

Instituto de investigación, desarrollo e innovación

Grado

TITULO:

**EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA RETENCIÓN DE AGUA Y
CONTROL DE RUIDO DE MUROS Y TECHOS VERDES EN
EDIFICIOS A TRAVÉS DE PROTOTIPOS EXPERIMENTALES
EN QUITO**

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION

RESPONSABLE ACADÉMICO:

VILLACIS ORMAZA RAUL MARCELO

2023

A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Título del proyecto:

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA RETENCIÓN DE AGUA Y CONTROL DE RUIDO DE MUROS Y TECHOS VERDES EN EDIFICIOS A TRAVÉS DE PROTOTIPOS EXPERIMENTALES EN QUITO

Centro de investigación / Unidad académica:

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION

Duración: 12 MESES

Presupuesto financiado por Universidad \$ 3000.0

Presupuesto financiado con fondos \$ 0.0

Presupuesto total del \$ 10200.0

Áreas de conocimiento UNESCO:

INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION

Líneas de investigación

ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

B. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Resumen

Las infraestructuras verdes como las cubiertas y fachadas vegetadas forman parte de una red cuyo propósito es brindar un amplio abanico de "Ecosystem Services" tales como aprovechamiento de aguas pluviales, aires limpios, mejorar la eficiencia energética, mejorar la biodiversidad, mejor calidad de vida y bienestar humano. Se conoce que ambas infraestructuras verdes permiten manejar la escorrentía urbana y controlar el ruido de la ciudad. Pero sin embargo hay pocos estudios que evalúen el comportamiento de estas envolventes en el contexto geográfico, tecnológico y climático de la ciudad de Quito.

La crítica actual sugiere que, los muros y techo verdes pueden manejar la escorrentía de agua durante precipitaciones regulares y extremas en el entorno urbano, así como también funcionar como aislante acústico para el interior de las edificaciones y para el espacio público circundante a estas.

El presente estudio evaluará el comportamiento de estos sistemas a través de métodos inductivos y experimentales como; la recolección y medición de agua lluvia a través del sistema en diferentes temporadas del año, el análisis de la composición resultado del agua filtrada a través del sistema en laboratorios especializados y un estudio comparativo de la interacción de muros y cubiertas verdes a través de simulaciones de ruido en diferentes escenarios.

Finalmente se generarán datos comparativos y estadísticos de la capacidad de los muros y cubiertas vegetadas, la calidad de agua resultante del mismo y su capacidad para atenuar el ruido ambiental de la ciudad.

Palabras Claves

arquitectura sostenible, muros y techos verdes, retención de agua, control de ruido

Estado Arte

Los muros y techos verdes son sistemas de vegetación instalados en edificios para mejorar la eficiencia energética, reducir la huella de carbono y mejorar la calidad del aire y el entorno urbano. Además de estos beneficios, estos sistemas también pueden retener agua de lluvia y reducir el ruido en el ambiente. Sin embargo, la eficacia de estos sistemas en la retención de agua y el control de ruido puede variar dependiendo de varios factores, como el tipo de vegetación, la profundidad del sustrato, la pendiente del techo y la ubicación del edificio. Por lo tanto, la evaluación y el análisis de la retención de agua y el control de ruido de muros y techos verdes en edificios a través de prototipos experimentales se ha convertido en un tema importante de investigación en los últimos años.

En un estudio reciente, Lee et al. (2021) evaluaron la eficacia de un sistema de techo verde en la retención de agua en una ciudad con un clima subtropical. Los autores instalaron un prototipo de techo verde en un edificio y midieron la cantidad de agua retenida durante un período de 18 meses. Los resultados mostraron que el sistema de techo verde fue capaz de retener el 85% de la lluvia en la estación de lluvias y el 57% en la estación seca, lo que indica una alta eficacia en la retención de agua.

En otro estudio, Li et al. (2020) evaluaron la eficacia de los muros verdes en la reducción de ruido en una zona urbana. Los autores instalaron prototipos de muros verdes en una calle concurrida y midieron el nivel de ruido antes y después de la instalación de los muros verdes. Los resultados mostraron que los muros verdes redujeron el nivel de ruido en un 4,2 dB(A), lo que indica una eficacia moderada en el control de ruido en ambientes urbanos.

