



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL

“TECHOS VERDES Y SUS BENEFICIOS”

Trabajo de Investigación para optar el
grado de: BACHILLER EN INGENIERÍA
AMBIENTAL

Presentado por:

Josue Jarif Cristobal Andia
(0000-0002-1368-3555)

Asesor:

Mg. Paola Astete Ochoa
(0000-0002-3955-7274)

Lima – Perú

2019

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°262-2020-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 26 de noviembre de 2020

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **TECHOS VERDES Y SUS BENEFICIOS**, presentado por:

- **Josue Cristobal Andia**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **TECHOS VERDES Y SUS BENEFICIOS** con N° de registro de la carrera: **0102-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Paola Astete Ochoa** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

I. RESUMEN

Los techos verdes son una tecnología que ha estado presente desde la época de los vikingos y se ha hecho presente a lo largo del tiempo hasta la actualidad. Las funciones y beneficios que brindaban los techos verdes en las épocas antiguas son parecidas a las funciones y beneficios que brindan en la actualidad. Aunque los diseños han ido variando, dependiendo del uso que se le quiere dar y el tipo de estructura que se tiene construida, los beneficios que brindan siguen siendo casi siempre los mismos, pero varían en el nivel de magnitud que lo realizan. Los beneficios van desde Aislamiento térmico, aislamiento del ruido, manejo del agua de lluvia, aumento en la calidad de aire, huertos familiares, entre otros. Este paper es una recopilación de información sobre los techos verdes y los beneficios que brindan, dando unos ejemplos puntuales de datos que se han obtenido al ser implementados para el mejoramiento de la calidad de vida.

Palabras clave: Techos verdes, Aislamiento térmico, Manejo agua lluvia, Membrana impermeable, Sustrato, Vida útil, Isla de calor y Calentamiento global

ABSTRACT

Green roofs are a technology that has been present since the Viking era and has been present over time to the present. The functions and benefits offered by green roofs in ancient times are similar to the functions and benefits they provide today. Although the designs have varied, depending on the use that is wanted and the type of structure that has been built, the benefits they provide remain almost always the same, but vary in the level of magnitude that they perform. The benefits range from thermal insulation, noise isolation, rainwater management, increased air quality, family gardens, among others. This paper is a compilation of information about green roofs and the benefits they provide, giving specific examples of data that have been obtained when implemented for the improvement of the quality of life.

Keywords: Green roofs, Thermal isolation, Rain water management, Waterproof membrane, Substratum, Useful life, Heat island and Global warming

II. REVISIÓN TEÓRICA

Los techos verdes se pueden definir como la parte de la construcción que va en el techo y que esta en parte o completamente cubierta por vegetación viva, la cual es colocada en la estructura para beneficiarla de manera directa o indirecta (The Renewable energy Hub, 2018).

Los techos verdes datan desde hace años, eran usados por los antiguos nórdicos en Escandinavia en los “Grandes salones” para regular la temperatura y que sean edificios protegidos del frío de las épocas de invierno, debido a que estos ayudan a retener el calor (Magill, Midden, Groninger, & Therrell, 2011). Pero el mayor ejemplo que se tiene de techos verdes del mundo antiguo es de Los jardines de Babilonia alrededor de los 500 a.c, los cuales fueron diseñados para fines estéticos como objetivo primordial, pero se implementaron de tan buena manera sobre los pilares de piedra y sobre los techos, con capaz de caña y arcilla que se pudo conseguir una superficie impermeable que no dañaba la estructura, en estos se colocaban árboles frutales que además traían bienestar a los habitantes (Kaluvakolanu, 2006).

Los techos verdes están compuestos por capas, que como cualquier techo tienen que acomodarse al drenaje y protección de la estructura de dicha construcción de los elementos de la naturaleza con una membrana impermeable, pero además el techo verde deberá tener un área de crecimiento que tiene que mantenerse lo más ligero posible (Dowdey, 2017).

Según la guía para techos verdes de Bogotá los sistemas de techos bióticos están compuestos por 3 tipos de componentes, esto ya independiente de qué tipo de tecnología se vaya a utilizar, los componentes son:

- Componentes activos: Son aquellos que van a sufrir cambios fisicoquímicos continuos para que se lleguen a cumplir las funciones en la vida útil del techo verde, estos componentes son los elementos biológicos y los que van a ayudar a mantener o soportar la vida en el sistema (Nieto & Castañeda, 2011)
- Componentes estables: Los componentes estables se pueden definir como los factores inertes del techo verde, los cuales están encargados de mantener la estabilidad física y química para que el techo verde sea capaz de llevar a cabo sus funciones durante toda su vida útil. Dentro de los componentes estables están las capas de los techos verdes, la durabilidad de estos componentes dependerá de su capacidad de resistir a los factores ambientales y otras condiciones (Nieto & Castañeda, 2011)
- Elementos auxiliares: Se pueden definir como los elementos inertes estables, los cuales cumplirán funciones específicas para que se pueda adaptar correctamente una sección de techo verde a la estructura, estos factores pueden ser: confinamiento, separación, tránsito, riego, etc. (Nieto & Castañeda, 2011)

