

**Análisis Costo Beneficio Ambiental de Las Fachadas Verdes
Estudio de Caso: Proyecto Cubo Verde**

Cahterine Banoy Velásquez y Daniel David Osorio Duarte
cahty18@gmail.com y ddosorio@unal.edu.co

Francisco Correa Restrepo
PhD en Economía

Universidad de Medellín
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Maestría en Administración de Negocios
Medellín
2021

Resumen

El proyecto cubo verde, es un estudio de caso del auditorio Himerio Pérez López de las Empresas Públicas de Medellín (E.P.M.) – Colombia, que pretende evaluar la viabilidad financiera y socio ambiental de las fachadas verdes. Para llevar a cabo esta investigación, en primera instancia se discuten los beneficios más relevantes de este tipo de soluciones ecológicas; posteriormente, se realiza una evaluación financiera por medio de flujos de caja con base en los beneficios económicos que permiten calcular los indicadores financieros, acto seguido, se integra el análisis costo beneficio ambiental a través de la valoración de las externalidades sociales y ambientales utilizando la metodología de transferencia de beneficios con el fin de obtener los indicadores de viabilidad social que definen la rentabilidad del proyecto. Finalmente, se realiza un análisis de sensibilidad optimizando las inversiones en un 15%, logrando así, disminuir el periodo de recuperación de la inversión a partir del quinto año y convirtiéndolo en un proyecto más atractivo para los inversionistas y para la sociedad.

Palabras clave: Fachadas verdes, análisis costo – beneficio, beneficios socio - ambientales, beneficios económicos, análisis financiero,

Abstract

The green cube project is a case study of Himerio Perez López auditorium by the Empresas Públicas de Medellín of Medellín (E.P.M.) – Colombia, which aims to evaluate the financial and socio-environmental viability of green facades. To carry out this research, in the first instance the most relevant benefits of this type of ecological solutions are discussed; subsequently, a financial evaluation is carried out through cash flows based on the economic benefits that allow calculating the financial indicators, then the environmental cost-benefit analysis is integrated through the social and environmental externalities valuation using the profit transfer methodology in order to obtain the social viability indicators that define the profitability of the project. Finally, a sensitivity analysis is agreed out optimizing investments by 15%, thus reducing the period of recovery of the investment from the fifth year and making it a more attractive project for investors and for society

Keywords: Green facades, cost – benefit analysis, socio - environmental benefits, economic benefits, financial analysis.

Tabla de contenido

1. Introducción	5
2. Descripción del problema	6
3. Objetivos	7
3.1 Objetivo general:.....	7
3.2 Objetivos específicos:	7
4. Justificación	8
5 Marco de Referencia	10
5.1 Desarrollo Sostenible	10
5.2 El concepto de ciudades sostenibles	11
5.3 Construcciones Sostenibles.....	12
5.4 Las fachadas verdes	14
5.5 Beneficios Ambientales, Sociales y Económicos de las fachadas verdes	16
5.5.1 Beneficios Ambientales.	16
5.5.2 Beneficios Sociales.	18
5.5.3 Beneficios Económicos.....	19
5.6 Fachadas verdes en Colombia.....	21
5.6.1 Antecedentes.	21
5.6.2 Fachadas verdes en el valle de Aburrá.....	23
5.7 Revisión de literatura sobre valoración de fachadas verdes	27
6. Evaluación Financiera del Proyecto Cubo verde	40
7 valoración económica de las externalidades sociales y ambientales del proyecto Cubo Verde.....	49
7.1 Beneficios Socio ambientales	50
7.2 Análisis de Sensibilidad.....	56
8 Conclusiones	58
9 Bibliografía	60
Anexos	65

Lista de tablas

Tabla 1: Resumen de resultados de la simulación Franco Mateus (2015).....	36
Tabla 2: Información detallada de las inversiones del proyecto verde.....	41
Tabla 3: Información detallada de los costos de operación del proyecto.....	42
Tabla 4: Ahorro consumo de energía en Aire Acondicionado Auditorio Himerio Pérez.....	43
Tabla 5: Información detallada del área construida del Auditorio Himerio Pérez.....	44
Tabla 6: Valor estimado por metro cuadrado del auditorio Himerio Pérez.....	44
Tabla 7: Beneficio de valorización del 10,50% por implementación de fachada verde.....	44
Tabla 8: Valorización anual del 5,30% según el sector y el estrato.....	45
Tabla 9: Ahorros anuales por el mantenimiento de la fachada actual.....	45
Tabla 10: Indicadores de viabilidad financiera y horizontes temporales.....	46
Tabla 11: Indicadores de viabilidad financiera por escenario en el análisis de sensibilidad.....	47
Tabla 12: Cálculo de Reducción de CO2 a partir del ahorro en consumo de energía.....	51
Tabla 13: Valor de Disposición a Pagar por reducción de ruido según decibeles.....	52
Tabla 14: Beneficio por reducción de ruido según los decibeles.....	52
Tabla 15: Disposición a Pagar por biodiversidad al año 2020.....	53
Tabla 16: Disposición a pagar por biodiversidad al 2021.....	53
Tabla 17: Disposición a pagar según población Edificio EPM.....	54
Tabla 18: Beneficios por PMx y SO2 según los metros cuadrados de fachada verde.....	54
Tabla 19: Indicadores de viabilidad socio ambiental y horizontes temporales.....	55
Tabla 20: Indicadores de viabilidad socioambientales por escenarios y horizontes.....	56

Lista de figuras

Figura 1: Edificio de Ingenierías de la Universidad EAFIT (El Espectador, 2010).....	22
Figura 2: Hotel B3, Virrey – Bogotá (Tropical Commons, 2021).....	23
Figura 3: Edificio residencial Santalaia – Bogotá (Tropical Commons, 2021).....	23
Figura 4: Complejo Ruta N, Medellín – Antioquia (El Colombiano, 2019).....	25
Figura 5: Planta de tratamiento de aguas residuales en Bello – Antioquia (Samper Green, 2021)	25
Figura 6: Terraza Verde – Edificio EPM, Medellín – Antioquia (Groncol, 2021).....	26
Figura 7: Concejo de Medellín, Medellín – Antioquia (Alcaldía de Medellín, 2021).....	26

Anexos

Anexo 1: Inversiones del proyecto.....	65
Anexo 2: Flujo de Caja Análisis Financiero.....	67
Anexo 3: Flujo de Caja Análisis Socio-Ambiental.....	75

1. Introducción

Las fachadas verdes han tomado gran relevancia en el marco de la sostenibilidad ambiental y las ciudades sostenibles, por los diversos beneficios ambientales y sociales que ofrecen. La mitigación del nivel de ruido, la reducción de temperatura, el aumento de la biodiversidad, la captura de CO₂ que contribuye a la reducción de la huella de carbono, el mejoramiento de la calidad de aire, entre otros, son considerados los beneficios más mencionados. No obstante, para establecer si este tipo de soluciones ecológicas aportan a la sostenibilidad integral es necesario realizar un análisis económico y ambiental para identificar si realmente las fachadas verdes son viables económicamente, teniendo en cuenta las externalidades socio ambientales. Por tal razón el objetivo de este estudio es evaluar financiera y socialmente las fachadas verdes a través del estudio de caso proyecto Cubo Verde, del auditorio Himerio Pérez López de Empresas Públicas de Medellín E.S.P. - Colombia. Este estudio concluye que, al identificar, incluir y valorar económicamente las externalidades sociales y ambientales como parte integral de los beneficios de fachadas verdes, bajo la metodología de análisis costo beneficio ambiental, establece que el proyecto cubo verde es viable desde el punto de vista financiero y social.

En ese orden de ideas, el trabajo consta de 8 capítulos, iniciando con esta sección, el segundo capítulo aborda el planteamiento del problema, el tercer apartado presenta los objetivos orientados a evaluar la viabilidad económica y socioambiental de las fachadas verdes en Medellín para éste estudio de caso, el cuarto capítulo justifica la importancia de evaluar éste tipo de proyectos, la quinta parte describe la importancia de las construcciones sostenibles en particular las fachadas verdes como elemento central dentro del marco de las ciudades sostenibles, además se plantea la caracterización de fachadas verdes con todos sus beneficios, el avance que ha tenido Colombia en la implementación de este tipo de proyectos; posteriormente se profundiza en estudios e investigaciones de construcciones verdes, por medio de una revisión literaria que finalmente aporta la información necesaria para evaluar la viabilidad económica y socioambiental de los jardines verticales; ya con toda la información anterior, en el capítulo seis se procede a realizar el análisis financiero bajo los horizontes de 5, 10, 20, 30, 40 y 50 años, seleccionando como base el horizonte de 50 años, en dónde se evalúa la viabilidad económica del proyecto por medio de indicadores como el Valor Presente Neto, la Tasa Interna de Retorno y la relación Beneficio-Costo, luego en el capítulo siete se realiza el mismo análisis anterior incorporando las externalidades socioambientales con un análisis de sensibilidad para definir la viabilidad social del proyecto, finalmente establecer las conclusiones de ésta investigación en el último capítulo.

2. Descripción del problema

En la actualidad, la mayoría de las ciudades a nivel mundial han tenido un gran desarrollo en infraestructura, por lo que se han visto avocadas a buscar nuevas ideas innovadoras, con miras a fomentar un desarrollo sostenible, que contribuya con el medio ambiente. Medellín, resaltada por ser una ciudad innovadora ha venido implementando proyectos que generen un impacto ambiental y social positivo; en este sentido, comenzó la implementación de una renovación urbana y ambiental con el propósito crear las condiciones necesarias para consolidarse como ciudad sostenible, incluyendo en el plan de desarrollo uno de sus pilares fundamentales, convertirse en una eco-ciudad, basada en la propuesta urbana de incrementar sustancialmente los parques y espacios verdes para la reducción de partículas contaminantes y aportando a la producción de oxígeno. (Alcaldía de Medellín, 2020)

Estos nuevos cambios llevan a plantear la necesidad de tener construcciones sostenibles y más amigables con el medio ambiente, que se articulen a la funcionalidad del concepto de Eco-ciudades; por consiguiente, uno de los elementos más relevantes en este tipo de construcciones sostenibles son las fachadas verdes, que han venido ganando aceptación en el mundo por los diversos beneficios que ofrecen, en términos de eficiencia energética, generación de beneficios ambientales y sociales, tales como, percepción de paisaje, reducción del nivel de ruido, disminución de temperatura, aumento de biodiversidad, captura de CO₂, entre otros. No obstante, para establecer si este tipo de proyectos aportan a la denominada sostenibilidad integral es necesario realizar un análisis económico y socioambiental de este tipo de infraestructura para identificar si ¿son viables económica y ambientalmente las fachadas verdes? Este problema de investigación se abordará a partir de un estudio de caso, representado por el proyecto cubo verde de EPM, para el cual se desarrollará un análisis costo-beneficio generalizado con el fin de establecer la viabilidad económica y ambiental de este tipo de proyectos en la ciudad de Medellín.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general:

1. Evaluar la viabilidad económica y socioambiental de las fachadas verdes en Medellín a partir del estudio de caso del proyecto Cubo Verde.

3.2 Objetivos específicos:

1. Plantear la caracterización de las construcciones establecidas como fachadas verdes.
2. Establecer el análisis financiero del proyecto Cubo Verde.
3. Identificar y valorar económicamente las externalidades sociales y ambientales del proyecto Cubo Verde.

4. Justificación

La transformación de la estructura, el paisajismo y la vegetación que presenta actualmente la ciudad de Medellín, especialmente en su zona céntrica, integra proyectos con una constante evolución e innovación en pro de mejorar la calidad de vida de los habitantes y visitantes, articulando y conectando el espacio público a un entorno más ambiental. Es así como el Edificio EPM, empezó a implementar en el 2015 un proyecto de transformación llamado paisajismo de cubiertas verdes, por medio del cual renovó sus terrazas, oficinas y áreas de paisajismo, convirtiéndolas en áreas de permanencia y jardines de vegetación *Crassula* o de bajo consumo hídrico que remataban en un jardín vertical, al igual que la siembra de muros verdes. (Groncol, 2021)

A partir de este proyecto y de la necesidad actual que tiene el Auditorio Himerio Pérez López del Edificio EPM, en transformar su fachada, es pertinente evaluar la viabilidad ambiental, económica y social de proyectos de construcción sostenible realizando un análisis costo-beneficio ambiental donde se identifiquen y se valoren las externalidades principales, a razón de, identificar si este tipo de construcción es la solución más adecuada para la empresa al ejecutar esta modificación.

Esta construcción de muros ecológicos o fachadas verdes en la actualidad es uno de los sistemas preferidos por los paisajistas, los arquitectos y los proyectistas, son sin duda la mejor opción medioambiental, en vista de que, permite la revegetación de la superficie exterior y se integra con el medio natural, protegiendo la estructura de los efectos climáticos y ampliando la vida útil del exterior, considerado como un beneficio adicional. Por tal razón, es pertinente y oportuno analizar la viabilidad de adecuar ecológicamente las fachadas del Auditorio Himerio Pérez López. (ArchDaily, 2021) y (Jakob Rope systems, 2021)

Es de resaltar que, el tipo de especies de la vegetación a implementar en el sistema ecológico empieza a jugar un papel importante en esta investigación, teniendo en cuenta que, su instauración debe estar enfocada en generar la mayor cantidad de oxígeno posible dentro de estas especies y lograr que las mismas mejoren la calidad del aire en su entorno, de modo tal que, se contribuya a mejorar el efecto invernadero y cooperando con el ecosistema en la atracción de fauna y biodiversidad. (Redondo Paredes, 2014)

Por consiguiente, es pertinente evaluar todos los beneficios económicos, sociales y ambientales que da lugar la adecuación de la fachada del Auditorio Himerio Pérez, para así, analizar y valorar la contribución socio-ambiental de este proyecto con su entorno, de modo que, genere un paisaje amigable tanto para las personas que interactúan directamente con dicho escenario, como también

para aquellos que transitan por las inmediaciones del Edificio EPM que indirectamente son beneficiadas. (Nurmi, Votsis, Perrels & Lehvavirta, 2013)

5 Marco de Referencia

5.1 Desarrollo Sostenible

El término Desarrollo Sostenible, comienza su preponderancia a partir de 1969, por medio de un acuerdo firmado entre países africanos, bajo la dirección de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), a su vez, en el continente americano aparece la Agencia de Protección Ambiental, con el enfoque del desarrollo de buenas prácticas para el entorno de las políticas ambientales mundiales. Además, se presenta la definición de desarrollo sostenible por parte de la National Environmental Policy Act: “Desarrollo económico que pueda llevar beneficios para las generaciones actuales y futuras sin dañar a los recursos o los organismos biológicos en el planeta” (Acciona Business As Unusual, 2021) (Environmental Protection Agency (EPA), 2021). Consecutivamente en 1987 la ONU publica el informe de Brundtland en el cual indica que la sostenibilidad consiste en “satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (ONU, 1987), en otras palabras, la sostenibilidad se refiere al logro del equilibrio de una especie con los recursos de su entorno.

Posteriormente, Elkington (1994), estableció la llamada Triple Bottom Line o La Cuenta del Triple Resultado que hace referencia a la necesidad de valorar la gestión empresarial bajo las dimensiones económicas, ambientales y sociales, pues consideró que el desarrollo sostenible en una empresa es aquel que contribuye a la gestión responsable mediante la entrega al mismo tiempo de beneficios económicos, sociales y medioambientales. Este término surge debido a la preocupación que se da entre los años 1980 a 1990 por la explotación masiva de personas y recursos existentes en los países en desarrollo; razón por la cual en el año 2000, se propuso incentivar a las empresas para apoyar los objetivos del desarrollo del milenio incorporando la medición y el informe de impactos al medio ambiente y otros criterios sociales, desde ese entonces, se establecieron varios enfoques de sostenibilidad empresarial, centrándose en la creación de valor de nivel de estrategias y prácticas empresariales (Hart & Milstein., 2003) y los diversos grupos de interés que rodean la empresa (Plua, Reyes, & Franco, 2020). Posteriormente, Barcellos (2010) estructura un nuevo enfoque a partir de Hart y Milstein (2003) al considerar que la sostenibilidad empresarial debe promover la inclusión social por medio de la optimización los recursos naturales y la reducción del impacto sobre el medio ambiente, preservando la integridad del planeta de generaciones futuras, sin desprestigiar la viabilidad económica y financiera de la empresa.

Ahora bien, como la Organización de Naciones Unidas (ONU), uno de los Organismos más grandes a nivel mundial, en pro de promover el progreso social, mejorar el nivel de vida y ayudar a responder el desafío que plantea el cambio climático, logró la sinergia en el 2015, para que los

países miembros adoptarán los siguientes Objetivos de desarrollo Sostenible como estrategia para equilibrar a nivel mundial la sostenibilidad económica, medioambiental y social, indicando que “para alcanzar estas metas, todo el mundo tiene que hacer su parte: los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil”. (Naciones Unidas, 2019)

- Objetivo 1: Fin De La Pobreza
- Objetivo 2: Hambre Cero
- Objetivo 3: Salud Y Bienestar
- Objetivo 4: Educación De Calidad
- Objetivo 5: Igualdad De Género
- Objetivo 6: Agua Limpia Y Saneamiento
- Objetivo 7: Energía Asequible Y No Contaminante
- Objetivo 8: Trabajo Decente Y Crecimiento Económico
- Objetivo 9: Industria, Innovación E Infraestructuras
- Objetivo 10: Reducción De Las Desigualdades
- Objetivo 11: Ciudades Y Comunidades Sostenibles
- Objetivo 12: Producción Y Consumo Responsables
- Objetivo 13: Acción Por El Clima
- Objetivo 14: Vida Submarina
- Objetivo 15: Vida De Ecosistemas Terrestres
- Objetivo 16: Paz, Justicia E Instituciones Sólida
- Objetivo 17: Alianzas Para Lograr Los Objetivos

En particular, el estudio propuesto acá se enmarca dentro del objetivo 11 de “Ciudades Y Comunidades Sostenibles”, cuya responsabilidad es asumida por cada país comprometido en el acuerdo, para desarrollar dicho objetivo en cada una de sus áreas urbanas. Dado lo anterior, a continuación, se describirá a profundidad el concepto de ciudades sostenibles y sus rasgos relevantes.

5.2 El concepto de ciudades sostenibles

La sostenibilidad urbana no es sólo una cuestión de calidad ambiental, sino también el resultado de una compleja interacción trilateral entre el entorno ambiental (recursos físico-naturales y construidos), el entorno económico (aspectos relativos a la producción, el consumo, la inversión, el comercio exterior y la actividad de los diferentes sectores productivos) y el entorno social (calidad de vida de los ciudadanos, el acceso a la vivienda y a los servicios, al empleo y a un nivel aceptable de renta) (Mella E. , 2003). En concordancia con lo anterior, las ciudades sostenibles son aquellas que logran interactuar entre los tres entornos obteniendo un mayor resultado de efectos

positivos, sacando provecho de las ventajas vinculadas a las economías de aglomeración (de personas, recursos, actividades y equipamientos) y manteniendo bajo un cierto umbral la capacidad de carga del espacio urbano. (Mella & López, 2015) (Mella Márquez, 2012)

Actualmente, el concepto de ciudades sostenibles ha tomado gran relevancia por la importancia que se le ha otorgado en los últimos años al concepto de sostenibilidad, pues el hecho de considerarse como una ciudad sostenible se genera un atractivo, ya que se busca eficiencia económica, a su vez, que se garantiza un nivel de bienestar no decreciente de los ciudadanos y, análogamente, se contribuye a reducir los efectos negativos que provoca el cambio climático, tanto en el ámbito local como global.

