



**DISEÑO DE JARDINES VERTICALES PARA LA I.E.D. JOSÉ JOAQUÍN  
CASAS UBICADA EN EL BARRIO PUENTE ARANDA DE LA CIUDAD DE  
BOGOTÁ D.C.**

**Ángela Daniela Beltrán Moya**

11231816396

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá, Colombia

2023

**DISEÑO DE JARDINES VERTICALES PARA LA I.E.D. JOSÉ JOAQUÍN  
CASAS UBICADA EN EL BARRIO PUENTE ARANDA DE LA CIUDAD DE  
BOGOTÁ D.C.**

**Ángela Daniela Beltrán Moya**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Ambiental**

Director:

Ingeniero Andrés Julián Martínez Rojas

Línea de Investigación:

Ingeniería Ambiental-Gestión Ambiental

Grupo de Investigación: Infraestructura Sostenible

GRESIA

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2023

## DISEÑO DE JARDINES VERTICALES PARA LA I.E.D. JOSÉ JOAQUÍN CASAS UBICADA EN EL BARRIO PUENTE ARANDA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

*DESIGN OF VERTICAL GARDENS FOR THE I.E.D. JOSÉ JOAQUÍN CASAS LOCATED IN THE CITY OF BOGOTÁ D.C.*

Beltrán Moya Ángela Daniela;

Docente, Andrés Julián Martínez Rojas

Universidad Antonio Nariño, Colombia, abeltran82@uan.edu.co

**Resumen:** Un jardín vertical es un tipo de jardín que se cultiva verticalmente en una estructura suspendida o fijada a una pared o muro. Los jardines verticales tienen muchos beneficios, desde mejorar la calidad del aire y reducir el ruido, hasta proporcionar un espacio de relajación y un hábitat para la vida silvestre. Además, pueden ser diseñados para integrarse perfectamente en el entorno y mejorar la estética del espacio público, se caracteriza por ser una solución viable a varios problemas ambientales y sociales, pues socialmente genera la disminución del ruido y la temperatura, mejorando la concentración del personal mediante tranquilidad y un mejor ambiente; por lo tanto, el propósito principal de este estudio es el diseño de un jardín vertical el cual se llevará a cabo por medio de un programa llamado AutoCAD, en el colegio José Joaquín Casas, ubicado en el barrio Puente Aranda de Bogotá. El diseño del jardín vertical se basa en técnicas avanzadas de dibujo asistido por computadora, utilizando el software AutoCAD con el fin de crear un modelo en 3D del proyecto utilizando el programa de simulación 3D para diseño e ingeniería Google SketchUp Pro. Para ello, primeramente, se realiza un estudio detallado de la zona de estudio, es decir, un diagnóstico inicial donde se caracteriza y evalúa mediante trabajo de campo la mejor alternativa para el diseño. Seguido a esto, se realiza un plano inicial en AutoCAD para poder implementar el jardín vertical. Se concluye, que este estudio conlleva diversos beneficios estéticos y ambientales, mejorando la calidad de vida, la conciencia ambiental de estudiantes y demás personal, también, filtrará contaminantes como CO<sub>2</sub> y regulará la temperatura. La investigación nos muestra ventajas y desventajas donde se concluye que el proyecto es viable social y ambientalmente ya que se hizo una investigación minuciosa para que en un futuro se pueda realizar el respectivo jardín, se implementó una encuesta la cual sus resultados fueron favorables; reconociendo la aceptación de los docentes y el diseño-creación del jardín vertical va en pro a las necesidades ambientales y sociales de la institución.

**Palabras claves:** Vegetación, Colegio, AutoCAD, Contaminación, Ambiente, Ruido, Clima, Fachada, Ecosostenible, Infraestructura, Sostenibilidad, Ingeniera, Diseño, Bioenergía, Plantas, Innovación, Adaptación, Urbanismo, Planificación, Gestión, Desarrollo, Cobertura.CO<sub>2</sub>.Ruido. Tranquilidad. Recirculamiento. Jardín. Beneficios.

**Abstract:** A vertical garden is a type of garden that is grown vertically on a structure suspended or attached to a wall or wall. Vertical gardens have many benefits, from improving air quality and reducing noise, to providing a relaxation space and habitat for wildlife. In addition, they can be designed to integrate perfectly into the environment and improve the aesthetics of the public space, it is characterized by being a viable solution to various environmental problems; therefore, the main purpose of this study is the design of a vertical garden which will be carried out through a program called AutoCAD, at the José Joaquín Casas school, located in the Puente Aranda neighborhood of Bogotá. The design of the vertical garden is based on advanced computer-aided drawing techniques, using AutoCAD software in order to create a 3D model of the project using the 3D simulation program for design and engineering Google SketchUp Pro. To do this, first, a detailed study of the study area is carried out, that is, an initial diagnosis where the best alternative for the design is characterized and evaluated through field work. Following this, an initial plan is made in AutoCAD to be able to implement the vertical garden. It is concluded that this study entails various aesthetic and environmental benefits, improving the quality of life, the environmental awareness of students and other personnel, it will also filter pollutants such as CO<sub>2</sub> and regulate the temperature. The investigation shows us advantages and disadvantages where it is concluded that the project is environmentally and economically viable since a detailed investigation was carried out so that in the future the respective garden can be

carried out, a survey was implemented which its results were favorable; Recognizing the acceptance of the teachers and the design-creation of the vertical garden goes in favor of the environmental needs of the institution.

**Key words:** Vegetation, School, AutoCAD, Pollution, Environment, Noise, Climate, Facade, Eco-sustainable, Infrastructure, Sustainability, Engineering, Design, Bioenergy, Plants, Innovation, Adaptation, Urbanism, Planning, Management, Development, Coverage.CO2

## INTRODUCCIÓN

La IED José Joaquín Casas que es una institución educativa ubicada en el barrio de Puente Aranda en Bogotá, Colombia. Fundado en el año 1954, cuenta actualmente con una población de alrededor de 364 personas. El nombre de la IED fue escogido en honor a José Joaquín Casas, quien fue un destacado abogado, político y educador colombiano del siglo XIX. Se ha destacado por ofrecer una educación integral y de calidad, con un enfoque en el desarrollo de habilidades y valores en los estudiantes. Su ubicación en el barrio de Puente Aranda de Bogotá D.C Cra. 56 #17 -11, la convierte en una opción accesible para los residentes de la zona, y su enfoque en la educación integral lo hace una opción atractiva para padres de familia preocupados por el desarrollo de sus hijos. Sin embargo, cabe destacar que Puente Aranda

La contaminación ambiental es el factor que tienen las sustancias (ya sean biológicas, físicas o químicas), energías o agentes físicos en el ambiente que, directa o indirectamente, pueden causar daño o alteración en los ecosistemas naturales, en la salud humana y en el bienestar de los seres vivos que habitan en la zona afectada. Estas sustancias pueden ser de origen humano, como los gases emitidos por las industrias, los vehículos, la quema de combustibles fósiles o la disposición inadecuada de residuos, [1] También pueden ser de origen natural, como las emisiones de gases de los volcanes o la erosión del suelo. Puede tener efectos graves y a largo plazo en el buen uso de los ecosistemas y la salud de los seres vivos. Puede causar enfermedades respiratorias, problemas en la piel, trastornos neurológicos, entre otros problemas de salud. Además, puede afectar la calidad del agua, del aire y del suelo, y provocar la pérdida de biodiversidad y la alteración de los ciclos naturales del medio ambiente. Cabe resaltar que existen distintos tipos de contaminantes ambientales como los atmosféricos, del agua, del suelo, entre otros.

Es importante controlar y reducir la contaminación ambiental para garantizar la protección de la salud y del medio ambiente. Se requieren acciones colectivas y la cooperación de todos los actores, incluyendo gobiernos, empresas y ciudadanos, para minimizar los impactos negativos y promover un desarrollo sostenible. Luego de analizar el problema que se percata a diario es necesario dar enfoque a una solución y es aquí donde se habla de los jardines verticales que se han posicionado como una opción efectiva y eficiente para contribuir a la mitigación de impactos ambientales y mejorar la calidad de vida de cada uno de los seres vivos y todo su entorno, el concepto de jardín verde hace referencia a un grupo de lugares verdes y hábitats naturales que se compone de una organización funcional por medio de plantas que mitigan el daño ambiental y otros ítems basados construcción sostenible [3]. Se encuentran en la parte exterior de los edificios y están compuestas por plantas, musgos y otros elementos que ayudan a mejorar la calidad del aire, reducir la temperatura y la contaminación acústica, y aumentar la biodiversidad en las ciudades. Además, los jardines verticales también tienen beneficios estéticos y pueden mejorar la eficiencia energética de los edificios.

Al pasar los años, el ser humano ha intentado vivir en armonía con la naturaleza y modificar su entorno para mejorar las condiciones del microclima. Este hecho se ha dado en el ámbito agrícola, donde se han implementado técnicas para proteger los cultivos de los vientos, y en las ciudades, [4] donde se han creado jardines como espacios verdes para mejorar la calidad del aire. Al pasar el tiempo se van desarrollando cada vez más tecnologías renovables, se pueden crear jardines más innovadores y eficientes, como las fachadas vegetales. Estas estructuras permiten integrar la naturaleza en las

construcciones urbanas y mejorar la calidad del aire, al mismo tiempo que se añade un elemento estético a las edificaciones.

En el contexto de la ciudad de Bogotá, la implementación de jardines verticales se ha convertido en una estrategia conocida en los últimos años. La capital colombiana es conocida por su clima fresco y lluvioso, lo que la convierte en un lugar ideal para la instalación de este tipo de paredes vegetales verdes. Además, la ciudad ha sido un pionero en la implementación de políticas y estrategias para el cuidado del medio ambiente, lo que ha llevado a que cada vez más instituciones y empresas se sumen a este compromiso. La implementación de jardines verticales se ha convertido en una estrategia cada vez más popular en los últimos años. La capital colombiana es conocida por su clima fresco y lluvioso, lo que la convierte en un lugar ideal para la instalación de este tipo de paredes verdes. Además, la ciudad ha sido un pionero en la implementación de políticas y estrategias para el cuidado del medio ambiente, [5]lo que ha llevado a que cada vez más instituciones y empresas se sumen a este compromiso.

Dado lo anterior el objetivo principal de este proyecto es desarrollar un diseño en AutoCAD de un jardín vertical la sede principal de la IED José Joaquín Casas ubicada en el barrio Puente Aranda en Bogotá Colombia. Cabe resaltar que la IED está ubicada en una zona industrial, donde es frecuente que a diario se perciban olores y ruidos ofensivos según el visor Geográfico Ambiental de Bogotá 55 a 75 dB. Así mismo, según el visor IBOCA percibe 10.4 mm de material particulado 2.5 debido a la industria. Para lograr este objetivo, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de las condiciones del sitio, las necesidades y expectativas del colegio, así como las características técnicas de un jardín vertical. Además, se considerarán aspectos como la selección de plantas adecuadas para el clima y la exposición solar, el diseño de sistemas de riego eficientes y la elección de materiales sostenibles y resistentes. En particular, se pretende estudiar cómo la instalación de los jardines verticales puede mejorar la calidad del aire en el interior y exterior la IED, reducir la temperatura y la contaminación acústica, y aumentar la biodiversidad en el entorno escolar, con el fin de mejorar la calidad de vida de toda la comunidad.

Existen varias posibles soluciones para implementar los jardines verticales la IED José Joaquín Casas. Una de ellas es la instalación de un sistema de pared verde que se adapte a las características de la estructura del colegio. Para ello, es necesario realizar un estudio previo de la estructura y la carga de la pared, así como de los materiales que se utilizarán en la instalación. Además, se debe considerar la selección de especies vegetales que sean resistentes al clima de la zona y que no representen un riesgo para la salud de las personas.

La instalación de los jardines verticales fachadas verdes en la IED José Joaquín Casas podría tener varios beneficios. En primer lugar, mejoraría el aislamiento térmico del colegio pues según la guía técnica para jardines verticales de Bogotá considera que estos pueden climatizar un lugar hasta a un 70%, lo que reduciría la cantidad de energía necesaria para calentar o enfriar la IED. Esto no solo reduciría el costo de la energía, sino que también tendría un impacto positivo en el medio ambiente al reducir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la generación de energía.

En segundo lugar, la instalación de los jardines verticales fachadas verdes tendría un impacto positivo en la calidad del aire en el área circundante. Las plantas en los jardines verticales las fachadas verdes actúan como un filtro natural, eliminando los contaminantes del aire y produciendo oxígeno. [3]Esto podría tener un impacto positivo en la salud de los estudiantes y el personal del colegio, así como en la comunidad circundante.

En tercer lugar, la instalación de los jardines verticales fachadas verdes en el colegio José Joaquín Casas podría tener un impacto positivo en la comunidad. La instalación de los jardines verticales fachadas verdes es un proceso visible y podría ser utilizado como una herramienta educativa para concientizar a los estudiantes sobre la importancia de la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. Además, la

instalación de los jardines verticales fachadas verdes podría servir como un ejemplo para otros edificios en el barrio, promoviendo la adopción de prácticas sostenibles en la construcción.

Por los motivos mencionados anteriormente es que damos respuesta a él ¿Por qué es importante el diseño e implementación de un jardín vertical para la IED José Joaquín Casas?

Para llevar a cabo la implementación de un jardín vertical esta fachada verde, se ha decidido utilizar herramientas digitales como AutoCAD, un software de diseño asistido por computadora ampliamente utilizado en la industria de la construcción y la arquitectura. El uso de esta herramienta permitirá un diseño detallado y preciso del jardín vertical, lo que garantizará una instalación exitosa y una mayor eficiencia en la reducción de la huella ambiental del colegio. Así mismo, luego de tener el plano ejecutado se pretende mostrar en realidad virtual como quedaría el proyecto si es implementado. Seguidamente se realiza un análisis de la viabilidad del proyecto, con el fin de presentar los costos, beneficios y desventajas y demás aspectos que se obtienen gracias a una investigación detallada de la misma.

Finalmente, el diseño de un jardín vertical en el software AutoCAD para la IED José Joaquín Casas en el barrio de Puente Aranda en Bogotá es un proyecto que busca promover la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente en la ciudad. Donde, La implementación de esta pared vegetal no solo contribuirá a mejorar la calidad de vida de los estudiantes y el personal docente, sino que también servirá como una herramienta educativa para concientizar sobre la importancia del cuidado del medio ambiente en la comunidad escolar y en la ciudad en general.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La contaminación ambiental se refiere a la presencia en el ambiente de sustancias o agentes físicos, químicos o biológicos como lo es la polución atmosférica, hídrica, auditiva, que afectan negativamente la calidad del aire, agua y suelo, el cual, es decir, son pueden ser sustancias químicas tóxicas, como metales pesados, pesticidas, productos químicos industriales, gases de efecto invernadero, entre otros. También pueden ser agentes físicos, como el ruido, la radiación o la radiación electromagnética. Además, los agentes biológicos, como bacterias, virus o hongos, pueden contribuir a la contaminación ambiental en ciertos contextos., así como la salud de los seres vivos que habitan en ellos, incluyendo a los seres humanos.[6] Pese al transcurso de los años la contaminación en el medio ambiente ha ido incrementando debido al crecimiento poblacional, si bien se sabe que entre más personas en el mundo se genera más consumo, lo que conlleva a una grave contaminación del planeta tierra, cuando se habla de contaminación el tema se enfoca principalmente en problemas ambientales como la contaminación atmosférica, hídrica, auditiva, el uso excesivo de los recursos ecosistémicos, la pérdida de biodiversidad entre otros factores que diariamente crecen y no tienen solución pero si es importante mitigarla porque puede tener graves consecuencias en la salud de las personas y en el equilibrio ecológico del planeta. La exposición prolongada a contaminantes puede causar enfermedades respiratorias, cardiovasculares, neurológicas y cáncer, [7]entre otras. Además, la contaminación también puede afectar la biodiversidad y los ecosistemas, lo que puede llevar a la extinción de especies animales y vegetales, y al deterioro de la calidad del suelo y agua, lo que a su vez afecta la producción de alimentos y la salud de la población. Por lo tanto, es importante que se tomen medidas para mitigar la contaminación ambiental, incluyendo la implementación de tecnologías limpias en las industrias y transporte, el uso responsable de los recursos naturales, la gestión adecuada de residuos, la promoción del transporte público y el uso de vehículos eléctricos, entre otras acciones que permitan reducir las emisiones de contaminantes y proteger la salud de la población y el medio ambiente.

Cabe resaltar que los lugares industriales, es decir, barrios, localidades, ciudades, entre otros, juegan un papel importante en la contaminación que día a día se presenta en el planeta tierra, la actividad

económica relacionada con la producción, transformación y distribución de bienes y servicios puede generar una serie de problemas ambientales que afectan negativamente la calidad de vida de las personas y el medio ambiente. Entre estos problemas ambientales se pueden mencionar:

1. **Emisiones de gases contaminantes:** La actividad industrial puede generar emisiones de gases contaminantes como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y partículas suspendidas. Cabe resaltar que, a nivel mundial, las industrias son responsables de aproximadamente el 35% de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> y pueden contribuir a alrededor del 20% de las emisiones totales de NO<sub>x</sub>. Estos gases pueden ser emitidos a través de chimeneas, ventilaciones y procesos de combustión. Estas emisiones pueden tener impactos negativos sobre la salud humana, como enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cancerígenas.[8]
2. **Ruido y vibraciones:** Las actividades industriales pueden generar ruido y vibraciones, especialmente en las áreas cercanas a las fábricas y las vías de transporte de mercancías. El ruido y las vibraciones pueden tener impactos negativos sobre la calidad de vida de las personas, generando molestias, alterando el sueño y afectando la salud mental. Así mismo, algunas actividades industriales pueden generar niveles de ruido moderados, generalmente en el rango de 60 a 80 dB. Estos niveles pueden representar alrededor del 30% al 50% del ruido ambiental en áreas industriales. También, industrias como la construcción, la industria pesada o las plantas de producción intensiva, pueden generar niveles de ruido más altos, que pueden superar los 80 dB. Estos niveles pueden contribuir a aproximadamente el 20% al 40% del ruido ambiental en áreas industriales.[8]
3. **Malos olores:** Las actividades industriales pueden generar malos olores, especialmente en los procesos de producción y almacenamiento de materiales. Estos olores pueden ser percibidos por las comunidades cercanas y afectar su calidad de vida y su salud.[8]
4. **Residuos sólidos:** La actividad industrial puede generar grandes cantidades de residuos sólidos como envases, embalajes, restos de producción y materiales no utilizados. Estos residuos deben ser gestionados adecuadamente para evitar su acumulación y su impacto negativo sobre el suelo y la calidad del aire.[8]
5. **Residuos líquidos:** La actividad industrial puede generar también grandes cantidades de residuos líquidos, como aguas residuales y otros efluentes que pueden contener sustancias contaminantes y tóxicas. Estos residuos líquidos deben ser tratados adecuadamente para evitar su contaminación del agua y los suelos.[8]
6. **Residuos peligrosos:** Las actividades industriales pueden generar también residuos peligrosos como sustancias químicas y materiales tóxicos que pueden ser dañinos para la salud humana y el medio ambiente. Estos residuos deben ser gestionados y tratados adecuadamente para minimizar su impacto negativo.[8]
7. **Impactos sobre la biodiversidad:** La actividad industrial puede tener impactos negativos sobre la biodiversidad, especialmente en áreas cercanas a zonas naturales. Estos impactos pueden incluir la pérdida de hábitats, la fragmentación de ecosistemas y la contaminación de suelos y cuerpos de agua. [8]

Todos estos problemas ambientales pueden tener consecuencias negativas para la salud humana y el medio ambiente. Por lo tanto, es importante que las industrias adopten medidas adecuadas para minimizar estos impactos y promover una industria más sostenible y responsable. Estas medidas pueden

incluir la implementación de tecnologías más limpias, la reducción de la generación de residuos y emisiones, y la gestión adecuada de los residuos y efluentes generados. Además, es importante promover la participación de las comunidades locales en la toma de decisiones y la implementación de estas.