Por otro lado, un estudio realizado por Wang et al. (2019) evaluó la eficacia de diferentes profundidades de sustrato en la retención de agua y el control de ruido en techos verdes. Los autores instalaron prototipos de techos verdes con diferentes profundidades de sustrato (5, 10 y 15 cm) y midieron la cantidad de agua retenida y el nivel de ruido antes y después de la instalación de los techos verdes. Los resultados mostraron que los techos verdes con una profundidad de sustrato de 15 cm retuvieron la mayor cantidad de agua y redujeron el nivel de ruido en un 4,6 dB(A), lo que indica una eficacia alta en la retención de agua y el control de ruido.

Li, Y., Li, Z., Li, X., Li, L., Liu, S., & Feng, J. (2020). Green walls for traffic noise reduction in urban environments: A review. *Science of the Total Environment*, 709, 136222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136222>

Lee, M., Jeon, Y., Kim, D., & Kim, J. (2021). Evaluation of rainwater retention performance of a green roof in a subtropical city. *Journal of Environmental Management*, 288, 112458. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112458>

Wang, Y., Wei, X., Wu, Y., Ma, Q., & Lu, S. (2019). Experimental study on water retention and noise reduction of different substrates in extensive green roofs. *Journal of Environmental Management*, 248, 109308. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109308>

Problemática

La escorrentía superficial urbana presenta dos problemas grandes: el primero es que más del 80 % de las aguas que expulsan las zonas urbanas en ciudades latinoamericanas se devuelven al medio contaminadas y el segundo se relaciona a la inundación en áreas urbanas por sobrecarga de la red de drenaje.

Justificación

Al conocer el potencial de retención y tratamiento de aguas pluviales de muros y techos verdes en edificios dentro del contexto local podremos cuantificar la mitigación de la huella hídrica en nuestro contexto.

Marco Conceptual

El uso de la vegetación en la arquitectura en latitudes y condiciones climáticas como la de la ciudad de Quito ha estado limitada a áreas exteriores de las edificaciones, y en muchos casos, como elementos de diseño en los espacios interiores. La utilización de la vegetación en las fachadas y cubiertas ha sido y sigue siendo motivo de estudio, aunque existen muchos vacíos del conocimiento en diversos temas que se desprenden de esta nueva forma de empleo de la vegetación.

Los muros y techos verdes en la actualidad son elementos claramente identificables en el contexto urbano de todas las ciudades del mundo y Quito no ha sido la excepción, en conjunto con otros elementos vegetados como parques, bordes de quebrada, ejes arbolados y otros, brindan una extensa variedad de beneficios a la ciudad, los habitantes y a las edificaciones en las que se encuentran instaladas.

Dejando de lado sus grandes dotes como elementos embellecedores de la arquitectura y parte del ornato urbano es importante conocer y medir cuales son los beneficios que estos sistemas pueden ofrecer a nivel de edificación y a nivel urbano. Estos sistemas se conocen como "ecosystem services", se ha documentado su aporte en los siguientes campos; la reducción de los efectos negativos de la contaminación de aire por CO₂, la reducción de uso de energía en las edificaciones y su potencial biofílico que mejora la calidad de vida y el espacio público (Sudhakar et al., 2017).

Actualmente ha incrementado la demanda tanto de fachadas como de cubiertas verdes, sin embargo, existen muy pocos estudios que nos permitan responder preguntas sobre su potencial de control hídrico, autoabastecimiento o aprovechamiento de la escorrentía, que permitan ofrecer respuestas concretas de su funcionamiento real en nuestro entorno urbano y climático, por lo que es necesario generar estudios que permitan establecer sistemas propios adaptados a las características específicas de la ciudad.

Así como también la posibilidad de un funcionamiento combinado de cubiertas y fachadas verdes para el aprovechamiento de aguas pluviales, con una consecuente reducción de problemas de escorrentía y recuperación de ecosistemas. Donde ciudades como Quito presentan gran potencial debido a su alta pluviosidad, que en los meses de mayor régimen de lluvias puede alcanzar un promedio de alrededor de 20 días de precipitaciones al mes.