En el entorno mundial fue creado el Grupo de Liderazgo Climático de Ciudades denominado C40, cuyo propósito se enfoca en limitar la temperatura global a un máximo de 1,5 grados Celsius para prevenir un cambio climático catastrófico, por medio de la sinergia entre las ciudades principales del mundo, través de la cooperación de los gobiernos, las empresas, las sociedades y los ciudadanos, para mitigar el calentamiento global. Medellín, fue una de las ciudades que adquirió el compromiso de contribuir a mitigar los riesgos ligados al cambio climático, apostando por consolidar nuevos proyectos ambientales, con el objetivo de mejorar la calidad del aire, de reducir la temperatura y de disminuir los niveles de ruido, con miras a tener una eco-ciudad con construcciones sostenibles (ACI Medellín, 2019). Ahora bien, para que se pueda llegar a una ciudad sostenible, es necesario que en ellas haya un adecuado relacionamiento de las personas con todo su entorno, en el que ejerce un papel determinante las construcciones que se encuentren alineadas con los objetivos y propósitos sostenibles, asociados a la vegetación y zonas verdes.

5.3 Construcciones Sostenibles

En los últimos tiempos, los tipos y técnicas de construcciones han venido evolucionando en gran medida; aprovechando los nuevos descubrimientos, se ha comenzado a incorporar en las ciudades más vegetación, la cual anteriormente, se había venido desplazando de la zona urbana por la gran industrialización y por las grandes edificaciones tradicionales. Sin embargo, con los nuevos propósitos y metas planteadas a nivel mundial, debido a la alta preocupación ambiental, es necesario traer de nuevo los ecosistemas a las zonas urbanas (Martínez & Gallego, 2017). Por tal motivo, se ha generado la nueva tendencia de construcciones sostenibles, la cual se refiere al diseño, construcción y operación de edificios que son amigables con el medio ambiente, económicamente beneficiosos y además saludables para vivir y trabajar. (Grupo Bancolombia, 2019)

Para que una edificación sea considerada una construcción sostenible, la Conseil International du Batiment (CIB), conocida como la Organización Internacional de construcción, manifiesta que

una construcción sostenible debe reducir el consumo de recursos naturales, reusar los recursos, usar recursos reciclados, proteger la naturaleza, eliminar procesos tóxicos, aplicar análisis de ciclo de vida y enfocarse en calidad, generando a su vez beneficios importantes en la salud y bienestar de la población, reduciendo el impacto en el medio ambiente y aportando significativamente en el precio de venta.

Los avances tecnológicos y una creciente conciencia sobre el impacto ambiental de las construcciones, ha llevado a muchos países del mundo apostar por una arquitectura sostenible. De acuerdo con el informe del World Green Building Trends (2019), muchos países apoyan y promueven el diseño de construcciones sostenibles. Por ejemplo, en Canadá se ha generado una conciencia social alrededor de la arquitectura sostenible, de modo que la mayor parte de la población apuesta por proyectos ecológicos con un objetivo muy claro: mejorar su salud. se destaca, especialmente, su legislación a favor de las cubiertas verdes en ciudades como Toronto, al considerarse que, los techos verdes se han generado a los propietarios de edificios de importantes ahorros económicos. Por otro lado, en la gestión de aguas lluvia y en la reducción del efecto isla de calor, con su consiguiente ahorro energético en climatización, Brasil es el cuarto país del mundo con más edificios sostenibles. De modo similar, en Noruega la preocupación por el consumo de energía y el impacto medioambiental los ha llevado a construir edificios con un gran rendimiento energético. Por último, se encuentra Irlanda el cual ha desarrollado una conciencia ecológica con gran impacto en la población, puesto que la mayor parte de los proyectos nuevos de construcción se realizan bajo estándares sostenibles orientados a disminuir el uso de energía y aumentar la densidad de personas. (World Green Building Trends, 2019)

Con respecto a las construcciones sostenibles en Colombia, aún falta mucho por explorar, sin embargo, se reconocen los grandes avances que se han desarrollado en los últimos 10 años. El Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (Cccs) a junio de 2017 indica que Colombia ocupa la cuarta posición en Latinoamérica en cuanto a edificaciones ‘verdes’, con 102 edificios certificados y 235 en proceso. La arquitectura colombiana está considerando los recursos a utilizar, el consumo de agua y energía, y la calidad medioambiental de los interiores; todo esto, con el objetivo de disminuir al máximo el impacto negativo sobre el ecosistema (Sosa, 2019). El progreso de una gran variedad de normativas y certificaciones que ayudan a regular este tipo de construcciones ha llevado a ciudades capital como Bogotá, Cali y Medellín a sobresalir con proyectos que reflejan el compromiso sostenible por crear zonas, espacios o construcciones que preservan el entorno y promueven el equilibrio social, económico y ambiental, como lo son, las fachadas verdes.

Dada la contextualización anterior, el objeto de este estudio es realizar un análisis económico de las fachadas verdes, para contemplar su viabilidad en las construcciones con miras a la sostenibilidad, optimizando las áreas urbanas.

5.4 Las fachadas verdes

Los primeros techos verdes que se conocen en la historia son los jardines colgantes de Babilonia, considerados una de las siete maravillas del Mundo Antiguo, construidos en el siglo VI a. c. durante el reinado de Nabucodonosor II en la ciudad de Babilonia a orillas del río Éufrates. En el año 1986 el biólogo francés Patrick Blanc realizó el primer muro vegetado en la Cité des Sciences et de l'Industrie en París, el cual patentó en la misma ciudad en 1988, en 1994 empezó a revestir las fachadas y culatas de los edificios de Europa con vegetación; poco a poco se empezó a dar a conocer la tecnología de los jardines verticales, también conocidos como muros vivos, fachadas vegetadas, entre otros, dependiendo de su contexto e idioma. Esta práctica, ha estado integrada a la arquitectura de lugares tan disímiles como Noruega, Tasmania y China, y aunque los créditos de su desarrollo tecnológico actual son de Alemania, su adaptación para solucionar problemas particulares de las metrópolis tiene en cada país su propio “maestro de obras”, por tal razón en la actualidad las fachadas verdes y las construcciones sostenibles, forman parte importante de las eco-ciudades. (Gallardo, 2017)

Dado lo anterior, se hace necesario estudiar la descripción y caracterización de las fachadas verdes para conocer al detalle sus principios. La fachada de cada edificación es uno de los elementos más importantes en un proyecto de construcción, debido a que este elemento genera un valor estético y arquitectónico que conecta a cualquier observador con el interior de la obra, su mantenimiento y reparación se pueden volver una necesidad dependiendo de los materiales en los que fue construido y de los factores externos a los que se va a ver sometidos durante su vida útil. Por esta razón, en el momento de escoger los materiales y el tipo de fachada se convierte en un punto fundamental según la necesidad puntual que se tenga y el objetivo para el cual ha sido creada la obra.

En el mercado existen diferentes tipos de fachadas: Ligeras, pesadas, prefabricadas, tradicionales, con sistema de aislamiento térmico y ventiladas. Actualmente, todos estos tipos de fachadas aún se siguen utilizando; no obstante, es importante resaltar que este concepto ha tenido una gran evolución, dado que los materiales implementados son pensados siempre en la contribución de aspectos positivos con el entorno (estética), al medio ambiente y a los beneficios en su interior. Esta evolución se ha encaminado en la senda planteada desde el concepto de desarrollo sostenible. Ahora bien, el propósito de generar más espacios verdes o ecológicos dentro de la ciudad para disminuir el impacto ambiental que toda la infraestructura genera en el ambiente se ve truncado por el poco espacio que hay en las ciudades; de esta forma el aprovechamiento de las fachadas y los techos en las diferentes construcciones se vuelve una propuesta viable para alcanzar este propósito, y así construir una eco-ciudad sostenible y amigable con el medio ambiente a futuro. Por tal razón, las nuevas propuestas y tendencias que apoyan esta iniciativa se

deben destacar por crear construcciones sostenibles con fachadas que cumplan con las siguientes características y beneficios:

- Reducción en costos de mantenimiento.
- Prolongación de vida útil de la fachada.
- Reducción de consumo de energía debido a un mayor aislamiento y menor refrigeración.
- Impacto positivo en la salud y bienestar.
- Utilización de materiales amigables con el medio ambiente.
- Ventilación natural.
- Aislamiento acústico, lo que promueve una disminución del ruido.
- Mejor gestión de las aguas pluviales.
- Mejor calidad del aire.

Es así como nace la construcción de jardines verticales o fachadas verdes. Según las Naciones Unidas “los espacios verdes son un recurso indispensable para lograr una salud sostenible en las zonas urbanas” (Röbbel, 2021), lo que manifiesta la relevancia de implementar espacios verdes como uno de los factores importantes para afectar positivamente la salud y el bienestar humano, pues son diversos los estudios que han demostrado los efectos positivos que conlleva tener espacios verdes urbanos, por ejemplo, la mejora de la salud mental y la reducción de la depresión, la mejora de los resultados de los embarazos y la reducción de las tasas de morbilidad y mortalidad cardiovascular, obesidad y diabetes, además, reducir las desigualdades socioeconómicas en la disponibilidad de espacios verdes urbanos puede ayudar a reducir las desigualdades en la salud vinculadas a los ingresos, la pertenencia a minorías, la discapacidad y otros factores socioeconómicos y demográficos. (Allen & Balfour, 2014)

Ahora bien, se entiende por fachada verde una instalación vertical cubierta de plantas de diversas especies cultivadas sobre una estructura dando la apariencia de jardín vertical, de ahí que también se le conozca por ese nombre. Estos modelos de fachadas pretenden que, en el ambiente interior, se consiga una máxima eficiencia y conservación de la energía, lo que conlleva un uso racional de los recursos naturales. La construcción verde busca crear estructuras y usa sistemas que son ambientalmente responsables. (Villa, 2009)

Estas fachadas se basan en la aplicación de plantas trepadoras o colgantes a lo largo de la pared, las cuales pueden crecer hacia arriba de la superficie vertical, como son las llamadas tradicionales, o las no tradicionales que crecen hacia abajo de la superficie vertical, en cuyo caso cuelgan desde una altura determinada, como lo enuncia Pérez Gallardo (2017) con base en lo planteado por Dunnett & Kingsbury (2008). Las fachadas verdes son clasificadas como directas o indirectas. En las primeras, las plantas están conectadas directamente a la pared, mientras que en las segundas se

incluye una estructura de soporte en forma de cables o mallas para la vegetación. Dado lo anterior, las fachadas verdes tradicionales se consideran un sistema directo.

Por otra parte, la vegetación apropiada para este tipo de construcciones depende de las condiciones climáticas locales, las características del edificio y las condiciones del entorno en el que se inserta la pared verde. En ese sentido, las plantas trepadoras se consideran una solución económica; sin embargo, es de gran importancia conocer los beneficios que éstas generan para encontrar la mejor solución a la necesidad. (Laurenz, 2005)

5.5 Beneficios Ambientales, Sociales y Económicos de las fachadas verdes

Las fachadas verdes ofrecen una variedad de servicios ecosistémicos que, usualmente, no abundan en los ámbitos urbanos, contribuyendo positivamente a todo el entorno. Estos servicios comprenden aumento de la biodiversidad de avifauna, mejor calidad del aire, mejora en la salud de las personas, regulación de la humedad del ambiente, entre otros. En particular, debido a que la contaminación al interior de las ciudades ha venido en aumento, afectando la calidad del aire y creando una isla de calor al interior de estas, las fachadas verdes son una opción ambientalmente viable para mitigar este problema. Ahora, cada uno de los servicios aportan diferentes beneficios o ventajas en diversos niveles, los cuales se explicarán a continuación:

5.5.1 Beneficios Ambientales.

5.5.1.1 Reducción de la temperatura ambiente.

Este tipo de fachadas reduce la temperatura ya que evita los contrastes entre el interior y el exterior, produciendo mayor estabilidad térmica y retrasando la transmisión del calor hacia el interior, lo que genera una cámara aislante en la parte externa del muro de la construcción que provoca aislamiento e inercia térmica, esto se da porque las plantas absorben la luz solar, el 50 % se absorbe y reflejan el 30 %; ayudando a crear un clima más frío y agradable.

Una fachada vegetal también tiene una influencia positiva sobre el efecto de isla de calor en la ciudad. En general, esto significa una reducción de 3 °C de la temperatura de la ciudad. La reducción de la isla de calor urbano, es debida a que, al sombrear el contorno de los edificios, con un recubrimiento vegetativo, se evita que capten la radiación solar directamente para no contribuir en el exceso de calor en las zonas más densificadas en las ciudades, por medio de la evaporación y condensación del agua, gracias a que las plantas extraen calor del ambiente, realizando un

proceso de enfriamiento, pues el efecto isla puede incrementar la temperatura hasta en 4 grados, que a su vez, disminuyen las cantidades de CO₂ en su ciclo vital. (Sempergreen, 2021)

5.5.1.2 Reducción CO₂.

Las plantas en un jardín vertical filtran partículas del aire y convierten el CO₂ en oxígeno. un metro cuadrado de fachada vegetal extrae 2,3 kg de CO₂ al año del aire y produce 1,7 kg de oxígeno. Con una fachada vegetal se contribuye a la purificación del aire (Sempergreen, 2021). Las investigaciones realizadas en Frankfurt (Alemania) reflejan que la concentración de CO₂ se reduce entre un 17% y un 18% y hay una reducción de partículas suspendidas y contaminación, es decir, mejor calidad del aire (Hoyos, 2014). En concordancia, Ochoa (1999) afirma que “la vegetación es un elemento estimable como purificador de la atmósfera urbana, desempeñando varios papeles, unos más eficazmente que otros: como indicador biológico de la presencia de contaminantes peligrosos, como absorción de sustancias contaminantes o bien como filtro de partículas sólidas suspendidas en el aire, además de la producción de oxígeno mediante la fotosíntesis y la depuración bacteriana”, como a su vez, la disminución de gases de efecto invernadero.

5.5.1.3 Reducción del ruido ambiental interior y exterior.

Una fachada vegetal actúa como una barrera de sonido. Absorbe un 41 % más de ruido que una fachada tradicional y esto significa un entorno mucho más tranquilo. Lo anterior se presenta porque hay una absorción de las ondas sonoras, pues las frecuencias más altas bloquean las plantas y las de frecuencia más baja las contrarresta el sustrato, proceso que conlleva a que disminuya la reflexión del sonido en hasta 3 dB y mejora el aislamiento acústico interno hasta 10dB. (Asociación Española de Cubiertas Verdes ASESCUVE, 2021).

5.5.1.4 Aumento de la biodiversidad.

Las plantas que se incluyen en el jardín vertical promueven el hábitat de varios tipos de organismos como las aves, mariposas e insectos, especialmente en un entorno urbano que está fabricado principalmente de hormigón, asfalto, concreto, vidrios y estructuras metálicas, pero ahora atrayendo la fauna de sus alrededores. (Nurmi, Votsis, Perrels & Lehvävirta, 2013)

5.5.1.5 *Proporciona una reserva de agua de lluvia.*

Un muro vegetal absorbe el agua de lluvia a través de las plantas y su sustrato, actuando como una reserva de agua. Esto retarda la descarga de la lluvia al sistema de alcantarillado, purifica el agua de lluvia y también se evapora a través de las hojas de las plantas por ello, las plantas que se encuentran en entornos urbanos regulan la variación de la humedad, por ejemplo, una hectárea de vegetación evapora alrededor de 1500 metros cúbicos de agua. Así que, todo esto, ayuda a estabilizar el nivel de las aguas subterráneas, reduce la carga máxima en el sistema de aguas residuales y disminuye el riesgo de inundaciones en especial para ciudades con alto nivel de precipitaciones, por su capacidad de absorción de agua lluvia que iría al alcantarillado reduciéndola entre 50 a 90%, devolviendo una parte por el ciclo natural de transpiración y/o evaporación del agua retenida y el resto se entrega gradualmente al alcantarillado o mejor aún si se cuenta con un sistema de drenaje y riego cíclico. (Patiño & García, 2019)

5.5.1.6 *Crea una barrera resistente al fuego.*

Las plantas contienen de forma natural una gran cantidad de humedad, por lo que un muro vegetal crea una capa natural que es más resistente al fuego, además que absorben algunos elementos que son tóxicos que son nocivos para los seres humanos y animales. (Sempergreen, 2021)

5.5.2 Beneficios Sociales.

5.5.2.1 *Aumenta la sensación de bienestar.*

Vivir y trabajar en un entorno verde tiene un efecto positivo sobre el bienestar de las personas. Las fachadas con vegetación benefician a la población en cuanto a la tranquilidad que transmiten los espacios verdes, pues brindan una sensación de relajación y disminuyen el estrés, conforme a la percepción del entorno de cada individuo.

Algunos beneficios ambientales generan un impacto positivo en el aspecto social, por ejemplo, al mejorar la calidad del aire se influye directamente en la salud de los habitantes de las zonas periféricas a la edificación, también está la disminución del ruido reflejado que ayuda a decrecer el cansancio auditivo, contribuyendo a mejorar los factores psicosociales que impactan los individuos. (Martínez & Gallego, 2017) y (Perini & Rosasco, 2013)

5.5.2.2 *Ambiente saludable.*

El verde promueve un ambiente saludable. Por ejemplo, en interiores las fachadas verdes disminuyen las indisposiciones, por irritación en los ojos, dolores de cabeza, dolores de garganta y cansancio. En las oficinas donde hay mucha vegetación, hay una notable disminución de las bajas por enfermedad, además que se considera una sensación de frescura en el ambiente. (Sempergreen, 2021)

5.5.2.3 *Interacción social.*

Trabajar o vivir en un entorno verde une a las personas. Se sabe que el «verde a pequeña escala» tiene un efecto positivo sobre la cohesión social en los barrios, porque además de mejorar la visual y el entorno, las áreas con más zonas vegetativas sufren menos agresiones, violencia y es menos propensa a ser atacada contra actos vandálicos como grafitis o pinturas urbanas. (Sempergreen, 2021)

5.5.3 Beneficios Económicos.

5.5.3.1 *Tributarios.*

En nuestro país, el desarrollo de prácticas que protejan el medio ambiente, permite que las empresas accedan a beneficios tributarios que se traducen en un ahorro de dinero; esto se evidencia cuando se acogen a los incentivos consignados en los Estatutos Tributarios que ofrece el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, permitiendo al inversionista reducir su carga impositiva al momento de la inversión, así como durante los años subsiguientes, que en términos prácticos busca reducir el costo de la inversión y mejorar el flujo de caja de un proyecto cuando se financia su implementación, para el caso puntual de las fachadas verdes o jardines verticales se cuenta con los siguientes beneficios:

1. Equipos y elementos que no pagan IVA: la adquisición de equipos y elementos necesarios para los sistemas de control y monitoreo ambiental, la importación de equipos para reciclar y procesar basuras, depuración y tratamiento de aguas residuales, emisiones atmosféricas o residuos sólidos y para proyectos que reduzcan las emisiones de gases efecto invernadero, así como los equipos necesarios para reconvertir vehículos a gas natural, no causan IVA. El ahorro para los empresarios es de 19% del valor de compra de los equipos (Artículos 424-5 numeral 4 y 428 literales “f” e “i” del Estatuto Tributario).