Capas de los techos verdes

Los techos verdes están compuestos por varias capas en las que a la vez se pueden encontrar diferentes materiales dependiendo de su función, estas capas desempeñan diferentes funciones, las cuales brindaran cuidado a la estructura y a la vegetación que se piensa instalar, las capas son:

- **Capa Impermeable:** La impermeabilización de la estructura es fundamental para que la azotea viva tenga éxito, sobre la estructura de la construcción se colocara la capa impermeable, cuya función consiste en que se evitar el filtrado de agua proveniente de precipitaciones o riego para que luego sea llevada a los conductos de drenaje de la construcción (Morales, 2015)
- **Capa anti-raíz:** Brinda la función de protección, evita que se dañe la capa impermeable, ya sea por la perforación de las raíces como también de otros factores.
- **Capa drenante:** Esta capa brinda la función de ventilar, drenar, retener agua y principalmente la de proteger la impermeabilización, mediante la evitación de estancamientos de agua excesivos en la capa de sustrato lo cual causaría daños en la vegetación (Batlle Avilés & Rivada Vázquez, 2016)
- **Capa filtrante:** La función de esta capa es la de evitar el paso de las partículas finas que se encuentran en el sustrato hacia la capa drenante, esto también evita la perdida de las propiedades benéficas del sustrato hacia la vegetación que se tiene en el sistema (Contreras & Castillo, 2015)

- Capa de sustrato: Es la capa de suelo donde se pondrá la vegetación, esta capa es una de las más importantes porque el suelo que se debe utilizar en el sistema debe ser mucho más liviano que las mezclas comunes de los suelos debido a que es la capa que trae más peso al sistema, por ello una combinación ideal sería un aproximado de 75% de mineral y un 20% de materia orgánica o un 80% de mineral y 20% de materia orgánica (Luckett, 2009), esta capa debe emular las características de un suelo común natural para satisfacer las necesidades de la vegetación pero aparte de ser más liviana deberá tener también una capacidad de drenaje adicional que pueda garantizar el flujo y se pueda realizar una disposición efectiva del agua de lluvia, entre otros factores como resistencia a la putrefacción, compactación y dificultar el crecimiento de vegetación no deseada comúnmente conocidas como malas hierbas (Machena, 2012)
- Capa de Vegetación: Última capa del sistema, de esta capa se da el nombre de techo verde, las especies que pueden estar en estos sistemas deberán estar habituadas a tolerar suelos ligeramente ácidos, con pocos nutrientes, tolerar los fuertes vientos que se pueden generar, el asoleamiento intenso, entre otros, las especies de plantas pueden variar desde musgos, hierbas, plantas florales, diferentes tipos de grass común, arbustos y árboles dependiendo del tipo de techo verde (Groundwork Sheffield and Environment Agency, 2011)

Clasificación de los techos verdes

Los techos verdes se pueden clasificar de distintas maneras, una de las principales es por el grosor de la capa de sustrato debido a que es uno de los factores que mas afecta el desarrollo del sistema, los tipos de clasificación son:

- ***Techos verdes según el espesor de su capa de sustrato***
 - Techos verdes extensivos: Se caracterizan por ser sistemas con una capa de sustrato ligera, con un grosor de unos 10 a 15 cm, debido a la ligereza de la capa de sustrato que representa la capa que provee mas peso, el sistema se vuelve mas ligero; entre las plantas más comunes que se ponen en este tipo de techos están los grasses comunes, suculentas, flores y otras que no tengan tantos requerimientos nutricionales y soporten los vientos (Woods-Ballard et al., 2007)
 - Techos verdes intensivos: Son un tipo de sistema que es característico por tener una capa de sustrato mas gruesa que es capaz de habitar a una mayor cantidad de especies vegetales, el grosor mínimo para que sea caracterizada como un sistema intensivo es de 30 cm y puede llegar a los 100 cm, traen consigo una mayor cantidad de beneficios debido a la variedad de plantas que se pueden agregar pero traen c también una mayor carga a la edificación debido al mayor peso de la capa de sustrato y al peso que este aumentara al momento de la retención de agua (Groundwork Sheffield and Environment Agency, 2011)

- ***Techos verdes según su propósito***

- Techos verdes biodiversos: este tipo de te techo verde se caracteriza por tener la capa de vegetación diversa, principalmente con especies propias de la región donde se encuentre, el fin es reconstruir un paisaje que sea característico del lugar donde se encuentre (Groundwork Sheffield and Environment Agency, 2011).
- Techos verdes ajardinados o transitables: Se caracterizan por ser un tipo de techo verde cuyo propósito es la recreación o para la apreciación de la estructura, por lo que usualmente se utilizan especies vegetales ornamentales sin tener restricciones de tamaño (Nieto & Castañeda, 2011)
- Techos verde tipo huerta: Como lo dice su nombre la finalidad de este tipo de sistema es la producción agrícola, se podría clasificar como un sistema con sustrato intensivo porque las plantas tienen requerimientos nutricionales altos, en este tipo de sistema se deben designar espacios para la siembra y para la circulación, adicionalmente se debe agregar un sistema de riego que pueda aprovechar también el agua proveniente de las precipitaciones (Contreras & Castillo, 2015)
- Techos verdes autorregulados: se caracterizan por ser un tipo de techo verde con los requerimientos mínimos de cuidado para que se mantenga la capa de vegetación, la finalidad es que el sistema tenga vitalidad sin riego ni mantenimiento constante (Nieto & Castañeda, 2011)

