrital de ambiente. (noviembre de 2011). *ambiente Bogota*. Obtenido de [http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73753/GUIA+DE+TECHOS+VERDES\\_2011.pdf](http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73753/GUIA+DE+TECHOS+VERDES_2011.pdf)

sempergreen. (2021). *sempergreen*. Obtenido de <https://www.sempergreen.com/es/soluciones/cubiertas-vegetales/todo-sobre-el-sedum>

sempergreen. (2021). *sempergreen*. Obtenido de <https://www.sempergreen.com/co/soluciones/techo-verde/products/plugs-de-sedum>

Seweryn, M., Garda, M., & Vega, J. (17 de abril de 2012). *Revista UNAL*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30820/39306>

SIAPA. (17 de febrero de 2014). *CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES*. Obtenido de [https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo\\_3.\\_alcantarillado\\_pluvial.pdf](https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_pluvial.pdf)

- SUPERSERVICIOS. (2018). *Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado*. Bogotá D.C.: DNP.
- Talavera, H. (2018). La Huella Hídrica en la Estructura Urbana en el centro Tradicional de Bogotá. *Bitacora. Universidad Nacional de Colombia*, 99-110.
- Toxement. (2018). *Toxement*. Obtenido de [https://www.toxement.com.co/media/3510/spec\\_techos\\_vegetales.pdf](https://www.toxement.com.co/media/3510/spec_techos_vegetales.pdf)
- UAM. (2019). *Informe Estimación de la Huella Hídrica de una Promoción Residencial en la cual hace un estudio enfocado a la construcción de las Unidades de Vivienda Villaverde*. Madrid: UAM - Vía Célere. Obtenido de [https://eventos.uam.es/\\_files/\\_event/\\_33229/\\_editorFiles/file/Informe\\_UAM-ViaCelere\\_WEB.pdf](https://eventos.uam.es/_files/_event/_33229/_editorFiles/file/Informe_UAM-ViaCelere_WEB.pdf)
- Umbria N., Trezza P., & Jegat N. (2008). Uso, manejo y conservación del agua. Un problema de todos. *ULA*. Obtenido de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/academia/article/view/6037>
- Universidad de Javeriana. (s.f.). *Conceptos de Biología - Individuos - Poblaciones - Comunidad - Ecosistema*. Obtenido de *Conceptos Universidad Javeriana*: [https://www.javeriana.edu.co/blogs/gtobon/files/M%C3%B3dulo\\_2\\_CONCEPTOS\\_BASICOS.pdf](https://www.javeriana.edu.co/blogs/gtobon/files/M%C3%B3dulo_2_CONCEPTOS_BASICOS.pdf)
- Urbanscape. (octubre de 2018). *Urbanscape*. Obtenido de [https://info.urbanscape-architecture.com/hubfs/GREEN%20ROOF%20BROCHURES\\_TDS/Urbanscape%20Root%20Membrane.pdf?hsCtaTracking=c54f2223-0698-4f47-abfe-ccad3e886ee7%7Cc373f9c8-ccc3-4a8b-b9ec-eeb3317b6672](https://info.urbanscape-architecture.com/hubfs/GREEN%20ROOF%20BROCHURES_TDS/Urbanscape%20Root%20Membrane.pdf?hsCtaTracking=c54f2223-0698-4f47-abfe-ccad3e886ee7%7Cc373f9c8-ccc3-4a8b-b9ec-eeb3317b6672)
- Uribe, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL.
- USGS. (s.f.). *El Ciclo del Agua, The Water Cycle*. Obtenido de Servicio Geológico de los Estados Unidos: [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)

Water FootPrint. (s.f.). *Manual de Evaluación de la Huella Hídrica*. Obtenido de  
<https://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>




 Información Operador de Red:  
**CARIBEMAR DE LA COSTA S.A.S E.S.P.**  
 Dirección: Cra. 3B No. 26 - 78  
 Teléfonos: 018000913737  
 Correo Electrónico:  
 www.energiacaribemar.co