2. Deducción en la base de impuesto a la renta: es posible deducir el valor de la inversión en control y mejoramiento ambiental de la base de liquidación de renta hasta un monto que no supere el 20% de la renta líquida (Artículo 158-2 del Estatuto Tributario)

A nivel local, el Municipio de Medellín en su Estatuto Tributario Acuerdo 066 de 2017, incluye beneficios para ciertos programas y prácticas que se han desarrollado en cabeza del Área Metropolitana del Valle de Aburrá los cuales aplican a este estudio de caso:

3. Programas de reconocimiento Empresarial en gestión ambiental y sostenibilidad de las autoridades ambientales regionales: los sujetos pasivos del impuesto de Industria y Comercio que sean seleccionados por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el marco del programa de Reconocimiento Empresarial en Sostenibilidad o su equivalente, o el que haga sus veces, podrán descontarse en su declaración privada de industria y comercio correspondiente al periodo gravable en que otorga el reconocimiento, un cinco por ciento (5%) del impuesto a cargo generado en el Municipio, sin que este descuento supere la suma de \$20.000.000.
4. Inversiones en control y mejoramiento del ambiente: la inversión corresponde a control y mejoramiento del ambiente de acuerdo con los términos y requisitos previstos en el Decreto 3172 de 2003 "Por medio del cual se reglamenta el artículo 158-2 del Estatuto Tributario". Hasta el 25% del impuesto de renta.
5. Construcciones sostenibles: estos incentivos consisten en la deducción del 10% sobre los impuestos de delineación urbana y predial, para los estratos 1 y 2; del 8% para el estrato 3; del 6% para el estrato 4; del 4% para el estrato 5 y del 2% para el estrato 6. Los incentivos se otorgarán por 10 años, según el grado de cumplimiento de las condiciones o categorías de construcción sostenible que se definen en la Matriz de Evaluación de Construcción Sostenible del Manual de Construcción Sostenible.

No obstante, para acceder a estos beneficios es necesario la obtención de una certificación que acredite que el proyecto cumple con los requisitos para ser beneficiario de dichos incentivos. Esta certificación es emitida por la Unidad de Planeación Minero-Energética para proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) y para los demás proyectos la certificación se deberá tramitar ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) o la autoridad ambiental competente.

5.5.3.2 Disminución del consumo de energía.

Las fachadas verdes presentan un efecto de sombreado y evapotranspiración que es relevante para reducir la temperatura interna transmitida por fachadas y otros elementos urbanos, lo que permite retrasar los tiempos de calor, por consiguiente, esto concatena en una disminución del consumo de energía por refrigeración al interior de la edificación hasta en un 30% según Hardy (2014), presentando así, un beneficio económico para los propietarios. (Patiño & García, 2019)

5.5.3.3 Incremento de la vida útil de la fachada.

Las fachadas vegetales generan una protección en la cubierta, ya que se convierte en una segunda piel de recubrimiento para la edificación frente a los efectos climáticos, el estrés térmico y la radiación de rayos UV, lo cual incrementa su vida útil, ya que, amortigua el envejecimiento, mitigando la fatiga acelerada de los materiales, la reducción de posibles deformaciones y la aparición de grietas, ampliando la periodicidad de los mantenimientos como también incrementando el tiempo para el cambio o repotenciación de la envolvente, dando así como resultado, una disminución en los costos direccionados a los mantenimientos y/o adecuaciones en la fachada. (Nurmi, Votsis, Perrels & Lehvävirta, 2013)

5.5.3.4 Aumenta el valor de la propiedad.

El aspecto natural y sostenible, combinado con una reducción en los costos de energía, se traduce en un aumento del valor de la propiedad, por sus aportes ecológicos al entorno, considerándose una valorización de la propiedad en un intervalo de 6% al 15%. (Perini & Rosasco, 2013)

5.6 Fachadas verdes en Colombia

5.6.1 Antecedentes.

Aunque en Colombia desde el 2005 se empezó a estudiar y analizar proyectos con este tipo de fachadas, sólo hasta en el 2010 se inauguró el primer “edificio verde” del país con la idea de convertir al campus de la universidad Eafit de Medellín en un espacio para el cuidado del medioambiente. El edificio de 8.200 metros cuadrados fue planeado por el arquitecto colombiano Juan Fernando Forero. Su mayor atractivo es una pared vegetal, sin vidrios ni muros, que lo abarca por dos de sus lados y ayuda a mantener la climatización interior, que recoge y reutiliza el agua de

lluvia; además contaba con un sistema de flujos de aire natural para optimizar la climatización, y estaciones eléctricas de bajo consumo. Esta fachada vegetal, de 115 metros de extensión y 15 metros de altura, fue elaborada por los paisajistas Jorge Mesa y Carlos Uribe.



Figura 1: Edificio de Ingenierías de la Universidad EAFIT (El Espectador, 2010)

Por otra parte, la pionera de techos verdes en Bogotá es la Secretaría de Ambiente, que cuenta con el primer edificio ecológico del Distrito con 400 metros de techos verdes. El sector privado tímidamente desarrolló proyectos como es el caso del edificio de Novartis quien fue el primero en Colombia en obtener la certificación LEED “Leadership in Energy and Environmental Design” otorgado por el Green Building Council en nivel Plata. En 2011, la Secretaría Distrital de Ambiente en Bogotá publicó la Guía Técnica de Techos Verdes para Bogotá y en el 2012 se instaló el primer jardín vertical en el Hotel B3 considerado como el primer muro hidropónico de esta magnitud en América Latina. El proyecto consistió en un muro que cubre toda la fachada occidental del proyecto con más de 360 metros cuadrados de jardín vertical e inspiró a la construcción en el 2013 del jardín vertical en el edificio residencial Santalaia con un total de 115,000 plantas que cubren 3017 metros cuadrados de las paredes y techo. En el momento de la instalación, este era uno de los jardines verticales más grandes del mundo.



Figura 2: Hotel B3, Virrey – Bogotá (Tropical Commons, 2021)



Figura 3: Edificio residencial Santalaia – Bogotá (Tropical Commons, 2021)

Actualmente, ya hay más ciudades de Colombia vinculadas con proyectos de gran envergadura en el que las fachadas verdes que son su atractivo principal, tal como el tapete vegetado diseñado en la parte superior del Hospital Cardiovascular en Bucaramanga en el 2016 con más de 200 metros cuadrados, o la prisión de Tuluá con techo verde que es parte de un diseño modular bioclimático en el que los techos desempeñen un papel importante para la reducción de la temperatura. Sin embargo, Bogotá y Medellín son las ciudades más comprometidas en estos tipos de proyectos que apuntan al desarrollo sostenible.

5.6.2 Fachadas verdes en el valle de Aburrá

Medellín, desde el año 2005 se ha concentrado en estudiar, analizar e incentivar proyectos amigables con el medio ambiente, para lograrlo, en el año 2008 efectuó una primera revisión del

marco de política pública sostenible y en el año 2015 concluyó su publicación, razón por la cual hoy es considerada como pionera y referente nacional. (Universidad Pontificia Bolivariana, 2020)

Dentro de estos proyectos Medellín ha realizado las siguientes iniciativas que hoy la muestran ante el mundo como una ciudad sostenible con innovación (Alcaldía de Medellín, 2020):

- La Renaturalización: es un proceso que está recuperando espacios públicos para el verde urbano, además de servir como regulador de la temperatura urbana (hasta dos grados en el centro de la ciudad), reducir las emisiones de CO₂ o impactar positivamente en la ciudadanía en lo físico y en lo psicológico, además participa en el proyecto de la Unión Europea, 'Urban GreenUP. Pero de entre todos los proyectos de renaturalización, destaca especialmente el del Parques del Río, cuya finalidad es recuperar el curso del río Medellín que atraviesa la ciudad y que se está convirtiendo en un inmenso corredor biológico, volviendo los parques el centro de las comunidades.
- C40: El Grupo de Liderazgo Climático, fundado en el 2005 y conocido como el C40, está constituido por un grupo de ciudades del mundo comprometidas con abordar el cambio climático, este grupo ayuda a las ciudades a colaborar de manera eficaz, compartir conocimientos e impulsar acciones significativas, medibles y sostenibles sobre el cambio climático. En todo el mundo, C40 Cities conecta a 97 de las ciudades más grandes del mundo para emprender acciones climáticas audaces, liderando el camino hacia un futuro más saludable y sostenible. Los alcaldes de estas ciudades, que representan a más de 700 millones de ciudadanos y una cuarta parte de la economía mundial, están comprometidos a cumplir los objetivos más ambiciosos del Acuerdo de París a nivel local, así como a limpiar el aire que respiramos. Entre las 97 ciudades se encuentran Bogotá y Medellín por parte de Colombia. (ACI Medellín, 2019)

Además de lo anterior, el valle de aburra cuenta con varias obras de construcción sostenible destacadas, por ejemplo, el edificio central de Bancolombia se enfocó en una reducción en su consumo energético del 30% e implementó un sistema de recolección de aguas en las cubiertas, que disminuyó el consumo de agua en las torres de enfriamiento en un 40%. Por otro lado, el complejo Ruta N (Figura 4: Complejo Ruta N, Medellín – Antioquia), acondicionó el 37% de su área total en vegetación, el funcionamiento de los baños es a través de aguas lluvia captada por el mismo edificio y más del 20% de los costos de los materiales del proyecto en su construcción, corresponden a productos fabricados a partir de materia prima reciclada, finalmente se trae a colación, el edificio de la sede corporativa de Isagen, basado en el concepto de edificio verde, donde el consumo de agua se redujo en un 80%, y el ahorro de energía se ve reflejado en un 25%, en particular, el 3% de la energía es producida por el sistema de energía fotovoltaica.



Figura 4: Complejo Ruta N, Medellín – Antioquia (El Colombiano, 2019)

En cuanto a fachadas verdes el valle de aburra también ya se encuentra en implementación de dichas fachadas con los siguientes casos destacados:

- La Planta de tratamiento Aguas Claras, ubicada en el municipio de Bello, que trata aguas residuales, implantó un multifuncional techo verde de 714 metros cuadrados, en el que el impacto visual de la cubierta tomo gran importancia. En donde los empleados de la planta pueden realizar caminatas biofílicas durante sus descansos, y se buscó la reducción de la temperatura del edificio.

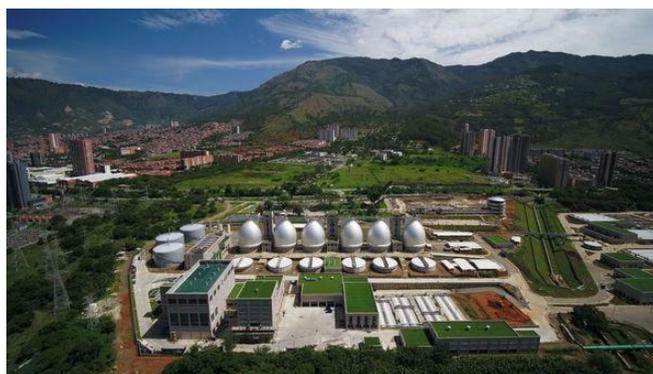


Figura 5: Planta de tratamiento de aguas residuales en Bello – Antioquia (Samper Green, 2021)

- Uno de los símbolos del Medellín Contemporáneo, el Edificio EPM (Empresas Públicas de Medellín), incluyó dentro de su renovación arquitectónica en 2013, dos terrazas verdes, para el disfrute de funcionarios y visitantes, en el que se incorpora tapetes de vegetación, para proyectar un ambiente más ecológico y amigable con el medio ambiente:



Figura 6: Terraza Verde – Edificio EPM, Medellín – Antioquia (Groncol, 2021)

- La fachada del Concejo de Medellín y el centro administrativo alpujarra es de las obras de infraestructura verde, más grandes de la ciudad, que contribuyen al bienestar de funcionarios, contratistas y ciudadanos, y consolidan a Medellín como una Ecociudad. Este proyecto cuenta con 767 metros cuadrados, de los cuales 475 metros cuadrados son de muros verdes y 292 metros cuadrados son jardines verticales en las zonas de recepción, vacío central y piso quinto del Centro Administrativo La Alpujarra.



Figura 7: Concejo de Medellín, Medellín – Antioquia (Alcaldía de Medellín, 2021)

A nivel general la ciudad adopto por intervenir muros en la quebrada Villa del Socorro (Santa Cruz); el ecoparque El Molino (Manrique); y los muros laterales del puente de la avenida del Ferrocarril, a la altura de Plaza Mayor, así como varias columnas del metro (Con el corazón en la tierra, 2018)

5.7 Revisión de literatura sobre valoración de fachadas verdes

Teniendo el concepto claro de Construcciones Sostenibles, Fachadas verdes y sus beneficios, es importante realizar una revisión bibliográfica como parte integral de este estudio de caso. Para ello, la revisión realizada es de tipo narrativo, se consultaron bases de datos como EbscoHost, Scopus y Google academy en el que se seleccionaron 9 documentos que abordan en sus contenidos estudios de caso y proyectos en los cuales se evalúan la Viabilidad financiera, ambiental y social de las fachadas o muros verdes en países como Reino Unido, Emiratos Árabes, Finlandia, Portugal y Colombia. A continuación, se relaciona cada una de estas revisiones.

En primer lugar, Collins, Schaafsma y Hudson (2017) tienen como objetivo establecer el valor de los muros verdes para la biodiversidad urbana en la ciudad de Southampton, Reino Unido. Este estudio se basa en una valoración monetaria de la infraestructura verde, donde cuantificaron económicamente el valor de la biodiversidad proporcionada por los muros verdes y determinaron las preferencias públicas hacia el diseño de este tipo de estructuras urbanas. Para ello, realizaron experimentos de elección que involucran la aplicación de la teoría de características del valor combinada con la teoría de la utilidad aleatoria, donde la utilidad se refiere a la cantidad total de satisfacción recibida por consumir un bien o servicio. Estos experimentos se fundamentaron en la generación y el análisis de los datos de preferencias declaradas a través de cuestionarios.

De las 127 personas encuestadas se concluyó que un diseño de política verde es un determinante significativo de la elección asociada sobre el escenario de política no verde, dándole un mayor valor a las tres políticas verdes (muros vivos, fachadas verdes, política verde alterna); los encuestados que declararon que encuentran las paredes verdes estéticamente agradables son más propensos a elegir el muro verde o la fachada verde que otros encuestados.

Se estimaron los valores de Disposición a pagar (DAP) para ambos modelos. Los valores medios marginales del Modelo A para las opciones de política oscilan entre £ 27.52 por hogar/año para la política verde alterna, a £ 34.10 por hogar/año para la fachada verde y £ 37.88 para el muro verde. Las DAP basadas en los resultados del Modelo B son muy similares, £ 27.46, £ 38.23 y £ 38.08 respectivamente, cuando se utiliza la muestra media de opinión sobre la estética de las paredes verdes para la fachada verde y las estimaciones de la pared viva. Las diferencias entre estas estimaciones de la DAP no son estadísticamente significativas. La agregación de estos escenarios de las estimaciones de la disposición pagar para toda la población de Southampton, estimada en 91.217 hogares, da como resultado una DAP anual agregada de 5,2 millones de libras esterlinas para una política de muros verdes que aumenta la biodiversidad, y de 4,8 millones de libras esterlinas para una fachada verde.

Todas las políticas verdes aumentaron significativamente la utilidad de los individuos en comparación con el escenario de políticas no verdes, lo que indica un valor positivo asociado con la infraestructura verde que aumenta la biodiversidad en Southampton. Sin embargo, la diferencia entre las estimaciones de bienestar no es significativa.

A pesar de las limitaciones reconocidas del uso de estudios de valoración monetaria para la toma de decisiones sobre la biodiversidad, Collin et al. (2017) demuestran que la valoración de la biodiversidad proporciona beneficios y que el uso de dicha información es más transparente en un contexto de política y toma de decisiones que la ausencia de ella. Por lo tanto, los autores recomiendan que las autoridades locales estimulen una mayor investigación sobre las preferencias públicas utilizando métodos de preferencias declaradas para valorar los beneficios de los muros verdes, así como otros elementos de la infraestructura verde en su área. Estos esfuerzos pueden ayudar a aumentar la fiabilidad y la validez de las estimaciones de las disposiciones a pagar y, por lo tanto, informar a los instrumentos de financiación alternativas para la infraestructura verde urbana.

Por su parte, Hassan y Haggag (2015) evaluaron las ventajas de un edificio escolar después de la implementación de una fachada con vegetación, en los Emiratos Árabes; así, el propósito principal fue analizar la eficiencia energética del edificio, ya que, el 67% del consumo energético está asociado al sistema de aire acondicionado, o de refrigeración, y el 14% a la iluminación. Por tal razón, establecieron una alternativa de mejora de rendimiento energético a partir del establecimiento de un recubrimiento de los muros, lo cual incide directamente en el control de transferencia de calor y en la radiación solar, la cual puede llevar a disminuir un 25% el consumo de energía, dado que se ha demostrado que una pared verde es 10°C más fría que una pared expuesta a la luz solar directa.

Su metodología se basó en un análisis de caso: la escuela Liwa International School (LIS), ubicada en el caluroso clima de la ciudad de Al-Ain, de los Emiratos Árabes Unidos, en donde las temperaturas pueden alcanzar los 50 ° C en verano y la humedad relativa varía de 13% (muy seco) a 88% (muy húmedo). En este lugar, se instaló un muro vivo con vegetación en el edificio de la escuela, utilizando jardineras de pared viva hechas de cajas de plástico (30 x 30 x 25 cm), fijadas con tuberías de riego por goteo (13 mm) y una variación de especies vegetales. Se tomaron 2 aulas idénticas, uno con la pared exterior desnuda y la otra con un muro verde o pared viva. En el experimento, se registró la temperatura del exterior, la de la superficie externa, la interna y la del aire interior. A partir de los datos de temperatura medidos, la carga de refrigeración se calculó y comparó entre las paredes desnudas y verdes para determinar el efecto del muro con vegetación sobre la reducción energética.

El estudio concluyó que el efecto de sombreado del sistema de vegetación vertical puede reducir la temperatura interior entre 5°C a 7°C y disminuir el consumo de energía en aire acondicionado en 20% aproximadamente. A su vez, se efectuó una comparación respecto a un simulador llamado eQuest, tomando las mismas variables, en el cual, se logró obtener un resultado de variación de temperatura cercano al 5%, validando el modelo realizado y reafirmando las conclusiones. Así las cosas, se logró calcular la carga de enfriamiento anual, que arrojó un total de 4,53 MWh en consumo energético para el recinto con la pared verde, mientras que, para el lugar con la pared desnuda se tenía un consumo de 5,54 MWh, lo que presenta un ahorro del 18% en consumo de energía por refrigeración. Por lo tanto, la reducción de la carga frigorífica fue de 1,01 MWh por año.

Ahora bien, al calcular el ahorro económico por refrigeración, teniendo en cuenta el costo internacional de la energía en 132USD por MWh al multiplicarlo por el 1,01MWh ahorrados, sería un valor de 133,32USD por año; al cual también se le suma un ahorro en alquiler por la implementación en muro verde que es de 80USD al año, dando un ahorro total de 213,32 USD por año. Teniendo en cuenta que la implementación del muro tuvo un costo de 2880USD entonces el periodo de recuperación de la inversión sería de 13 años. Esto teniendo en cuenta solo el beneficio económico por refrigeración y por ahorro de alquiler.