Al analizar y comprender lo descrito anteriormente es posible enfocarse directamente en la Institución Educativa Distrital IED José Joaquín Casas ubicada en la Cra. 56 #17-11 barrio Puente Aranda zona Industrial de Bogotá Colombia, cuenta con aproximadamente 364 personas entre ellas 316 estudiantes, 23 profesores, 8 administrativos, 4 personas de servicios generales y 13 padres de familia y su jornada académica es de 6:30 am a 2:00 pm una zona caracterizada por la falta de áreas verdes y por la presencia de industrias y vías de alta circulación vehicular. Estos factores contribuyen a la contaminación del aire y al aumento de la temperatura en la zona, lo que a su vez afecta negativamente la calidad de vida de los estudiantes, profesores y demás personas que frecuentan el colegio.

Pero ¿cómo afecta la calidad de vida de las personas que conviven diariamente y cerca del colegio? dando respuesta al anterior interrogante se percata que debido a la alta demanda de industrias y flujo vehicular el mayor de los problemas es la contaminación atmosférica y auditiva en el colegio.

Por tal motivo el proyecto se centra en la necesidad de mejorar las condiciones ambientales en el entorno escolar pues, los jardines verticales son una solución sostenible y efectiva para mitigar el impacto de la urbanización y el cambio climático en las ciudades. En este sentido, una de las soluciones más efectivas para mitigar estos efectos negativos es la implementación de Los jardines verticales en la IED José Joaquín Casas ya que, los jardines verticales son sistemas de vegetación que se instalan en las paredes de los edificios que generan múltiples beneficios ambientales, como la reducción de la temperatura, la disminución de la contaminación del aire, la retención de agua de lluvia y la mejora de la biodiversidad urbana. Además, estos sistemas también contribuyen a la estética del lugar y pueden mejorar la salud mental y física de las personas que se encuentran en el entorno. [9] Sin embargo, a pesar de estas ventajas, el Colegio José Joaquín Casas no cuenta con jardines verticales en su estructura. Esto implica una oportunidad perdida para mejorar las condiciones ambientales y de salud de la comunidad educativa. Así mismo, la falta de áreas verdes en el colegio también puede tener efectos negativos en el aprendizaje y el bienestar emocional de los estudiantes, ya que se ha demostrado que la exposición a la naturaleza puede mejorar la concentración, la memoria y la capacidad de atención.[10]

## ESTADO DEL ARTE

Los jardines verticales, también conocidos como muros verdes, son una forma creativa y eco-amigable de transformar las paredes de los edificios en oasis urbanos. Aunque la idea puede parecer moderna y vanguardista, en realidad, los jardines verticales las fachadas verdes han existido desde hace siglos.

### Breve Historia de los jardines verticales

En la antigua ciudad de Babilonia, los jardines colgantes eran uno de los mejores espectáculos del mundo, mientras que, en el Imperio Romano, las paredes de las casas eran a menudo cubiertas con hiedra y enredaderas. Sin embargo, la idea de los jardines verticales modernos comenzó a tomar forma en la década de 1980, cuando el botánico francés Patrick Blanc creó el primer jardín vertical en el Musée du Quai Branly en París. Desde entonces, los jardines verticales las fachadas verdes se han convertido en una característica común en la arquitectura de todo el mundo.[11]

En la siguiente figura (1) se muestran los Jardines Colgantes de Babilonia, los cuales se destacan por ser de los primeros en la historia.

**Figura 1.** Jardines Colgantes de Babilonia, Pintura de Martin Heemskerck, s. XVI



*Fuente:* historia.nationalgeographic.com.es

En la figura 2 se muestra el Jardín Vertical en el Musée du Quai Branly en París, el cual es uno de los más destacados la historia.

**Figura 2.** Jardín Vertical en el Musée du Quai Branly en París



*Fuente:* historia.nationalgeographic.com.es

Los jardines verticales Fachadas verdes son una técnica cada vez más popular en todo el mundo para mejorar la calidad de vida de las personas y reducir el impacto ambiental de los edificios. A continuación, se presenta un análisis de los jardines verticales las fachadas verdes en cada continente y su impacto ambiental.

### Los Jardines verticales en América del Norte

En América del Norte la construcción de edificios con los jardines verticales fachadas verdes se ha convertido en una tendencia en ciudades como Nueva York, Vancouver, Toronto y Chicago. Por ejemplo,

en la ciudad de Nueva York existe el diseño de un mural ecológico compuesto por enredaderas seleccionadas cuidadosamente por su mezcla de texturas y colores, que incluyen plantas de temporada como, clemátide de jazmín, hiedras de Boston, enredaderas de Virginia e hidras inglesas hortensias. Este Jardín Verde fue diseñado por el arquitecto japonés Tadao Ando para el edificio ubicado en 152 Elizabeth Street es reconocido como el jardín vertical más grande en Nueva York, midiendo 99 pies de ancho y 55 pies de altura.[12]

Como se menciona anteriormente, en la figura 3 podemos ver el Edificio ubicado en 152 Elizabeth Street destacado en América del Norte por su jardín vertical.

**Figura 3.** Edificio ubicado en 152 Elizabeth Street



**Fuente:** historia.nationalgeographic.com.es

### Los Jardines verticales en América del Sur

Por otro lado, en América del Sur en ciudades como Bogotá, Lima y Sao Paulo, los jardines verticales las fachadas verdes se han utilizado para combatir la contaminación del aire y reducir la temperatura. Por ejemplo, En Brasil, hay varios jardines verticales interesantes[13]:

1. Jardín vertical del edificio Itaú Unibanco en São Paulo: este jardín vertical, inaugurado en 2018, es uno de los más grandes del mundo, con una superficie de 2.600 metros cuadrados. Está formado por más de 72.000 plantas de 250 especies diferentes.
2. Jardín vertical del hotel Novotel en São Paulo: este jardín vertical de 400 metros cuadrados se encuentra en la fachada del hotel Novotel Jaraguá, en pleno centro de la ciudad. Fue diseñado por la empresa brasileña Ecotelhado y contiene más de 8.000 plantas de 23 especies diferentes.
3. Jardín vertical de la estación de metro Consolação en São Paulo: este jardín vertical, inaugurado en 2014, cubre una superficie de 180 metros cuadrados en la fachada de la estación de metro Consolação. Está formado por más de 15.000 plantas de 10 especies diferentes.
4. Jardín vertical del edificio La Victoria en Río de Janeiro: este jardín vertical de 3.000 metros cuadrados cubre toda la fachada del edificio La Victoria, situado en la zona de Botafogo. Fue diseñado por el arquitecto Fernando Maculan y contiene más de 20.000 plantas de 50 especies diferentes. [13]

### Los Jardines verticales en Europa

Haciendo un énfasis en Europa encontramos que es líder en la construcción de edificios con los jardines verticales, con proyectos en ciudades como Copenhague, París, Madrid, Barcelona, Londres y Berlín. En la avenida Diagonal de Barcelona, el antiguo edificio de Banca Catalana y la sede posterior del grupo editorial Planeta, fue el primer jardín colgante de la ciudad. Los arquitectos Josep Maria Fargas y Enric Tous lo diseñaron en 1978, mientras que el jardinero Everest Munné se encargó del diseño paisajístico, seleccionando cuidadosamente las plantas se utilizan para lograr un efecto envolvente y orgánico que realza la impactante estructura arquitectónica del edificio. El edificio consta de tres bloques octogonales de nueve pisos cada uno, junto con un cuarto bloque octogonal de tres pisos, todos ellos rodeados por jardineras que se extienden a lo largo de cuatro kilómetros. Recientemente, en mayo del año 2020, el edificio fue adquirido por el Banco Sabadell.[14]

En la figura 4 podemos ver el Edificio de Banca Catalana Barcelona el cual este proyecto fue el ganador de un concurso exclusivo organizado por Banca Catalana, y el factor determinante en su selección fue, sin duda, la solución arquitectónica de la fachada. Dado que se trataba de un edificio emblemático ubicado en uno de los paseos más importantes de la ciudad, era crucial que la imagen del edificio se integrara con la arquitectura del entorno y cumpliera con los requisitos de la institución. La fachada, compuesta por una combinación de paneles de vidrio y elementos de plástico en forma de paraboloides, crea una superficie bidimensional que refleja plenamente el potencial estético exigido. Tous y Fargas revolucionaron el concepto de fachada al construirla con piezas que se ensamblan como un dispositivo que envuelve el edificio, similar a la carrocería de un automóvil. Posteriormente, aplicaron este mismo enfoque en otros edificios de oficinas, ofreciendo múltiples variaciones. [14] Además, es importante destacar la solución estructural que se redujo a dos luces, lo que permitió tener una única fila de pilares y expuso las vigas principales que atraviesan las diferentes plantas.

**Figura 4.** Edificio de Banca Catalana Barcelona



**Fuente:** elpais.es

### Los Jardines verticales en Asia

Luego, en Asia Singapur es un líder en la implementación de fachadas verdes y techos verdes en Asia, y se han construido edificios con fachadas verdes en ciudades como Tokio, Hong Kong y Beijing. El bosque

de super árboles de Singapur es un conjunto de 18 estructuras de metal y hormigón que se elevan hasta los 25 y 50 metros de altura, y están recubiertas de plantas. Diseñado por la firma de arquitectura Wilkinson Eyre y la empresa de paisajismo Grant Associates, este parque botánico autosuficiente, conocido como Gardens by the Bay, es uno de los principales atractivos turísticos de la ciudad de Singapur. Aunque no se trata de un jardín vertical que cubra una fachada, las estructuras están diseñadas para trepar y alcanzar grandes alturas, creando un impresionante paisaje de árboles artificiales que realzan la belleza de la ciudad y promueven la conciencia ambiental. [15] Fue inaugurado en 2012 en una zona de terreno urbano ganada al mar, y hoy en día es uno de los destinos turísticos más populares de Singapur. [16]

En la siguiente figura (5) se encuentran los Gardens by the Bay en Singapur el Proyecto que promueve y es ejemplo para la concientización sobre el medio ambiente.

*Figura 5.* Gardens by the Bay Singapur



*Fuente:* elpais.es

### Los Jardines verticales en África

También, encontramos continentes como África donde, la implementación de fachadas verdes en África es aún incipiente, pero se han iniciado proyectos en ciudades como Lagos y Nairobi. El impacto ambiental de las fachadas verdes en África es significativo, ya que puede ayudar a combatir la desertificación y mejorar la calidad del aire y del agua. Actualmente, el complejo "Green Cubes" es el único jardín vertical en construcción en África. [17] Este complejo incluye tres edificios ubicados en El Cairo, los cuales están completamente revestidos con más de 100 especies de plantas autóctonas y cientos de plantas de otras partes del mundo. En total, el jardín vertical del complejo abarcará 3600m<sup>2</sup> y estará compuesto por 14000 plantas y 350 árboles. [18] La firma Boeri Studio de Italia fue responsable del diseño del proyecto, mientras que la construcción estuvo a cargo de la empresa local MISR Italia Properties. En 2017, el proyecto "Mashambas Skyscraper" marcó un hito para el futuro de los huertos y jardines verticales en África. Este prototipo de edificio fue creado por los arquitectos polacos Pawel Lipinski y Mateusz Frankowski con el propósito de ayudar a las comunidades agrícolas africanas. El edificio es desmontable y tiene cuatro niveles, construido con arcos y vigas hechos de acero y PVC reciclados. Por lo tanto, el huerto puede ser instalado temporalmente en cualquier ciudad que lo requiera, sin importar sus condiciones climáticas. En 2017, este proyecto ganó el premio al mejor diseño paisajístico en el concurso "eVolo Skyscraper". [19]

La figura 6 muestra el Proyecto Mashambas Skyscraper que marcó un hito para el futuro de los huertos y jardines verticales en África.

**Figura 6.** Mashambas Skyscraper



**Fuente:** paisajismodigital.com

### Los Jardines verticales en Oceanía

Y, por último, Oceanía donde, Australia es uno de los países líderes en la implementación de fachadas verdes y techos verdes en Oceanía, con proyectos en ciudades como Sydney y Melbourne. Los jardines colgantes del One Central Park se encuentran en los alrededores del Puerto de Sídney, en una superficie de más de 250.000 metros cuadrados. Este complejo residencial de moda está compuesto por dos rascacielos unidos por un podio de cinco plantas que alberga locales comerciales. El proyecto fue diseñado por Jean Nouvel en colaboración con el botánico Patrick Blanc. El manto verde que recubre las fachadas de One Central Park consta de terrazas con plantas autóctonas, paredes hidropónicas y flores colgantes. Se pueden encontrar alrededor de 250 especies de flores y plantas autóctonas de Australia. Además, por la noche, One Central Park es iluminado por un sistema de LED diseñado por el artista francés Yann Kersalé.[20]

En la siguiente figura (7) se pueden ver los jardines colgantes del One Central Park que se encuentran en los alrededores del Puerto de Sídney

**Figura 7.** Jardines colgantes del One Central Park



**Fuente:** elmundo.es

### Los Jardines verticales en Latinoamérica

Haciendo un énfasis en Latinoamérica encontramos países como México donde, las fachadas verdes han sido promovidas por el gobierno a través de diversos programas y políticas públicas. La Ciudad de México ha impulsado la implementación de fachadas verdes en edificios públicos y privados, y ha establecido incentivos para fomentar su uso. La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es un ejemplo destacado, con varios edificios que cuentan con fachadas verdes, como el Centro de Investigaciones en Energía. En México igualmente está el muro verde que cubre la fachada de la Universidad del Claustro de Sor Juana en el centro histórico de la Ciudad de México ofrece una serie de beneficios ambientales y estéticos. Diseñado y construido por la compañía mexicana Verde Vertical en colaboración con Guarnier y la Secretaría del Medio Ambiente, este jardín vertical de 400 metros cuadrados contiene más de 6.700 plantas de 40 especies distintas. [21] Además de su atractivo visual, este muro verde proporciona oxígeno, reduce la contaminación sonora, atrapa partículas de polvo y filtra toneladas de gases nocivos de dióxido de carbono. En Argentina, la ciudad de Buenos Aires ha implementado el programa “EcoBaires”, que promueve la implementación de fachadas verdes y techos verdes en edificios. También se han construido edificios con fachadas verdes, como el edificio de viviendas sociales “Bamboo House” en la ciudad de Córdoba. En Brasil, la ciudad de São Paulo ha impulsado la construcción de fachadas verdes en edificios públicos y privados. Uno de los proyectos más destacados es el edificio del Instituto de Ingeniería en la Universidad de São Paulo, que cuenta con un jardín vertical a fachada verde de más de 700 metros cuadrados. [22]

La figura 8 muestra Fachada de la Universidad del Claustro de Sor Juana México nombrada anteriormente.

*Figura 8. Fachada de la Universidad del Claustro de Sor Juana México*



*Fuente: elpais.es*

### **Los Jardines verticales en Colombia**

En un contexto nacional Colombia, destaca la arquitectura verde desde hace varios años. En la ciudad de Medellín, por ejemplo, el Edificio Verde es un ejemplo de cómo la vegetación puede ser utilizada para mejorar el medio ambiente y la calidad de vida de las personas. Este edificio, que cuenta con 10 pisos y 33 apartamentos, tiene una fachada cubierta de más de 5.000 plantas, lo que ayuda a reducir la temperatura interior y a mejorar la calidad del aire. [23] También encontramos uno de los proyectos más emblemáticos es la Biblioteca España, que cuenta con un jardín vertical a fachada verde de más de 30.000 plantas. [24] En Cali, la construcción de fachadas verdes ha sido promovida por organizaciones como la Cámara Colombiana de la Construcción, que ha incentivado a las empresas a adoptar prácticas sostenibles. También se han construido edificios públicos con fachadas verdes, como el Teatro Municipal Enrique Buenaventura. Por otro lado, Barranquilla, se han implementado proyectos para construir

fachadas verdes en edificios públicos y privados. Uno de los proyectos más destacados es el edificio de la Cámara de Comercio de Barranquilla, que cuenta con un jardín vertical a fachada verde de más de 600 metros cuadrados.[25]

### Los Jardines verticales en Bogotá-Colombia

Cabe resaltar la importancia que tiene la capital de Colombia en jardines verticales las fachadas verdes pues, en Bogotá, por ejemplo, se han implementado varias iniciativas para promover el uso de fachadas verdes, como el programa “Bogotá Verde” que busca incentivar a los ciudadanos y empresas para que adopten prácticas sostenibles, como la instalación de un jardín vertical fachadas verdes. También se han construido edificios con fachadas verdes, como el Centro Empresarial Sarmiento Angulo, que cuenta con más de 100.000 plantas. [26]La ciudad se ha comprometido a convertirse en un lugar más sostenible y atractivo para vivir, y las fachadas verdes son una parte importante de este plan. Uno de los ejemplos más notables de jardines verticales fachadas verdes en Bogotá es el edificio de la Biblioteca Virgilio Barco, que tiene una fachada de más de 33.000 plantas que forman una especie de jardín vertical. También, cuenta con un impresionante jardín vertical que se exhibe en uno de los hoteles más innovadores del país. Es el muro vivo de Gaia B3, el cual es considerado como uno de los muros verdes más grandes de Latinoamérica. Cuenta con 25.000 plantas de 34 especies diferentes, en su mayoría nativas, cubre una superficie de 400 metros cuadrados y su sistema de riego utiliza el agua de lluvia para mantenerlo en buen estado[27]

La figura 9 representa el muro vivo de Gaia B3 Bogotá, uno de los más destacados en la capital del país.

**Figura 9.** Muro vivo de Gaia B3 Bogotá



**Fuente:** *elmundo.es*

En Bogotá, varias instituciones educativas han implementado jardines verticales fachadas verdes como una forma de contribuir a la sostenibilidad ambiental y a la calidad de vida de sus estudiantes. Entre estos colegios se encuentran [9]:

-Colegio Gimnasio Moderno: Este colegio ubicado en la zona norte de Bogotá cuenta con un jardín vertical que abarca toda la fachada principal del edificio. La fachada está compuesta por más de 2.500 plantas de diferentes especies, lo que ayuda a reducir el ruido, mejorar la calidad del aire y reducir el consumo de energía.

-Colegio San Carlos: Este colegio ubicado en la zona de Chapinero cuenta con un jardín vertical a fachada verde en la entrada principal del edificio. La fachada está compuesta por más de 1.000 plantas de diferentes especies, lo que ayuda a reducir la temperatura del interior del edificio y mejorar la calidad del aire.

-Colegio Nueva Granada: Este colegio ubicado en la zona de Usaquén cuenta con un jardín vertical a fachada verde en la entrada principal del edificio. La fachada está compuesta por más de 800 plantas de diferentes especies, lo que ayuda a reducir la temperatura en el interior del edificio y mejorar la calidad del aire.

Es así como se finaliza con una documentación detallada de la historia de jardines verticales desde tiempos antiguos, hasta el día de hoy, destacando primeramente un contexto internacional, seguido de uno nacional identificando cada zona relevante en cuanto a la implementación de esta increíble tecnología.

### **Estudios realizados sobre jardines verticales**

Es importante resaltar también los estudios que se han realizado en relación a el diseño de los jardines verticales, donde, se encuentra un documento llamado "Fachada Verde: Una Solución Ambiental para Edificaciones" de Karin Morales tiene como objetivo evaluar la eficacia de los jardines verticales como solución ambiental en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. El cual se centra en la implementación de una fachada verde en un edificio existente en la ciudad y evalúa su impacto en la temperatura, la calidad del aire y el confort térmico interior. [28] El estudio concluye que la implementación de una fachada verde puede mejorar significativamente el entorno ambiental y el confort térmico interior en los edificios. La fachada verde reduce la temperatura del aire y mejora la calidad del aire, lo que puede tener un impacto positivo en la salud de las personas que trabajan o habitan en el edificio. Además, la fachada verde puede reducir el consumo de energía y el costo de mantenimiento del edificio. Destaca la importancia de la elección adecuada de las plantas y la necesidad de un mantenimiento adecuado para garantizar la eficacia y la durabilidad de la fachada verde. También se discuten los aspectos técnicos y económicos de la implementación de una fachada verde en un edificio existente. Esta tesis demuestra que la implementación de una fachada verde puede ser una solución ambiental efectiva en la ciudad de Guayaquil y en otras ciudades con problemas ambientales similares. [28] La tesis proporciona información valiosa sobre los aspectos técnicos y económicos de la implementación de una fachada verde en un edificio existente.