**CARIBEMAR DE LA COSTA S.A. E.S.P.**  
 NIT: 901.380.949 - 1  
 Oficina Telefónica 24 Horas: 018000 913737  
 Dirección: Carrera 3B # 26 78, Torices Edif. Chambacu, Piso3.  
 Cartagena, Colombia  
 www.energiacaribemar.co

Información del cliente			
Cliente	UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR (SABANA)		
NIT o C.C.:	8009356874	NIC. Cliente:	6510161 NIU: 18207752
Dirección de envío:	TR 30, 19A 115 LOC NR01		
Dirección de planta:			
Municipio:	VALLEDUPAR	Departamento:	CESAR
Contrato N°:	OFE-07373-47CK (2) Ejecutivo de Venta: AYDA LUZ NAVARRO		
Uso:	OFICIAL	Nivel de tensión:	II 13.2 KV Propiedad Cliente

Información de este documento	
Documento equivalente N°:	CA31102105592964
Ciudad y fecha:	VALLEDUPAR / 13 - 06 - 2021
Período facturado:	01 - 05 - 2021 al 31 - 05 - 2021
Días facturados:	31
Pagar antes del:	23 - 06 - 2021
Tasa de interés por mora:	2.20
Id Cobro:	6510161284-86
Interés por mora equivalente a la tasa legal migratoria vigente en la fecha de efectuarse el pago, certificado por la Superintendencia Financiera	

Calidad de la energía										
Nombre	Circuito/Transformador	Código	Grupo	Unid. Horas	Mes	Acumulado del Período	Máximo Admisible Período	Unidades a compensar	CRO	Cmp
VALLEDUPAR 5		0	1		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00

Detalle del cobro	
Conceptos facturados	Valores
GENERACION	18,762,377
COMERCIALIZACION	872,668
TRANSPORTE NACIONAL	2,850,250
TRANSPORTE REGIONAL	7,045,832
PENALIZACION ENERGIA REACTIVA	207
OTROS CARGOS REGULADOS	1,384,747
PERDIDAS RECONOCIDAS	1,242,883
Amort. Cuotas Conv. Pago	19,993,099
Reactiva Capacitiva Res. 015_2018(+)	8,683
Redondeo Facturaciones Anteriores	2
Aproximacion A Decenas Energia	1
Aproximacion A Decenas Cuota Acuer.	1
<b>SUBTOTAL ENERGIA</b>	<b>52,160,750</b>
Impuesto Alum. Publico	5,354,467
Aproximacion A Decenas Alumbrado	3
<b>SUBTOTAL COBROS OTRAS ENTIDADES</b>	<b>5,354,470</b>
<b>FACTURAS ANTERIORES POR PAGAR</b>	
<b>TOTAL FACTURACION MES</b>	<b>57,515,220</b>
<b>SALDO ACTUAL</b>	<b>57,515,220</b>

Esto te interesa



Regístrate en nuestra página web [www.afinia.com.co](http://www.afinia.com.co) y disfruta de todos los servicios que tenemos para ti

Consulta de consumos

Acceso al Chat Virtual

Solicitud de Factura Digital

Reporte de renúncias desocupación

Consulta y seguimiento de PQRs

Radicación de PQRs

Duplicado de factura


Pago de la Factura de PSE

Somos autoretenedores del impuesto sobre la renta, según decreto 2201 de diciembre 30 de 2016, obteniendo de practicar retención a título de impuesto de renta sobre el servicio de energía. Esta factura presta mérito ejecutivo, Art. 130 Ley 142 de 1994. Para todos los efectos el presente se denominará "Documento equivalente a la factura de servicios públicos" de conformidad con lo establecido en el artículo 1625 de 2016 y guarda los mismos efectos de la factura de servicios públicos contemplada en el capítulo VI de la ley 142 de 1994.