El análisis de costo-beneficio se basó en determinar el período de recuperación considerando el capital y costos operativos, mientras que el ahorro de energía y el aumento del valor del alquiler se incluyen como beneficio sin tener en cuenta los beneficios ambientales y las tasas de inflación en esta etapa. Según el análisis de costo-beneficio tienen un período de recuperación de 13 años considerando el costo internacional de la energía. Por lo tanto, se concluye que los muros vivos no pueden devolver la inversión de forma razonable, sin embargo, los autores plantean que se puede reducir el período de recuperación de la inversión una vez que la inflación y los impactos ambientales positivos se incluyan como tema de estudio futuro para hacer que el proyecto sea financieramente viable.

En tercer lugar, Nurmi, Votsis, Perrels y Lehvavirta (2013) a través de un estudio de caso analizaron el costo beneficio de los techos verdes en la zona urbana de Helsinki, utilizando métodos de valoración económica con el fin de encontrar cuales son los beneficios económicos y los costos de los techos verdes delgados y livianos para el sector público y privado teniendo en cuenta los requisitos de mantenimiento mínimos; para calcular los beneficios utilizaron los siguientes métodos de valoración, reconociendo que cada método de valoración tiene sus fortalezas y debilidades.

En primera instancia consideraron los servicios de regulación los cuales fueron estimados principalmente a través de técnicas indirectas de valoración del mercado (esta técnica es utilizada

cuando no existen mercados explícitos para los servicios de los ecosistemas) bajo la metodología de costos evitados y costos de reemplazo. El método del costo evitado permite establecer los costos que se habrían producido sin estos servicios, por ejemplo, el techo verde incluye ahorros de energía mientras que el costo de reemplazo se refiere a los servicios ecosistémicos que podrían reemplazarse con sistemas hechos por humanos. Como segunda medida se consideraron los servicios de hábitat que fueron valorados a través de precios de mercado indirectos (dinero donado con fines de conservación), luego los servicios de producción los cuales se valoraron a través de la fijación directa de precios de mercado la cual hace referencia al valor de cambio que los servicios ecosistémicos pueden tener en el comercio y por medio de los métodos de ingresos por factores que se refiere a los servicios ecosistémicos que mejoran los ingresos – por ejemplo, el producto de los techos verdes-. Finalmente, fueron valorados los servicios culturales a través del método de valoración contingente (MVC), método basado en la demanda para determinar los valores de los bienes y servicios no de mercado (información cultural y espiritual); y la fijación de precios hedónicos (información estética) la cual se basa en la idea de que las personas prefieren y pagarán más por vivir en áreas con buena calidad ambiental y, por lo tanto, el valor marginal de la calidad ambiental está incrustado en los precios de la vivienda.

Al calcular la valoración de los beneficios de los techos verdes encontraron que éstos pueden proporcionar durante su vida útil esperada de 40 años estimaciones de valor para la mayoría de los servicios ecosistémicos, así que, teniendo en cuenta que beneficios futuros se han descontado, para encontrar los valores actuales, a una tasa de descuento del 3%, la longevidad de la membrana ofrece un ahorro de 23.6 euros /m², este es un beneficio privado (costo evitado) para el propietario del edificio, el aislamiento acústico brinda un ahorro entre 0 y 20 euros/m², el ahorro de energía, respecto a la refrigeración ofrece entre 1,9 euros/m² y 8,5 euros/m² y la calefacción entre 3,3 euros/m² y 24 euros/m², en cuanto a la calidad del aire ofrece (prestaciones medias en Helsinki) entre 4,8 euros/m² y 6,9 euros/m² y por último la gestión de las aguas pluviales (beneficios medios en Helsinki) ofrece 1,9 euros/m² y 3,4 euros/m².

Por otra parte, la relación beneficio - costo privada para la instalación de techos verdes estuvo entre de 0,7 y 1,8 y la relación beneficio - Costo total (beneficios privados + beneficios públicos) estuvo entre 0,9 y 2,2 más los beneficios no cuantificados de valor paisajístico y beneficios por biodiversidad.

Finalmente, los cálculos de costo-beneficio sugieren que, con una mayor tasa de implementación y realización de beneficios públicos, los techos verdes serían una buena inversión. Sin embargo, debido a que los beneficios privados no son lo suficientemente altos como para justificar una instalación de techo verde para un responsable privado de la toma de decisiones, se puede esperar que la tasa de implementación se mantenga baja sin instrumentos de política correctiva. Los instrumentos de política podrían incluir políticas de apoyo que agreguen incentivos

para que los tomadores de decisiones privados instalen techos verdes, como las reducciones de tarifas de aguas pluviales o las reducciones de impuestos inmobiliarios. Es esencial introducir políticas que devuelvan una parte de los beneficios públicos al propietario del techo verde, de manera que los beneficios privados igualen o superen los costos privados. Además, un programa demostrativo podría ayudar a reducir los costos.

En cuarto lugar, el estudio de Perini y Rosasco (2013) evaluó económicamente diferentes tipos de sistemas de ecologización vertical, a través de tres indicadores: el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y el período de amortización (PBP). La propuesta presentada incluye el cálculo de costos iniciales (instalación), costos de mantenimiento, costos de disposición, beneficios económicos relacionados con el aumento de la renta (debido al aumento del valor de la propiedad), la longevidad de la edificación y la demanda de energía para calefacción y aire acondicionado. Con respecto a los beneficios socioeconómicos positivos, se consideraron los efectos ambientales de los sistemas de ecologización vertical en términos de ahorro de los costos para la sociedad.

La metodología implementada evalúa la sostenibilidad económica de seis sistemas de ecologización vertical, primero la fachada verde directa con una hélice de Hedera bien desarrollada, segundo la fachada verde indirecta con una hélice de Hedera soportado por una malla plástica (polietileno de alta densidad), tercero la fachada verde indirecto con una hélice de Hedera soportada por una malla de acero, cuarto la fachada verde indirecta combinada con una jardinera en cajas con una hélice de Hedera sostenida por una malla de polietileno de alta densidad, quinto la fachada verde indirecta combinada con jardineras de acero con hélice de Hedera sostenida por una malla de acero y por último el sistema de muro vivo basado en una estera que está compuesta por dos capas de geotextil.

Ahora, Para Perini y Rosasco (2013) los beneficios relacionados con la instalación de sistemas de ecologización vertical dependen de los tiempos de crecimiento de las plantas, por ejemplo, para los sistemas directos de ecologización la cobertura total de la fachada se estima después de 15 años (crecimiento vertical de 0,5 m / año) y se calculan los beneficios después de 10 años posteriores a la instalación. Para el sistema de ecologización indirecta se calculan los beneficios combinados con los beneficios de las jardineras en cajas después de 3 años para permitir una cobertura completa. En el caso del sistema de muro vivo debido a las diversas plantas utilizadas y las capas involucradas, es posible calcular los beneficios después de 1 año, posterior a la instalación de los módulos prefabricados.

Los resultados obtenidos muestran que no todos los sistemas ecológicos verticales son económicamente sostenibles, en el caso de la fachada verde directa los valores obtenidos para los indicadores económicos muestran que este sistema ecológico es sostenible para todos los

escenarios asumidos. El valor presente neto (VPN) va desde un mínimo de 9.500 euros hasta un máximo de 30.139 euros. Además, las tasas internas de retorno son aceptables, estas van desde un mínimo del 7,7% (peor escenario) hasta un máximo del 10,7% (mejor escenario). El número de años necesarios para que los beneficios económicos alcancen los costos varía de un máximo de 24 años (peor escenario) a un mínimo de 16 años (mejor escenario). Estos valores se deben a los bajos costos de instalación y mantenimiento de la fachada verde directa.

Por otra parte, la fachada verde indirecta, se puede considerar económicamente sostenible para el mejor escenario; mientras que, en el escenario medio sólo el sistema de ecologización basado en la malla de polietileno de alta densidad es sostenible. En particular, para este sistema, los VPN positivos varían entre 2.061 euros (escenario medio) a 14.713 euros (mejor escenario) con valores de TIR de 5,2% y 5,8% respectivamente, y un periodo de amortización de 33 y 16 años. La fachada verde indirecta en comparación con la fachada verde directa tiene mayor costo en la instalación, debido al sistema de apoyo y mayor costo para su eliminación final; esto sucede especialmente para la fachada verde indirecta sostenida por una malla de acero. Ahora, la fachada verde indirecta combinada con jardineras presenta una sostenibilidad económica (mínima) en el mejor escenario, los otros dos escenarios están por debajo del límite de aceptación. Para el mejor escenario, el VPN es positivo con solo 289 euros, con TIR del 4,5% y PBP de 16 años. Como para la fachada verde indirecta, los costos de instalación no son solo para el sistema de apoyo sino también para el sistema de riego, los costos son más elevados.

El otro sistema, el de las paredes vivas, analizado en este estudio, no muestra para ninguno de los tres escenarios un margen de sostenibilidad económica; los VPN son todos negativos, así como la TIR dio valores que no están definidos. Este sistema de ecologización vertical tiene altos costos de instalación para los paneles pre-vegetados y también los costos de mantenimiento de todo el sistema.

Para todos los sistemas de ecologización vertical analizados, en términos de beneficios, los dos elementos más relevantes son el ahorro de energía para aire acondicionado y el aumento de los ingresos por alquiler, ambos en torno a los 1000 euros por año. Por lo tanto, la sostenibilidad económica de tales sistemas se puede incrementar significativamente reduciendo los costos iniciales e incorporando incentivos gubernamentales en forma de deducciones fiscales. En este informe se concluye que la fachada verde directa es económicamente sostenible para todos los escenarios asumidos en este estudio con un periodo de amortización promedio de 20 años.

En quinto lugar, Pereira (2017) analizó la factibilidad socio económica de la ecologización de la estación de tren Entrecampos una de las principales estaciones de Lisboa, Portugal, por medio de un caso de estudio cuyo enfoque metodológico tiene como objetivo discutir la viabilidad de la ecologización de las infraestructuras de transporte urbano mediante la realización de un análisis

de costo-beneficio (ACB) por separado para los niveles financiero, económico y socioambiental, con una tasa de descuento establecida en 3,36% para calcular los costes y beneficios. El análisis se presentó por separado para ambos tipos de sistemas verticales. Los escenarios de paredes vivas se denominan I, III, IV y V. Los escenarios de fachada verde, con escaladores, son Ic, IIIc, IVc y Vc.

En el análisis financiero se dedujo que todos los escenarios son financieramente inviables. Estos resultados son esperados ya que las entradas son todas negativas (excepto para el escenario de techo verde), que representan solo los costos. El análisis económico muestra que reverdecer la estación es rentable económicamente. Tanto la estética como la mejora de la satisfacción de los individuos son esenciales para el bienestar de los usuarios. Por último, el análisis socioambiental denota que se puede revertir la depreciación encontrada en el escenario II. El escenario IV (interfaz tren-metro) es el que más se beneficia del análisis socioambiental. La atenuación de ruido genera flujos de caja significativamente positivos que se incrementan con el mayor número de pasajeros. Los escenarios III y III_c son los de mayor valor social y ambiental, con un beneficio significativo al final del horizonte temporal de 50 años. El diferencial de costes es de casi 650000€ y la ganancia acumulada es aproximadamente 2000000 € más alta para el sistema de muros vivos (escenario III). Sin embargo, en términos relativos, la fachada verde (III_c) genera ganancias que son 50 veces más altas que sus costos y la pared de vida tiene beneficios 10 veces más altos que sus costos. La tasa interna de retorno (TIR) y el período de recuperación (PP) no son apropiados para los resultados de este estudio de caso. El análisis financiero muestra sólo flujos de efectivo negativos, mientras que los parámetros económicos y socioambientales generan ganancias sustanciales. Dados estos resultados, aunque los sistemas están diseñados para el largo plazo, la amortización de la inversión es sustancial y casi inmediata.

Pereira (2017) concluye que reverdecer la estación de Tren de Entrecampos, en Lisboa es una propuesta innovadora con claros beneficios para su vecindad, ya que la infraestructura verde contribuye esencialmente a la sensación de confort (estética y funcional) y a la promoción de la infraestructura (lo que aumenta la percepción de la seguridad). Además, la atenuación del ruido, la mejora de la calidad del aire y la gestión de la escorrentía (escenario de techo verde), son ventajas para la infraestructura, el bienestar del usuario y el entorno cercano.

En sexto lugar el estudio, Teotonio (2021) presenta una revisión sistemática de los estudios económicos existentes sobre soluciones basadas en la naturaleza, en particular, techos y muros verdes, con el fin de proporcionar información en el conocimiento actualmente disponible sobre la investigación conjunta de ecologización y economía. Analizó 79 artículos científicos publicados dando como resultado la identificación de las herramientas de evaluación utilizadas, tales como el período de análisis, los costos y beneficios y otros eco-aportes económicos y la discusión de los principales hallazgos.

Para este análisis se estandarizó una métrica, con el objetivo de que todos los datos comparables tuvieran la misma forma, adoptando una clasificación dual para mencionar ambas dimensiones: financiera y total. El análisis financiero incluye los costos y beneficios para el inversor, mientras que el análisis total incluye los aportes financieros y los impactos del proyecto en las comunidades locales y alrededores. La mayoría de los estudios reconocen la diferencia entre el análisis financiero inicial y total. Algunos autores van más allá y se diferencian por que incluyen los análisis económicos y socioambientales.

En los resultados obtenidos se encuentra que los proyectos con mayor TIR tienen una mayor tasa de crecimiento, este es el caso de los techos verdes intensivos en comparación con los techos verdes extensos, con una TIR promedio de 14,6%, por otra parte, Las paredes vivas tienen valores más altos que las fachadas verdes, mostrando valores medios entre 7,3% y 4,7%. Además, No es posible concluir sobre la viabilidad de los proyectos en función de la TIR, ya que no existe un punto de valor referencia y depende del objetivo financiero de los inversores.

Los techos verdes intensivos tienen mayores rendimientos con ganancias de hasta 6.800 euros por metro cuadrado, mientras que las cubiertas verdes extensas presentan ganancias máximas de 2.400 euros por metro cuadrado. Las cubiertas verdes intensivas pueden provocar pérdidas de 390 euros por metro cuadrado, en cambio las cubiertas verdes alcanzan aproximadamente la mitad de ese valor, 180 euros por metro cuadrado. Los muros vivos tienen costos significativos y, por lo tanto, no son atractivos para los propietarios de edificios, revelan pérdidas hasta 2.800 euros por metro cuadrado. Por lo cual, los estudios sugieren que estas soluciones solo serán factibles si el gobierno desarrolla incentivos para apoyar a los inversionistas en su implementación. Las ganancias máximas de muros vivos y fachadas verdes son 192.474 y 100.630 euros por metro cuadrado, respectivamente. El VPN de los techos verdes intensivos varía hasta 4.000 euros por metro cuadrado. Los techos verdes extensivos van desde un VPN mínimo de 178 euros por metro cuadrado hasta un máximo de 2.191 euros por metro cuadrado.

Las conclusiones generales sugieren que las soluciones basadas en naturaleza proporcionan beneficios ambientales y sociales a lo largo del tiempo con el potencial de superar los altos costos y proporcionar ganancias netas, a pesar de que los resultados son menores para las soluciones de cubiertas y muros verdes en particular; al igual que los techos verdes parecen ser inversiones factibles, sin embargo, hay una posibilidad de resultados negativos. Los techos verdes intensivos tienen más costos, sino también mayores rendimientos, en comparación con una amplia variedad de cubiertas, por lo que presentan mayores resultados económicos. Asimismo, la posibilidad de pérdidas económicas es menor para los techos verdes extensivos. Hay menos evidencia sobre el valor de las paredes verdes, que se indican globalmente como menos inversiones atractivas para propietarios privados. El valor financiero de las paredes verdes es más bajo, en comparación con

las fachadas verdes, pero proporcionan mayores beneficios económicos, sociales y ambientales. Estas conclusiones son tomadas con precaución ya que la investigación sobre muros verdes acaba de despegar y representa una pequeña parte de los artículos revisados. Los costos de instalación, el valor de la propiedad, las tasas de descuento y la devolución de impuestos.

En séptimo lugar, Franco Mateus (2015), identificó los beneficios y costos que pueden ser relacionados a la construcción de muros verdes y desarrolló una metodología que permitió analizar la viabilidad financiera de fachadas o muros verdes en la ciudad de Bogotá. Para este estudio se escogieron 4 proyectos, una Oficina en un edificio de 6 pisos remodelado con una cubierta verde de 100 m², un centro comercial con un muro verde instalado de 371 m², un Conjunto residencial con un muro verde instalado de 275 m² y un Hotel con un muro verde instalado de 360 m². Para efectos de análisis, los costos y beneficios fueron divididos en costos y beneficios personales los cuales son los obtenidos únicamente por el dueño o el desarrollador de este tipo de sistemas y los beneficios y costos sociales son los asumidos por la sociedad. La metodología utilizada se basó bajo un escenario que permitiera cuantificar el indicador VPN (Valor presente Neto) para beneficios y costos privados durante el ciclo de vida de una cubierta verde por medio de la metodología de flujo de caja descontado.

Teniendo en cuenta lo anterior, se encontró que los beneficios económicos personales de los sistemas de jardines verticales están principalmente relacionados con el sector inmobiliario, el ahorro en calefacción y el aire acondicionado, la longevidad de la cubierta y los incentivos fiscales. En cuanto a los costos y beneficios sociales se consideraron la mejora de la calidad del aire, reducción de la huella de carbono, la creación de hábitat e impacto estético relacionados con la instalación de sistemas verticales de vegetación en las zonas urbanas; ya con estas variables y tras desarrollar el modelo probabilístico Crystal Ball, se realizaron 100.000 simulaciones y se obtuvo un intervalo de confianza acerca del Valor Presente Neto, como se muestra a continuación:

Tabla 1: Resumen de resultados de la simulación Franco Mateus (2015)

Proyecto	Resultados de la Simulación	Conclusión
Conjunto Residencial	<ul style="list-style-type: none"> • Para todas las simulaciones el VPN es menor a cero. Éstos valores oscilan entre -\$40'000.000 y -\$2'000.000, con valor más probable en -\$22'571,415,7. • Positivamente se encontró la valorización, la creación de hábitat y la longevidad, que representan beneficios sociales y privados de la cubierta. 	Más del 80% de la varianza sobre el resultado del VPN, se concentra sobre la valorización.
Hotel	<ul style="list-style-type: none"> • A lo largo de toda la simulación el VPN es menor a cero. Éstos valores oscilan entre -\$70'000.000 y -\$10'000.000, con media en -\$39'5226,4107,2. • Positivamente se encontró la valorización, la creación de hábitat y la longevidad, que representan beneficios sociales y privados de la cubierta. 	Más del 80% de la contribución a la varianza sobre el resultado del VPN, se concentra sobre la valorización.
Oficinas	Con una simulación de Montecarlo este proyecto presenta valores entre los -\$29'000.000 y -\$10'000.000, con valor más probable en -\$19'519.483,30.	Más del 80% de la contribución a la varianza sobre el resultado del VPN se concentra sobre la valorización, O&M y la construcción,
Centro Comercial	Para todas las simulaciones el VPN hallado fue menor a cero. Éstos valores oscilan entre -\$70'000.000 y -\$23'000.000, con valor más probable en -\$47'948,846,1.	Este es el proyecto de muro verde con el mayor tamaño, sin embargo, es el proyecto con menores costos de construcción y mantenimiento por metro cuadrado.