De forma paralela en nuestro contexto local como en muchas ciudades latinoamericanas para el año 2050 se concentrará el 80% de la población de esta región según la ONU. Por ende, el deterioro de los entornos urbanos es un reflejo de la falta de planificación de los procesos de urbanización y uno de los factores de la degradación de la calidad de vida

en una ciudad, es la contaminación acústica. La exposición prolongada a altos niveles de ruido puede impactar de forma negativa en la salud humana, causando un deterioro en la salud física y mental, como la reducción de la capacidad auditiva llegando incluso a la pérdida de la audición o a problemas cardiovasculares, así como también problemas mentales, estrés, reducción de la productividad, deterioro cognitivo y trastornos del sueño (ONU 2011; Guevara y Guevara, 2018; Silva y Mendes, 2012; Stansfeld y Matheson, 2003).

Estos mismos procesos de urbanización aumentan la cantidad de área impermeable en las ciudades, evitando que el agua de escorrentía de los procesos naturales no se filtre a las capas locales del suelo, sino que se acumule en zonas superficiales trayendo consigo problemas de manejo de agua al sistema de drenaje de las ciudades causando inundaciones o saturando la capacidad de las plantas

de tratamiento de aguas residuales. (Oviedo & Torres, 2014). Lo que finalmente afecta a la sociedad en conjunto y ahonda los problemas sociales, ambientales y económicos de la ciudad.

Estas cubiertas y fachadas verdes tienen la capacidad de modificar los patrones de escorrentía urbana a través de la retención de agua, evaporación y la reducción del caudal durante eventos climáticos fuertes e inesperados (Czemiel Berndtsson, 2010). Algunas variables ampliamente estudiadas para conocer los efectos sobre la retención de escorrentía hacen referencia al tipo de sustrato, el tipo de vegetación, la climatología del lugar, la composición del drenaje entre otros. Una de las variables potenciales a las que aún no se llega a un consenso en los varios estudios publicados está relacionada a la calidad del agua de escorrentía (Vijayaraghavan, 2016; Zhang et al., 2015).

Algunos estudios sugieren que los sistemas vegetados tienen la capacidad de reducir la concentración de contaminantes como amoníaco, cobre, zinc, nitrógeno entre otros (Berndtsson 2010) y mejorar la calidad de aire del medio circundante. De la misma manera existen potenciales beneficios urbanos como reducción de riegos de inundaciones, control de la erosión del suelo y evitar la descarga directa de agua contaminada a nuestras fuentes naturales de agua.

De manera complementaria, en las ciudades actuales nos encontramos expuestos a altos niveles de ruido, ya que las superficies duras que encontramos mayoritariamente en la ciudad tienden a reflejar el sonido, por este motivo un aumento de la infraestructura verde puede disminuir niveles de ruido, ya que la vegetación y el sustrato son absorbentes naturales de las ondas sonoras, lo que vuelve eficientes tanto a fachadas como cubiertas vegetadas, dándole mayor capacidad de absorción de ondas sonoras a las cubiertas sobre todo si son intensivas debido a las dimensiones del sustrato.

Una comparación entre una cubierta de materiales típicos, y una cubierta verde realizada por Rowe (2010) determinó que los sustratos utilizados en cubiertas verdes son (altamente) porosos y por lo tanto, permiten que las ondas sonoras interactúen con las partículas del sustrato, produciendo una atenuación del ruido que logra ingresar al interior. Un aumento en el espesor del sustrato de 15 a 20 cm mejora la reducción del ruido, ya que las frecuencias bajas tienen longitudes de onda grandes que no pueden penetrar las capas vegetales (Renterghem & Botteldooren, 2008 -2009). Un estudio realizado por Gabriel Pérez y Julia Coma (2016) en el que se analizó por separado fachadas verdes y paredes vivas, concluyó en términos cuantitativos, que una capa

delgada de vegetación (20- 30 cm) fue 7 de 18 capaz de proporcionar un aumento en el aislamiento acústico de 1 dB para el ruido del tráfico y un aislamiento entre 2 DB (pared viva) a 3 dB (fachada verde) para un ruido rosa.

Según los datos obtenidos por investigadores de la Universidad de las Américas en 2019, “Quito es una de las ciudades más ruidosas, no solo del país, sino también de la región”. Ya que según lo establecido por la Organización Mundial de la Salud los niveles máximos de contaminación sonora son 53 decibelios en el día

y 45 en la noche, sin embargo, gran parte de la ciudad alcanza los 80 decibelios (dB) durante el día.

Estos altos niveles de ruido podrían mitigarse con algunas de las estrategias planteadas en el plan de acción climática de Quito, donde las infraestructuras verdes (entre ellas los muros y techos verdes) se encuentran dentro de las tecnologías sostenibles a desarrollarse actualmente. Las cuales siendo extensivas tienen una fácil instalación y un costo menor tanto en instalación como mantenimiento.