Otro documento similar y del que se toma como base para realizar este artículo es la tesis de Alejo Romero y María Nataly titulada "Diseño e Implementación de una Fachada Verde en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas" tiene como objetivo evaluar la eficacia de una fachada verde como solución ambiental en una universidad ubicada en Bogotá, Colombia. El estudio se enfoca en la implementación de una fachada verde en un edificio existente en la universidad y evalúa su impacto en la temperatura, la calidad del aire y el confort térmico interior. El estudio se realiza mediante la implementación de una fachada verde en el edificio de Ingeniería Industrial de la universidad, utilizando un sistema modular de macetas con plantas ornamentales y vegetales. Se realiza un monitoreo continuo de la temperatura del aire, la humedad relativa y la calidad del aire en el interior del edificio antes y después de la implementación de la fachada verde. Los resultados del estudio demuestran que la implementación de una fachada verde puede mejorar significativamente el entorno ambiental y el confort térmico interior en los edificios. [29] La fachada verde reduce la temperatura del aire y mejora la calidad del aire, lo que puede tener un impacto positivo en la salud de las personas que trabajan o estudian en el edificio. Además, la fachada verde puede reducir el consumo de energía y el costo de mantenimiento del edificio. El estudio destaca la importancia de la elección adecuada de las plantas y el mantenimiento adecuado para garantizar la eficacia y la durabilidad de la fachada verde. Además, se

discuten los aspectos técnicos y económicos de la implementación de una fachada verde en un edificio existente. Esta tesis demuestra que la implementación de una fachada verde puede ser una solución ambiental efectiva en edificios universitarios y en otros edificios con problemas ambientales similares en Bogotá. El estudio proporciona información valiosa sobre los aspectos técnicos y económicos de la implementación de una fachada verde en un edificio existente.[29]

Así mismo se encuentra el "Análisis del impacto ambiental y económico de las fachadas verdes en la ciudad de Bogotá" busca evaluar el impacto ambiental y económico de la implementación de fachadas verdes en la ciudad de Bogotá. La investigación se enfoca en la evaluación de los costos y beneficios ambientales de la implementación de fachadas verdes en edificios urbanos. La investigación se realiza a través de una revisión de la literatura existente sobre fachadas verdes y un análisis de los costos y beneficios ambientales de la implementación de fachadas verdes en edificios urbanos en Bogotá. Los autores analizan diferentes estudios sobre el tema, así como los beneficios ambientales y económicos de las fachadas verdes. Los resultados de la investigación demuestran que la implementación de fachadas verdes en edificios urbanos en Bogotá puede tener un impacto positivo en el medio ambiente y la economía de la ciudad. [5]Las fachadas verdes pueden mejorar la calidad del aire, reducir la temperatura del aire, reducir el consumo de energía y mejorar la estética urbana. Además, la implementación de fachadas verdes puede tener beneficios económicos a largo plazo, como la reducción de los costos de energía y mantenimiento de los edificios. La investigación destaca la importancia de la implementación adecuada y el mantenimiento de las fachadas verdes para garantizar su eficacia y durabilidad. Además, se discuten los aspectos técnicos y económicos de la implementación de fachadas verdes en edificios urbanos. [5]En conclusión, la investigación demuestra que la implementación de fachadas verdes puede tener un impacto positivo en el medio ambiente y la economía de la ciudad de Bogotá. La investigación proporciona información valiosa sobre los costos y beneficios ambientales de la implementación de fachadas verdes en edificios urbanos. Los resultados de esta investigación pueden ser útiles para los tomadores de decisiones y los profesionales interesados en la implementación de soluciones ambientales en edificios urbanos.[30]

Otra investigación importante que se puede relacionar de manera directa con el proyecto es la investigación titulada "Análisis de la eficiencia energética de fachadas verdes en edificios residenciales" que tiene como objetivo evaluar la eficiencia energética de las fachadas verdes en edificios residenciales. Para ello, se llevó a cabo un estudio experimental que comparó el comportamiento energético de dos edificios residenciales, uno con fachada verde y otro sin ella. La investigación se realiza en la ciudad de Valencia, España, donde se encuentra el edificio residencial con fachada verde. [31]Los autores realizan mediciones de temperatura y consumo de energía en ambos edificios durante un año para poder comparar los resultados. Además, se lleva a cabo un análisis económico para evaluar la viabilidad de la implementación de fachadas verdes en edificios residenciales. Los resultados de la investigación demuestran que la implementación de fachadas verdes en edificios residenciales puede tener un impacto positivo en la eficiencia energética y la reducción del consumo de energía. En comparación con el edificio sin fachada verde, el edificio con fachada verde presenta una reducción significativa en la temperatura interior durante el verano y un aumento en la temperatura interior durante el invierno. Además, se observa una reducción en el consumo de energía para la climatización del edificio con fachada verde. El análisis económico demuestra que la implementación de fachadas verdes en edificios residenciales puede ser una inversión rentable a largo plazo. Aunque el costo inicial de la implementación de una fachada verde puede ser más elevado, los ahorros en costos de energía y mantenimiento a largo plazo pueden superar los costos iniciales. [31]La investigación demuestra que la implementación de fachadas verdes en edificios residenciales puede tener un impacto positivo en la eficiencia energética y la reducción del consumo de energía. La investigación también destaca la importancia de considerar el análisis económico en la implementación de fachadas verdes en edificios residenciales. Los resultados de esta investigación pueden ser útiles para los tomadores de decisiones y los profesionales interesados en la implementación de soluciones energéticas en edificios residenciales.

También se destaca y se toma como guía el Diseño de una fachada verde en un edificio de oficinas en Castellón que tiene como objetivo principal analizar el impacto de una fachada verde en la eficiencia energética y la sostenibilidad de un edificio de oficinas en Castellón, España. El autor del trabajo, Sergio Martínez Suner, propone una solución innovadora para reducir el consumo energético del edificio y mejorar su huella ecológica mediante el diseño de una fachada verde, el autor establece la relevancia de la eficiencia energética y la sostenibilidad en el diseño y construcción de edificios, y plantea la necesidad de buscar soluciones innovadoras para reducir el impacto ambiental de los edificios. El autor presenta la fachada verde como una solución eficaz y sostenible para mejorar la eficiencia energética y la calidad ambiental de los edificios. El trabajo se divide en varios capítulos. En el primero, el autor realiza una revisión bibliográfica sobre la fachada verde, presentando los principales conceptos, ventajas y desventajas, y tipos de fachadas verdes. En el segundo capítulo, el autor realiza un análisis de la eficiencia energética del edificio de oficinas objeto de estudio, evaluando su consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub>. En el tercer capítulo, el autor presenta el diseño de la fachada verde, incluyendo los materiales utilizados, la selección de las plantas y el sistema de riego.[32] Se utiliza el software AutoCAD para realizar el diseño de la fachada verde, y presenta planos detallados y modelos en 3D para ilustrar su propuesta de diseño. En el cuarto capítulo, el autor presenta los resultados del análisis de la eficiencia energética del edificio con y sin la fachada verde, evaluando el impacto en el consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub>. El autor concluye que la fachada verde propuesta tiene un impacto significativo en la eficiencia energética del edificio, reduciendo su consumo energético en un 15% y sus emisiones de CO<sub>2</sub> en un 10%. En el quinto y último capítulo, el autor realiza una evaluación económica de la implementación de la fachada verde, comparando los costos de instalación y mantenimiento con los ahorros en consumo energético, se concluye que la fachada verde es una inversión rentable a largo plazo, con una tasa de retorno de la inversión del 10% en un período de 10 años. Este trabajo de Sergio Martínez Suner presenta una solución innovadora y sostenible para mejorar la eficiencia energética y la calidad ambiental de los edificios mediante la implementación de una fachada verde.

### **Guía Técnica de Infraestructura Vegetada**

Luego de realizar y analizar la minuciosa investigación sobre la historia del arte acerca de jardines verticales es importante tener en cuenta una guía un documento para poder diseñar e implementar una fachada ver, como lo es La Guía Técnica de Infraestructura Vegetada que es un documento elaborado por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, Colombia, con el objetivo de proporcionar información y orientación técnica para la implementación de infraestructuras verdes en la ciudad. La guía está dirigida a arquitectos, ingenieros, diseñadores y profesionales que deseen incorporar infraestructuras vegetadas en sus proyectos. Esta guía comienza con una introducción a la infraestructura vegetada, que incluye una definición de este término y una descripción de los beneficios que pueden obtenerse de su implementación, como la reducción del efecto de isla de calor, la mejora de la calidad del aire y la reducción del riesgo de inundaciones. El documento luego presenta una serie de tipos de infraestructura vegetada, como techos verdes, fachadas verdes, jardines verticales, corredores verdes y sistemas de retención de agua. Para cada tipo de infraestructura, se proporciona información detallada sobre su diseño, construcción, mantenimiento y beneficios. La guía también aborda aspectos relacionados con la selección de especies vegetales para la infraestructura vegetada, incluyendo información sobre las condiciones de luz, humedad y suelo que se deben tener en cuenta al seleccionar plantas. [57] Otro tema importante que se aborda en la guía es el diseño y la construcción de sistemas de drenaje para infraestructuras vegetadas. Se proporciona información sobre los diferentes tipos de sistemas de drenaje disponibles y se presentan recomendaciones para su diseño y construcción. Además, la guía proporciona información sobre la gestión de la infraestructura vegetada, incluyendo recomendaciones para el mantenimiento regular y la resolución de problemas comunes, como la aparición de plagas o enfermedades en las plantas. En resumen, la Guía Técnica de Infraestructura Vegetada es un recurso valioso para los profesionales interesados en la implementación de infraestructuras verdes en Bogotá y en otras ciudades. La guía proporciona información detallada y orientación técnica sobre la selección de

especies vegetales, el diseño y la construcción de sistemas de drenaje, el mantenimiento y la gestión de infraestructuras vegetadas. Con esta guía, los profesionales pueden incorporar soluciones sostenibles y verdes en sus proyectos, contribuyendo así a la creación de ciudades más saludables y sostenibles.[57]

### Datos y breve historia de la IED José Joaquín Casas

Por último, es importante contar con la historia del Colegio José Joaquín Casas que es una institución educativa ubicada en el barrio de Puente Aranda (Cra. 56 #17-11) en Bogotá, Colombia. Fundado en el año 1954, cuenta actualmente con una población estudiantil de alrededor de 364 personas. El nombre del colegio fue escogido en honor a José Joaquín Casas, quien fue un destacado abogado, político y educador colombiano del siglo XIX. El colegio se ha destacado por ofrecer una educación integral y de calidad, con un enfoque en el desarrollo de habilidades y valores en los estudiantes. A lo largo de su historia, el Colegio José Joaquín Casas ha experimentado varios cambios en su estructura y enfoque educativo. En el año 2006, la institución fue sometida a una remodelación completa, lo que permitió la construcción de nuevas aulas, laboratorios y espacios deportivos. En la actualidad, el colegio cuenta con un equipo de docentes altamente capacitados y comprometidos con la educación de sus estudiantes. Se enfoca en la enseñanza de valores éticos y morales, y en el desarrollo de habilidades sociales y emocionales en los estudiantes. El Colegio José Joaquín Casas ofrece una educación de alta calidad en un entorno seguro y acogedor. Su ubicación en el barrio de Puente Aranda lo convierte en una opción accesible para los residentes de la zona, y su enfoque en la educación integral lo hace una opción atractiva para padres de familia preocupados por el desarrollo de sus hijos.

### MARCOS DE REFERENCIAS

El marco de referencia de los jardines verticales es un concepto clave que describe el contexto en el que se desarrollan estas estructuras. Este marco puede variar según la ubicación geográfica, las condiciones climáticas, las necesidades de la comunidad y otros factores importantes. En esta parte, se explorará el marco de referencia de las fachadas verdes desde diferentes perspectivas y en distintos lugares del mundo. En términos generales, el marco de referencia de las fachadas verdes se basa en la necesidad de crear soluciones sostenibles y saludables para el medio ambiente urbano. En las ciudades, el creciente número de edificios y la falta de áreas verdes han llevado a la necesidad de encontrar formas innovadoras de integrar la naturaleza en los entornos urbanos.[34]

Desde un punto de vista climático, los jardines verticales son una herramienta importante para combatir el cambio climático. Las áreas urbanas suelen tener temperaturas más altas que las áreas rurales debido al efecto de isla de calor, y las fachadas verdes pueden reducir el impacto de este fenómeno. Además, las fachadas verdes pueden ayudar a reducir la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera al absorber el dióxido de carbono. Otro aspecto importante del marco de referencia de las fachadas verdes es la necesidad de mejorar la calidad del aire. [35]

La presencia de plantas en el ambiente interior puede reducir el estrés y mejorar la productividad. Además, las fachadas verdes pueden proporcionar un ambiente más agradable y atractivo para las personas. A nivel urbano, el marco de referencia de las fachadas verdes también se relaciona con la necesidad de promover una ciudad más habitable y atractiva para los ciudadanos.[18] Las fachadas verdes pueden crear una experiencia visual atractiva y mejorar la sensación de bienestar en las personas. Además, estas estructuras pueden ser una forma de atraer turistas y aumentar la economía local.[37]

Como su nombre lo indica, los jardines verticales son zonas que están cubiertas de vegetación, con una membrana impermeable y capas que sirven para drenaje y barrera para las raíces de las plantas, estas se implementan en terrazas o techos de edificaciones y las fachadas en paredes donde sea posible la captación de luz solar y agua lluvia.[22]

## Consideraciones para la construcción de un jardín vertical

Los jardines verticales se componen de diferentes capas, como una capa protectora impermeable para proteger la estructura del edificio, una capa de sustrato para proporcionar nutrientes a las plantas, y una capa de plantas que crece en la superficie. [34]Estas plantas pueden ser plantas trepadoras o especies seleccionadas que se cultivan en estructuras diseñadas específicamente para soportar plantas y crear un jardín vertical. A continuación, presentamos algunas consideraciones y recomendaciones para el diseño de una fachada verde en un colegio[38]:

**Selección de plantas:** Es importante elegir las plantas adecuadas para el clima y las condiciones de la zona en la que se encuentra el colegio. Se pueden utilizar plantas nativas para promover la biodiversidad y reducir el mantenimiento. Se recomienda elegir plantas que no crezcan demasiado rápido para evitar que la fachada se vuelva demasiado pesada y desequilibrada.

**Sistemas de soporte:** Se deben elegir sistemas de soporte adecuados que sean seguros y duraderos para sostener el peso de la vegetación. Los sistemas de soporte más comunes son los paneles modulares prefabricados y los sistemas de enrejado. [39]Es importante que los sistemas de soporte estén diseñados para permitir la ventilación adecuada entre la pared y la vegetación para evitar la acumulación de humedad

**Riego y drenaje:** Los jardines verticales requieren un sistema de riego adecuado para mantener la vegetación saludable. Es importante asegurarse de que la fachada tenga un sistema de drenaje adecuado para evitar que el agua se acumule y cause daños a la estructura del edificio.[40]

**Mantenimiento:** Los jardines verticales debe ser mantenida regularmente para mantener su apariencia y salud. Se recomienda que se realice una inspección visual cada seis meses y que se realice un mantenimiento adecuado en caso de detectarse problemas.

## Beneficios de los jardines verticales

Desde una perspectiva de ingeniería ambiental, un jardín vertical puede proporcionar una serie de beneficios, como la reducción de la temperatura del edificio y la mejora de la eficiencia energética al reducir la necesidad de aire acondicionado. [41]También puede mejorar la calidad del aire al absorber el dióxido de carbono y otros contaminantes, proporcionar un hábitat para la fauna urbana, y reducir la escorrentía de agua de lluvia. Además, las fachadas verdes pueden contribuir a la mitigación del cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y al aumentar la absorción de carbono. También pueden mejorar la calidad de vida de las personas al crear un entorno más atractivo y natural en los entornos urbanos, lo que a su vez puede mejorar la salud y el bienestar de las personas[42]

### Mejoran la calidad del aire

Los jardines verticales pueden reducir la cantidad de dióxido de carbono y otros contaminantes del aire al absorberlos y transformarlos en oxígeno durante el proceso de fotosíntesis. Es importante tocar este punto pues estos jardines ofrecen una serie de beneficios ambientales, y uno de ellos es su capacidad para mitigar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), uno de los principales gases de efecto invernadero responsables del cambio climático. Estos, absorben CO<sub>2</sub> de la atmósfera a través del proceso de fotosíntesis. Las plantas, mediante la captación de dióxido de carbono y la liberación de oxígeno, juegan un papel vital en el ciclo natural del carbono. A medida que las plantas crecen, absorben CO<sub>2</sub> de la atmósfera y almacenan carbono en su biomasa. Este proceso de absorción de carbono ayuda a reducir la concentración de CO<sub>2</sub> en el aire. [43]

Además de la absorción de CO<sub>2</sub>, los jardines verticales también contribuyen a la reducción de la temperatura ambiente. Las plantas en los jardines verticales actúan como aislante térmico, creando una capa adicional entre el edificio y el entorno exterior. Esto ayuda a disminuir la necesidad de sistemas de enfriamiento y reduce la cantidad de energía consumida para regular la temperatura interna de los edificios. Al reducir el uso de energía, se reduce la emisión de CO<sub>2</sub> asociada con la generación de electricidad. [43]

Las plantas filtran y absorben partículas contaminantes suspendidas en el aire, incluyendo algunos compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros contaminantes comunes. Al reducir la presencia de contaminantes en el aire, se promueve un ambiente más saludable y se disminuyen los impactos negativos en la salud humana. Es importante destacar que los jardines verticales, si bien pueden contribuir a la mitigación del CO<sub>2</sub> y otros beneficios ambientales, no son una solución única para combatir el cambio climático. Es necesario abordar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en múltiples sectores y promover la adopción de prácticas sostenibles en todos los aspectos de nuestra vida diaria.

En este ítem es necesario saber que el material particulado, también conocido como PM (Particulate Matter, en inglés), se refiere a pequeñas partículas sólidas o líquidas que se encuentran en el aire. Estas partículas son una mezcla de polvo, hollín, humo, aerosoles y otras sustancias microscópicas suspendidas en el aire. El tamaño de las partículas puede variar desde menos de 0,1 micrómetros hasta 10 micrómetros o más. Las partículas más pequeñas, como las que tienen un diámetro inferior a 2,5 micrómetros (PM<sub>2,5</sub>), son especialmente preocupantes debido a que pueden penetrar profundamente en los pulmones y causar problemas de salud. El material particulado puede ser de origen natural o generado por actividades humanas. Las fuentes naturales incluyen polvo mineral, partículas volcánicas y partículas biogénicas, como el polen. Por otro lado, las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la emisión de gases de escape de vehículos, la generación de energía, la industria y la quema de biomasa, son responsables de la mayor parte de la contaminación por material particulado en áreas urbanas y desarrolladas. La exposición prolongada a altos niveles de material particulado puede tener efectos negativos para la salud, especialmente en el sistema respiratorio y cardiovascular. Puede causar problemas respiratorios, como asma, bronquitis crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) e incluso aumentar el riesgo de enfermedades cardíacas y cáncer de pulmón. Debido a los impactos negativos en la salud y el medio ambiente, la medición y regulación del material particulado es de gran importancia en la gestión de la calidad del aire y la protección de la salud pública. [43]

**Reducen la temperatura:** Los jardines verticales pueden reducir la temperatura del aire hasta a un 70% y de las superficies en los edificios, lo que puede disminuir la necesidad de aire acondicionado y reducir la demanda energética del edificio. [43]

**Reducen el escurrimiento pluvial:** Los jardines verticales pueden ayudar a reducir el escurrimiento pluvial en las ciudades, ya que las plantas absorben y retienen el agua de lluvia. Esto puede ayudar a prevenir inundaciones y reducir la carga en los sistemas de drenaje pluvial.