Fuente: (Franco Mateus, 2015)

Con todo este análisis se pudo concluir que los beneficios más relevantes calculados en este modelo están relacionados con la valorización del proyecto, la creación de hábitat, los incentivos y el ahorro de energía. Sin embargo, por medio de la simulación de Montecarlo se pudo determinar que los costos de construcción y mantenimiento juegan un papel fundamental en la sostenibilidad económica de este tipo de estructuras. Para los sistemas analizados en este estudio, los beneficios no pueden pagar estos costos.

Por otra parte, se observó que los incentivos financieros reducen los costos iniciales de instalación de muros verdes. Los costos privados de construcción y mantenimiento de muros verdes de gran magnitud excederán los beneficios del inversionista. La instalación de este tipo de sistemas sería un negocio aún más atractivo, si los beneficios sociales fueran trasladados parcialmente a los inversores mediante el uso de incentivos tributarios y financieros; así se contribuiría a difundir mucho más rápido la forma en la que los privados hacen uso de este tipo de tecnologías.

Ahora, Morales y Uzcátegui (2017) evaluaron la factibilidad de construir un techo verde en una edificación existente, el edificio Álvaro Beltrán Pinzón (ABP) de la UIS, ubicado en la ciudad de Bucaramanga, en donde se encuentran salones, oficinas y laboratorios que utilizan sistemas de aires acondicionados industriales que representan un gasto energético significativo debido a la demanda de los usuarios que a diario frecuentan el edificio y a la maquinaria de los laboratorios que requieren refrigeración continua. Con el fin de optimizar recursos tanto energéticos como financieros de la UIS, y siguiendo la política ambiental de la universidad, diseñó una propuesta de techo verde que se ajustara a las condiciones de la edificación, evaluando la factibilidad técnica y económica de su implementación.

La metodología de trabajo utilizada se desarrolló primero con la revisión literaria, después con una caracterización del estado actual de la edificación, más adelante con la selección del tipo de techo verde a implementar, y posteriormente se procedió al diseño del techo verde y presentación de propuestas, para así evaluar estructuralmente las propuestas de diseño, con miras a analizar la factibilidad técnica de las propuestas, concluyendo con una selección de la propuesta final para llegar a la evaluación de la factibilidad económica.

La selección de la propuesta final se basó principalmente en la evaluación estructural, el porcentaje de factibilidad técnica y la manera en que la propuesta cumplía con el propósito del proyecto. Se evaluó la inversión que tendría que hacer la universidad para ejecutar el proyecto en el edificio (Precio de los materiales, transporte, instalación, mano de obra, seguimiento y mantenimiento) y se analizó en contraste con el ahorro que significaría su implementación. Se evaluó el tiempo que tardaría la universidad en recuperar la inversión y si el ahorro de energía por consumo de aires acondicionados sería lo suficientemente significativa como para considerar el proyecto factible económicamente con base en indicadores económicos.

El techo verde diseñado propuesto fue de tipo extensivo, autorregulado, con un espesor que no supera los 35 cm, sus capas están conformadas por cobertura vegetal, sustrato, agregado de drenaje, láminas de drenaje, geotextiles de protección y filtro e impermeabilizante. El principal objetivo del proyecto era reducir la temperatura en el último piso, así las condiciones climatológicas y la poca accesibilidad determinaron el uso de pastos como cobertura vegetal. La poca pendiente de la

cubierta hizo necesaria la utilización de una capa de agregado para garantizar un correcto drenaje del agua. Se adoptó, además, un sistema de irrigación para ocasiones excepcionales donde haya sequía y sea necesaria la irrigación adicional. La propuesta de techo verde no requiere un régimen de mantenimiento durante toda su vida útil; los primeros meses del proyecto requieren supervisión y mantenimiento mientras la cobertura vegetal se establece.

Mediante el análisis multi-criterio se realizó una matriz de selección, donde se evaluaron las 4 opciones de techo verdes que se tenían, dando como prioridad a la finalidad de disminuir la temperatura en el piso inferior del ABP. Se seleccionó la propuesta de diseño con un área de 266,7 m² y conformado por cobertura vegetal de pastos, pues dio un porcentaje de factibilidad del cien por ciento y el área afectada por el techo verde era mayor comparada con la otra propuesta, la cual también obtuvo un porcentaje de factibilidad del cien por ciento.

A través indicadores económicos como el VPN, la TIR, la TIO y la RBC se determinó la factibilidad económica del proyecto. La TIR del proyecto dio de 12%, superior a la exigida para proyectos de carácter social, 10%.¹ El VPN para una TIO del 10% dio de \$11.302.596, es decir, se conseguirá maximizar la inversión inicial, la implementación del proyecto significará ganancias por \$11.302.596. El proyecto tiene un tiempo de retorno de la inversión de 9 años y es rentable.

Finalmente, Melo y Franco, (2016) realizan un análisis financiero para un proyecto de desarrollo sostenible: “techos y muros verdes en estaciones de transporte masivo-caso aplicado para Transmilenio S.A. Bogotá. El primer objetivo del análisis financiero fue cuantificar en unidades monetarias la información arrojada por el estudio técnico relacionado con planos arquitectónicos y estructurales de las estaciones, diseños eléctricos e hidráulicos y demás especificaciones técnicas relevantes para el proyecto. el segundo objetivo fue formular una prospectiva del proyecto durante el plazo definido y, con base en las herramientas de análisis financiero más apropiadas, determinar la viabilidad del proyecto para decidir su implementación.

La evaluación financiera del proyecto se estableció en un plazo de 15 años; para lo cual se hizo necesario realizar una inversión inicial que comprendiera la adquisición, la instalación y la puesta en funcionamiento de los muros y techos verdes e inversiones periódicas para mantener la capacidad instalada, se definió una estimación de ingresos publicitarios derivados del proyecto, basados en un canon de arrendamiento mensual por metro cuadrado de los espacios utilizados, ingresos que son posibles complementar con tarifas para eventos de activación de marca por parte de los anunciantes, en los que se cobra según la duración y el número de personas que participan en cada actividad y se consideró apropiado recurrir a la contratación de empréstitos con la banca

¹ Aunque Morales y Uzcátegui (2017) en este estudio plantean una TIR para proyectos sociales del 10%, es importante aclarar que la Tasa Social de Descuento para Colombia determinada por el DNP en el 2017 era del 12%.

oficial o la comercial, dado que se planteó la auto sostenibilidad financiera del mismo mediante la generación de ingresos a manera de negocio colateral.

Con base en la proyección de ingresos y gastos se hizo la estimación de los estados de resultados para el plazo total del proyecto; se encontró un comportamiento positivo desde el primer año de su implementación, de acuerdo con la expectativa de una colocación total de la pauta publicitaria por la alta demanda que representan unos espacios con exposiciones diarias que superan el millón de usuarios, adicional se encuentra una tendencia de crecimiento constante de la utilidad, interrumpida solamente en el séptimo año de operación, como resultado del incremento en los gastos de la planta de personal determinada por la vinculación de trabajadores adicionales que reforzarán los aspectos operativos atinentes a garantizar la adecuada supervisión y conservación de los muros y techos verdes instalados, por el mayor nivel de obsolescencia de los mismos. Al inicio del proyecto, la utilidad neta se ubica en el 18,9%, mientras que al final llega al 19,37%, con un comportamiento constante durante todo el horizonte.

Los indicadores de liquidez muestran el comportamiento creciente de los recursos disponibles por la acumulación de utilidades del proyecto y la muy baja presencia de deudas en el corto plazo, el indicador de endeudamiento refleja una disminución progresiva que se acentúa una vez finaliza la amortización del crédito contraído para la inversión inicial, los índices de rentabilidad muestran un comportamiento positivo durante todo el período de vida del proyecto; sin embargo, su descenso sostenido refleja una creciente ineficiencia en la utilización de los recursos disponibles, lo cual plantea la necesidad de ubicar una destinación a los excedentes de tesorería que eviten el incremento evidente en el costo de oportunidad para dichos recursos. No obstante, se encuentra que el proyecto es un generador constante de valor agregado para la empresa.

El VPN de \$1.178.482.180 y una TIR de 28,74%, frente a una tasa de descuento de 9,65% (representada por el costo del préstamo para las inversiones) indican la viabilidad del proyecto. Lo anterior indica que es posible efectuar inversiones de carácter ambiental que sean al mismo tiempo atractivas desde el punto de vista financiero, aspecto que se alinea a la perfección con las recientes políticas de fomento a las inversiones sostenibles en el campo ambiental, con lo que se desvirtúan antiguos paradigmas sobre la incompatibilidad de los resultados financieros con la protección del medio ambiente. Por lo tanto, se constituye en un aliciente para que los nuevos proyectos de desarrollo de infraestructura de transporte previstos por la Alcaldía de Bogotá, como las troncales de la carrera séptima y las avenidas Boyacá y 68, entre otras, incorporen, a partir de la etapa de construcción, este tipo de elementos que dan un valor agregado al servicio desde el punto de vista estético y de mitigación de efectos nocivos sobre el ambiente; de igual manera, también ofrecen posibilidades de ingresos adicionales vía publicidad.

6. Evaluación Financiera del Proyecto Cubo verde

El análisis financiero de las fachadas verdes en Medellín a partir del estudio de caso del proyecto Cubo Verde busca evaluar la viabilidad económica para este tipo soluciones ecológicas, considerando la inversión que implica la construcción de la estructura metálica para el montaje del muro vivo, así como el suministro e instalación del jardín vertical, los costos anuales de operación y mantenimiento de todo el sistema a implementar, incluido el consumo de agua requerido para mantener el sustrato de las plantas con la humedad necesaria. Por último, se estiman los beneficios económicos derivados de la implementación de este proyecto, tales como, la valorización de la propiedad, ahorro en el consumo de energía del aire acondicionado y ahorro en el mantenimiento de la fachada actual.

Para efecto de este análisis, el horizonte establecido sigue la misma línea de trabajo de Franco Mateus (2015) y Nurmi et al. (2013), los cuales plantean una vida útil máxima de las fachadas verdes entre 40 y 50 años. Teniendo en cuenta lo anterior, se establece un análisis de flujos de caja, y se obtienen los indicadores elementales de rentabilidad, a saber: el valor presente neto, la tasa interna de retorno, el beneficio actual equivalente, la relación beneficio-costos y el periodo de recuperación de la inversión, y así determinar la viabilidad económica del proyecto. Para establecer la evaluación financiera, primero se describen las inversiones, costos y beneficios trazados para el proyecto. Luego, se presentan los flujos de caja y los indicadores financieros más relevantes.

6.1. Información financiera

6.1.1. Inversiones

Partiendo de la premisa que actualmente existe una fachada la cual ha cumplido su vida útil y que el peso de ésta por metro cuadrado no fue diseñado para soportar peso adicional tal y como lo requiere el montaje del muro verde, se hace necesario realizar una inversión total de \$3.072.680.902,00 COP, la cual consiste en una primera inversión para lograr una repotenciación de la estructura de la fachada, construyendo una estructura metálica capaz de soportar el muro vivo (ver detalles Anexo 1), una vez se cuenta con este montaje se requiere realizar una segunda inversión correspondiente a la implementación de todo el sistema de jardín vertical incluyendo las plantas, el sustrato, los módulos para la siembra, los soportes y anclajes necesarios, todo el sistema de riego automatizado y un desarrollo de paisajismo.

A continuación, se expresan las inversiones consideradas con sus respectivos valores estimados, los cuales se obtuvieron mediante algunas cotizaciones de proveedores especializados en este campo:

Tabla 2: Información detallada de las inversiones del proyecto verde

INVERSIÓN INICIAL – CAPEX				
	DESCRIPCIÓN	VALOR SUBTOTAL	IVA (sobre utilidad)	VALOR TOTAL
1	Construcción de estructura metálica para el montaje de las fachadas verdes	\$ 1.675.645.064,00	\$ 13.265.523,00	\$ 1.688.910.587,00
2	Suministro e instalación de sistema de jardines verticales en el auditorio Himerio Pérez del Edificio EPM	\$ 1.372.334.197,00	\$ 11.436.118,00	\$ 1.383.770.315,00
Inversión Total				\$ 3.072.680.902,00

Fuente: Elaboración propia a partir de cotizaciones proporcionada por proveedores

6.1.2. Costos de Operación:

El mantenimiento de los jardines verticales requiere de una gran capacidad de trabajo y especialización en el campo de los revestimientos vegetales, por tanto, los costos totales anuales de operación requeridos para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto son de \$ 141.107.736,80 COP (ver Tabla 3), considerando en primera instancia el mantenimiento de la estructura civil, el cual, es indispensable para conservarla en óptimas condiciones, en segunda instancia, se tuvo en cuenta el mantenimiento del jardín vertical puesto que su vida útil depende del control de la poda, de las aportaciones de abonos y de su tratamiento fitosanitario. Por último, se incluye el costo del consumo de agua requerido por el sistema automatizado de riego, con el objetivo de garantizar la humedad necesaria en el sustrato, de modo que pueda afrontar las diferentes condiciones climáticas que se presentan en la ciudad de Medellín

Al igual que en las inversiones, los costos de operación se obtuvieron mediante algunas cotizaciones de proveedores especializados en este campo. La Tabla 3 describe esta información.

Tabla 3: Información detallada de los costos de operación del proyecto

COSTO OPERACIÓN – OPEX				
	DESCRIPCIÓN	VALOR SUBTOTAL	IVA (sobre utilidad)	VALOR TOTAL
1	Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	\$ 64.589.000,00	\$ 12.271.910,00	\$ 76.860.910,00
2	Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	\$ 51.967.878,00	\$ 411.412,00	\$ 52.379.290,00
3	Costo de agua para riego por año	\$ 9.972.720,00	\$1.894.817,00	\$ 11.867.536,80
Costo Total				\$ 141.107.736,80

Fuente: Elaboración propia a partir de cotizaciones proporcionada por proveedores

6.1.3. Beneficios:

6.1.3.1. Ahorro en el consumo de energía

Ahora bien, con relación a los beneficios económicos se consideró el ahorro en el consumo de energía del aire acondicionado al interior del auditorio, ya que, el impacto de la radiación solar es menor porque se tiene una capa vegetal entre el ambiente y la fachada actual, generando un aislamiento térmico que se transforma en un ahorro aproximado de hasta el 30% según los estudios realizados por Hardy (2014) y Patiño & García (2019). Así las cosas, se tomó el valor más alto del registro histórico del consumo energético anual de las unidades manejadoras de aire acondicionado que se encuentran atendiendo el Auditorio Himerio Pérez cuyo valor corresponde a 14.007,00 KW/h, entre el año 2016 al 2019, a consecuencia, que se proyecta un aumento en el uso de este espacio y con base en el valor del KW/h a precio constante de \$451,44 COP, que es el precio actual pagado en el Edificio EPM por cada KW/h consumido, obteniendo así un ahorro anual de \$1.896.996,02 COP. Es importante aclarar que no se tomó el año 2020 por ser un año atípico debido a la pandemia del COVID-19 el cual obligo al cierre y, por tanto, no operación del Auditorio, lo que conlleva a los siguientes resultados en el horizonte de tiempo planteado:

Tabla 4: Ahorro consumo de energía en Aire Acondicionado Auditorio Himerio Pérez

Horizonte	Ahorro acumulado consumo de energía AA (COP)
AÑO 5	\$ 9.484.980,12
AÑO 10	\$ 18.969.960,24
AÑO 20	\$ 37.939.920,48
AÑO 30	\$ 56.909.880,72
AÑO 40	\$ 75.879.840,96
AÑO 50	\$ 94.849.801,20

Fuente: Elaboración propia datos suministrados por EPM

6.1.3.2. Aumento del valor de la propiedad

Otro beneficio relevante es el aumento del valor de propiedad por la implementación de un jardín vertical que no solo contribuye al medio ambiente y al ecosistema, sino que le genera valorización a la misma. Dentro de lo que la evidencia empírica plantea, el aumento del valor de la propiedad en edificios con fachadas verdes, adicional al incremento en el valor anual de una propiedad, tiene en cuenta la valorización por la implementación del jardín vertical la cual se encuentra estimada entre el 6% y el 15% según Perini & Rosasco (2013); sin embargo, para efectos de este análisis se toma el aumento promedio entre estos dos valores que corresponde al 10,5%, no obstante, franco Mateus (2015) en su tesis “valoración financiera de fachadas verdes: muros verdes en la Ciudad de Bogotá” enuncia que este tipo de proyectos genera una valorización entre el 10% al 20%. Ahora bien, para el cálculo de los beneficios por valorización se requiere establecer el área del edificio y el valor del metro cuadrado en la zona de localización del proyecto. Tales datos son: 1. el área construida de 3.939,32 metros cuadrados del Auditorio Himerio Pérez y 2. el valor por metro cuadrado del barrio la Alpujarra perteneciente a la comuna de Candelaria de la ciudad de Medellín. La Tabla 5 y la Tabla 6 presentan esta información.