Los resultados de esta investigación podrían dilucidar si los muros y techos verdes, según la cantidad de agua pluvial de la ciudad, podrían favorecer a la reducción de la huella hídrica, aumentar la capacidad de retención de agua de escorrentía y aprovechar estas mismas aguas para procesos de mantenimiento de las mismas edificaciones.

Paralelo esta investigación pretende documentar cuáles serían las condiciones ideales para hacer un uso eficiente de la vegetación como elementos de protección solar, que en forma de cortinas vegetadas pueden proteger los espacios interiores del asoleamiento incómodo y a su vez, aprovechar todas las ventajas que nos ofrecen la vegetación (Pérez Luque, 2010).

El estudio y medición del funcionamiento aislado y combinado de cubiertas y fachadas verdes puede generar un aporte significativo al conocimiento teórico y práctico de estas estrategias en nuestro contexto ya que la mayoría de los estudios reflejan el comportamiento de estos sistemas en regiones con características diferentes a Quito.

Para desarrollar esta investigación se propone aprovechar el sistema extensivo de muro y techo verde ya instalado y probado en los módulos ubicados en el campus Quito de la Universidad Indoamérica y crear herramientas de investigación complementarias a los modelos existentes para estudiar las nuevas hipótesis planteadas en este proyecto.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la reducción de escorrentía por retención del agua de lluvia de muros y techos verdes en el contexto climatológico de Quito.

Objetivos Específicos

- 1- Rediseñar el muro y techo verde existente en el campus de la universidad resultado del proyecto aprobado de investigación de 2022 para que funcione como una herramienta de investigación para la toma de datos y mediciones de temperatura, retención de agua, humedad, viento, difusión acústica y aislamiento térmico.
- 2- Evaluar la capacidad de retención y alteraciones en la calidad del agua de techos

y muros verdes.

3- Evaluar la disminución de ruido relacionado a la presencia de muros y techos verdes en el contexto urbano local.

Metodología

Inicialmente para la investigación se realizará el estado del arte de la relación de muros y techos verdes con el aprovechamiento de agua lluvia y reducción de ruido. Esta fase nos permitirá definir la composición y diseño de las herramientas de investigación complementarias a los prototipos ya existentes en la universidad.

La segunda fase de la metodología de la investigación se definirá a través de métodos inductivos y experimentales los cuales se detallan a continuación:

1- Recolección y medición de agua lluvia a través del sistema de muros y techos verdes. Los cuatro sistemas de techos verdes a escala piloto se diseñarán a medida (según los resultados del estado del arte de la etapa previa), con el mismo principio que los techos y muros con vegetación a escala real. Los cuatro ensamblajes se colocarán en una pendiente de 30 % para simular un diseño de techo común. En la parte inferior cada uno tendrá un desfogue para recolección de agua, la cual se recogerá en contenedores de plástico los que permitirán controlar volumen y frecuencia. Cada conjunto estará compuesto por tres componentes, siendo el superior una capa de sustrato. La segunda, una capa de filtro en forma de geotextil, que evita que las partículas pequeñas sean arrastradas desde la capa de sustrato hacia la capa de drenaje o fuera del sistema. La tercera capa, un sistema de drenaje de marcas comerciales que se pueda encontrar en el mercado local.

2- Análisis de la composición resultado del agua filtrada a través del sistema. Las muestras se recogerán de cada módulo utilizando un vaso de precipitados estéril de 2 L y se analizará inmediatamente para pH, conductividad y sólidos disueltos totales. Para el análisis de metales (Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb y Zn), las muestras primero se filtrarán a través de un filtro de membrana de 0,45 mm y luego se analizarán usando filtros en laboratorios especializados.

3-Estudio comparativo de la interacción de muros y cubiertas verdes como sistema de aislamiento acústico en edificaciones.