**Promueven la biodiversidad:** Los jardines verticales pueden proporcionar un hábitat para la vida silvestre, incluyendo aves, insectos y otros animales que pueden habitar en la vegetación. Esto puede ayudar a promover la biodiversidad en las ciudades y reducir el impacto negativo del desarrollo urbano en el medio ambiente. [43]

**Mejoran la estética urbana:** Los jardines verticales pueden mejorar la apariencia de los edificios y los paisajes urbanos, lo que puede tener un impacto positivo en el bienestar psicológico de las personas que viven y trabajan en la zona.

**Contribuyen a la sostenibilidad:** Los jardines verticales pueden contribuir a la sostenibilidad al reducir la huella de carbono de los edificios, disminuir el consumo de energía y reducir la necesidad de materiales de construcción convencionales.

**Educación:** Los jardines verticales puede ser una herramienta educativa para los estudiantes. Es importante incluir información sobre la vegetación y cómo funciona la fachada verde en el plan de estudios.

**Estética:** El jardín vertical debe ser diseñado para ser estéticamente atractiva y armonizar con el diseño del edificio y el entorno. Se pueden utilizar diferentes especies de plantas para crear patrones y texturas interesantes.

Cabe resaltar el funcionamiento que tienen las plantas en esta tecnología ecológica, pues, estas mediante la reflexión de la radiación solar y la transpiración de estas, tienen como fin la reducción del calor dentro y fuera del lugar,[44] en este caso el colegio José Joaquín Casas IED, y a su vez generar sombra. Las plantas también retienen material particulado, lo que genera una mejor calidad del aire. Es así como los techos y fachadas verdes generan día a día un mayor beneficio en el entorno, destacándose como una “tecnología moderna y ecológica para enfrentar el cambio climático y los problemas ambientales más comunes en el medio urbano”

Los jardines verticales también ayudan a la estética del colegio, el cual, va a disminuir el estrés de las personas, pues bien, se sabe que las zonas cercanas a la naturaleza siempre generan un ámbito de tranquilidad. Existen dos tipos de parcelas verdes los cuales se clasifican según la profundidad del cultivo y la necesidad de mantenimiento, estos son: Los intensivos que tienen una capacidad para implementar más variedades de plantas, ya que son más gruesos, sin embargo, requieren de mayor mantenimiento, y parcelas extensas, el cual su mantenimiento es bajo y son livianas, sin embargo, son menos accesibles que las parcelas intensivas.[45]

### ¿Cómo se compone un jardín vertical?

Existen dos tipos de jardines verticales los cuales se clasifican según la profundidad del cultivo y la necesidad de mantenimiento, estos son: Los intensivos que tienen una capacidad para implementar más variedades de plantas, ya que son más gruesos, sin embargo, requieren de mayor mantenimiento, y parcelas extensas, el cual su mantenimiento es bajo y son livianas, sin embargo, son menos accesibles que las parcelas intensivas.[46]

Un jardín vertical está compuesto por varios elementos que trabajan juntos para crear una superficie verde en la fachada del edificio. Estos elementos incluyen[47]:

**Estructura portante:** Es la estructura que sostiene el peso del jardín vertical. Puede estar compuesta de acero, aluminio u otros materiales resistentes.

**Sistema de soporte de las plantas:** Es el sistema que sostiene las plantas y les permite crecer verticalmente en el jardín. Puede estar formado por paneles metálicos, redes, mallas o enrejados

**Capa de impermeabilización:** Es la capa que protege la estructura del edificio de la humedad y el agua. Es especialmente importante en los jardines verticales porque el exceso de humedad puede dañar la estructura del edificio.

**Capa de drenaje:** Es la capa que permite que el agua fluya hacia abajo y se aleje de la estructura del edificio. Puede estar compuesta de materiales como geotextil o poliuretano.

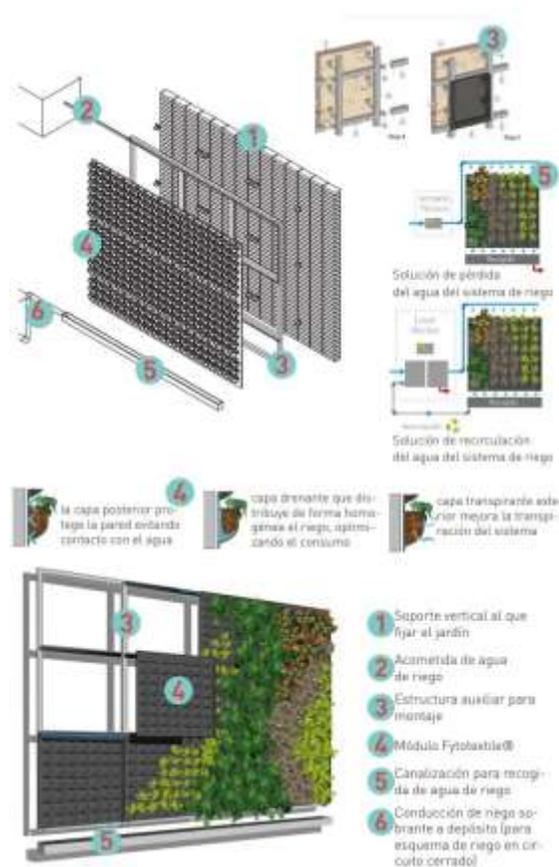
Capa de sustrato: Es la capa donde crecen las plantas. Está compuesta de un sustrato especial que proporciona los nutrientes necesarios para que las plantas crezcan.

Plantas: Las especies de plantas que se seleccionan dependen de la ubicación de la fachada verde, la cantidad de luz solar y la disponibilidad de agua.

Sistema de riego: Es el sistema que proporciona agua a las plantas. Puede estar compuesto de un sistema de goteo o un sistema de aspersión.

En la siguiente ilustración (figura 10) se puede ver cómo está compuesto un jardín vertical, es decir, como cada parte lo compone y cómo funciona cada una de ellas. Se puede evidenciar 6 importantes componentes el cual hacen de un jardín vertical funcional y exequible para quien pretenda construirlo [47].

**Figura 10.** Componentes de un Jardín Vertical



**Fuente:** [jardinesverticales.com](http://jardinesverticales.com)

### Jardín Vertical Según su Superficie

En la siguiente ilustración (figura 11) se puede ver los esquemas según la superficie donde se piensa construir el jardín vertical, mostrando en la parte izquierda superficies pequeñas y medianas y en la parte derecha superficies grandes a muy grandes [47].

**Figura 11.** Jardín Vertical Según su Superficie



*Fuente: jardinesverticales.com*

### Sistemas de riego para jardín vertical

Un sistema de riego con recirculación para un jardín vertical funciona de manera similar al sistema descrito anteriormente, pero adaptado a las necesidades específicas de un jardín vertical. Aquí tienes los pasos básicos para implementar un sistema de riego con recirculación en un jardín vertical [47]:

1. Diseño del sistema de riego: Determina la disposición de las plantas en el jardín vertical y define la ubicación de los puntos de riego. Esto puede incluir la instalación de tuberías, aspersores o sistemas de riego por goteo.
2. Captación del agua sobrante: Asegúrate de que tu jardín vertical tenga un sistema de drenaje adecuado para recoger el agua sobrante. Puede ser a través de bandejas o colectores que recojan el exceso de agua y lo dirijan a un tanque de almacenamiento.
3. Almacenamiento y filtración: El agua recolectada en el tanque de almacenamiento debe filtrarse para eliminar impurezas y sedimentos. Puedes utilizar filtros de agua adecuados para este propósito.
4. Tratamiento del agua: Dependiendo de la calidad del agua recirculada, es posible que necesites tratarla para eliminar patógenos, algas u otros organismos no deseados. Esto se puede lograr utilizando productos químicos o sistemas de filtración avanzados.
5. Recirculación del agua: Una vez filtrada y tratada, el agua se devuelve al sistema de riego para ser utilizada nuevamente en el riego del jardín vertical. Asegúrate de distribuir el agua de manera uniforme y adecuada para asegurar que todas las plantas reciban la cantidad necesaria.

6. **Monitoreo y mantenimiento:** Es importante monitorear regularmente el sistema de riego con recirculación para asegurarse de que está funcionando correctamente. Realiza inspecciones periódicas, verifica el flujo de agua y realiza los ajustes necesarios. También debes estar atento a posibles problemas de obstrucción en los filtros y limpiarlos si es necesario.

Al implementar un sistema de riego con recirculación en un jardín vertical, es recomendable contar con un sistema automatizado que controle el riego y garantice un suministro adecuado de agua a las plantas.

### **¿Como se construye un jardín vertical?**

La construcción de un jardín vertical es un proceso complejo que requiere planificación cuidadosa y conocimientos técnicos especializados. A continuación, se describen los pasos generales que se deben seguir para construir una fachada verde:

-Diseño y planificación: El primer paso es diseñar el jardín vertical y planificar su construcción. Esto incluye la selección de las especies vegetales que se utilizarán, la elección de los materiales de construcción, la preparación del terreno y la planificación de la irrigación y el drenaje.[48]

-Selección de materiales: Se deben seleccionar los materiales adecuados para construir la estructura que sostendrá las plantas. Esto puede incluir paneles de metal, madera o plástico, y un sistema de soporte para sujetarlos a la pared.[49]

-Preparación del terreno: Se debe preparar la superficie de la pared en la que se construirá el jardín vertical. Esto puede incluir la eliminación de cualquier revestimiento existente y la reparación de grietas o superficies irregulares.

-Instalación del sistema de soporte: Se debe instalar el sistema de soporte en la pared. Esto puede incluir un marco de acero o aluminio, paneles de madera o plástico, o un sistema de cuerdas o alambres. [43]

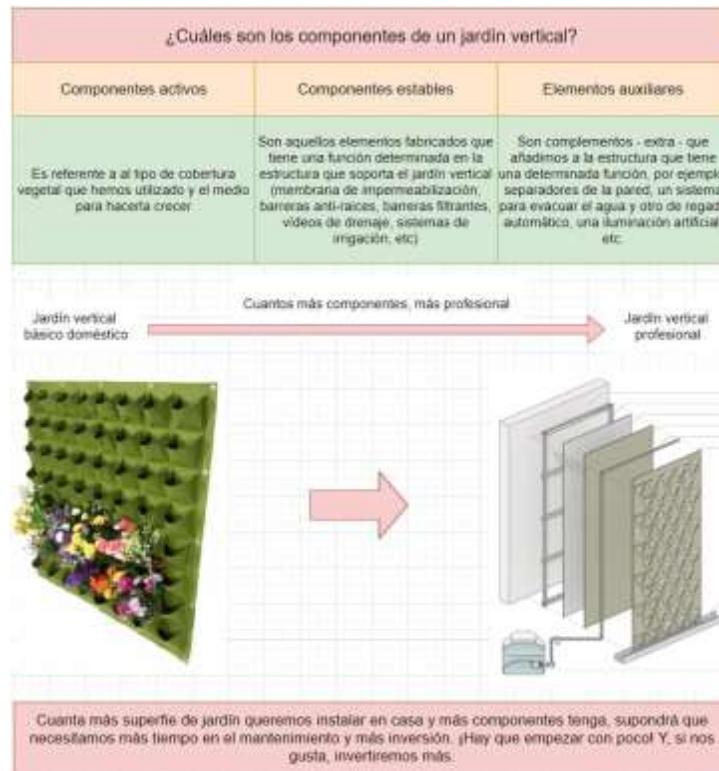
-Instalación del sistema de irrigación y drenaje: Se debe instalar un sistema de irrigación y drenaje para mantener las plantas saludables y evitar el exceso de agua. Esto puede incluir la instalación de un sistema de riego automático o la colocación de un sistema de goteo.

-Plantación de las especies vegetales: Se debe plantar las especies vegetales seleccionadas en los paneles de la fachada verde. Esto puede incluir plantas trepadoras, hierbas y flores.

-Mantenimiento: Es importante realizar un mantenimiento regular para asegurarse de que el jardín vertical se mantenga saludable y en buen estado. Esto puede incluir la poda de las plantas, el control de plagas y enfermedades, y la revisión del sistema de irrigación y drenaje.

Cabe destacar los componentes de un jardín vertical el cual se ilustran en la figura 12.

**Figura 12.** Componentes de un jardín vertical



**Fuente:** Ovacen.com

Cabe resaltar la importancia del Objetivo 11 de Desarrollo Sostenible (ODS) pues según la Agenda 2030 de las Naciones Unidas se titula "Ciudades y comunidades sostenibles". El objetivo busca garantizar que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.[50] Esto implica asegurar el acceso a una vivienda adecuada y asequible, el transporte seguro y sostenible, la planificación y gestión del uso del suelo, la protección del patrimonio cultural y natural, la reducción del impacto ambiental y la mejora de la resiliencia ante desastres naturales y humanos. El objetivo también tiene como meta mejorar la participación y el empoderamiento de las comunidades locales en la toma de decisiones sobre el desarrollo urbano y la gestión de los recursos naturales. Relacionando este objetivo con el proyecto, tiene como fin darle cumplimiento[51].

### Tipos de Jardines verticales

Al seleccionar el tipo de jardín vertical adecuado para la IED es importante considerar varios factores, como el espacio disponible, el clima local, los recursos disponibles y los objetivos educativos del colegio:

1. Jardín vertical con plantas ornamentales: Este tipo de jardín vertical se enfoca en la belleza estética y la decoración. Puede incluir una variedad de plantas ornamentales que añadan color y textura al entorno escolar. Es importante seleccionar plantas que se adapten bien al clima de Bogotá y que sean de bajo mantenimiento. Esto permitirá que los estudiantes aprecien la belleza natural y aprendan sobre la diversidad de plantas[52].
2. Jardín vertical comestible: Implementar un jardín vertical con plantas comestibles puede ser una excelente opción para un colegio público, ya que combina la educación con la producción de

alimentos. Puedes seleccionar plantas como hierbas aromáticas, vegetales de hoja verde o incluso fresas colgantes. Los estudiantes podrán aprender sobre la importancia de la agricultura urbana, la alimentación saludable y la sostenibilidad.

3. Jardín vertical educativo: Este tipo de jardín vertical está diseñado específicamente para la enseñanza y el aprendizaje. Puedes crear secciones temáticas que representen diferentes ecosistemas o biomas, como un jardín de selva tropical, un jardín desértico o un jardín de plantas nativas. Este enfoque permite a los estudiantes explorar la diversidad de la flora y fauna y comprender la importancia de la conservación del medio ambiente[53].
4. Jardín vertical de plantas nativas: Fomentar la conservación de la biodiversidad local es fundamental. Un jardín vertical con plantas nativas de Bogotá y sus alrededores puede ayudar a los estudiantes a comprender la importancia de preservar las especies autóctonas y su relación con el ecosistema local. Además, las plantas nativas suelen ser más resistentes al clima y requieren menos mantenimiento.
5. Jardín vertical de plantas medicinales: Otra opción interesante es un jardín vertical que destaque las plantas medicinales. Podrías seleccionar plantas como la manzanilla, la menta, el romero o la salvia, que son conocidas por sus propiedades medicinales. Este tipo de jardín no solo proporciona beneficios educativos, sino que también puede promover la salud y el bienestar de los estudiantes.

Independientemente del tipo de jardín vertical que elijas, es importante contar con un sistema de riego adecuado y un mantenimiento regular para asegurar el crecimiento saludable de las plantas. Además, involucrar a los estudiantes en el proceso de diseño, implementación y cuidado del jardín puede brindarles una experiencia educativa enriquecedora y fomentar su conexión con la naturaleza.

### Mantenimiento de un Jardín Vertical

El mantenimiento de un jardín vertical es fundamental para asegurar que las plantas se mantengan saludables y el jardín conserve su aspecto atractivo[54]:

1. **Riego:** El riego regular es esencial para mantener las plantas hidratadas. El sistema de riego del jardín vertical debe ser monitoreado y ajustado según las necesidades de las plantas y las condiciones climáticas. Algunos jardines verticales tienen sistemas de riego automatizados, mientras que otros requieren riego manual. El objetivo es mantener el sustrato húmedo sin que se acumule agua en exceso.
2. **Fertilización:** Las plantas en un jardín vertical pueden requerir nutrientes adicionales para crecer de manera saludable. La fertilización regular puede ayudar a mantener el vigor y el color de las plantas. Es importante utilizar fertilizantes específicos para plantas de interior o de jardín vertical, siguiendo las instrucciones de aplicación y evitando el exceso de fertilización.
3. **Poda:** La poda periódica es necesaria para controlar el crecimiento de las plantas y mantener una forma estética. Se deben eliminar las hojas o ramas muertas, así como aquellas que obstruyan el acceso a la luz o causen un desequilibrio en el jardín vertical. La poda también puede ayudar a promover la ramificación y el crecimiento compacto de las plantas.
4. **Control de plagas y enfermedades:** El monitoreo regular del jardín vertical es importante para detectar a tiempo la presencia de plagas o enfermedades. Si se observa algún problema, se deben

tomar medidas adecuadas, como el uso de insecticidas orgánicos o métodos de control biológico, para evitar la propagación y daño a las plantas.

5. **Reposición de plantas:** Con el tiempo, algunas plantas pueden debilitarse o morir. En ese caso, es necesario reemplazarlas para mantener la apariencia deseada del jardín vertical. Además, es posible que sea necesario realizar una rotación de plantas periódica para permitir que algunas se recuperen y se fortalezcan.
6. **Limpieza y mantenimiento estructural:** Además del cuidado de las plantas, es importante realizar una limpieza regular del jardín vertical y su estructura. Esto implica eliminar el polvo o la suciedad acumulada en las hojas y paneles, así como inspeccionar la estructura para asegurarse de que esté en buen estado y realizar cualquier reparación necesaria.

### Marco Legal

En Colombia, los jardines verticales están regulados principalmente por normativas relacionadas con el medio ambiente, el urbanismo y la arquitectura sostenible. A nivel nacional, existen leyes y regulaciones que promueven la protección y conservación del medio ambiente, así como la implementación de proyectos que fomenten la sostenibilidad en el entorno urbano. A nivel local, en Bogotá, se han establecido normativas específicas para regular los jardines verticales y su integración en la ciudad.[23]

A nivel nacional, la Ley 99 de 1993, conocida como la Ley General Ambiental, establece los principios y disposiciones generales para la gestión del medio ambiente en Colombia. Esta ley promueve la protección de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad, incentivando la implementación de proyectos que contribuyan a la sostenibilidad ambiental.

En el ámbito urbanístico, el Decreto 1077 de 2015, por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, regula aspectos relacionados con el diseño urbano y la construcción sostenible. Este decreto establece criterios para la incorporación de elementos paisajísticos en los proyectos arquitectónicos, incluyendo la posibilidad de implementar jardines verticales como parte de las fachadas de los edificios.

En Bogotá, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) establece lineamientos urbanísticos y ambientales para la ciudad. En el marco del POT, se promueve la incorporación de espacios verdes y elementos vegetales en la infraestructura urbana, incluyendo la implementación de jardines verticales en edificaciones. Estos jardines pueden contribuir a la mejora de la calidad del aire, la reducción del efecto isla de calor, y la generación de hábitats para la fauna urbana.

Además, en Bogotá, existen iniciativas como el Programa de Agricultura Urbana (PAU), que busca promover la producción de alimentos en la ciudad, incluyendo la implementación de jardines verticales en espacios públicos y privados. El PAU proporciona orientación y apoyo técnico a los ciudadanos interesados en desarrollar proyectos de agricultura urbana, incluyendo la implementación de jardines verticales.

Es importante destacar que, para la implementación de jardines verticales en Colombia y Bogotá, es necesario obtener los permisos y autorizaciones correspondientes de las entidades competentes. Estas autorizaciones pueden variar dependiendo del tipo de proyecto, su ubicación y los impactos ambientales asociados. Por lo tanto, es recomendable consultar con las autoridades locales y contar con el acompañamiento de profesionales especializados en el diseño y ejecución de jardines verticales.[9]

## OBJETIVOS

### GENERAL

Diseño de un jardín vertical en la I. E. D. José Joaquín Casas ubicado en el barrio Puente Aranda.

### ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la estructura del colegio, para la ubicación del jardín vertical.
- Realizar el diseño del jardín vertical en AutoCAD y mostrarlo en 3D.
- Determinar la viabilidad social y ambiental, mediante una rigurosa investigación identificando los beneficios y desventajas de los jardines verticales.

## METODOLOGÍA

Para dar desarrollo al proyecto primeramente es necesario identificar los problemas ambientales que se ven reflejados en el colegio y en el entorno, el colegio José Joaquín Casas está ubicado en una zona industrial en el barrio Puente Aranda de Bogotá, por lo que, los problemas más comunes son, contaminación atmosférica, auditiva, enfermedades respiratorias en la comunidad, entre otros, que al hacer un análisis de estos, se encuentra la solución y es el diseño de un techo y fachadas verdes, con un beneficio no solo común, también propio, donde toda una comunidad se verá beneficiada,[55] ya que, si se piensa a futuro, implementar este tipo de educación ambiental e infraestructuras verdes en los colegios, puede ser ejemplo a seguir para los futuros ingenieros ambientales que deseen hacer este tipo de proyectos en cualquier lugar, ya sea, una vivienda, una empresa o institución.

Después de identificar dichos problemas es necesario dar respuesta y analizar porque la institución y la comunidad se beneficia al lograr el respectivo diseño pues la creación de un diseño en AutoCAD de una fachada verde para el Colegio José Joaquín Casas es importante por varias razones[56]:

1. Mejora la estética del colegio: La inclusión de una fachada verde puede mejorar la apariencia del colegio y hacer que sea más atractivo visualmente. Esto puede tener un impacto positivo en la percepción de la comunidad y en la reputación del colegio.
2. Contribuye a la sostenibilidad: Una fachada verde es una forma de infraestructura verde que contribuye a la sostenibilidad y ayuda a reducir el impacto ambiental del edificio. La vegetación puede ayudar a reducir la temperatura del colegio y a mejorar la calidad del aire. Además, una fachada verde puede actuar como una barrera de ruido y reducir la contaminación acústica en el entorno del colegio.
3. Mejora la calidad de vida: Los espacios verdes tienen un impacto positivo en la salud y el bienestar de las personas. La inclusión de una fachada verde puede crear un ambiente más agradable y saludable para los estudiantes, el personal y la comunidad en general. Los espacios verdes también pueden proporcionar un lugar de descanso y recreación para los estudiantes y el personal del colegio.
4. Fomenta la educación ambiental: La inclusión de una fachada verde en el diseño del colegio puede fomentar la educación ambiental y crear conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad y la conservación del medio ambiente. Los estudiantes pueden aprender sobre la

importancia de las plantas y la biodiversidad, y cómo pueden contribuir a la sostenibilidad en su propia vida cotidiana.

Es así como la creación de un diseño en AutoCAD de una fachada verde para el Colegio José Joaquín Casas puede tener beneficios importantes para la estética del edificio, la sostenibilidad, la calidad de vida y la educación ambiental. Es una forma de inversión en el futuro del colegio y de la comunidad en la que se encuentra.

Basándonos en la consulta acerca de que tipos de techos y fachadas verdes existen, como se componen y que se necesita para su creación, es como se va generando la idea y solución al problema que se planteó al principio del proyecto, pues con información más clara y concisa de libros y artículos suministrados por la biblioteca de la universidad se cumple con lo planteado.

Después de identificar los beneficios y conocer más a fondo de las fachadas verdes es necesario hacer un análisis detallado del colegio y del entorno urbano en el que se encuentra ubicado colegio. Este análisis debe incluir aspectos como la orientación del colegio, la disponibilidad de luz solar, la presencia de sombras, el tipo de suelo, la humedad ambiental, la presencia de viento, entre otros. Estos factores son relevantes para determinar el tipo de plantas que se utilizarán en el diseño y la ubicación de los elementos estructurales necesarios para soportar la fachada.

Al tener el análisis detallado seguimos con una recolección de datos (Caracterización): donde es necesario saber cómo está constituido, su construcción, que tanto conoce y sabe la comunidad de fachadas verdes (se hará una encuesta y se dará a conocer sobre el proyecto), su entorno y demás ítems, se recolectan estos datos para poder seguir con el proyecto ya que, de este paso depende el proyecto por lo que las características del colegio y su entorno son primordiales para plantear el respectivo diseño. Cabe resaltar que dentro de este paso encontramos la búsqueda de la historia del arte y la metodología que se usara en toda la documentación con el fin de tener un conocimiento más a fondo de lo que es y la importancia de las paredes verdes.

Luego de tener toda la información necesaria recolectada se procede a realizar el plano del colegio en el software AutoCAD: ya que este no cuenta con un plano, pues es un colegio muy pequeño y por el momento no se han implementado estrategias para realizar un respectivo diseño que muestre como está constituido el colegio a escalas aproximadamente reales.

Después es importante hacer la selección de las plantas: es un aspecto crucial en el diseño de una fachada verde. Es importante elegir plantas que sean resistentes a las condiciones ambientales del lugar, que se adapten a la exposición solar y al tipo de suelo, y que no requieran un mantenimiento constante. Además, se deben considerar las dimensiones y características de las plantas para asegurar que sean adecuadas para el diseño de la fachada. Es importante elegir plantas que se adapten al clima local y que proporcionen beneficios adicionales como la reducción del ruido y la mejora de la calidad del aire.

Luego se procede a realizar el diseño de la estructura de soporte: Una vez que se han seleccionado las plantas, se debe diseñar la estructura de soporte que sostendrá la fachada verde. Esta estructura debe ser resistente y duradera, capaz de soportar el peso de la vegetación y de resistir las condiciones climáticas adversas. El diseño debe incluir la ubicación de las vigas, columnas, anclajes y otros elementos necesarios para sostener la fachada. Es importante asegurarse de que la estructura de soporte se integre adecuadamente con el edificio y que no afecte negativamente su estabilidad o su aspecto estético.

Cuando se han definido los elementos previos, se puede proceder al diseño de la fachada verde en sí. Este proceso implica la distribución de las plantas en la estructura de soporte, la definición de las dimensiones y características de cada planta, y la definición de los materiales y sistemas de riego

necesarios para mantener la vegetación en buen estado. Es importante tener en cuenta el aspecto estético y funcional de la fachada, así como la eficiencia en el uso del agua y la energía.

Una vez completado el diseño, es necesario documentarlo y presentarlo de manera adecuada. Esto implica la creación de planos detallados en AutoCAD, también se presentarán las imágenes en realidad virtual de cómo se simulan las fachadas verdes y se presenta este proyecto ante la comunidad educativa y la universidad Antonio Nariño.

En definitiva, la metodología de este proyecto consta de nueve pasos importantes, donde cada paso depende del anterior, en la siguiente ilustración se ve reflejado el paso a paso para poder darle cumplimiento a los objetivos.

En la siguiente figura (13) se muestra el mapa de procesos para la metodología, junto con un código QR el cual muestra los resultados y datos del proyecto.

**Figura 13.** Mapa de procesos Diseño IED José Joaquín Casas



*Fuente: Propia*

## RECOLECTAR DATOS O INFORMACIÓN

### Encuesta Jardines verticales para la IED José Joaquín Casas

En el anexo 1 se presenta la encuesta que realizaron los 27 docentes de la IED José Joaquín Casas la cual consistió en 10 preguntas que fueron dirigidas a los docentes de la institución y que tuvo como objetivo explorar la posibilidad de crear jardines verticales. Las preguntas abordaron una variedad de temas, incluyendo los beneficios de tener jardines verticales en la institución, las estrategias para financiar y mantener el jardín, los desafíos que podrían surgir y cómo se podría utilizar el jardín como herramienta educativa. Al responder a estas preguntas, los docentes pueden evaluar el potencial de un proyecto de jardín vertical en su institución y planificar su implementación de manera efectiva. El

formulario también proporcione información valiosa para involucrar a otros miembros del personal, a los padres y a la comunidad local en el proyecto de jardín vertical.

La encuesta proporciona información valiosa para la toma de decisiones informadas en relación con los jardines verticales y su implementación en la institución educativa o en cualquier espacio con el propósito de favorecer el medio ambiente y mejorar la calidad de vida.

### Recolección de factores claves de la problemática ambiental en la IED José Joaquín Casas

En las siguientes figuras se encuentran los datos de las problemáticas ambientales que presenta la IED José Joaquín Casas según el visor IBOCA y el visor visorGeo, donde, se puede ver el colegio marcado con un cuadro.

En la figura 14 se puede ver el nivel del ruido en la IED José Joaquín Casas

**Figura 14.** Nivel del ruido en la IED José Joaquín Casas

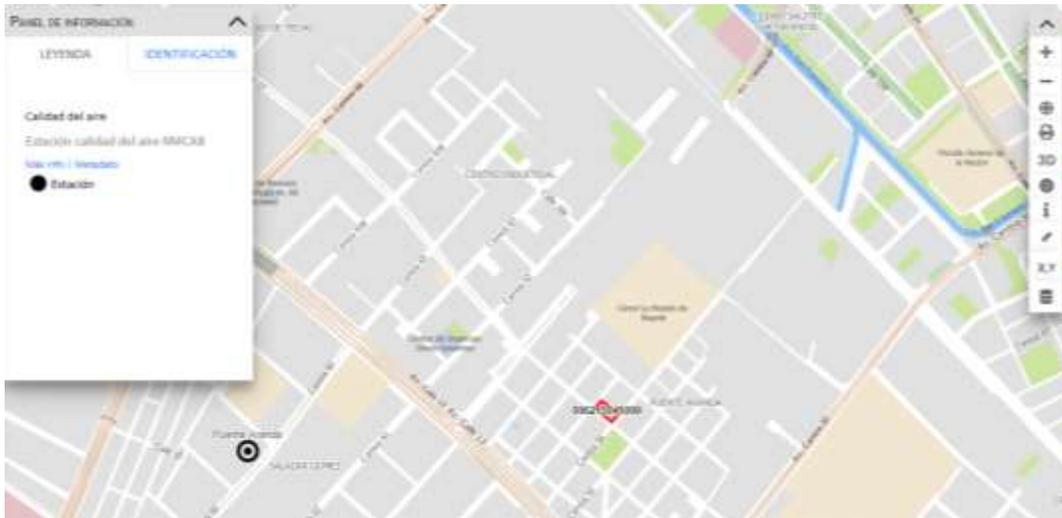


**Fuente:** visorgeo.ambientebogota.gov.co

El nivel de ruido en un jardín vertical puede depender de varios factores, como la ubicación del jardín, el entorno circundante y los elementos utilizados en su construcción. En general, los jardines verticales pueden ayudar a reducir el ruido ambiental al actuar como una barrera acústica adicional. Las plantas y el follaje pueden absorber y difundir parte del ruido, especialmente las frecuencias altas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los jardines verticales no son necesariamente una solución completa para eliminar el ruido. Otros elementos del entorno, como edificios altos, tráfico intenso o fuentes de ruido cercanas, seguirán contribuyendo al nivel general de ruido en el área. La efectividad de un jardín vertical para reducir el ruido también puede depender de la densidad de las plantas utilizadas. Cuanto más densa sea la vegetación, mejor será su capacidad para absorber el sonido. Las plantas con hojas grandes y texturas rugosas tienden a ser más efectivas en la absorción del ruido que las plantas con hojas pequeñas o lisas. [11]: Como se puede ver en la figura 14 el nivel del ruido en una jornada diurna ordinaria, es decir, entre semana, en un horario de 6:00 am a 6:00 pm es de 55 a 75 dB, lo que nos muestra que son altos niveles de ruido en la zona debido a las industrias y vías de altas frecuencias que afectan directamente a la IED José Joaquín Casas.

En la figura 15 se puede ver la estación más cercana en la IED José Joaquín Casas

**Figura 15.** Estación más cercana en la IED José Joaquín Casas

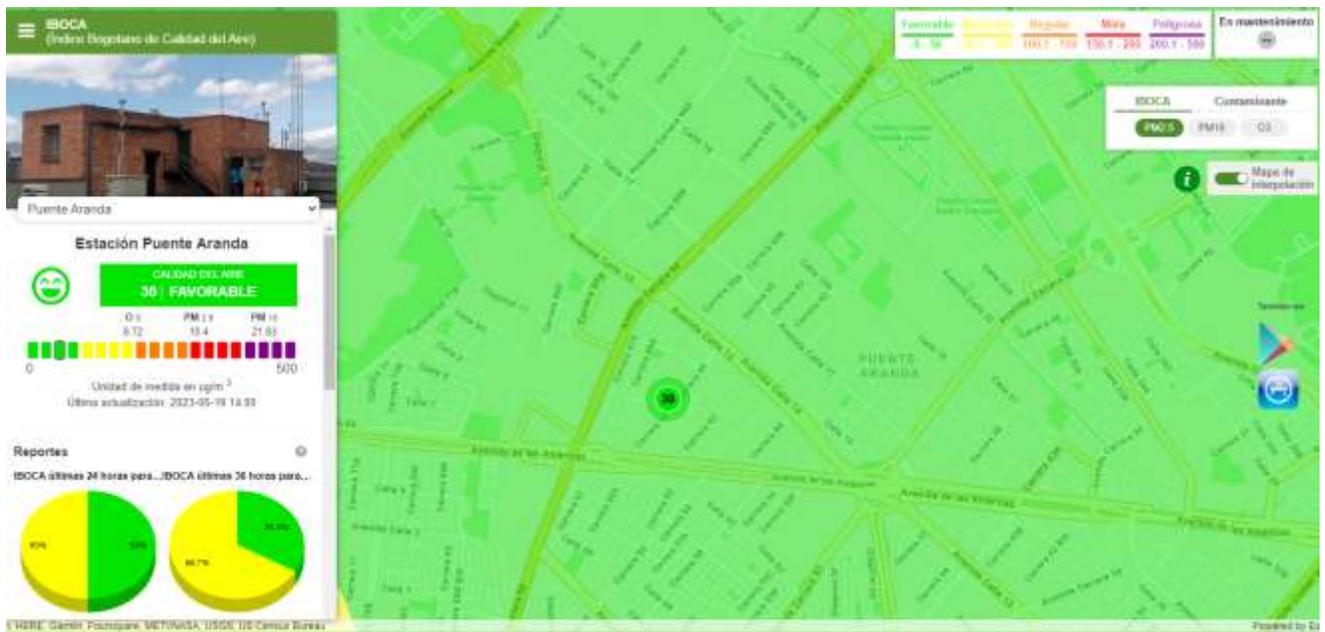


**Fuente:** visorgeo.ambientebogota.gov.co

En la anterior figura (15) podemos ver un círculo negro representando la estación que mide la calidad de aire más cercana a la IED José Joaquín Casas (representado por un cuadrado rojo), es evidente que esta estación se encuentra algo retirada de la zona de estudio, por lo que sus datos frente a la calidad del aire no serán del todo exactos.

En la figura 16 se puede ver el PM 2.5 de la IED José Joaquín Casas.

**Figura 16.** PM 2.5 de la IED José Joaquín Casas.



**Fuente:** iboca.ambientebogota.gov.co

La figura anterior (16) muestra que según la estación #30 de Puente Aranda la calidad del aire es buena según el PM2.5, pues se encuentra en un rango favorable de 0 a 12.0 ug/m3. Pero, cabe resaltar que esta estación está lejos de la IED José Joaquín Casas, por lo que no son datos exactos del lugar y lo que las personas que viven cerca y hacen parte de la institución día a día perciben otro tipo de calidad en el aire, algo más pesada por las industrias y vías con bastante circulación vehicular. Cabe resaltar que los jardines verticales actúan como filtros naturales al atrapar y retener partículas de material particulado en sus superficies. Las plantas y sustratos utilizados en los jardines verticales pueden ayudar a absorber y retener estas partículas, reduciendo su presencia en el aire circundante. [11]

En la figura 17 se puede ver el PM 10 de la IED José Joaquín Casas.

**Figura 17.** PM 10 de la IED José Joaquín Casas.



**Fuente:** visorgeo.ambientebogota.gov.co

Esta figura (17) nos muestra el nivel de PM 10 (45-50 ug/m3) en la IED José Joaquín Casas, siendo un nivel bueno para la localidad.

En la figura 18 se puede ver la vegetación existente de la IED José Joaquín Casas

**Figura 18.** Vegetación existente de la IED José Joaquín Casas



**Fuente:** visorgeo.ambientebogota.gov.co

Lo que nos muestra que el suelo esta desnudo y la vegetación esta muerta o no hay mucha en la zona, pues, como se ha mencionado anteriormente el barrio es industrial y el colegio no cuenta con mucha vegetación.

En la figura 19 se puede ver la temperatura de la IED José Joaquín Casas, mostrando una temperatura de 13.5 a 14 °C.

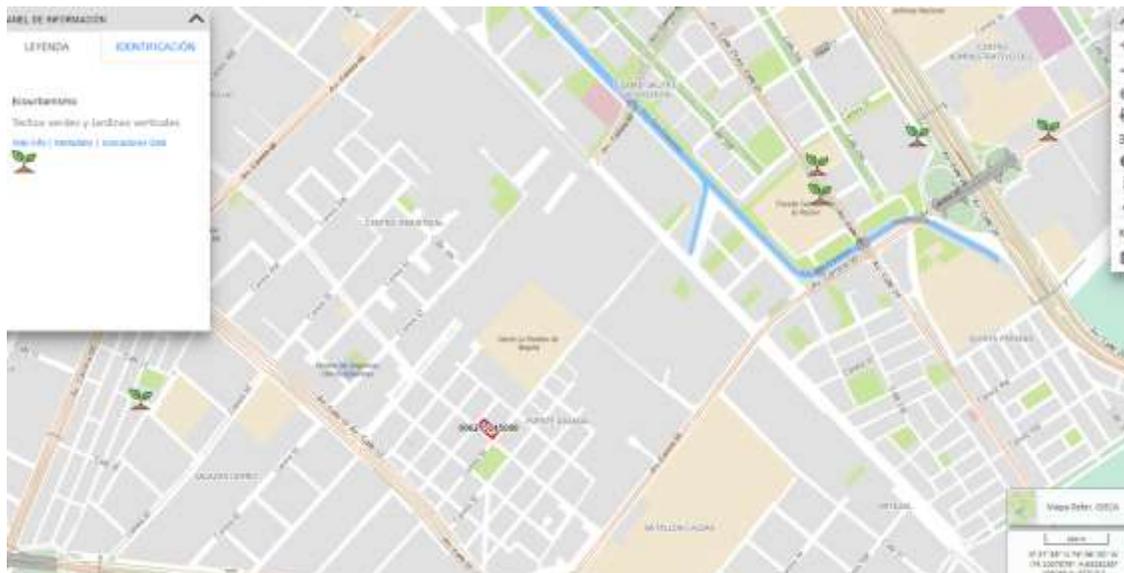
**Figura 19.** Temperatura de la IED José Joaquín Casas



**Fuente:** visorgeo.ambientebogota.gov.co

En la figura 20 se puede ver el jardín vertical más cercano en la IED José Joaquín Casas.