Tabla 5: Información detallada del área construida del Auditorio Himerio Pérez

AREA LOTE (m2)	AREA CONSTRUIDA (m2)	INSTALACIONES	AREAS INSTALACIONES (m2)	NIVELES
792	3939,32	SOTANO -1	388,17	1
		SOTANO -2	425,56	1
		PISO 01	390,72	1
		PISO 02	557,07	1
		PISO 03	507,31	1
		PISO 04	631,79	1
		PISO 05	631,79	1
		LT - LOSA TECNICA	406,91	1

Fuente: Entrega EPM

Tabla 6: Valor estimado por metro cuadrado del auditorio Himerio Pérez

Zona	Valor Metro cuadrado	Valor Inmueble
La Alpujarra	\$ 5.000.000,00	\$ 19.696.600.000,00

Fuente: Elaboración propia con base en La Lonja (2021)

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se definió una valorización del 10,5%, según el promedio de los valores en el incremento propuesto por Perini & Rosasco (2013) al momento de la implementación y montaje del muro vivo; Además, se consideró un incremento anual del 5,30% (La Haus, 2020) por la valorización general del sector la Alpujarra, lugar de ubicación del auditorio Himerio Perez, siendo éste el promedio de valorización de los barrios estrato 5 en la ciudad de Medellín para el año 2020:

Tabla 7: Beneficio de valorización del 10,50% por implementación de fachada verde

Valor Estimado Propiedad	Valorización por la implementación de la fachada verde	Valor Inmueble con fachada verde
\$ 19.696.600.000,00	\$ 2.068.143.000,00	\$ 21.764.743.000,00

Fuente: elaboración propia del aumento del valor de la propiedad (Perini & Rosasco, 2013)

Tabla 8: Valorización anual del 5,30% según el sector y el estrato

Horizonte	Valorización de la propiedad anual con fachada verde
AÑO 5	\$ 609.313.479,23
AÑO 10	\$ 1.398.142.067,40
AÑO 20	\$ 3.741.480.497,27
AÑO 30	\$ 7.669.003.404,20
AÑO 40	\$ 14.251.678.782,15
AÑO 50	\$ 25.284.489.069,53

Fuente: Elaboración propia valorización anual de la propiedad

6.1.3.3. Ahorro en el mantenimiento de la Fachada Actual

Otro factor importante a tener en cuenta en los beneficios es el ahorro del mantenimiento de la presente fachada, ya que ésta al ser cubierta por la fachada verde no requiere que se le realicen las mismas actividades que comprende el mantenimiento actual. En ese caso, para calcular este ahorro se toma el valor actual del mantenimiento de la fachada actual con base en cotizaciones previas, cuyo valor estimado es \$30.142.774,00 COP por año, generándose un ahorro proyectado según los diferentes horizontes, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Ahorros anuales por el mantenimiento de la fachada actual

Horizonte	Ahorro del mantenimiento de la fachada existente (COP)
AÑO 5	\$ 150.713.870,00
AÑO 10	\$ 301.427.740,00
AÑO 20	\$ 602.855.480,00
AÑO 30	\$ 904.283.220,00
AÑO 40	\$ 1.205.710.960,00
AÑO 50	\$ 1.507.138.700,00

Fuente: Elaboración propia con base en una cotización del mantenimiento actual

6.2. Análisis de rentabilidad financiera

6.2.1. Tasa de descuento:

La tasa de descuento utilizada para la evaluación financiera del proyecto Cubo verde será la tasa de descuento que utiliza Empresas Públicas de Medellín en sus negocios de pronto pago con proveedores y contratistas. Esta tasa refleja uno de los costos de oportunidad de los flujos de caja de corto plazo de la Empresa, ya que, al descontar dichos pagos libera recursos para inversiones de corto plazo. La tasa en mención es la DTF +4 puntos, para lo cual la DTF utilizada será la DTF de la tercera semana de noviembre de 2021, la cual fue de 2.62%. De este modo la tasa utilizada para descontar los flujos de caja financieros será del 6.62%. (Empresas Públicas de Medellín E.S.P., 2021)

6.2.2. Indicadores de viabilidad financiera:

Al tener todas las salidas y entradas de dinero que requiere la empresa para el desarrollo de este proyecto, se procede a realizar por medio de un flujo de caja proyectado hasta 50 años el análisis para evaluar la prefactibilidad del proyecto con los indicadores más relevantes, teniendo en cuenta horizontes de 5, 10, 20, 30, 40 y 50 años. (Anexo 2)

Tabla 10: Indicadores de viabilidad financiera y horizontes temporales

INDICADORES DE VIABILIDAD FINANCIERA	Horizonte	VPN (6,62%)	Beneficio anual Equivalente	TIR	Relación Beneficio-Costo
	50 años	\$ 1.264.463.318,13	\$ 87.245.906,05	9,92%	1,25
	40 años	\$ 733.562.550,65	\$ 52.612.662,81	9,20%	1,15
	30 años	\$ 178.194.708,10	\$ 13.815.868,76	7,56%	1,04
	20 años	-\$ 363.589.604,08	-\$ 33.313.292,44	3,14%	0,92
	10 años	-\$ 811.590.915,88	-\$ 113.530.930,86	-14,13%	0,80
	5 años	-\$ 954.867.295,70	-\$ 230.518.693,90	-47,51%	0,74

FUENTE: Elaboración Propia de los indicadores de viabilidad financiera por horizontes

Tomando el horizonte base de 50 años, en los resultados de los indicadores de viabilidad financiera se obtuvo un VPN positivo igual a \$1.264.463.318,13 COP, con una tasa de descuento esperada de 6,62%; a su vez, cabe resaltar que el proyecto entrega una TIR positiva de 9,92% evidenciando que, si la tasa esperada por los inversionistas fuera de 9,92% o menor es un proyecto rentable para los inversionistas, además, la relación Beneficio-Costo es mayor que 1, indicando

que por cada peso invertido se recupera o se genera un rendimiento financiero. De hecho, si se le exige al proyecto un periodo de recuperación de la inversión de 30 años, continúa siendo financieramente viable ya que el VPN es positivo, la TIR está por encima del costo de oportunidad del inversionista y la relación Beneficio-Costo sigue siendo mayor que 1. Sin embargo, como se puede evidenciar en la Tabla 10 si le exigimos un periodo menor a 30 años, el proyecto ya no es viable financieramente, puesto que el VPN y la TIR son negativos y la relación Beneficio-Costo es menor a 1.

6.3. Análisis de Sensibilidad.

Para el desarrollo de este análisis se tuvo en cuenta 5 escenarios hipotéticos a los horizontes ya mencionados, donde se considera una optimización en las inversiones con una reducción del 15%, puesto que, al ser un estudio de prefactibilidad y teniendo en cuenta que el estudio de mercado realizado se efectúa con una sobreestimación y no con precios competitivos de los proveedores en el proceso de contratación, es factible reducir el valor directo de la inversión en un 15% a razón de que éste es el porcentaje esperado de desviación por debajo del valor referente en los procesos de contratación de EPM, convirtiéndolo en un valor más cercano a la ejecución de las obras a realizar. En ese orden de ideas, a continuación, se presenta el respectivo análisis:

Tabla 11: Indicadores de viabilidad financiera por escenario en el análisis de sensibilidad

INDICADORES DE VIABILIDAD FINANCIERA - con reducción del 15% en inversiones	Horizonte	VPN (6,62%)	Beneficio anual Equivalente	TIR	Relación Beneficio-Costo
	50 años	\$ 1.725.365.453,43	\$ 119.047.401,46	13,01%	1,37
	40 años	\$ 1.194.464.685,95	\$ 85.669.542,02	12,57%	1,26
	30 años	\$ 639.096.843,40	\$ 49.550.731,37	11,43%	1,14
	20 años	\$ 97.312.531,22	\$ 8.916.098,74	7,98%	1,02
	10 años	-\$ 350.688.780,58	-\$ 49.056.763,60	-7,22%	0,90
	5 años	-\$ 493.965.160,40	-\$ 119.250.291,76	-39,78%	0,85

FUENTE: Elaboración propia de indicadores de viabilidad financiera con reducción del 15% en las inversiones

Del análisis anterior, se deduce claramente que los indicadores de viabilidad financiera en los escenarios con optimización en la reducción de la inversión del 15% muestran una mayor rentabilidad que los escenarios planteados inicialmente de la Tabla 10. Para el caso del horizonte base de 50 años mostrado en la Tabla 11, el VPN continúa siendo positivo pero mayor en \$460.902.135,30 COP comparado con VPN de la Tabla 10 que no tiene optimización; la TIR sigue siendo positiva de 13.01% y la relación Beneficio-Costo genera un rendimiento financiero mayor que el escenario normal. Al realizar esta comparación también se puede notar que el proyecto tiene un periodo de recuperación menor comparado con el escenario sin reducción de la inversión, pues,

a los 20 años ya es financieramente viable mostrando un VPN positivo, una TIR por encima del costo de oportunidad del inversionista y la relación Beneficio-Costo mayor a 1.

7 valoración económica de las externalidades sociales y ambientales del proyecto Cubo Verde.

Luego de establecer la viabilidad financiera del proyecto cubo verde en el horizonte base de 50 años. A continuación, se establece el análisis costo beneficio ambiental, donde se incluyen las externalidades sociales y ambientales asociadas a este tipo de proyectos. Los beneficios ambientales identificados con la fachada proyecto cubo verde son:

1. Reducción de la temperatura ambiente, al evitar los contrastes entre el interior y el exterior, produciendo mayor estabilidad térmica y retrasando la transmisión del calor hacia el interior, además de la influencia positiva sobre el efecto de isla de calor.
2. Reducción CO₂, debido a que las plantas en un jardín vertical filtran las partículas del aire y convierten el CO₂ en oxígeno.
3. Reducción del ruido ambiental interior y exterior, ya que la fachada vegetal actúa como una barrera de ruido.
4. Aumento de la biodiversidad, servicio ambiental que es generado por las plantas vivas de la fachada que en particular se vincula a la avifauna.

Adicional a lo anterior, estos beneficios ambientales generan un impacto social y un efecto positivo sobre el bienestar de las personas, pues los espacios verdes promueven un ambiente saludable, transmiten tranquilidad y al mejorar la calidad del aire se influye directamente en la salud de los habitantes de las zonas periféricas a la edificación, por otra parte, la disminución del ruido reflejado ayuda a decrecer la fatiga auditiva, contribuyendo a mejorar los factores psicosociales que impactan a los individuos. (Martínez & Gallego, 2017) y (Perini & Rosasco, 2013)

Conociendo la importancia de estas externalidades ambientales, se integrarán los siguientes beneficios en este análisis:

1. Beneficios de Reducción de CO₂
2. Beneficio por la Reducción de Ruido ambiental
3. Beneficios por Biodiversidad
4. Beneficios por mejoramiento de calidad del aire:
 - Captura de Material Particulado (PM_x)
 - Reducción de dióxido de azufre (SO₂)

Para valorar los beneficios anteriormente descritos se utilizará el método de transferencia de beneficios, el cual se describe a continuación.

Metodología de cálculo de Beneficios ambientales

Se seleccionó como método de valoración económica de los beneficios ambientales para este estudio de Caso: Proyecto Cubo Verde el método de transferencia de beneficios (TB) a partir de medidas de tendencia central. Este es un instrumento desarrollado por los economistas ambientales con el cual se puede estimar los beneficios provistos por los ecosistemas a un bajo costo y en un periodo de tiempo razonable. En particular, el método en cuestión consiste en la utilización de los valores monetarios de bienes ambientales estimados en un contexto determinado (denominado sitio de estudio) para estimar los beneficios de un bien similar bajo distinto contexto, del cual se desconoce su valor (definido como sitio de intervención o política). Este método permite evaluar el impacto ambiental de actividades económicas cuando no es posible aplicar técnicas de valoración directas debido a restricciones presupuestarias y/o a límites de tiempo. (Osorio, 2006) Este método se aplicará para la valoración económica de los beneficios ambientales mencionados.

En particular los pasos del método de transferencia de beneficios (TB) son los siguientes:

1. Definir el contexto o característica del sitio de política.
2. Establecer el o los estudios a través de los cuales se obtendrán los valores para transferencia.
3. Seleccionar la medida estimada. Usualmente en transferencia de valores fijos se utiliza la media.
4. Si estos valores se establecen a partir de estudios realizados en países distintos al país del cual pertenece el estudio, se deben llevar a valores de paridad de poder adquisitivo (PPA).
5. Transferir el valor estimado al sitio de política, para establecer la medida económica asociada al beneficio considerado.
6. Finalmente establecer el valor agregado a partir de la multiplicación del valor unitario establecido multiplicado por la población vinculada con el ecosistema analizado.

Luego de definir el tipo de servicios ambientales y establecido el método de transferencia de beneficios se procede a estimar los beneficios ambientales asociados al proyecto del Cubo Verde.

7.1 Beneficios Socio ambientales

7.1.1. Reducción de CO2

Como ya se estableció en el análisis financiero que el ahorro de energía corresponde al 30% de la demanda del consumo de energía relacionado con la refrigeración del auditorio Himerio Pérez que equivale a 4202,10 KW/h al año, esta misma reducción permite establecer la disminución de la huella de carbono (CO2) por los kilovatios, dado que se deja de consumir energía eléctrica en

emisiones de CO₂ equivalentes. Para su cálculo se utilizó del método de transferencia de beneficios con el factor de conversión planteado por la Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos (2021). Por consiguiente, se obtiene una reducción de 1617,81 Kg de CO₂ equivalentes. Ahora, para valorar económicamente esta reducción de equivalentes de CO₂ se utiliza el método de transferencia de beneficios de manera directa a partir del estudio de los cálculos establecidos por Correa, Bustamante & Cruz (2021) quienes determinaron el costo social de emisiones de Carbono para Colombia en el año 2021. Este valor se determinó en \$153.000 por tonelada de Co₂ equivalente. la Tabla 12 muestra el resultado de estas estimaciones.

Tabla 12: Cálculo de Reducción de CO₂ a partir del ahorro en consumo de energía

	Ahorro de Consumo de Energía anual	Unidades de medida física	Factor de emisión (Kg de CO₂ eq/kWh)	Kg de CO₂ eq
Reducción de CO₂	4202,10	kWh	0,385	1617,81
Ahorro por la reducción de huella de carbono (COP)				\$ 247.524,70

Fuente: Elaboración propia a partir de los valores establecidos por (Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos, 2021)

Dado lo anterior, se obtuvo que el beneficio por la reducción de la huella de carbono es de \$247.524,70; puesto que, por cada tonelada de CO₂ equivalente se genera un ahorro de \$153.000 por las 1,6 toneladas reducidas. (Correa, Bustamante, & Cruz, 2021)

7.1.2. Reducción del ruido Ambiental

Como se expresó anteriormente en este estudio de caso, una fachada verde puede llegar absorber un 41 % más de ruido que una fachada tradicional, debido a que hay una absorción de las ondas sonoras; pues las frecuencias más altas bloquean las plantas y las de frecuencia más baja las contrarresta el sustrato. Para la valoración, al igual que el beneficio de CO₂ equivalente se utilizó, este beneficio por mitigación del ruido ambiental se valoró mediante transferencia directa a partir de las estimaciones establecidas por Correa y Osorio (2015). En este sentido la disposición a pagar por disminución de ruido estimada por Correa y Osorio (2015) es de \$344,00 COP por hogar en pesos del año 2012. Al actualizar los valores para el año 2021 de este estudio, según el IPC entre el año 2012 y 2020.

De otro lado, según la evidencia empírica reportada por Asociación Española de Cubiertas Verdes (2021) una fachada verde mitiga en promedio el nivel de ruido en 10 dB al interior de la edificación y en promedio 3dB en la reflexión de ruido externo por la implementación de una fachada verde. la Tabla 13 muestra los resultados:

Tabla 13: Valor de Disposición a Pagar por reducción de ruido según decibeles

	DAP por disminución de ruido (COP) por hogar² Año 2012	DAP por disminución de ruido (COP) por hogar Año 2021	DAP por disminución de ruido (COP) por individuo año 2012	DAP por disminución de ruido (COP) por individuo año 2021
Reducción de 5 dB (Interno)	\$ 344,00	\$ 476,27	\$ 122,86	\$ 170,10
Reducción de 3dB (Externo)	\$ 206,40	\$ 285,76	\$ 73,71	\$ 102,06
Reducción de 10dB (Interno)	\$ 688, 00	\$ 952,54	\$ 245, 71	\$ 340,19

Fuente: Elaboración propia a partir de (Correa & Osorio, 2015)

Por su parte, la Tabla 14 establece el número de personas vinculadas al entorno de reducción de ruido generado por el proyecto de la fachada del Cubo Verde:

Tabla 14: Beneficio por reducción de ruido según los decibeles

Beneficio	Valor por individuo	No. De personas Beneficiadas	Valor Total
Reducción ruido externo – 3 dB	\$ 102,06	4.142 ³	\$ 422.722,26
Reducción ruido interno – 10 dB	\$ 340,19	15.400 ⁴	\$ 5.238.952,82

Fuente: Elaboración propia con información entregada por EPM

Por lo tanto, según lo delimitado en las descripciones anteriores se cuenta con un beneficio anual de disposición a pagar por disminución de ruido de \$422.722,26 COP para la contribución externa y de \$5.238.952,82 COP para el aporte interno.

² El valor promedio de personas por hogar en la comuna la candelaria es 2,8, por tal razón, para sacar el valor promedio por individuo se divide por este valor. (Alcaldía de Medellín, 2019)

³ La población directamente beneficiada al exterior del auditorio es el número de personas que frecuentan las instalaciones del Edificio de EPM, 4142 personas. (Información entregada por Empresas Públicas de Medellín según registros del año 2020)

⁴ El número de personas beneficiadas para la reducción del ruido interno se calculó a partir de la multiplicación del promedio de eventos al año del auditorio, el cual fue 77 eventos, respecto a la mitad de la capacidad máxima de personas en el auditorio, que son 400 personas, teniendo un estimado conservador de la ocupación del cubo verde, de 200 personas.

7.1.3. Beneficio generado por la disposición a pagar por Biodiversidad

Además de los beneficios anteriormente mencionados las fachadas verdes ayudan a aumentar la biodiversidad ya que las plantas implantadas en los jardines promueven varios tipos de hábitats en especial para la avifauna, creando o recuperando espacios por los cuales las personas están dispuestas a pagar, siendo así, la fachada verde del auditorio Himerio Perez un espacio muy atractivo para atraer varias especies de este tipo. Estos valores se calcularán al igual que los anteriores, a través del método transferencia de beneficios; para complementar el análisis de las externalidades socio ambientales y para el cálculo de dichos valores, se ha incluido la disposición a pagar por biodiversidad, establecida por (Correa, Bustamante y Cruz, 2021). Estos autores determinaron una disposición a pagar promedio por biodiversidad a partir de la disposición a pagar estimada por 4 estudios, tres de carácter nacional y uno de carácter internacional, estas estimaciones en Paridad de Poder Adquisitivo para el año 2020 se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15: Disposición a Pagar por biodiversidad al año 2020

Estudio	DAP hogar / año (\$2020)
Economika (2013)	\$ 39.615
Economika (2014)	\$ 65.735
Vargas (2006)	\$ 40.620
Kaval y Roskruge (2009)	\$ 103.669
DAP Promedio	\$ 62.410

Fuente: Disposición a Pagar por biodiversidad según (Correa, Bustamante, & Cruz, 2021)

A partir de estos datos se actualiza este valor promedio al año 2021 para determinar los beneficios por biodiversidad en el análisis del proyecto cubo verde:

Tabla 16: Disposición a pagar por biodiversidad al 2021

AÑO	Disposición a Pagar por Biodiversidad por hogar por año (COP)	IPC Colombia
2020	\$ 62.410,00	1,61%
2021	\$ 63.414,80	N/A

Fuente: Elaboración propia con base en el IPC de 2020 tomado del Banco de la República

Finalmente, para establecer el cálculo del valor económico por biodiversidad, se divide por 2,8 que es el promedio de personas por hogar en la comuna de la Candelaria (Medellín – Colombia)

para calcular el valor promedio por individuo y a su vez se multiplica por las 4.142 personas que están impactadas directamente en el Edificio EPM, dando así el resultado mostrado en la Tabla 17.

Tabla 17: Disposición a pagar según población Edificio EPM

Disposición a Pagar por Biodiversidad por año (COP) para población directamente impactada de EPM /año	\$ 93.808.609,19
---	------------------

Fuente: Elaboración propia de la DAP con la cantidad de personas entregada por EPM

7.1.4. Mejoramiento en la calidad del aire

Por último, otro de los beneficios ambientales relevantes a tener en cuenta en este análisis socio ambiental es el mejoramiento en la calidad del aire que se genera por la implementación de la fachada verde, puesto que la contaminación afecta directa o indirectamente a todos los seres vivos; en ésta misma línea de metodología de transferencia de beneficios se verificaron 2 tipos de factores contaminantes en el ambiente: 1. Material Particulado (PMx) que se clasifica según su diámetro aerodinámico y 2. el dióxido de azufre (SO₂), los cuales pueden provocar efectos en los pulmones, las vías respiratorias y problemas oculares en las personas.

Para la transferencia de estos beneficios se utilizó la evidencia empírica establecida por Nurmi et al. (2013) quienes establecieron que el valor económico anual asociado a la reducción de PMx está entre 4,57 a 6,62 euros por metro cuadrado de fachada verde, mientras que el beneficio económico asociado a la disminución de SO₂ se encuentra entre 0,15 y 0,21 euros por metro cuadrado de fachada verde. De esta forma al aplicar la metodología de transferencia de beneficios tomando los valores límites superiores del PMx y del SO₂ para traerlos a valores actuales en Colombia se obtienen los resultados que muestra la Tabla 18. Teniendo en cuenta que los valores ya están en Paridad de Poder Adquisitivo (PPA) se puede calcular el valor total asociado a los beneficios multiplicando dichos valores por los metros cuadrados de la fachada del cubo verde, como se presenta a continuación.