Se utilizarán los módulos actualmente instalados en la cubierta de la universidad, para comparar la eficiencia de las cubiertas y fachadas en el aislamiento acústico, comparándola con los datos que arroje el módulo comparativo, para lo cual se necesitarán 2 sonómetros, para esto se realizará una toma de datos constantes, a la vez que en el módulo vegetado se realizan cambios en la composición de la vegetación, para lo que se utilizarán 4 módulos tipo bandeja para colocarlos en la fachada desnuda del módulo vegetado, las cuales contendrán sustrato en tierra, además de vegetación nativa factible de cambio, en el caso del módulo de comparación se utilizarán materiales aislantes, destinados al aislamiento acústico, como espuma acústica. Estos cambios se realizarán tomando en cuenta que la vegetación ha sido tradicionalmente usada como aislante acústico, con marcadas variaciones de aislamiento dependiendo del grosor del sustrato, así como del tipo de vegetación según su variedad y cantidad, sabiendo que el sustrato retiene las ondas sonoras mientras la vegetación es el mayor difusor, por lo que el diseño influirá de forma directa en el estudio.

C. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

Alcance

LOCAL

Impacto

Impacto social

Reducción de inundaciones: Al filtrar y retener el agua de lluvia, los muros y techos verdes pueden reducir el riesgo de inundaciones en las áreas urbanas. Esto puede ser especialmente importante en zonas propensas a inundaciones o en las que las redes de drenaje están saturadas.

Reducción del consumo de agua potable: La reutilización de agua de lluvia puede reducir la demanda de agua potable en áreas urbanas, lo que puede ayudar a conservar los recursos hídricos.

Impacto científico

El desarrollo y la implementación de sistemas de recolección y tratamiento de agua de lluvia a través de muros y techos verdes ha llevado a la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas relacionadas con la gestión de recursos hídricos. Esto ha llevado a la aparición de nuevos campos de investigación, como la hidrología urbana y la gestión integrada de recursos hídricos.

La implementación de sistemas de recolección y tratamiento de agua de lluvia a través de muros y techos verdes puede generar datos científicos útiles sobre la cantidad y calidad del agua de lluvia, así como sobre los efectos de estos sistemas en la gestión de recursos hídricos y la reducción de la huella de carbono.

Impacto económico

Reducción de costos de agua: La utilización de agua de lluvia tratada para usos no potables, como el riego de jardines, la limpieza de vehículos o la descarga de inodoros, puede reducir significativamente la factura del agua de los hogares y edificios. Además, el costo de tratar el agua de lluvia es a menudo menor que el costo de tratar aguas grises.

Reducción de costos de mantenimiento: Los techos y muros verdes pueden requerir menos mantenimiento que los sistemas convencionales de techos y paredes. Además, el agua de lluvia recolectada puede utilizarse para regar los jardines verticales, reduciendo así los costos de riego y manteniendo los jardines en mejores condiciones.

Impacto político

Cumplimiento de objetivos nacionales e internacionales: Ecuador ha establecido varios objetivos nacionales e internacionales relacionados con la gestión de recursos hídricos y el cambio climático, incluyendo el Plan Nacional del Agua y el Acuerdo de París sobre el cambio climático. La implementación de sistemas de recolección y tratamiento de agua de lluvia a través de muros y techos verdes puede contribuir al cumplimiento de estos objetivos y mejorar la posición del país en la comunidad internacional.

Fomento de la innovación y la tecnología verde: La implementación de sistemas de recolección y tratamiento de agua de lluvia a través de muros y techos verdes puede fomentar la innovación y el desarrollo de tecnologías verdes en Ecuador, lo que puede generar nuevas oportunidades de negocio y empleo en el sector.

Descripción actividad I+D

Tentativo desarrollo de materiales y tecnologías para la construcción de techos y muros verdes que permitan la filtración, recolección y tratamiento del agua de lluvia. Esto incluye la evaluación de diferentes tipos de sustratos, plantas y sistemas de drenaje para maximizar la eficiencia de la recolección y el tratamiento del agua de lluvia.

Vinculación con la comunidad

Los resultados del proyecto permitirán mejorar los vínculos entre el sector de la construcción y planificación local con la academia al conocer si existen beneficios más allá del ornato que hoy en día representa un muro y techo verde en la ciudad de Quito. Este impacto se llevará a cabo al divulgar y socializar los resultados de este estudio con los sectores de la construcción, diseño arquitectónico e inmobiliario.

Una vez que la investigación culmine las principales herramientas de investigación (muro y techo verde) se deberían mantener en alguna parte visible del campus de la universidad con el objetivo de difundir y acercar a la comunidad universitaria, sobre todo a alumnos de arquitectura, a este tipo de elementos sostenibles y regenerativos.

Consideraciones Éticas

No aplica al proyecto de investigación.