SON: CINCUENTA Y SIETE MILLONES QUINIENTOS QUINCE MIL DOSCIENTOS VEINTE PESOS M/CTE

Saldo Actual: CINCUENTA Y SIETE MILLONES QUINIENTOS QUINCE MIL DOSCIENTOS VEINTE PESOS M/CTE

Realice sus pagos en Bancolombia o Banco de Bogotá  
 Cualquier inquietud favor comunicarse al teléfono 018000-913737 con su ejecutivo de ventas

Representante legal: 

Cliente	NIC	ID. de Cobros	Documento N°.	Período facturado
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR (SABANA)	6510161	6510161284-86	CA31102105592964	01-05-2021 al 31-05-2021
				<b>Pagar Antes de</b>
				<b>23-06-2021</b>
				<b>Total a pagar mes</b>
				<b>57,515,220</b>

Cliente	NIC	ID. de Cobros	Documento N°.	Período facturado
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR (SABANA)	6510161	6510161284-86	CA31102105592964	al 31-05-2021
				<b>Pagar Antes de</b>
				<b>23-06-2021</b>
				<b>Total a pagar mes</b>
				<b>57,515,220</b>



Coribemar de la Costa S.A.S E.S.P. NIT. 901.380.949-1

**Formato 1: Detalle de documento equivalente**

Información del cliente	
Cliente:	UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR (SABANA)
NIT o C.C.:	8009356874
NIC Cliente:	6510161

Consumos	G = Generación Liquidación de Energía				CO = Comercialización				P = Pérdidas Reconocidas	
Consumo Energía Activa Nivel de Tensión II 13.2 KV	Contratada a precio fijo			Total a pagar generación (G)	Contratada a precio fijo			Total a pagar comercialización (CO)	Tarifa	Total
	Energía comprada kWh-Mes	Precio contrato actualizado con IPP	Subtotal en pesos (\$)		Energía comprada kWh-Mes	Precio contrato actualizado con IPP	Subtotal en pesos (\$)			
78,547	78,547	238.86	18,762,377	18,762,377	78,547	11.11	872,668	872,668	15.82	1,242,883

T=Transporte Nacional				D=Transporte Regional			
Franja horaria	Consumo kWh-Mes	Valor del peaje \$/kWh	Subtotal a pagar \$	Franja horaria	Consumo kWh-Mes	Valor del peaje \$/kWh	Subtotal a pagar \$
Máxima	21,606	39.73	858,385	Máxima	9,568	89.70	858,238
Media	42,271	36.26	1,532,570	Media	68,979	89.70	6,187,594
Mínima	14,669	31.31	459,294	Mínima			
<b>Total Transporte Nacional</b>	<b>78,546</b>	<b>36.28</b>	<b>2,850,249</b>	<b>Total Transporte Nacional</b>	<b>78,547</b>	<b>89.70</b>	<b>7,045,832</b>

O=Otros cargos regulados				Contribución		R= Cobro Energía Reactiva Inductiva		
Descripción	Consumo energía generación kWh	Valor \$/Kwh	Subtotal a pagar \$	% de Ley		Energía Activa kWh	Energía Reactiva kvarh	Penalización Kvarh Cobrada
Restricciones	78,547	17.62	1,384,747	20.00	G+CO+P+T+D+O	78,547	23,751	2
				0				Tarifa por Kvarh: 103.65
<b>Total otros cargos reg.</b>			<b>1,384,747</b>	<b>Total:</b>	<b>0</b>	<b>Total a pagar por Energía Reactiva Inductiva:</b> 207		

Registro Histórico							
	Promedio últimos 6 meses	2020 - 12	2021 - 01	2021 - 02	2021 - 03	2021 - 04	2021 - 05
Energía Activa kWh/mes	78,126	76,123	73,456	74,847	81,227	84,559	78,547
Energía reactiva kVarh	22,457	21,600	19,166	21,104	23,689	25,433	23,751
Demanda máxima kW	317	217	262	228	255	570	375
Factor de Potencia	0.957						
Factor de Carga	0.000						
Tarifa promedio sin contribución	409.42						
Tarifa promedio (\$/kWh)	409.42						
IPP de Referencia	136.10						