Tabla 18: Beneficios por PMx y SO₂ según los metros cuadrados de fachada verde

Descripción	Beneficios económicos por m² (2021)	Metros cuadrados fachada verde	Beneficios económicos por año Totales (2021) - proyecto verde
Beneficios en reducción de PMx	\$8.176,34	2916	\$23.842.220,50

Beneficios en reducción de SO ₂	\$259,37	2916	\$756.324,22
--	----------	------	--------------

Fuente: Elaboración propia con base en (Nurmi, Votsis, Perrels & Lehvavirta, 2013)

7.1.5. Indicadores de viabilidad financiera con externalidades socioambientales

Después de cuantificar los beneficios socioambientales, se procede a analizar el nuevo flujo de caja proyectado hasta 50 años, con el objetivo de determinar la viabilidad social del proyecto a través del VPN, la TIR, y la relación beneficio costo con los indicadores más relevantes, teniendo en cuenta horizontes de 5, 10, 20, 30, 40 y 50 años. (Anexo 3)

Tabla 19: Indicadores de viabilidad socio ambiental y horizontes temporales

INDICADORES DE VIABILIDAD SOCIO AMBIENTALES	Horizonte	VPN (6,62%)	Beneficio anual Equivalente	TIR	Relación Beneficio-Costo
	50 años	\$ 3.066.192.203,63	\$ 211.562.259,74	17,21%	1,60
	40 años	\$ 2.466.868.120,64	\$ 176.929.016,49	17,10%	1,49
	30 años	\$ 1.781.605.738,08	\$ 138.132.222,44	16,75%	1,36
	20 años	\$ 993.230.166,76	\$ 91.003.061,24	15,40%	1,22
	10 años	\$ 77.101.025,41	\$ 10.785.422,82	8,12%	1,02
	5 años	-\$ 439.917.213,14	-\$ 106.202.340,22	-11,22%	0,88

FUENTE: Elaboración Propia de los indicadores de viabilidad socioambiental por horizontes

Tomando el horizonte base de 50 años, en los resultados de los indicadores de viabilidad financiera incluyendo las externalidades socioambientales se obtuvo un VPN positivo igual a \$3.066.192.203,63 COP, con una tasa de descuento esperada de 6,62%; el proyecto entrega una TIR positiva de 17,21% evidenciando que, si la tasa esperada por los inversionistas fuera de 17,21% o menor es un proyecto rentable, además, la relación Beneficio-Costo es mayor que 1, indicando que por cada peso invertido se genera un rendimiento social de 1.6 pesos. De hecho, si se le exige al proyecto un periodo de recuperación de la inversión de 10 años, continúa siendo financieramente viable ya que el VPN es positivo, la TIR está por encima del costo de oportunidad del inversionista y la relación Beneficio-Costo sigue siendo mayor que 1. Sin embargo, como se puede evidenciar en la Tabla 19 si le exigimos un periodo menor a 10 años, el proyecto ya no es viable socialmente, puesto que el VPN y la TIR son negativos y la relación Beneficio-Costo es menor a 1.

7.2 Análisis de Sensibilidad

Al igual que el análisis de sensibilidad de la evaluación financiera del proyecto, para el desarrollo de este análisis en el que se valoran las externalidades socio – ambientales se tuvo en cuenta 5 escenarios hipotéticos con horizontes de 50, 40, 30, 20, 10 y 5 años, en el que se calcularon los mismos indicadores considerando una optimización en las inversiones con una reducción del 15%, puesto que, como ya se explicó anteriormente es factible reducir el valor directo de la inversión en un 15%, en ese caso, se presenta el análisis en la Tabla 20 respectivamente:

Tabla 20: Indicadores de viabilidad socioambientales por escenarios y horizontes

INDICADORES DE VIABILIDAD SOCIO AMBIENTALES - con reducción del 15% en inversiones	Horizonte	VPN (6,62%)	Beneficio anual Equivalente	TIR	Relación Beneficio-Costo
	50 años	\$ 3.527.094.338,93	\$ 243.363.755,14	27,73%	1,76
	40 años	\$ 2.927.770.255,94	\$ 209.985.895,71	27,72%	1,64
	30 años	\$ 2.242.507.873,38	\$ 173.867.085,06	27,67%	1,51
	20 años	\$ 1.454.132.302,06	\$ 133.232.452,42	27,25%	1,35
	10 años	\$ 538.003.160,71	\$ 75.259.590,08	23,14%	1,15
	5 años	\$ 20.984.922,16	\$ 5.066.061,92	8,00%	1,01

FUENTE: Elaboración propia de indicadores de viabilidad socioambientales con reducción del 15% en las inversiones

De acuerdo con el anterior análisis de viabilidad socioambiental, los indicadores en los escenarios con optimización en la reducción de la inversión del 15% muestran una mayor rentabilidad social que los escenarios planteados inicialmente de la Tabla 19. Para el caso del horizonte base de 50 años mostrado en la Tabla 20, el VPN continúa siendo positivo pero mayor en \$460.902.135,30 COP; por otro lado, se tiene una TIR social positiva de 27,73%, en cuanto a la relación Beneficio-Costo genera un mayor rendimiento social que el escenario normal. Al contrastar los escenarios de la Tabla 20 respecto a los de la Tabla 19 también cabe anotar que el proyecto tiene un periodo de recuperación menor, ya que a los 5 años el proyecto es socialmente viable mostrando un VPN positivo, una TIR social por encima del costo de oportunidad del inversionista y la relación Beneficio-Costo mayor a 1.

En concordancia se puede inferir que, este tipo de proyectos son viables socialmente en el momento que se tiene en cuenta la valoración de las externalidades ambientales de acuerdo con los beneficios aplicables a las fachadas verdes, pues el periodo de recuperación de la inversión es menor (10 años) y se obtiene mayor rentabilidad social; ahora bien, si se optimizan los recursos de

inversión es factible obtener un periodo de recuperación a partir de los 5 años, lo que lo vuelve un proyecto más atractivo para la empresa dueña del proyecto y para la sociedad.

8 Conclusiones

Las ciudades han evolucionado con miras al desarrollo de su propia sostenibilidad, por lo que sus objetivos van enfocados a optimizar recursos y ser más eficientes, generando beneficios sociales y ambientales; cabe señalar que los avances tecnológicos van direccionados a las construcciones sostenibles, en particular, a la gran preponderancia de las fachadas verdes que entregan beneficios financieros entre los cuales se destaca el ahorro de energía en el consumo de aire acondicionado, el ahorro de los costos de mantenimiento de la fachada actual y la valorización de la propiedad por la implementación de proyectos ecológicos; a su vez, contribuyen en beneficios socioambientales, que brindan servicios en pro de mejorar la calidad del aire, disminución de la huella de carbono, reducción de ruido interno y externo, aumento de biodiversidad y en aportes al paisajismo.

Colombia, ha comenzado a dar los primeros pasos entorno a las construcciones sostenibles; sin embargo, es claro que debe profundizar en el marco de los beneficios ambientales, concretamente en las fachadas verdes. Para el caso de Medellín-Colombia, su punto de partida por la apuesta a implementar soluciones ecológicas que impacten positivamente a todo el ecosistema se originó hace más de 10 años, incentivando la construcción de edificaciones y proyectos amigables con el medioambiente aportando valor social y convirtiéndola en una ciudad referente en términos de sostenibilidad.

Debido a la importancia que generan los beneficios socioambientales, en este estudio de caso denominado proyecto Cubo Verde se tuvo en cuenta los beneficios más relevantes que impactan directamente en la calidad de vida de las personas y contribuyen al medioambiente, por ende se valoró el aumento de la biodiversidad de avifauna, la reducción de ruido interna y externa de la edificación, la mejora en la calidad del aire y la mitigación de la huella de carbono.

La revisión literaria da cuenta de los importantes resultados que arrojan los diversos estudios e investigaciones realizados en diferentes partes del mundo respecto a la viabilidad de las fachadas verdes en términos de las externalidades, determinando la necesidad de ahondar en la identificación, cuantificación y valoración de los beneficios aplicables en cada proyecto de muro o fachada verde que se establezca.

Al realizar el análisis financiero del estudio de caso del proyecto Cubo Verde, se logró concluir que el proyecto es viable económicamente en un horizonte de 30 años. Se plantea lo anterior, ya que al verificar los indicadores de viabilidad financiera mediante el flujo de caja para los diferentes horizontes propuestos, a partir del año 30 se observa un VPN positivo equivalente a \$178.194.708,10 COP, una TIR positiva de 7,56% y una relación Beneficio-Costo mayor que 1; por otra parte, tomando como base un escenario de 50 años se evidencia mayor rentabilidad ya que

se obtuvo un VPN positivo equivalente de \$1.264.463.318,13 COP, una TIR positiva de 9,92% y una relación Beneficio-Costo de 1,25, considerando una tasa de descuento esperada de 6,62% por parte del inversionista y sin contemplar las externalidades socioambientales.

Vinculado a lo anteriormente expuesto, se encontró que, en los mismos escenarios del análisis financiero, pero incorporando las externalidades asociadas a los beneficios ambientales, el periodo de recuperación de la inversión disminuye a 10 años, puesto que el VPN social positivo es equivalente a \$ 77.101.025,41, la TIR es de 8,12% mayor que la tasa de descuento esperada por el inversionista y la relación Beneficio-Costo mayor que 1, entregando una rentabilidad económica y social. En concordancia, se puede inferir que este tipo de proyectos son viables socialmente en el momento que se tiene en cuenta la valoración de las externalidades ambientales de acuerdo con los beneficios aplicables a las fachadas verdes. Ahora bien, si se optimizan los recursos de inversión en un 15%, es factible obtener un periodo de recuperación a partir de los 5 años, lo que lo vuelve un proyecto más atractivo para la empresa dueña del proyecto y para la sociedad.

Considerando que el área total del edificio principal de las Empresas Públicas de Medellín., es más representativo respecto al área del auditorio Himerio Pérez y teniendo en cuenta la viabilidad financiera y socio ambiental que demuestra el proyecto a esta escala, es importante contemplar por parte de la empresa la posibilidad de ampliar las zonas de transformación con este tipo de espacios verdes en toda la fachada del edificio principal, ya que, se generarían grandes beneficios económicos, sociales y ambientales impactando positivamente a la población directa e indirecta del edificio, a los vecinos de las zonas aledañas y a la Ciudad en general.

9 Bibliografía

- Acciona Business As Unusual. (26 de 03 de 2021). *Sostenibilidad para todos* . Obtenido de ¿Sabes cuando nace la sostenibilidad?: <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/sabes-cuando-nace-la-sostenibilidad/>
- ACI Medellín. (10 de 10 de 2019). *ACI Medellín*. Obtenido de <https://www.acimedellin.org/medellin-recibe-reconocimiento-mundial-por-los-corredores-verdes/>
- Alcaldía de Medellín. (2019). *Ficha informativa: Comuna 10 La Candelaria*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/PlaneacionMunicipal/IndicadoresEstadisticas/2017/Shared%20Content/Comuna10%20La%20Candelaria.pdf>
- Alcaldía de Medellín. (2020). *Línea Estratégica 4. Ecociudad* . Medellín: Medellín Futuro.
- Alcaldía de Medellín. (25 de 03 de 2021). *Alcaldía de Medellín entregó los muros verdes del Concejo Municipal y el Centro Administrativo la Alpujarra*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=contenido/9428-Alcaldia-de-Medellin-entrego-los-muros-verdes-del-Concejo-Municipal-y-el-Centro-Administrativo-la-Alpujarra>
- Allen, J., & Balfour, R. (2014). *Natural solutions for tackling health inequalities*. Londres: UCL Institute of Health Equity.
- ArchDaily. (11 de 02 de 2021). *ArchDaily*. Obtenido de Creando jardines verticales y fachadas verdes con cables de acero: <https://www.archdaily.co/co/933853/creando-jardines-verticales-y-fachadas-verdes-con-cables-de-acero>
- Asociación Española de Cubiertas Verdes ASESCUVE. (28 de 07 de 2021). *Beneficios de las cubiertas verdes*. Obtenido de <https://www.asescuve.org/cubiertas-verdes/beneficios/>
- Barcellos Paula, L., & Gil Lafuente, A. M. (2010). Los desafíos para la sostenibilidad empresarial. *Universidad de Barcelona, Revisata Gelga de Economía*.
- Collins, R., Schaafsma, M., & Hudson, M. (2017). The value of green walls to urban biodiversity. *Land Use Policy*, 114-123.
- Con el corazón en la tierra. (10 de 04 de 2018). *Fachadas verdes la nueva tendencia en Medellín*. Obtenido de <https://coratierras.org/2018/04/10/fachadas-verdes-la-nueva-tendencia-en-medellin/>
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS). (11 de 02 de 2021). *Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS)*. Obtenido de Comparativo Sistemas de Certificación en Construcción Sostenible en Colombia:

- <https://www.cccs.org.co/wp/haga-parte-del-cccs/comparativo-sistemas-de-certificacion-en-construccion-sostenible-en-colombia/>
- Correa, F. (2015). *Disposición a pagar por Mejoramiento de Biodiversidad y valores estéticos*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Correa, F., & Osorio, J. (2015). valoración económica de la reducción de ruido. *Universidad de Medellín*.
- Correa, F., Bustamante, S., & Cruz, M. (2021). Valoración de externalidades y sociales del Campus Vivo Universidad de Medellín, Informe de Gestión de Sostenibilidad 2020. *Documento no publicado*.
- Dunnett, N., & Kingsbury, N. (2008). *Planting Green Roofs and Living Walls*. Timber Press.
- El Colombiano. (21 de 10 de 2019). Ruta N, 10 años de aporte a la innovación de la ciudad. *El Colombiano*. Obtenido de <https://www.elcolombiano.com/negocios/economia/ruta-n-10-anos-de-aporte-a-la-innovacion-de-la-ciudad-EO11792372>
- El Espectador. (27 de 08 de 2010). Universidad en Medellín inauguró primer "edificio verde" de Colombia.
- Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (13 de 11 de 2021). *Descuento pronto pago*. Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/proveedoresycontratistas/proveedores-y-contratistas/contrataci%C3%B3n/como-contratar-con-epm/descuento-por-pronto-pago>
- Environmental Protection Agency (EPA). (11 de 02 de 2021). *Environmental Protection Agency (EPA)*. Obtenido de <https://www.epa.gov/history/origins-epa>
- Franco Mateus, S. A. (2015). *Valoración financiera de fachadas verdes: Muros verdes en la ciudad de Bogotá*. BOGOTÁ: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.
- Gallardo, N. P. (2017). *Respuesta térmica de edificaciones con envolventes vegetales: Cubiertas verdes y fachadas verdes*. Sao Paulo: Universidad de Sao Paulo.
- Groncol. (11 de 02 de 2021). *Paisajismo cubiertas verdes*. Obtenido de Edificio Inteligente EPM: <http://groncol.com/epm-edificio-inteligente-medellin/>
- Grupo Bancolombia. (29 de 08 de 2019). *Construcción sostenible en Colombia 2019: avances y retos*. Obtenido de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/especiales/sector-construccion-colombia-2019/construccion-sostenible-colombia-2019-avances-retos>
- Hardy, M. (2014). Les toits verts au Québec: Pour une urbanisation équilibrée. *Universidad de Sherbrooke*.
- Hart, S. L., & Milstein., M. B. (2003). Creating sustainable value. *Academy of Management Executive*, Vol. 17, No. 2.

- Hassan, M., & Haggag, A. (2015). *Cost-benefit analysis of living wall systems on school building skins in a hot climate*. Arab Emirates: UAE University, United Arab Emirates.
- Hoyos, R. (2014). *Aplicación de las cubiertas verdes en el medio local como solución al déficit de zonas verdes en Medellín*. Medellín.
- Jakob Rope systems. (11 de 02 de 2021). *Jakob Rope systems*. Obtenido de Soluciones verdes: <https://www.jakob.com/es-es/aplicaciones/detalles/soluciones-verdes>
- La Haus. (08 de 12 de 2020). *Valor del metro cuadrado de los barrios con mayor valorización en Medellín en el 2020*. Obtenido de <https://www.lahaus.com/blog/tendencias-del-mercado/valor-metro-cuadrado-mayor-valorizacion-medellin-2020>
- Laurenz, J. (2005). Natural Envelope: The green element as a boundary limit. *The 2005 World Sustainable Building Conference*, 4653-4660.
- León Melo, J., & Delgado Franco, A. (2016). Análisis Financiero Para Un Proyecto De Desarrollo Sostenible: Techos Y Muros Verdes En Estaciones De Transporte Masivo-Caso Aplicado Para Transmilenio S.A. Bogotá.
- Martínez, S., & Gallego, T. (2017). *Estudio y aplicación de las fachadas verdes para mejorar la eficiencia energética en edificación*. Castellón; España: Universitat Jaume I.
- Mella Márquez, J. M. (26 de 01 de 2012). *Faro de Vigo*. Obtenido de <https://www.farodevigo.es/opinion/2012/01/26/ciudades-inteligentes-17689598.html>
- Mella, E. (2003). La educación en la sociedad del conocimiento. *Revista Enfoques Educativos* 5, 107 - 114.
- Mella, J. M., & López, A. (2015). Ciudades sostenibles: Análisis y posibles estrategias. *Encuentros Multidisciplinares*, 1-9.
- Morales Santiago, A. C., & Uzcátegui Mojica, Y. M. (2017). *Diseño y factibilidad técnico-económica de una propuesta de techo verde en el edificio Álvaro Beltrán Pinzón de la UIS*. Bucaramanga: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.
- Naciones Unidas. (30 de 08 de 2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Nurmi, V., Votsis, A., Perrels, A., & Lehvävirta, S. (2013). *Cost-benefit analysis of green roofs in urban areas: case study in Helsinki*. Helsinki: REPORTS.
- Nurmi, Votsis, Perrels & Lehvävirta. (2013). *Cost-benefit analysis of green roofs in urban areas: case study in Helsinki*. Helsinki: University of Helsinki.
- Ochoa de la Torre, J. (1999). *Impacto de la vegetación en el microclima urbano*.
- ONU. (1987). *Naciones Unidas*. Obtenido de Asamblea General de las Naciones Unidas: <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>

- Patiño, C., & García, S. (2019). *Metodología de construcción de cubiertas y fachadas verdes para uso de huertas urbanas en Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Pereira Serro, J. (2017). Socio-Economic Feasibility Of Greening Entrecampos Rail Station. *Lisboa*.
- Perini, K., & Rosasco, P. (12 de 08 de 2013). Costebenefit analysis for green façades and living wall systems. *Building and Environment*, 70, 110-121.
- Plua, k. A., Reyes, M. d., & Franco, J. F. (2020). Business sustainability its application in agricultural smes. *Journal of alternative perspectives in the social sciences*.
- Redondo Paredes, D. F. (2014). Beneficios socioambientales de las infraestructuras verdes urbanas y su aplicación en la construcción y planificación urbanística en la ciudad de Bucaramanga. *Universidad Pontificia Bolivariana*.
- Röbbel, N. (28 de 07 de 2021). *Naciones Unidas*. Obtenido de Los espacios verdes: un recurso indispensable para lograr una salud sostenible en las zonas urbanas: <https://www.un.org/es/chronicle/article/los-espacios-verdes-un-recurso-indispensable-para-lograr-una-salud-sostenible-en-las-zonas-urbanas>
- Samper Green. (28 de 07 de 2021). *Edificio EPM*. Obtenido de <https://www.sempergreen.com/co/referencias/edificio-epm>
- Samper Green. (28 de 07 de 2021). *PTAR Bello*. Obtenido de <https://www.sempergreen.com/co/referencias/ptar-bello>
- Sempergreen. (28 de 07 de 2021). *Beneficios de un jardín vertical*. Obtenido de <https://www.sempergreen.com/es/soluciones/fachadas/beneficios-de-un-jardin-vertical>
- Sosa, G. (2019). *Implementación de sistemas de agrupación sostenible*. Pereira: Universidad Católica de Pereira.
- Teotonio, I. (2021). *Economics of green roofs and green walls: A literature review*. Lisbon, Portugal: CERIS.
- Tropical Commons. (28 de 07 de 2021). *Tropical Commons*. Obtenido de <https://tropicalcommons.co/es/2018/09/04/jardines-verticales-y-techos-verdes-de-colombia/>
- Universidad Pontificia Bolivariana. (02 de 03 de 2020). *Construcción sostenible en Colombia: cuestión de equilibrio y conciencia*. Obtenido de <https://www.upb.edu.co/es/central-blogs/sostenibilidad/construccion-sostenible-en-colombia>
- Villa, F. (2009). Construcciones verdes. *Revista de arquitectura*, 39.