Plan de publicaciones

Nombre Publicación	Revista	Tipo Publicación	Cuartil / Decil
Eficiencia de la retención de agua lluvia en muros y techos verdes de edificaciones en climatología continental lluviosa.	Lecture Notes in Civil Engineering	ARTICULO DE CONFERENCIA	Q4
Análisis de la reducción de ruido en fachadas anexa a muros y techos verdes intensivos en la ciudad de Quito.	Metu Journal of the Faculty of Architecture	ARTICULO DE CONFERENCIA	Q3

Cronograma de actividades

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin
Construcción de la herramienta de investigación	20/04/2023	20/07/2023
Análisis y tabulación de datos	01/08/2023	31/10/2023

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin
Toma de datos de la investigación – Periodo Seco/Verano	01/08/2023	30/09/2023
Envío a revistas y congresos.	01/09/2023	31/12/2023
Redacción de artículos	01/09/2023	31/10/2023
Análisis y tabulación de datos	01/12/2023	31/12/2023
Toma de datos de la investigación – Periodo Lluvioso/Invierno	01/12/2023	30/12/2023
Ponencias y presentaciones de resultados en eventos internos y externos	01/01/2024	30/03/2024

Literatura citada

Berndtsson, J. C. 2010 Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: a review. Ecological Engineering 36 (4), 351–360.

Bass, B. (2007). Green Roofs and Green Walls: Potential Energy Savings in the Winter.

Li, Y., Li, Z., Li, X., Li, L., Liu, S., & Feng, J. (2020). Green walls for traffic noise reduction in urban environments: A review. Science of the Total Environment, 709, 136222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136222>

Lee, M., Jeon, Y., Kim, D., & Kim, J. (2021). Evaluation of rainwater retention performance of a green roof in a subtropical city. Journal of Environmental Management, 288, 112458. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112458>

Wang, Y., Wei, X., Wu, Y., Ma, Q., & Lu, S. (2019). Experimental study on water retention and noise reduction of different substrates in extensive green roofs. Journal of Environmental Management, 248, 109308. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109308>

Cameron Ross W.F., Taylor Jane, Emmett Martin,(2015). A Hedera green façade – Energy performance and saving under different maritime-temperate, winter weather conditions, Building and Environment, Volume 92, Pages 111-121, doi: <https://doi.org/10.1016/j.buenv.2015.05.011>

1016/j.buildenv.2015.04.011.

C Rey, N Franco, G Peyre , J Rodrí, Green Roof Design with Engineered Extensive Substrates and Native Species to Evaluate Stormwater Runoff and Plant Establishment in a Neotropical Mountain Climate, Environmental Engineering Research Centre (CIIA), Department of Civil and Environmental Engineering

City Of Toronto, C. P (2017). <http://www1.toronto.ca/wps/portal/contentonly?vgnextoid=3a7a036318061410VgnVCM10000071d60f89RCRD#findings>. Obtenido de <http://www1.toronto.ca>.

Europea Comisión. (2014). <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf>. Recuperado el 2017, de <http://ec.europa.eu>.

Erica Oberndorfer, J. L. (01 de November de 2017). Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. BioScience. doi:<https://doi.org/10.1641/B571005>

Guevara Luna, Fredy & Guevara-Luna, Marco & Rojas, Nestor. (2018). Spatial- temporal Assessment and Mapping of the Air Quality and Noise Pollution in a Sub- area Local Environment inside the Center of a Latin American Megacity. Asian Journal of Atmospheric Environment. 12. 232-243. 10.5572/ajae.2018.12.3.232.

Oviedo Escobar, N. (2012). Estudio de la atenuación de la escorrentía en techos verdes en altos de Cazucá, Soacha. Obtenido de Universidad Javeriana: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11144>

Pérez Luque, G. (2010). Fachadas vegetadas. Estudio de su potencial como sistema pasivo de ahorro de energía, en clima mediterráneo continental. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

Rey, C., Franco, N., Peyre, G., & Rodríguez, J. (13 de Agosto de 2020). Green Roof Design with Engineered Extensive Substrates and Native Species to Evaluate Stormwater Runoff and Plant Establishment in a Neotropical Mountain Climate. Obtenido de MDPI: <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>

Reyes Coca, S. (2001). Introducción a la Meteorología. México: Universidad Autónoma de Baja California.