**Figura 20.** Jardín vertical más cercano en la IED José Joaquín Casas.



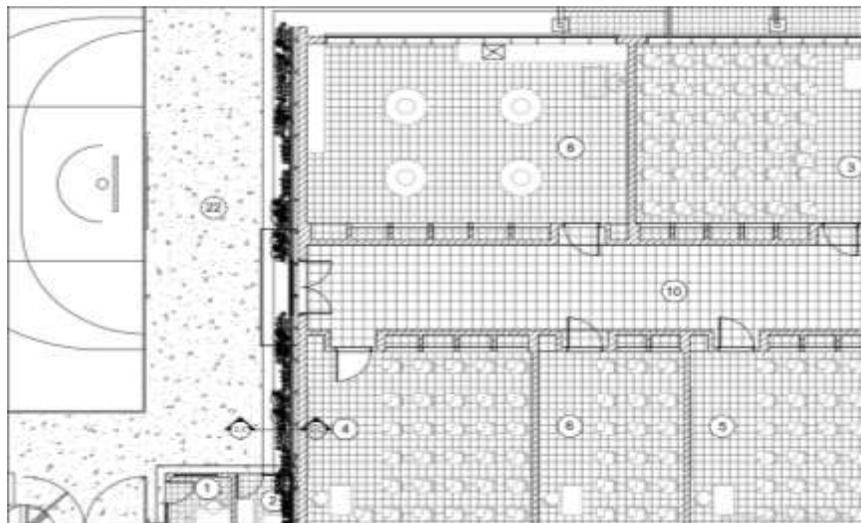
**Fuente:** visorgeo.ambientebogota.gov.co

Por último, esta figura (20) nos muestra los jardines verticales más cercanos a la IED José Joaquín Casas, donde es posible concluir que en el barrio Puente Aranda no hay ninguno y si se sería el proyecto sería uno de los primeros en el barrio.

## RESULTADOS

Para dar buenos resultados en el proyecto hacer una gran investigación acerca de los jardines verticales tanto internacionalmente como nacionalmente, incluyendo con toda su caracterización e historia principalmente se logra cumplir con el mayor objetivo que es generar un diseño en el software AUTOCAD de un jardín vertical en la I. E. D. José Joaquín Casas ubicada en el barrio Puente Aranda, estos se ilustran en las siguientes figuras (21-22):

**Figura 21.** Plano AutoCAD vista izquierda IED José Joaquín Casas



*Fuente:* propia

**Figura 22.** Plano AutoCAD vista derecha IED José Joaquín Casas



*Fuente:* Propia

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para lograr cumplir los objetivos del proyecto fue necesario seguir el paso a paso de la metodología, donde:

### 1. Identificación de problemas ambientales en la institución.

El Colegio José Joaquín Casas ha revelado la necesidad de implementar un diseño de jardín vertical como una solución eficaz a los problemas ambientales que se presentan en la zona. A continuación, se presentan algunos de los problemas ambientales identificados y cómo un jardín vertical puede abordarlos:

**Escasez de áreas verdes:** El colegio carece de espacios suficientes para la vegetación y la recreación al aire libre. Esto puede tener un impacto negativo en la calidad de vida de los estudiantes, su salud y su bienestar general. Aproximadamente solo un 30% de la institución cuenta zonas verdes. La creación de un jardín vertical proporcionaría una solución inmediata al aprovechar las paredes existentes y convertirlas en espacios verdes verticales, mejorando la estética del entorno y ofreciendo un ambiente más natural y agradable.

**Contaminación del aire:** Al estar ubicado en una zona urbana, el colegio puede enfrentar problemas de contaminación del aire debido al tráfico y otras actividades industriales cercanas. Un jardín vertical actuaría como un filtro natural, absorbiendo contaminantes y emitiendo oxígeno fresco. Las plantas seleccionadas para el jardín vertical pueden ser especialmente eficientes para purificar el aire, ayudando a crear un ambiente más saludable dentro del colegio.

**Temperaturas extremas y falta de aislamiento:** Bogotá experimenta temperaturas extremas, tanto frías como calurosas, durante diferentes épocas del año. Esto puede afectar el confort dentro del colegio y aumentar la necesidad de sistemas de calefacción o aire acondicionado, lo que a su vez aumenta el consumo de energía. Un jardín vertical actúa como un aislante natural, regulando la temperatura del edificio y reduciendo la necesidad de equipos de climatización. Esto no solo reduciría el consumo de energía, sino que también ayudaría a crear un ambiente más cómodo y sostenible.

**Educación ambiental:** Es fundamental que los estudiantes adquieran conocimientos sobre la importancia de la conservación del medio ambiente y las formas en que pueden contribuir a través de acciones individuales y colectivas. El diseño e implementación de un jardín vertical proporcionaría una oportunidad única para la educación ambiental. Los estudiantes pueden participar activamente en la creación y el cuidado del jardín vertical, aprendiendo sobre las plantas, la biodiversidad y las prácticas sostenibles de jardinería. Esto fomentaría su conciencia ambiental y los motivaría a ser agentes de cambio en la protección del entorno.

Principalmente los factores nombrados anteriormente son los que abren paso a la importancia del porque realizar el respectivo diseño en el software AutoCAD.

Cabe resaltar que estos problemas ambientales se lograron determinar mediante Geoviosores como el IBOCA y el Visorgeo de la secretaria distrital de Ambiente en Bogotá y se muestra en la recolección de datos desde la figura 14 a la 20.

### 2. Análisis de la importancia del diseño para la institución.

1. **Visualización y planificación:** Utilizar AutoCAD para crear el diseño del jardín vertical permitirá una visualización clara y detallada de cómo se verá el proyecto una vez implementado. Esto

ayudará a los responsables del colegio y a los diseñadores a comprender mejor el diseño propuesto y realizar ajustes o mejoras antes de la ejecución física. También facilitará la planificación y coordinación de los diferentes elementos del proyecto.

2. **Eficiencia y precisión:** AutoCAD es una herramienta de diseño asistido por ordenador que permite crear diseños precisos y a escala. Al diseñar el jardín vertical en AutoCAD, se pueden medir y ajustar con precisión las dimensiones, la distribución de las plantas y otros elementos. Esto ayuda a garantizar que el diseño cumpla con los requisitos específicos del colegio y optimice el uso del espacio disponible.
3. **Evaluación de la viabilidad:** Al utilizar AutoCAD, es posible simular y evaluar diferentes escenarios y configuraciones de la fachada verde antes de su implementación. Esto incluye evaluar aspectos técnicos, como la resistencia estructural, el riego y el drenaje, así como la selección de plantas adecuadas para el clima y las condiciones específicas del colegio. Esto ayuda a identificar posibles problemas o limitaciones y permite tomar decisiones informadas para garantizar la viabilidad y el éxito del proyecto.
4. **Comunicación y presentación:** El diseño en AutoCAD proporciona una representación visual clara y profesional del proyecto de jardín vertical. Esto facilita la comunicación con todas las partes interesadas, incluyendo la dirección del colegio, el personal, los estudiantes y los proveedores. El diseño en AutoCAD puede ser presentado en forma de planos, imágenes renderizadas o incluso en formato 3D, lo que ayuda a transmitir la visión del proyecto y generar un mayor apoyo e interés.
5. **Documentación y referencia futura:** El diseño en AutoCAD proporciona una documentación precisa y detallada del proyecto de la fachada verde. Esto resulta útil para futuras referencias, mantenimiento y modificaciones posteriores. El diseño en AutoCAD sirve como una guía técnica para los contratistas y profesionales involucrados en la implementación y mantenimiento del proyecto a lo largo del tiempo.

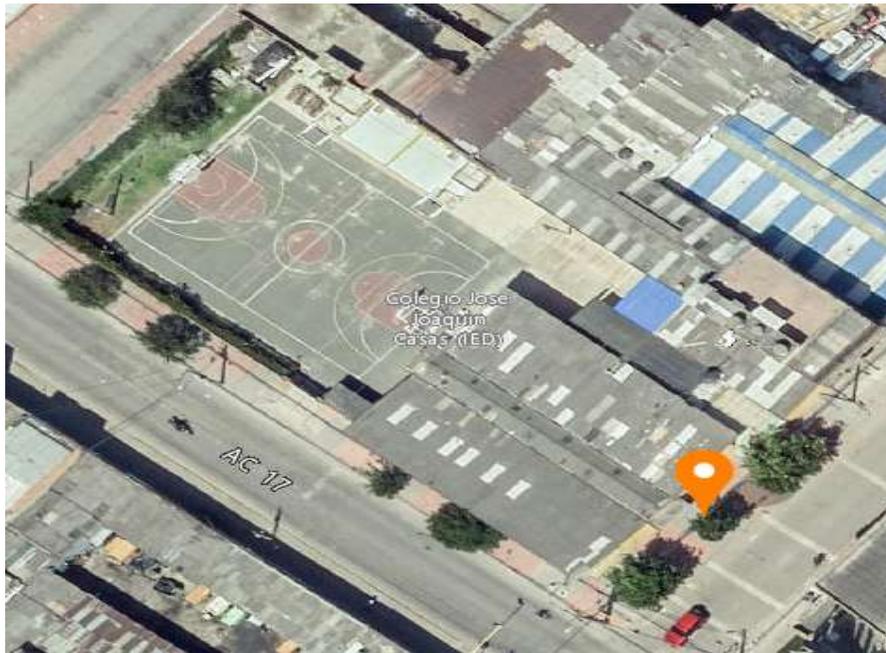
Así mismo, caben resaltar los beneficios que un jardín vertical tiene para la vida diaria de cada persona y el medio ambiente, como se nombró anteriormente en el marco teórico.

### **3. Análisis del entorno**

En la siguiente ilustración se puede ver la ubicación de la IED José Joaquín Casas con el símbolo naranja, la cual, se logra ver de manera híbrida desde ArcGIS online.

Se puede notar que el colegio cuenta solo con una zona verde al frente de la cancha y que cerca a la zona se encuentran empresas industriales y varias vías de alta circulación vehicular.

**Figura 23.** Ubicación de la IED José Joaquín Casas



**Fuente:** ArcGis Online

En las siguientes ilustraciones podemos ver cómo es el muro de la IED José Joaquín Casas, donde se pretende hacer el diseño del jardín vertical en ambos muros.

**Figura 25.** Evidencia fotográfica del muro de la IED José Joaquín Casas



**Fuente:** Propia

**Figura 26.** Evidencia fotográfica del muro de la IED José Joaquín Casas



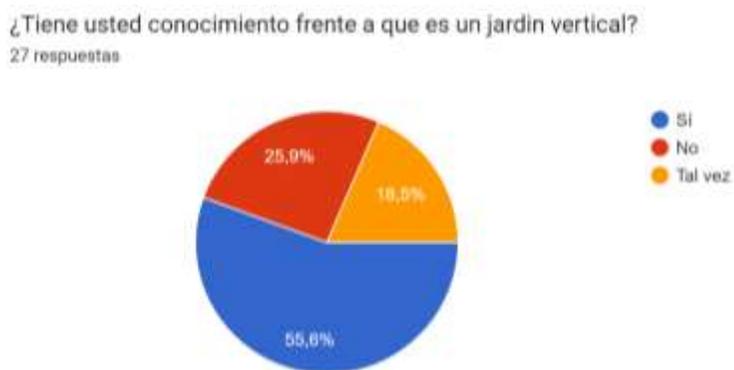
**Fuente:** Propia

#### 4.Recolección de datos

En las siguientes ilustraciones se encuentra la encuesta que se realizó al personal docente y área administrativa del colegio. Con el fin de responder a la pregunta del por qué es importante la creación de este diseño y que tanto saben de los jardines verticales.

A continuación, se presenta los resultados de la encuesta; consistió en 10 preguntas que fueron dirigidas a los docentes de la institución y que tiene como objetivo explorar la posibilidad de crear jardines verticales. Las preguntas abordan una variedad de temas, incluyendo los beneficios de tener jardines verticales en la institución, las estrategias para financiar y mantener el jardín, los desafíos que podrían surgir, y cómo se podría utilizar el jardín como herramienta educativa. Al responder a estas preguntas, los docentes pueden evaluar el potencial de un proyecto de jardín vertical en su institución y planificar su implementación de manera efectiva. El formulario también puede proporcionar información valiosa para involucrar a otros miembros del personal, a los padres y a la comunidad local en el proyecto de jardín vertical.

**Figura 27.** Pregunta y análisis de la pregunta #1 de la encuesta para el personal de la IED José Joaquín Casas



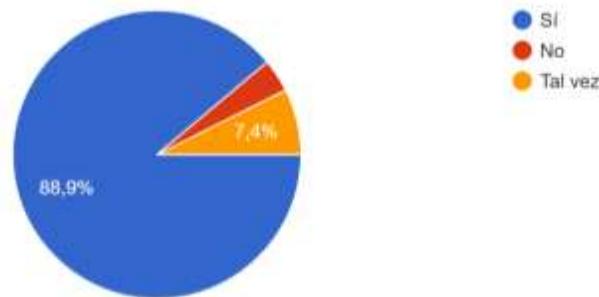
**Fuente:** Propia-Formulario Gmail Google

Según el análisis a la pregunta, los administrativos de la institución en su mayoría 55,6% tienen conocimiento sobre los jardines verticales, el 25,9% de las personas no tienen conocimiento de los jardines verticales y el 18,5% de las personas restantes, respondieron que tal vez tenían algo de conocimiento.

**Figura 28.** Pregunta y análisis de la pregunta #2 de la encuesta para el personal de la IED José Joaquín Casas

¿Cree que la instalación de un jardín vertical en la institución puede mejorar la calidad del aire en el interior de la escuela?

27 respuestas



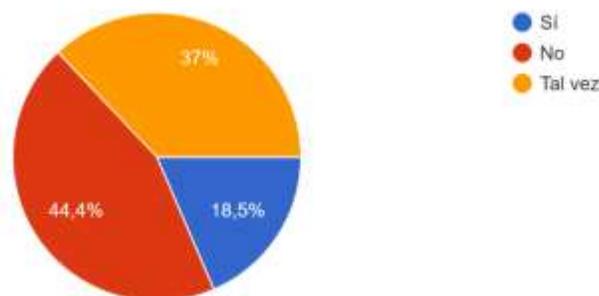
**Fuente:** Propia-Formulario Gmail Google

Con un porcentaje elevado en 88,9% las personas respondieron “Sí” considerando que la instalación de los jardines verticales favorece la calidad del aire en la institución, pocas personas respondieron no 3,7%. el 7,4% de las personas restantes, respondieron “tal vez” a este interrogante.

**Figura 29.** Pregunta y análisis de la pregunta #3 de la encuesta para el personal de la IED José Joaquín Casas

¿Cree usted que los jardines verticales requieren una cantidad de dinero significativo para su creación y mantenimiento?

27 respuestas



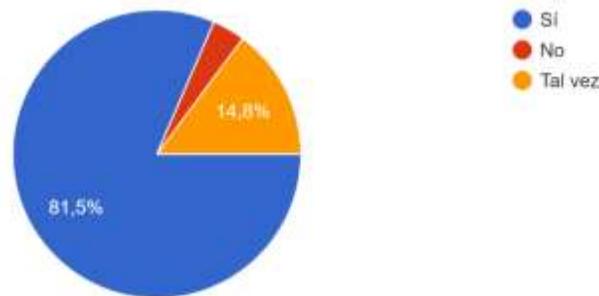
**Fuente:** Propia-Formulario Gmail Google

Diversas personas consideran que la creación y el mantenimiento de un jardín vertical requiere de una cantidad de dinero significativo, por lo cual el 44,4% de las personas respondieron “NO”, el 18,5% respondieron “SI” y el 37% respondieron “TAL VEZ”.

**Figura 30.** Pregunta y análisis de la pregunta #4 de la encuesta para el personal de la IED José Joaquín Casas

¿Considera usted que un jardín vertical podría ayudar a mejorar la temperatura en la escuela en los meses más cálidos?

27 respuestas



**Fuente:** Propia-Formulario Gmail Google

Respecto a esta pregunta de si un jardín vertical beneficiaría la temperatura dentro de la institución en los meses cálidos el 81,5% de las personas respondieron “SI”, mientras que el 3,7% respondió “NO” y el 14,8% respondió “TAL VEZ”.

**Figura 31.** Pregunta y análisis de la pregunta #5 de la encuesta para el personal de la IED José Joaquín Casas

¿Cree usted que valdría la pena invertir en la creación de un jardín vertical dentro de la institución?

27 respuestas

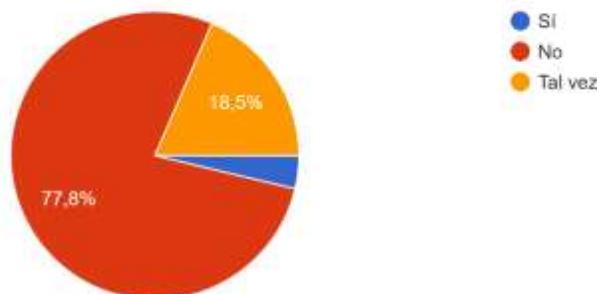


**Fuente:** Propia-Formulario Gmail Google

A este interrogante el 96,3% de las personas respondieron “SI” y tan solo el 3,7% de las personas respondieron “NO”, ninguno optó por responder “TAL VEZ”

**Figura 32.** Pregunta y análisis de la pregunta #6 de la encuesta para el personal de la IED José Joaquín Casas

¿Considera usted que puede existir restricciones legales que impidan la instalación de un jardín vertical en la institución?  
27 respuestas

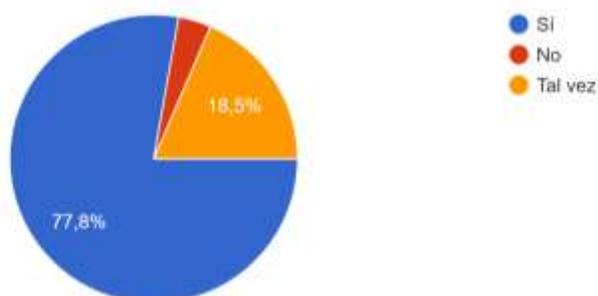


**Fuente:** Propia-Formulario Gmail Google

Varias personas respondieron en su mayoría "NO" con el 77,8%, el 18,5% respondieron "TAL VEZ" y el 3,7 % de las personas respondieron "SI".

**Figura 33.** Pregunta y análisis de la pregunta #7 de la encuesta para el personal de la IED José Joaquín Casas

¿Una fachada verde puede ser utilizada para enseñar conceptos académicos como la biología y la ecología?  
27 respuestas

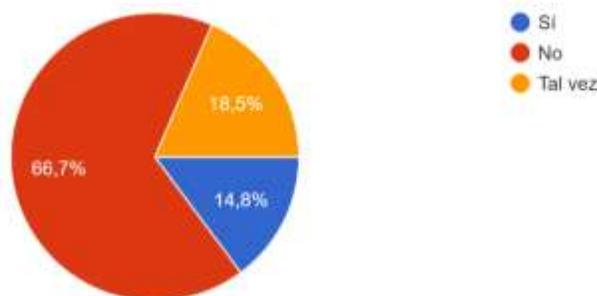


**Fuente:** Propia-Formulario Gmail Google

Los jardines verticales pueden contribuir en el proceso académico de los estudiantes, a lo cual 77,8% respondieron "SI", el 18,5% respondieron "TAL VEZ" y el 3,7% respondió "NO".

**Figura 34.** Pregunta y análisis de la pregunta #8 de la encuesta para el personal de la IED José Joaquín Casas

¿Es posible que la instalación de una fachada verde pueda interferir con otras actividades escolares o deportivas?  
27 respuestas

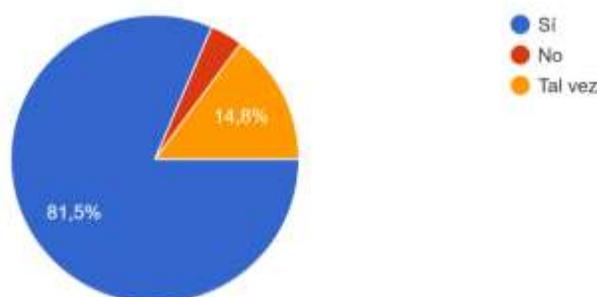


**Fuente:** Propia-Formulario Gmail Google

El jardín vertical podría afectar las diversas actividades de la institución, el 66, 7% de las personas respondieron “NO”, el 14,8% respondieron “SI” y el 18,5% respondió “TAL VEZ”.