World Green Building Trends. (2019). *World Green Building Trends*. Obtenido de <https://www.worldgbc.org/news-media/world-green-building-trends-2018-smartmarket-report-publication>

Anexos

Anexo 1: Inversiones del proyecto

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de Medida	ENETEL S.A.S.	
				Valor costo directo	Valor Total costo directo (valor unitario x cantidad)
1	Fabricación, transporte y montaje de elementos estructurales para apoyos verticales: Incluye Suministro, transporte e instalación de tubería al carbón sch40 de diámetro 2 1/2", macizo en concreto reforzado, esfera referencia RB 57.15 de SKF o similar, platinas de 5/8", 3/4", 3/8", 1/2", 3/16" de dimensiones y especificaciones como aparecen en planos, anclajes de 1/2", 1/4" de longitudes como aparecen en planos, tuercas de acero arandelas de presión y todo lo necesario para su correcta instalación. Se utilizará equipos de altura	26	Und	\$1.733.491	\$45.070.766
2	Fabricación, transporte y montaje de elementos estructurales en aluminio para repotenciación. Incluye: Perfil tubular en aluminio de 38,1x38,1 x2mm, Canal en aluminio de 76x38x5,7 mm, Canal o perfil de aluminio de 43,1x40,1x2mm, Angulo en aluminio de 50x50x3mm, Angulo de aluminio de 45x45x2mm, Angulo en aluminio de 2x2x3/16", T de fijación en aluminio, Platina en aluminio 1100H-160 de 65x760x3mm,	10.000	Kg	\$15.734	\$157.340.000
3	Suministro, transporte y montaje de PTE de 50x50x2,5 mm (Acero ASTM-A500 grado C) como elemento estructural para la repotenciación	200	ml	\$39.226	\$7.845.200
4	Suministro, transporte y montaje de Pernos de 1/2" ASTM-A325 con tuerca y arandela como elemento estructural para la repotenciación	6.000	Und	\$1.466	\$8.796.000
5	Suministro, transporte y montaje de remaches POP en aluminio como elemento estructural para la repotenciación	50.000	Und	\$317	\$15.850.000
6	Suministro, transporte y colocación de Tornillo de acero de 1 1/2" rosca ACME4 hilos x pulgada como elemento estructural para la repotenciación	200	Und	\$121.840	\$24.368.000
7	Tapas de 1/4" (en acero inoxidable)	400	Und	\$124.528	\$49.811.200
9	Suministro, transporte y montaje de Pernos epóxido Hilti de 1/2"x120mm, como elemento estructural para la repotenciación	520	Und	\$22.387	\$11.641.240

10	Suministro, transporte y montaje de PTE de 50x50x2,5 mm (Acero ASTM-A500 grado C) como elemento estructural para la repotenciación	104	ml	\$39.226	\$4.079.504
11	Fabricación, transporte y montaje de elementos estructurales en acero galvanizado para fachada flotante Incluye: Perfil tubular PTE300x100x5 mm, Perfil tubular PTE90x90x3mm, PTE200x100x4mm, Platina de 500x400x3/8. de acuerdo a especificaciones en planos Platina de 500x300x3/8 de acuerdo a especificaciones en planos, Platina de 500x300x3/8 Platina 170x70x1/4",colocación Riostras en varilla de 1/2", Terminales de riostras de acuerdo a especificaciones en planos, Conexiones emplate detalle 3,4,5, Conexiones detalle 6, 7, Tornillos de 1/2"x1" ASTM-A325, Tornillos de 3/4" x 2 1/2" ASTM -A325, materos en fachada flotante, en Angulo de 2"x1/8", Tornillos de 3/8"x1" (armado de materas 8 un por c/u) y todo lo necesario para su correcta instalación, de acuerdo a diseño y especificaciones en planos	80.000	Kg	\$11.342	\$907.360.000
12	Fabricación, transporte y montaje de materos de 30x30x40 ms. Incluye: Perfil tubular PTE 50x50x2, Angulo de 2"x1/2", tornillos de 3/8 x 1" recubierto en lámina de acero, y todos los elementos necesarios de acuerdo a especificaciones en planos.	70	Und	\$1.179.764	\$82.583.480
13	Suministro, transporte y colocación de Pernos epóxido Hilti de 3/4" 150mm Prof.	320	Und	\$34.175	\$10.936.000
14	Suministro, transporte y colocación de Perno epóxido Hilti de 1/2" 100mm de profundidad	472	Und	\$21.693	\$10.239.096
15	Pasador de 2" SAE 1045 con tuercas y horquillas.	200	Und	\$117.877	\$23.575.400
16	Suministro, transporte y colocación Pernos pasantes 1/2"x 170mm ASTM-A193 galvanizados	200	Und	\$4.825	\$965.000
17	Cable galvanizado en caliente con alma de nailon (Yute) de 5/16"	5.000	ml	\$7.182	\$35.910.000
SUBTOTAL					\$ 1.396.370.886
(A = 15%) en pesos					\$ 209.455.633
(U = 5%) en pesos					\$ 69.818.544
IVA / LA U					\$ 13.265.523
TOTAL ANTES DE IVA					\$ 1.688.910.587

Fuente: Elaboración propia a partir de cotización entregada por el proveedor Enetel S.A.S

Anexo 2: Flujo de Caja Análisis Financiero

HORIZONTE 50 AÑOS	0 AÑOS	1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS	4 AÑOS	5 AÑOS	6 AÑOS	7 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones								
Construcción estructura metálica	-\$ 1.688.910.587,00							
Muros verdes	-\$ 1.383.770.315,00							
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año		-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año		-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año		-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual		\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía		\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 2.068.143.000,00	\$ 109.611.579,00	\$ 115.420.992,69	\$ 121.538.305,30	\$ 127.979.835,48	\$ 134.762.766,76	\$ 141.905.193,40	\$ 149.426.168,65

HORIZONTE 50 AÑOS	8 AÑOS	9 AÑOS	10 AÑOS	11 AÑOS	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS	15 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones								
Construcción estructura metálica								
Muros verdes								
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 157.345.755,59	\$ 165.685.080,63	\$ 174.466.389,91	\$ 183.713.108,57	\$ 193.449.903,33	\$ 203.702.748,20	\$ 214.498.993,86	\$ 225.867.440,53

HORIZONTE 50 AÑOS	16 AÑOS	17 AÑOS	18 AÑOS	19 AÑOS	20 AÑOS	21 AÑOS	22 AÑOS	23 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones								
Construcción estructura metálica								
Muros verdes								
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 237.838.414,88	\$ 250.443.850,87	\$ 263.717.374,97	\$ 277.694.395,84	\$ 292.412.198,82	\$ 307.910.045,36	\$ 324.229.277,76	\$ 341.413.429,48

HORIZONTE 50 AÑOS	24 AÑOS	25 AÑOS	26 AÑOS	27 AÑOS	28 AÑOS	29 AÑOS	30 AÑOS	31 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones								
Construcción estructura metálica								
Muros verdes								
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 359.508.341,24	\$ 378.562.283,33	\$ 398.626.084,35	\$ 419.753.266,82	\$ 442.000.189,96	\$ 465.426.200,02	\$ 490.093.788,63	\$ 516.068.759,42

HORIZONTE 50 AÑOS	32 AÑOS	33 AÑOS	34 AÑOS	35 AÑOS	36 AÑOS	37 AÑOS	38 AÑOS	39 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones								
Construcción estructura metálica								
Muros verdes								
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 543.420.403,67	\$ 572.221.685,07	\$ 602.549.434,38	\$ 634.484.554,40	\$ 668.112.235,78	\$ 703.522.184,28	\$ 740.808.860,04	\$ 780.071.729,63

HORIZONTE 50 AÑOS	40 AÑOS	41 AÑOS	42 AÑOS	43 AÑOS	44 AÑOS	45 AÑOS	46 AÑOS	47 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones								
Construcción estructura metálica								
Muros verdes								
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 821.415.531,30	\$ 864.950.554,45	\$ 910.792.933,84	\$ 959.064.959,33	\$ 1.009.895.402,18	\$ 1.063.419.858,49	\$ 1.119.781.110,99	\$ 1.179.129.509,88

HORIZONTE 50 AÑOS	48 AÑOS	49 AÑOS	50 AÑOS
CONCEPTOS			
Inversiones			
Construcción estructura metálica	\$ -	\$ -	\$ -
Muros verdes	\$ -	\$ -	\$ -
Costos operación			
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos			
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 1.241.623.373,90	\$ 1.307.429.412,72	\$ 1.376.723.171,59

INDICADORES DE VIABILIDAD FINANCIERA						
	50 años	40 años	30 años	20 años	10 años	5 años
VPN (6,62%)	\$ 1.264.463.318,13	\$ 733.562.550,65	\$ 178.194.708,10	-\$ 363.589.604,08	-\$ 811.590.915,88	-\$ 954.867.295,70
Beneficio anual Equivalente	\$ 87.245.906,05	\$ 52.612.662,81	\$ 13.815.868,76	-\$ 33.313.292,44	-\$ 113.530.930,86	-\$ 230.518.693,90
TIR	9,92%	9,20%	7,56%	3,14%	-14,13%	-47,51%
Relación Beneficio-Costo	1,25	1,15	1,04	0,92	0,80	0,74

HORIZONTE 50 AÑOS Con reducción del 15%	0 AÑOS	1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS	4 AÑOS	5 AÑOS	6 AÑOS	7 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones Con reducción del 15%								
Construcción estructura metálica	-\$ 1.435.573.998,95							
Muros verdes	-\$ 1.176.204.767,75							
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año		-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año		-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año		-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual		\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía		\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 2.068.143.000,00	\$ 109.611.579,00	\$ 115.420.992,69	\$ 121.538.305,30	\$ 127.979.835,48	\$ 134.762.766,76	\$ 141.905.193,40	\$ 149.426.168,65

HORIZONTE 50 AÑOS Con reducción del 15%	8 AÑOS	9 AÑOS	10 AÑOS	11 AÑOS	12 AÑOS	13 AÑOS	14 AÑOS	15 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones Con reducción del 15%								
Construcción estructura metálica								
Muros verdes								
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 157.345.755,59	\$ 165.685.080,63	\$ 174.466.389,91	\$ 183.713.108,57	\$ 193.449.903,33	\$ 203.702.748,20	\$ 214.498.993,86	\$ 225.867.440,53

HORIZONTE 50 AÑOS Con reducción del 15%	16 AÑOS	17 AÑOS	18 AÑOS	19 AÑOS	20 AÑOS	21 AÑOS	22 AÑOS	23 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones Con reducción del 15%								
Construcción estructura metálica								
Muros verdes								
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 237.838.414,88	\$ 250.443.850,87	\$ 263.717.374,97	\$ 277.694.395,84	\$ 292.412.198,82	\$ 307.910.045,36	\$ 324.229.277,76	\$ 341.413.429,48

HORIZONTE 50 AÑOS Con reducción del 15%	24 AÑOS	25 AÑOS	26 AÑOS	27 AÑOS	28 AÑOS	29 AÑOS	30 AÑOS	31 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones Con reducción del 15%								
Construcción estructura metálica								
Muros verdes								
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 359.508.341,24	\$ 378.562.283,33	\$ 398.626.084,35	\$ 419.753.266,82	\$ 442.000.189,96	\$ 465.426.200,02	\$ 490.093.788,63	\$ 516.068.759,42

HORIZONTE 50 AÑOS Con reducción del 15%	32 AÑOS	33 AÑOS	34 AÑOS	35 AÑOS	36 AÑOS	37 AÑOS	38 AÑOS	39 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones Con reducción del 15%								
Construcción estructura metálica								
Muros verdes								
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 543.420.403,67	\$ 572.221.685,07	\$ 602.549.434,38	\$ 634.484.554,40	\$ 668.112.235,78	\$ 703.522.184,28	\$ 740.808.860,04	\$ 780.071.729,63
HORIZONTE 50 AÑOS Con reducción del 15%	40 AÑOS	41 AÑOS	42 AÑOS	43 AÑOS	44 AÑOS	45 AÑOS	46 AÑOS	47 AÑOS
CONCEPTOS								
Inversiones Con reducción del 15%								
Construcción estructura metálica								
Muros verdes								
Costos operación								
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos								
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 821.415.531,30	\$ 864.950.554,45	\$ 910.792.933,84	\$ 959.064.959,33	\$ 1.009.895.402,18	\$ 1.063.419.858,49	\$ 1.119.781.110,99	\$ 1.179.129.509,88

HORIZONTE 50 AÑOS Con reducción del 15%	48 AÑOS	49 AÑOS	50 AÑOS
CONCEPTOS			
Inversiones Con reducción del 15%			
Construcción estructura metálica	\$ -	\$ -	\$ -
Muros verdes	\$ -	\$ -	\$ -
Costos operación			
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos			
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 1.241.623.373,90	\$ 1.307.429.412,72	\$ 1.376.723.171,59

INDICADORES DE VIABILIDAD FINANCIERA - CON REDUCCIÓN DEL 15 % EN INVERSIONES						
	50 años	40 años	30 años	20 años	10 años	5 años
VPN (6,62%)	\$ 1.725.365.453,43	\$ 1.194.464.685,95	\$ 639.096.843,40	\$ 97.312.531,22	-\$ 350.688.780,58	-\$ 493.965.160,40
Beneficio anual Equivalente	\$ 119.047.401,46	\$ 85.669.542,02	\$ 49.550.731,37	\$ 8.916.098,74	-\$ 49.056.763,60	-\$ 119.250.291,76
TIR	13,01%	12,57%	11,43%	7,98%	-7,22%	-39,78%
Relación Beneficio-Costo	1,37	1,26	1,14	1,02	0,90	0,85

HORIZONTE 50 AÑOS	48 AÑOS	49 AÑOS	50 AÑOS
CONCEPTOS			
Inversiones			
Construcción estructura metálica	\$ -	\$ -	\$ -
Muros verdes	\$ -	\$ -	\$ -
Costos operación			
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos			
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 1.241.623.373,90	\$ 1.307.429.412,72	\$ 1.376.723.171,59
Beneficios Socio - Ambientales			
DAP por disminución niveles de ruido 3 DB - (Externa)	\$ 422.722,26	\$ 422.722,26	\$ 422.722,26
DAP por disminución niveles de ruido 10 DB (Interna)	\$ 5.238.952,82	\$ 5.238.952,82	\$ 5.238.952,82
DAP por Biodiversidad y Paisajismo	\$ 93.808.609,19	\$ 93.808.609,19	\$ 93.808.609,19
Reducción huella de Carbono CO2	\$ 247.524,70	\$ 247.524,70	\$ 247.524,70
Reducción Gases contaminantes PMx	\$ 23.842.220,50	\$ 23.842.220,50	\$ 23.842.220,50
Reducción Gases contaminantes SO2	\$ 756.324,22	\$ 756.324,22	\$ 756.324,22

INDICADORES DE VIABILIDAD SOCIAL						
	50 años	40 años	30 años	20 años	10 años	5 años
VPN (6,62%)	\$ 3.066.192.203,63	\$ 2.466.868.120,64	\$ 1.781.605.738,08	\$ 993.230.166,76	\$ 77.101.025,41	-\$ 439.917.213,14
Beneficio anual Equivalente	\$ 211.562.259,74	\$ 176.929.016,49	\$ 138.132.222,44	\$ 91.003.061,24	\$ 10.785.422,82	-\$ 106.202.340,22
TIR	17,21%	17,10%	16,75%	15,40%	8,12%	-11,22%
Relación Beneficio-Costo	1,60	1,49	1,36	1,22	1,02	0,88

HORIZONTE 50 AÑOS Con reducción del 15%	48 AÑOS	49 AÑOS	50 AÑOS
CONCEPTOS			
Inversiones Con reducción del 15%			
Construcción estructura metálica	\$ -	\$ -	\$ -
Muros verdes	\$ -	\$ -	\$ -
Costos operación			
Mantenimiento de todo el sistema jardines verticales por año	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00	-\$ 76.860.910,00
Mantenimiento de toda la estructura civil de la fachada por año	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00	-\$ 52.379.290,00
Costo de agua para riego por año	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80	-\$ 11.867.536,80
Beneficios Económicos			
Ahorro mantenimiento fachada actual	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00	\$ 30.142.774,00
Ahorros energía	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02	\$ 1.896.996,02
Valorización propiedad	\$ 1.241.623.373,90	\$ 1.307.429.412,72	\$ 1.376.723.171,59
Beneficios Socio - Ambientales			
DAP por disminución niveles de ruido 3 DB - (Externa)	\$ 422.722,26	\$ 422.722,26	\$ 422.722,26
DAP por disminución niveles de ruido 10 DB (Interna)	\$ 5.238.952,82	\$ 5.238.952,82	\$ 5.238.952,82
DAP por Biodiversidad y Paisajismo	\$ 93.808.609,19	\$ 93.808.609,19	\$ 93.808.609,19
Reducción huella de Carbono CO2	\$ 247.524,70	\$ 247.524,70	\$ 247.524,70
Reducción Gases contaminantes PMx	\$ 23.842.220,50	\$ 23.842.220,50	\$ 23.842.220,50
Reducción Gases contaminantes SO2	\$ 756.324,22	\$ 756.324,22	\$ 756.324,22

INDICADORES DE VIABILIDAD SOCIAL - CON REDUCCIÓN DEL 15 % EN INVERSIONES						
	50 años	40 años	30 años	20 años	10 años	5 años
VPN (6,62%)	\$ 3.527.094.338,93	\$ 2.927.770.255,94	\$ 2.242.507.873,38	\$ 1.454.132.302,06	\$ 538.003.160,71	\$ 20.984.922,16
Beneficio anual Equivalente	\$ 243.363.755,14	\$ 209.985.895,71	\$ 173.867.085,06	\$ 133.232.452,42	\$ 75.259.590,08	\$ 5.066.061,92
TIR	27,73%	27,72%	27,67%	27,25%	23,14%	8,00%
Relación Beneficio-Costo	1,76	1,64	1,51	1,35	1,15	1,01