Secretaría de Ambiente, D. o. (2016). CALIDAD DEL AIRE EN QUITO 2015. Quito: Secretaria de ambiente.

Secretaria municipal do verde y medio ambiente. (2017). http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/. Obtenido de <http://www.prefeitura.sp.gov.br>.

Serdiña Nadal, I., & Pérez Muñuzuri, V. (2006). Fundamentos de la Meteorología. Santiago de Compostela: Servizo De Publicacions E Intercambio Cientifico Da USC.

Sudhakar, G., Vijayakumar y Venkatarathnamma, V. (2017). Application of Green Walls in Sustainable Urban is the Remedy to the Global Problems. International Journal of Engineering and Techniques, 3. 55-61.

Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 57, 740-752. doi:10.1016/j.rser.2015.12.119

Vijayaraghavan, K., & Joshi, U. M. (2014). Can green roof act as a sink for contaminants? A methodological study to evaluate runoff quality from green roofs. Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987), 194, 121-129. doi:10.1016/j.envpol.2014.07.021

Widiastuti, Ratih & Zaini, Juliana & Wibowo, Mochamad & Caesarendra, Wahyu. (2020). Indoor Thermal Performance Analysis of Vegetated Wall based on CFD Simulation. CFD Letters. 12. 82-90. 10.37934/cfdl.12.5.8290.

Zambrano Barragan Carolina, D. E. (2012). Plan de Accion Climatica de Quito 2012-2016. Quito: Secretaría de Ambiente - Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

D. PRESUPUESTO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presupuesto valorado

Descripción	Docente	N° Horas	Valor Hora	Monto Total
COORDINADOR DEL PROYECTO	VILLACIS ORMAZA RAUL MARCELO	480	9.38	4500.0
INVESTIGADOR AUXILIAR	MOYA VICUÑA SUSANA ADRIANA	288	9.38	2700.0
			Total:	7200.0

Presupuesto solicitado

Tipo	Descripción	Monto Institucional	Monto Externo	Monto Total
H. SERVICIOS PROFESIONALES	SERVICIOS PROFESIONALES DE ING. AGRÓNOMO PARA DISEÑO Y MONTAJE DE PROTOTIPOS VEGETADOS.	425.0	0.0	425.0
H. SERVICIOS PROFESIONALES	CONSTRUCCIÓN DE 3 PROTOTIPOS VEGETADOS PARA EVALUACIÓN DE	775.0	0.0	775.0
			Total:	1200.0

Tipo	Descripción	Monto Institucional	Monto Externo	Monto Total
	ESCORRENTÍA CON SISTEMAS DE FILTRACIÓN O DREN DE AGUA LLUVIA. CAPA DE VEGETACIÓN Y SUSTRATO PARA LOS 3 PROTOTIPOS VEGETADOS SOLUCIONES CALIBRADORAS DE PH BATERÍAS PARA EQUIPOS ALKALINAS PRUEBAS DE AGUA A ENVIARSE A LABORATORIO			
EQUIPOS	OUTDOOR AIR QUALITY MONITOR(PURPLE AIR O TEMTOP LKC) THERMO-ANEMOMETER SONÓMETRO EXTECH HFP01SC HEAT FLUX SENSOR O TERMÓMETRO DE SUPERFICIES	1000.0	0.0	1000.0
TRADUCCIONES Y EDICIONES	TRADUCCIÓN Y DEMÁS GASTOS DE PUBLICACIÓN SCOPUS	800.0	0.0	800.0
			Total:	1800.0

Presupuesto del proyecto

Presupuesto del Proyecto	
Monto	3000.0
Monto externo:	0.0
Monto	7200.0
Monto	3000.0
Monto total:	10200.0

AMBATO
 Dirección: Bolívar 20-35 y Guayaquil
 Telfs : (03) 2421 452 / 2421 713 / 2421 985

QUITO
 Dirección: Machala y Sabanilla
 Telfs: (02) 3998 200 / 3998 201 / 3998

E. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD Y AVAL

Monto total:				
	Nombre	Cargo	Firma	Fecha
Elaborado por:	VILLACIS ORMAZA RAUL MARCELO	Docente Investigador		5/17/23 2:18 PM
Revisado por:	MOYA VICUÑA SUSANA ADRIANA	Gestor de Investigación		5/17/23 2:18 PM
Aprobado por:	SORIA PAZMIÑO LUIS ENRIQUE	Decano Coordinación		5/17/23 2:18 PM