**Figura 35.** Pregunta y análisis de la pregunta #9 de la encuesta para el personal de la IED José Joaquín Casas

¿Las fachadas verdes pueden ser beneficiosas para la salud mental y emocional de los estudiantes y el personal de la institución ?  
27 respuestas



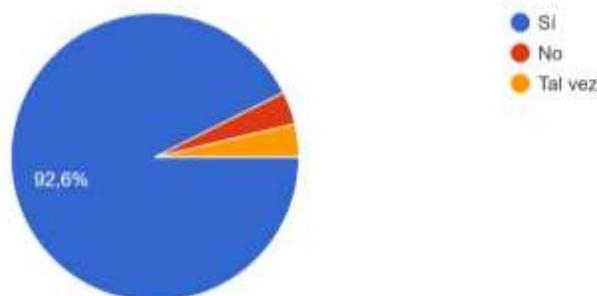
**Fuente:** Propia-Formulario Gmail Google

Los jardines verticales podrían contribuir de forma beneficiosa la salud mental y emocional de los educandos, a lo cual las personas respondieron lo siguiente: “SI” 81, 5%, “NO” 3, 7% y el 14, 8% de las personas respondieron “TAL VEZ”

**Figura 36.** Pregunta y análisis de la pregunta #10 de la encuesta para el personal de la IED José Joaquín Casas

¿Usted considera que toda institución educativa deba implementar jardines verticales, con el propósito de contribuir beneficios al medio ambiente?

27 respuestas



**Fuente:** Propia-Formulario Gmail Google

La mayoría de las personas están de acuerdo con que cada institución deba implementar jardines verticales “SI” 92,6%, algunas personas respondieron “NO” 3,7%, y el número restante de personas respondieron “TAL VEZ” 3,7%

El análisis estadístico de la encuesta proporciona información valiosa para la toma de decisiones informadas en relación con los jardines verticales y su implementación en la institución educativa o en cualquier espacio con el propósito de favorecer el medio ambiente y mejorar la calidad de vida

### Beneficios de un jardín vertical en la salud

Los jardines verticales ofrecen una serie de beneficios para la salud lo que es importante destacar en el colegio. Algunos de estos beneficios incluyen:

1. **Mejora de la calidad del aire:** Los jardines verticales actúan como filtros naturales, ayudando a purificar el aire al absorber dióxido de carbono y liberar oxígeno. También pueden atrapar partículas de polvo y contaminantes, lo que contribuye a un ambiente interior más limpio y saludable [46].
2. **Reducción del estrés:** La presencia de vegetación y el contacto visual con la naturaleza han demostrado tener un efecto calmante y reducir los niveles de estrés. Los jardines verticales brindan un entorno verde y relajante, lo que puede contribuir a la disminución de la ansiedad y mejorar el bienestar general [46].
3. **Mejora de la calidad acústica:** Los jardines verticales pueden actuar como barreras de sonido naturales, absorbiendo y dispersando las ondas sonoras. Esto ayuda a reducir la contaminación acústica y crear un entorno más tranquilo y favorable para el aprendizaje y la concentración [46].
4. **Aumento de la productividad y el rendimiento cognitivo:** Estudios han demostrado que la presencia de vegetación en entornos de trabajo y estudio puede mejorar la productividad y el rendimiento cognitivo. Los jardines verticales pueden proporcionar un ambiente estimulante y agradable, lo que se traduce en un mejor enfoque, concentración y creatividad [46].

- Beneficios para la salud mental: La conexión con la naturaleza y la exposición a espacios verdes se asocian con beneficios para la salud mental. Los jardines verticales ofrecen la oportunidad de disfrutar de la naturaleza incluso en entornos urbanos o con limitaciones de espacio, lo que puede ayudar a reducir la depresión, el estrés y mejorar el estado de ánimo en general [46].
- Aumento de la biodiversidad: Los jardines verticales pueden albergar una variedad de plantas, lo que contribuye a la biodiversidad urbana. Esto crea un entorno más equilibrado y favorable para insectos beneficiosos, aves y otros organismos, lo que promueve un ecosistema más saludable [46].

### 5. Realizar bosquejo del plano de la IED José Joaquín casas.

Inicialmente el colegio no cuenta con un plano, por lo que se hace un tipo bosquejo después de hacer el trabajo de campo, así como se muestra en la figura 37.

Figura 37. Evidencia fotográfica del colegio



Fuente: Propia

### 6. Selección de las plantas.

Al seleccionar plantas para el jardín vertical en la IED José Joaquín Casas de Bogotá, es importante considerar el clima, la disponibilidad de luz y otros factores ambientales. A continuación, se mencionan algunas plantas que suelen ser adecuadas para jardines verticales en Bogotá [57]:

**Hiedra (Hedera spp):** Es una planta perenne y trepadora que puede crecer tanto en vertical como en horizontal. Sus tallos se adhieren a las superficies mediante raíces aéreas o zarcillos. Las hojas de la hiedra son generalmente de forma lobulada y tienen un color verde oscuro brillante. En algunas variedades, las hojas pueden tener variaciones de color, como bordes cremosos o manchas plateadas. En condiciones favorables, la hiedra puede llegar a ser bastante vigorosa y extenderse ampliamente. Además de su atractivo estético, la hiedra también puede ayudar a mejorar la calidad del aire. Se ha demostrado que absorbe y filtra partículas contaminantes en el entorno, contribuyendo así a la reducción de la contaminación atmosférica. [57]

**Figura 38.** Hiedra (Hedera spp)



**Fuente:** ambientebogota.gov.co

**Clitoria ternatea:** En el caso de Clitoria ternatea, al ser una planta enredadera vigorosa, tiene una mayor capacidad para capturar y almacenar carbono en comparación con plantas más pequeñas. Sus hojas verdes llevan a cabo la fotosíntesis, lo que implica la absorción de CO<sub>2</sub> y la liberación de oxígeno. La especie Clitoria Ternatea captura (263 g de CO<sub>2</sub>) en seis meses. [58]

**Figura 39.** Clitoria ternatea



**Fuente:** ambientebogota.gov.co

**Pentalinon luteum:** es especialmente eficiente en la absorción de formaldehído, un compuesto químico que puede estar presente en el aire debido a productos como muebles, alfombras, adhesivos y pinturas. La planta absorbe estos compuestos a través de sus hojas y raíces, ayudando a reducir su concentración en el entorno. Esta planta en un periodo de año y medio captura en promedio 128.52 g de C por m<sup>2</sup>, equivalente a 471.28 g de CO<sub>2</sub>. [58]

**Figura 40.** Pentalinon luteum



**Fuente:** ambientebogota.gov.co

**Pothos (*Epipremnum aureum*):** El pothos es una planta trepadora muy adaptable y de fácil cuidado. Prospera en diferentes niveles de luz y puede tolerar condiciones variables de humedad. Sus hojas verde brillante añaden un toque de frescura al jardín vertical. [57]

*Figura 41.* Pothos



*Fuente:* ambientebogota.gov.co

**Enredadera de Boston (*Parthenocissus tricuspidata*):** La enredadera de Boston es ampliamente utilizada como planta trepadora para cubrir muros, vallas y estructuras verticales. La enredadera de Boston es una planta de rápido crecimiento que se adhiere a las superficies mediante ventosas o zarcillos. Produce pequeñas flores verdosas o amarillentas en verano, pero su valor ornamental radica principalmente en su follaje. Al igual que otras plantas trepadoras, la enredadera de Boston puede ayudar a reducir la temperatura ambiental y mejorar la calidad del aire al atrapar partículas en suspensión. [57]

*Figura 42.* Enredadera de Boston (*Parthenocissus tricuspidata*)



*Fuente:* ambientebogota.gov.co

Es importante considerar las condiciones específicas del lugar, como la exposición al sol y la disponibilidad de agua, al seleccionar las plantas para el jardín vertical. Además, el tamaño del jardín vertical y la variedad de plantas seleccionadas también pueden influir en su éxito. Siempre es recomendable consultar con expertos en jardinería local para obtener recomendaciones específicas y adaptadas al entorno de Bogotá [57].

## 7. Diseño de la estructura de soporte.

El primer paso para la realización del proyecto en AutoCAD fue:

1. Buscar planos de referencia ya existentes para su respectiva modificación y dibujo en CAD.
2. El segundo paso era darle un orden nos basamos en las capas del cpnna lo cual nos ordenaba en: mobiliarios, puertas, ventas, muros y achurados en capas diferente, a partir de ahí ordenamos el dibujo buscando manejar polilíneas para no tener demasiadas líneas en el dibujo.
3. Después se hizo la realización de un ctb para organizar los grosores de línea para planos
4. Al igual después de tener el plano base pasado, se realizó la propuesta en planta, fachada y un detalle del proyecto del muro verde.

Cabe resaltar que lo ideal del proyecto es incluir en el jardín vertical un sistema de riego de recirculación luego de lo investigado, donde esta agua podrá volver a ser reutilizada y no será desperdiciada.

En la siguiente figura podemos ver como se calculó el área para saber los m<sup>2</sup> del jardín vertical que necesitamos para implementarlo en el muro de la IED José Joaquín Casas.

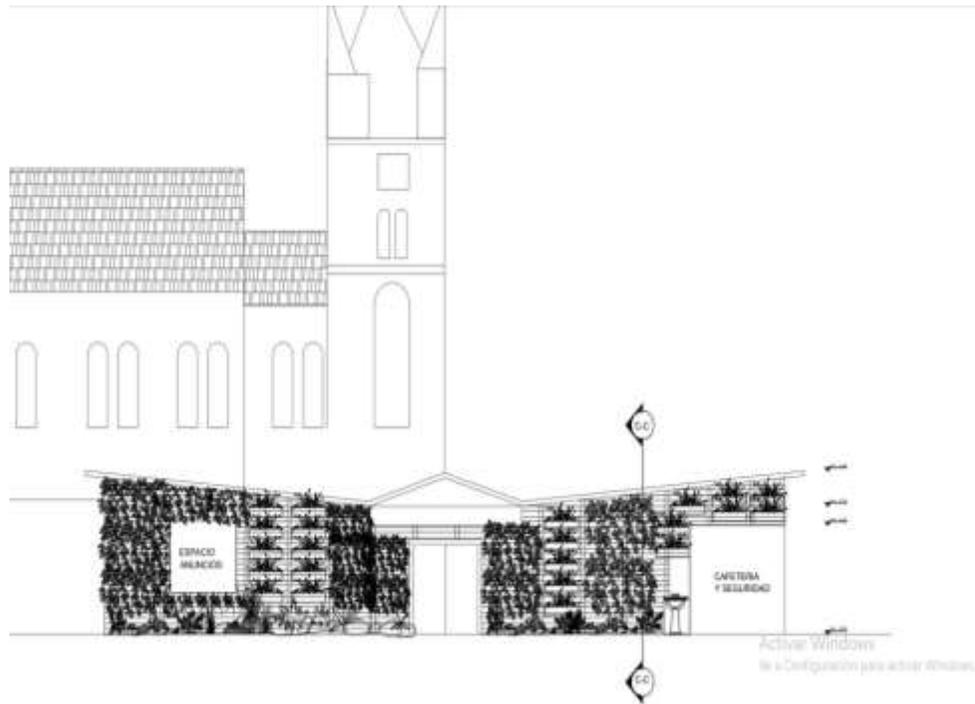
**Figura 43.** Diseño de muro con sus respectivas medidas en metros(m)

Para encontrar el área podemos dividir la fachada en dos triángulos rectángulos y un rectángulo, al área del rectángulo se le restan las áreas de los dos Marcos,

$$A = 8.905 \times 1.3 \div 2 + 8.905 \times 1.3 \div 2 + 17.81 \times 2.40 - 1.86 \times 2.10 - 1.90 \times 2.40$$
$$A = 5.78825 + 5.78825 + 42.744 - 3.906 - 4.56$$
$$A = 45.8545 \text{ metros cuadrados}$$


*Fuente: Propia*

**Figura 44.** Diseño jardín vertical IED José Joaquín Casas



**Fuente:** Propia

**Figura 45.** Diseño partes del jardín vertical IED José Joaquín Casas



**Fuente:** Propia

### 8. Diseño de jardín vertical:

Se logro realizar el diseño del jardín en 3D como se puede ver en las siguientes figuras.

**Figura 46.** Diseño jardín vertical 3D José Joaquín Casas



**Fuente:** Propia

**Figura 47.** Diseño jardín vertical 3D José Joaquín Casas



**Fuente:** Propia

**Figura 48.** Diseño jardín vertical 3D José Joaquín Casas



**Fuente:** Propia

### Análisis de costos si se llegara a implementar el proyecto

Hacer un jardín vertical en un colegio público en Bogotá puede ser una iniciativa enriquecedora tanto para el entorno educativo como para el bienestar de los estudiantes. Sin embargo, es importante considerar los costos asociados a este proyecto. A continuación, proporcionaré un desglose de los diferentes elementos y servicios que podrían estar involucrados en la creación de un jardín vertical, junto con sus posibles costos en la ciudad de Bogotá[33].

1. **Diseño y planificación:** Antes de comenzar cualquier proyecto, es esencial contar con un diseño y planificación adecuados. Los costos de diseño pueden variar dependiendo de la complejidad del proyecto y del diseñador contratado. En Bogotá, los honorarios de un diseñador de jardines verticales pueden oscilar entre los \$1.500.000 y \$3.000.000 de pesos colombianos.
2. **Estructura y materiales:** La estructura que sostendrá el jardín vertical debe ser resistente y duradera. Puede estar compuesta por sistemas modulares, paneles o estructuras metálicas. El costo de la estructura dependerá del tamaño del jardín y los materiales utilizados. Para un jardín vertical de tamaño mediano, el costo de la estructura podría oscilar entre \$2.000.000 y \$5.000.000 de pesos colombianos.
3. **Plantas y sustrato:** La selección de las plantas es fundamental para un jardín vertical exitoso. Es importante elegir especies adecuadas para el clima de Bogotá y que se adapten a las condiciones verticales. Los costos de las plantas variarán dependiendo de la cantidad y la especie elegida. Para un jardín vertical de tamaño mediano, se estima que los costos de las plantas podrían rondar entre \$1.000.000 y \$2.000.000 de pesos colombianos. Además, se debe considerar el costo del sustrato y otros elementos necesarios para el crecimiento saludable de las plantas, que podría agregar otros \$500.000 a \$1.000.000 de pesos colombianos.
4. **Riego y sistema de drenaje:** Es esencial contar con un sistema de riego eficiente para mantener el jardín vertical correctamente hidratado. Los sistemas de riego pueden variar desde sistemas automatizados hasta sistemas manuales. Los costos dependerán del tipo de sistema elegido y del tamaño del jardín. Para un jardín vertical de tamaño mediano, los costos del sistema de riego podrían oscilar entre \$1.500.000 y \$3.000.000 de pesos colombianos. Además, es necesario considerar un sistema de drenaje adecuado para evitar problemas de acumulación de agua y daños a la estructura.
5. **Instalación y mantenimiento:** La instalación del jardín vertical puede requerir mano de obra especializada. Los costos de instalación pueden variar según el tamaño y la complejidad del proyecto. Es recomendable contratar a expertos en jardinería vertical para garantizar una instalación adecuada. En cuanto al mantenimiento, se deben considerar los costos de poda, fertilizantes, control de plagas y revisiones periódicas del sistema de riego. Los costos de instalación y mantenimiento anual podrían rondar entre \$2.000.000 y \$4.000.000

### Cotización

Se realiza una cotización mediante la empresa Naturalbox SAS para 45.85 m<sup>2</sup> de jardín vertical arrojándonos un presupuesto de \$25,808,912 un valor elevado si se quiere implementar el respectivo diseño, lo que se concluye que se podría realizar a la mitad de los m<sup>2</sup> mencionados anteriormente para reducir costos a la mitad y que se pueda seguir con la idea del proyecto.

Figura 49. Cotización Naturalbox Jardín Vertical



**Naturalbox SAS**  
NIT 901180692-8  
CR 23 148 59 of 115 - Bogotá, D.C.  
+57 7942772  
www.naturalbox.co  
comercial@naturalbox.co

Cotización  
**No. 2025**

SERVIDOR: Cliente: General		FECHA DE EJECUCIÓN (OBRAS)		
DIRECCIÓN: Carrera 23 # 148 - 59 of 110		25/05/2023		
CIUDAD: Bogotá, D.C.		FECHA DE VENCIMIENTO (OBRAS)		
TELÉFONO: 7942772		25/05/2023		
C.C. 900000000				
Item	Precio	Cantidad	Importe	Total
Impermeabilización preventiva (poliéster color negro 4 o 6 para evitar filtraciones o humedades)	\$16,500.00	46.00		\$759,000.00
Sistema de semilla EasyCrecer (Panel de semilla Inicie instalación y capa protectora posterior, fabricado en gresalit 900)	\$98,000.00	46.00		\$4,508,000.00
Caja vegetal ornamental (diseño) e instalación de plantas 25 cm por M2 incluye tierra abonada	\$174,000.00	46.00		\$8,004,000.00
Diseño paisajístico (Diseño de Jardín vertical incluye plantas e ilustraciones gráficas, se le aconsejará visual al producto final.)	\$8,000.00	46.00		\$414,000.00
Sistema de riego auto circulante (incluye: mangueras, uniones y goteros.)	\$38,000.00	46.00		\$1,794,000.00
Bomba hidroneumática (sumergible según h y caudal de riego, altura y capacidad mayor a 10 metros cuadradas)	\$465,000.00	3.00		\$1,395,000.00
Programador electrónico (Timer con batería digital controlador 110V permite guardar y controlar los tiempos del agua)	\$115,000.00	3.00		\$345,000.00
Filtroador (Filtroador tipo cartucho para bombas de tanque de almacenamiento)	\$83,500.00	3.00		\$250,500.00
Tanque o canal de almacenamiento (Para recolección de agua fabricado en lámina galvanizada pintada de color negro.)	\$187,000.00	25.00		\$4,675,000.00
ADMINISTRACION (Dijeta de contrato de Obra.)	\$1,106,775.00	1.00		\$1,106,775.00
IMPREVISTOS (Cajeta Control de Obra)	\$1,106,775.00	1.00		\$1,106,775.00
UTILIDAD (Dijeta contrato de obra)	\$1,106,775.00	1.00	10%	\$1,106,775.00
Transporte de material (Oriva de productos a sitio de instalación)	\$120,000.00	1.00	10%	\$120,000.00
				<b>Subtotal</b> \$25,679,825.00
				<b>IVA (19.00%)</b> \$233,087.25
				<b>Total</b> \$25,912,912.25
				<b>Total de Items: 288</b>

PRECIO: Ver en Ver en Naturalbox BOGOTÁ VERDADERO 348 484 6000 +577942772  
 comercial@naturalbox.co ES PARA UNA COCINA 1450000 50x40 Medida 45.85 m2 - El  
 pago del proyecto al debe realizar 50% anticipo 10% al entrega. - Tiempo de instalación, se  
 marcan con 8 días hábiles para fabricación de elementos y aplicación de diseño, el tiempo de  
 instalación depende del área a instalar. - Para sistema automatizado se requiere una bomba con  
 auto a bomba y regalo en PVC a 1/2". - Los proyectos realizados con sistema de riego automático  
 NO tienen garantía por los cables. - El diseño del jardín debe estar aprobado por escrito para  
 poder pasar con la instalación. - Garantía de 6 meses por funcionamiento de sistema de riego.  
 No se cubre garantía por repuestos de bombas, filtros de succión o sumos eléctricos. Se  
 cubren a las personas encargadas una vez entregado el proyecto. - Garantía de 1 año por  
 sistema de caja vegetal incluye 1 mantenimiento gratuito a los 30 días de entregado el  
 proyecto. No se cubre por repuestos de bombas, funcionamiento. Cotización válida por  
 30 días hábiles. - Naturalbox no se responsabiliza por problemas y perjuicios por parte de  
 clientes o contratistas, al cliente debe verificar si la instalación está autorizada o requiere  
 autorización, se recomienda siempre que se realice en el predio del cliente, nunca y jamás que  
 contrate a terceros.

Fuente: Naturalbox

## CONCLUSIONES

El diseño e implementación de un jardín vertical en el colegio José Joaquín Casas en Bogotá contribuirá múltiples beneficios: estéticos y ambientales; proporcionando un ambiente natural y agradable que puede mejorar la calidad de vida de los estudiantes, profesores y el personal que se encuentra dentro de la institución:

1. La institución cumple con el espacio para la realizar el diseño-implementación del jardín vertical, con la siguiente medida 3x17.26 m (45.85m<sup>2</sup>) el cual, nos da como resultado para poder saber cuánto jardín vertical deseamos implementar, lo que sería un total de 10 cm de profundidad para ocupar el espacio.
2. Mediante los Geovisores IBOCA y visorGeo se logra saber la problemática ambiental que tiene la zona de estudio, donde se procede a realizar el plano del colegio, luego, se diseñó el jardín vertical por medio del programa AutoCAD y un modelo en realidad virtual.

3. Se conoció la opinión por parte de los docentes de la institución que en su mayoría reflejaron aceptación del estudio, por medio de una encuesta, con el propósito de evaluar la viabilidad social frente a la percepción de los jardines verticales. También, mediante la minuciosa investigación se manifiesta la viabilidad ambiental.

5.El proyecto del jardín vertical ofrece una oportunidad de mejora ambiental y social, pues genera muchos beneficios nombrados en todo el proyecto, con el fin de educar a la institución sobre la importancia de la biodiversidad, la conservación del medio ambiente, la responsabilidad individual hacia la naturaleza y el cuidado de cada ser humano mediante este jardín. Se pueden realizar actividades y proyectos educativos relacionados con el jardín vertical para fomentar la conciencia ambiental y obtener beneficios del jardín entre los estudiantes.

## CONTRIBUCIONES Y RECOMENDACIONES

Los jardines verticales pueden desempeñar un papel importante en la promoción de la economía circular. La economía circular se basa en la premisa de reducir, reutilizar, reciclar y regenerar los recursos para minimizar los residuos y maximizar la eficiencia [44].

A continuación, se presentan algunas formas en las que los jardines verticales se alinean con los principios de la economía circular:

**Uso eficiente del espacio:** Los jardines verticales aprovechan el espacio vertical disponible en edificios y estructuras, lo que permite crear áreas verdes incluso en entornos urbanos donde el espacio es limitado. Esto representa una forma eficiente de utilizar el espacio existente y maximizar el potencial verde [44].

**Reutilización de materiales:** En muchos casos, los jardines verticales utilizan estructuras de soporte hechas de materiales reciclados o reutilizados, como palets, tuberías o mallas metálicas. Esta reutilización de materiales contribuye a reducir la demanda de nuevos recursos y evita que estos materiales terminen en vertederos [44].

**Reciclaje de nutrientes y agua:** Los sistemas de riego utilizados en los jardines verticales pueden ser diseñados para recircular y reutilizar el agua, evitando el desperdicio. Además, algunos sistemas de jardines verticales utilizan tecnologías de reciclaje de nutrientes, donde los nutrientes de las plantas se recogen y reutilizan, evitando la necesidad de fertilizantes químicos adicionales [44].

**Compostaje de residuos orgánicos:** Algunos jardines verticales incorporan sistemas de compostaje para aprovechar los residuos orgánicos generados en el lugar. Estos residuos pueden ser transformados en compost, que luego se puede utilizar como fertilizante para las plantas, cerrando el ciclo de nutrientes y evitando la necesidad de fertilizantes comerciales [44].

**Mejora de la calidad del aire y reducción de la energía:** Los jardines verticales contribuyen a mejorar la calidad del aire al absorber dióxido de carbono y liberar oxígeno. Esto puede ayudar a reducir la contaminación y mejorar la salud ambiental. Además, al crear áreas verdes, los jardines verticales también pueden ayudar a reducir la temperatura ambiente y el consumo de energía relacionado con la refrigeración en edificios [44].

Así mismo si se desea implementar el diseño es recomendable contar con el apoyo y asesoramiento de expertos en jardinería y diseño arquitectónico para asegurarte de que el proyecto del jardín vertical cumpla con los requisitos y las necesidades específicas del Colegio José Joaquín Casas en Bogotá, tales como:

1. Evaluación del espacio disponible: Antes de comenzar el diseño en AutoCAD, es importante realizar una evaluación exhaustiva del espacio disponible para el jardín vertical. Esto incluye medir las dimensiones de la pared o las áreas donde se planea instalar el jardín, teniendo en cuenta la estructura del edificio y los posibles obstáculos.
2. Análisis de la luz y la sombra: El nivel de luz natural que recibe el espacio es un factor crítico para la selección de plantas adecuadas. Realiza un análisis de la cantidad de luz directa e indirecta que llega al lugar durante diferentes momentos del día. Esto ayudará a determinar qué plantas prosperarán en cada zona del jardín vertical.
3. Selección de plantas apropiadas: Considera cuidadosamente las plantas que se utilizarán en el diseño del jardín vertical. Debes tener en cuenta las condiciones climáticas y las características del entorno de Bogotá. Opta por plantas que sean resistentes, adaptables al clima local y que puedan prosperar tanto en áreas soleadas como en sombreadas.
4. Diseño estructural sólido: Asegúrate de que el diseño en AutoCAD incluya una estructura sólida y resistente para soportar el peso de las plantas y el sistema de riego. Considera la instalación de un sistema de riego adecuado que garantice un suministro de agua adecuado y eficiente para las plantas.
5. Integración de elementos de sostenibilidad: Considera la incorporación de elementos de sostenibilidad en el diseño del jardín vertical. Por ejemplo, puedes incluir paneles solares para alimentar el sistema de riego, utilizar materiales reciclados en la construcción de la estructura o implementar prácticas de conservación del agua, como la captación de agua de lluvia.
6. Educación ambiental: Aprovecha el diseño en AutoCAD para incluir elementos educativos en el jardín vertical. Por ejemplo, puedes incorporar carteles informativos sobre las plantas, la importancia de la biodiversidad y la conservación del medio ambiente. Esto ayudará a generar conciencia ambiental entre los estudiantes y la comunidad escolar.
7. Mantenimiento y cuidado: Incluye en el diseño en AutoCAD un plan de mantenimiento y cuidado del jardín vertical. Esto implica considerar el acceso a las plantas para el riego, la poda y el control de plagas, así como la planificación de un sistema de drenaje adecuado para evitar daños en la estructura del edificio.
8. Evaluación y seguimiento: Una vez implementado el diseño del jardín vertical, es importante realizar evaluaciones periódicas para verificar su rendimiento y hacer ajustes si es necesario. Realiza un seguimiento del crecimiento de las plantas, el sistema de riego y la respuesta de la comunidad escolar al proyecto.

Cabe resaltar que es recomendable incentivar a la institución a un proyecto de alimentación escolar PAE con el fin de que por medio de la separación de residuos orgánicos puedan generar una unidad de compostaje para abono de las plantas.

## REFERENCIAS

- [1] M. C. Montúfar, "Propuesta de un Jardín Vertical a partir de Datos de Calidad del Aire," 2018.
- [2] B. I. D. D. (BID), "¿QUE ES LA INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE?," *Journal of Petrology*, vol. 369, no. 1, 2018.
- [3] I. HERMOSILLO, "Manual de Lineamientos de diseño de Infraestructura Verde," *Cee*, 2006.

- [4] F. J. García Sánchez, "Planeamiento urbanístico y cambio climático: la infraestructura verde como estrategia de adaptación = Urban planning and climate change: green infrastructure as an adaptation strategy," *Cuadernos de Investigación Urbanística*, no. 122, 2019, doi: 10.20868/ciur.2019.122.3870.
- [5] J. Monsalve Jimenez, N. D. Garcia Serrano, and J. A. Aragón Moreno, "Análisis experimental térmico entre jardines verticales y otros materiales empleados para construcción en Bogotá," *Avances Investigación en Ingeniería*, vol. 17, no. 1, 2020, doi: 10.18041/1794-4953/avances.1.5935.
- [6] D. Redondo, "Beneficios Socio Ambientales De Las Infraestructuras Verdes Urbanas Y Su Aplicación en La Construcción Y Planificación Urbanística en La Ciudad De Bucaramanga," *Puente: Revista Científica*, vol. 8, no. 2, 2014.
- [7] S. Rodríguez, A. Mena, D. Garzón, F. Ramírez Cevallos, and D. Chuquer-Sola, "MUERTES EVITABLES ASOCIADAS A LA IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VERDE URBANA EN QUITO," *infoANALÍTICA*, vol. 9, no. 1, 2021, doi: 10.26807/ia.v9i1.173.
- [8] E. Velasco and E. Segovia, "¿Por qué las ciudades necesitan árboles y espacios verdes?," *Universitarios Potosinos*, vol. 223, no. 4, 2018.
- [9] K. Rubiano, "Distribución de la infraestructura verde y su capacidad de regulación térmica en Bogotá, Colombia," *Colombia Forestal*, vol. 22, no. 2, 2019.
- [10] J. C. Rivera Pedroza and B. Hernandis Ortuño, "Aplicación de criterios de sostenibilidad al modelo de diseño concurrente para el diseño de un ' Jardín vertical al interior de las viviendas ,'" *2da Conferência Internacional de Design, Engenharia e Gestão para a Inovação*, no. October, 2012.
- [11] M. Yurie, Y. Ic, and C. Osse, "O jardim vertical na arquitetura contemporânea," *XII Jornada de Iniciação Científica e VI Mostra de Iniciação Tecnológica*, no. Ic, 2016.
- [12] F. Conti, A. Pasquale D'Angelo, and R. Tendero Caballero, "Green facade proposal for the refurbishment of an office building = Propuesta de fachada verde para la rehabilitación de un edificio de oficinas," *Building & Management*, vol. 4, no. 2, 2021, doi: 10.20868/bma.2020.2.4696.
- [13] P. M. A. Rico and A. L. T. S. da Motta, "ESTUDO DE INSOLAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÕES PROJETAIS EM FACHADAS VERDES," *XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão & III Inovarse*, no. i, 2016.
- [14] R. Araújo *et al.*, "Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy," *Front Mar Sci*, vol. 7, 2021, doi: 10.3389/fmars.2020.626389.
- [15] Y. Wu *et al.*, "Bioenergy production and environmental impacts," *Geoscience Letters*, vol. 5, no. 1. 2018. doi: 10.1186/s40562-018-0114-y.
- [16] W. G. P. Dumpayan, M. L. M. De Mesa, N. D. F. Yucor, E. T. Gabion, J. D. Reynoso, and G. R. M. Geslani, "Two-way powered microcontroller-based plastic bottles 'drop-and-tap' reverse vending machine with stored value system using radio frequency identification (RFID) scanner technology," in *HNICEM 2017 - 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management*, 2017. doi: 10.1109/HNICEM.2017.8269433.
- [17] E. Giannotti, A. Vásquez, E. Galdámez, P. Velásquez, and C. Devoto, "Planificación de infraestructura verde para la emergencia climática: aprendizajes desde el proyecto 'Stgo+',

- Santiago de Chile,” *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, vol. 30, no. 2, 2021, doi: 10.15446/rcdg.v30n2.88749.
- [18] F. Ramírez C, M. Maks Davis, S. D. Chuquer S, and A. Vallejo Espinosa, “Air quality in the historic downtown of Quito , Revista de Diseño Urbano &,” *Revista de Diseño urbano & Paisaje*, no. July, 2019.
- [19] G. W. P. da Silveira, L. D. G. Padovan, and M. S. G. de C. Fontes, “Fachada Verde e Conforto Térmico em Escritório Universitário,” *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, vol. 7, no. 48, 2019, doi: 10.17271/2318847274820192101.
- [20] T. Y. K. Kayano, N. Perez Gallardo, B. César dos Santos, M. Sanches Duarte Silva, R. Perussi, and G. Zen de Figueiredo Neves, “COBERTURA E FACHADA VERDE:,” *Revista de Geografia - PPGEO - UFJF*, vol. 8, no. 2, 2019, doi: 10.34019/2236-837x.2018.v8.26001.
- [21] R. Ochoa, “Jardines verticales de altura,” *Construcción y Tecnología en concreto*, 2014.
- [22] M. Echavarría, P. Zavala, and L. Coronel, “Infraestructura Verde en el Sector de Agua Potable en América Latina y el Caribe : Tendencias , Retos y Oportunidades,” 2015.
- [23] C. Montes-Pulido and V. F. Forero, “Servicios ecosistémicos culturales y diservicios en un parque urbano de Bogotá, Colombia,” *Ambiente & Sociedade*, vol. 24, 2021.
- [24] E. D. Velásquez García, G. A. Forero Buitrago, and G. P. González Angarita, “Simulación hidrológica para sistemas de drenaje sostenible aplicada en jardines verticales en el humedal La Vaca, Bogotá D.C.,” *INVENTUM*, vol. 15, no. 28, 2020, doi: 10.26620/uniminuto.inventum.15.28.2020.88-103.
- [25] J. Rivera Cieza, “Efecto de la aplicación de un jardín vertical, en la mejora de las condiciones ambientales en la I.E Francisco Tejada Rojas, Moyobamba - 2017,” *Universidad César Vallejo*, 2018.
- [26] N. D. Barrios Fernandez, N. L. Salas Acuña, and J. M. Paez Almentero, “Unidad Constructiva Verde 2.0,” *MÓDULO ARQUITECTURA CUC*, vol. 28, 2022, doi: 10.17981/mod.arq.cuc.28.1.2022.07.
- [27] K. Calvin *et al.*, “Bioenergy for climate change mitigation: Scale and sustainability,” *GCB Bioenergy*, vol. 13, no. 9. 2021. doi: 10.1111/gcbb.12863.
- [28] D. Segovia-Cardozo, I. Rodriguez-Sinobas, and S. Zubelzu, “CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE RIEGO Y SUS EMISORES AUTOCOMPENSANTES EN UN JARDÍN VERTICAL,” 2018. doi: 10.25028/cnriegos.2018.a23.
- [29] D. Damas, D. O. Morelli, and L. C. Labaki, “Paredes Verdes : Vegetação Como Qualidade Ambiental No Espaço Construído,” *ENCAC 2009*, 2009.
- [30] A. Bhattacharya *et al.*, “Atributos y Marco para la Infraestructura Sostenible,” *Banco de Interamericano de Desarrollo*, 2019.
- [31] T. M. Sanchez Moreno Cardenas, “El Jardín vertical como herramienta de mejora del confort urbano,” 2021.
- [32] K. F. Correa Jiménez, “Modelo de Jardín Vertical con Vegetación Ornamental en la Sede SENA Metalmecánica Malambo,” *Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2022, doi: 10.23850/23899573.5357.

- [33] P. Valdés and M. D. Foulkes, "La infraestructura verde y su papel en el desarrollo regional. Aplicación a los ejes recreativos y culturales de resistencia y su área metropolitana," *Cuaderno Urbano*, vol. 20, no. 20, 2016, doi: 10.30972/crn.2020942.
- [34] M. Castillejo, "Replanteando el Bulevar: Un jardín vertical como intervención artística y comunitaria," *eari. educación artística. revista de investigación*, no. 10, 2019, doi: 10.7203/eari.10.14246.
- [35] A. Barragán and D. Cardozo, "Prototipo De Vivienda Sustentable Para El Sector Rural De Tocaima-Cundinamarca," *Revista Electrónica de Investigación de Tecnologías Educativas*, vol. 4, no. 4, 2019.
- [36] M. T. C. Cantó López, "La planificación y gestión de la Infraestructura Verde en la Comunidad Valenciana," *Revista Aragonesa de Administración Pública*, vol. 43, 2014.
- [37] W. V. Reid, M. K. Ali, and C. B. Field, "The future of bioenergy," *Glob Chang Biol*, vol. 26, no. 1, 2020, doi: 10.1111/gcb.14883.
- [38] C. Heredia, "Infraestructura Verde: Un espacio para la innovación de la cubierta vegetal," 2012.
- [39] A. A. Zúñiga-Teran and R. Díaz-Caravantes, "La infraestructura verde: una estrategia de adaptación al cambio climático," *Agua y Saneamiento*, no. 63, 2015.
- [40] R. Ulacia, "La Infraestructura verde como sistema de captación de agua de lluvia.," *Impluvium*, vol. 1, 2014.
- [41] J. M. Feria Toribio and J. S. Ramos, "El concepto de infraestructura verde y su potencial aplicación a los instrumentos de ordenación territorial de escala metropolitana.," *Ridot Rede Ibero-Americana De Observação Territorial*, no. August 2017, 2016.
- [42] BID *et al.*, "Atributos y Marco para la Infraestructura Sostenible," *Banco de Interamericano de Desarrollo*, 2019.
- [43] Y. Ochoa and L. Ojeda-Revah, "Vegetation conservation to reduce hidrometeorological risks on a border metropoli," *Estudios Fronterizos*, vol. 18, no. 35, 2017, doi: 10.21670/ref.2017.35.a03.
- [44] C. Lopez, S. Florez, and D. Hoyos, "Análisis de la eficiencia energética de una doble fachada verde para el clima de la ciudad de Salta," *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente ASADES*, vol. 23, 2019.
- [45] T. Y. Kussaba Kayano, G. Z. de F. Neves, N. P. Gallardo, and F. A. da S. Vecchia, "Avaliação do comportamento térmico de cobertura e fachada verde em células de testes," *Revista de Arquitetura IMED*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2814.
- [46] L. E. I. Flores, "Propuesta De Aplicación De Infraestructura Verde En La Delegación El Porvenir, Valle De Guadalupe, Ensenada, B.C.," *UABC*, 2017.
- [47] S. G. Ceballos Pérez, "Infraestructura verde y planeación urbana, elementos clave para una ciudad sustentable," *Importancia de la infraestructura verde y la planeación para el desarrollo urbano sustentable*, 2020, doi: 10.47386/20203007ba1.
- [48] Dionisio Fernández de Gatta Sánchez, "La Estrategia Estatal De Infraestructura Verde Y De La Conectividad Y Restauración Ecológicas: Un Nuevo Instrumento Para Proteger La Biodiversidad," *Actualidad Jurídica Ambiental*, vol. 81, 2018.

- [49] M. Cabrera Vallejo and W. Salazar Yopez, “Construcción experimental de jardines verticales y su relación con el confort termohigrométrico en ambientes cerrados,” *Industrial Data*, vol. 19, no. 2, 2016, doi: 10.15381/idata.v19i2.12818.
- [50] A. E. Vásquez, “Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile,” *Revista de geografía Norte Grande*, no. 63, 2016, doi: 10.4067/s0718-34022016000100005.
- [51] A. Velis, C. M. Posse, and A. Rizzo La Malfa, “Absorción Acústica de Jardines Verticales,” *Elektron*, vol. 3, no. 1, 2019, doi: 10.37537/rev.elektron.3.1.55.2019.
- [52] E. Zimmermann, L. Bracalenti, and A. Onocko, “Infraestructura verde como alternativa sustentable para reducir el riesgo hídrico en aéreas urbanizadas,” *Cuadernos del CURIHAM*, vol. 21, 2019, doi: 10.35305/curiham.v21i0.21.
- [53] Generalitat Valenciana, “Plan de Infraestructura Verde y Paisaje de la Comunitat Valenciana,” *Camuniso-Upv*, 2011.
- [54] T. López, “La planificación y gestión de la Infraestructura Verde en la Comunidad Valenciana.,” *Revista Aragonesa de Administración Pública*, vol. 43-44, 2014.
- [55] M. M. Davis and F. Ramirez, “Muro Orgánico Urbano Silvestre Sostenible ( MOUSS ),” *Primer Congreso Internacional Expo Científica. Investigación Sostenible Energías Renovables y Eficiencia Energetica*, 2008.
- [56] M. Figueira, A. and A. Figueira, “Cubiertas Verdes y Jardines Verticales. Sistemas Constructivos que Optimizan el Control Térmico de la Envolvente Edilicia.,” *Acta de la XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 4, no. 978-987, 2016.
- [57] Secretaria de ambiente, “Infraestructura vegetada” techos verdes y jardines verticales. Guía práctica, alcaldía de Bogotá. Bogotá, Colombia. 2021.
- [58] Jazmin Carbajal Avila, Antonio Alfonso Rodríguez Rosales, Luz Patricia Ávila Caballero, América Libertad Rodríguez Herrera, Heriberto Hernández Cocoltzi, “Captura de carbono por una fachada vegetada,” *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, 2017.