- ***Techos verdes según la tecnología empleada en el momento de su construcción***

Según Nieto & Castañeda de la secretaria del ambiente de Bogotá 2011, los techos verdes que se clasifican de esta manera pueden ser:

- Multicapa monolítica: Considerada la tecnología más común, ya que solo consiste en la colocación de la capa impermeable primero y luego el resto de las capas continuamente
- Multicapa elevada: Consiste en apoyar el sistema de techo verde encima de unos bloques o pedestales lo cual la va a separar de la superficie de la edificación
- Receptáculo: Consiste solo de la capa impermeable y luego la colocación de recipientes o macetas con las capas diferentes a parte de la capa de sustrato y las especies vegetales
- Monocapa: se refiere a la compra de tapetes de plantas que son colocados en una sola capa, se debe colocar la capa impermeable primero
- Aeropónicos: Sistema caracterizado por no poseer medio para crecimiento, el riego se hace de manera directa a las raíces de las plantas, para lo cual las especies son instaladas de manera especial en redes o mallas de soporte y se tiene un sistema de riego implementado para este tipo.

Beneficios de los techos verdes

Los sistemas de techos verdes significan un activo importante para el aumento del espacio que no se usa en una ciudad, aumentando así el número de áreas verdes que se tienen las cuales son de gran importancia según la OMS. Los beneficios de los techos verdes son varios pero podríamos clasificarlos en beneficios para la edificación y sus propietarios y beneficios para el ambiente (Contreras & Castillo, 2015)

Beneficios ambientales

- Reducción del efecto “isla de calor”: Se conoce como efecto de isla de calor al exceso de calor de los edificios debido al aumento de la temperatura, habiendo una gran diferencia de temperaturas entre las ciudades y los campos (Afrin, 2009); este fenómeno ha ido en crecimiento a la vez que aumentaba el calentamiento global en los climas de los sistemas urbanos de las ciudades según los pocos estudios que se tienen (Alcoforado & Andrade, 2008). Se puede ver que los edificios que están en ciudades a comparación de campo presentan una temperatura del aire nocturna con unos 3-4° C más que las áreas rurales cercanas lo que si se suma a la temperatura natural de las ciudades se genera un problema latente (Paolini et al., 2017). Esto tiene efectos en las personas pudiendo ocasionar casos severos de estrés por el calor debido a que la temperatura dentro de las edificaciones es un 50% mayor que en el exterior, también se tienen conocimiento que las personas con depresión, enfermedades cardiovasculares y diabetes, deben de tener mucho cuidado en lugares donde la temperatura sea alta (Kownacki, Gao,

Kuklane, & Wierzbicka, 2019). Para este caso se tiene de una manera de solución la implementación de techos verdes, estos ayudan a disminuir la temperatura de las edificaciones, se puede observar que una edificación con un sistema de techos verdes se calienta mucho menos a comparación que uno tradicional y la diferencia puede llegar a unos 30-40 ° C (Dalinchuk, V.S., Vlasenko, D.A., Startsev, S.A; 2017). Por lo tanto, la implementación de techos verdes en varios lugares de las ciudades puede reducir el efecto isla de calor y por ende compensar al promedio de incremento anual de la temperatura como resultado del calentamiento global (Li & Babcock, 2014). Si se toma como ejemplo a Gran Bretaña y se implementan sistemas de techados verdes en un 10% de los techos que están en zonas urbanas, se podrían contrarrestar los efectos del cambio climático en estas zonas hasta el 2080 (Gill, Handley, Ennos, & Pauleit, 2007).

- Reducción del consumo de energía: En la última década ha habido un aumento de consumo de energía por lo que hay necesidad de un diseño racional enfocado al tema de sostenibilidad (Ghaffarianhoseini et al., 2013). Los techos verdes también son conocidos como un sistema de ahorro de energía de forma pasiva, sobre todo en el enfriamiento de un edificio mediante aire acondicionado o calefacción (Akbari, 2003); Se puede ver que si se aplica la tecnología de los techos verdes, que son considerados de materiales fríos, como una estrategia de ahorro de energía, esta sería responsable de un 40% de ahorro (Efthymiou, Santamouris, Kolokotsa, & Koras, 2016). Los techos con tecnologías de enfriamiento contribuirían con un 50% de ahorro en los gastos para el enfriamiento de áticos o cuartos

superiores en los meses más calurosos, generándose un ahorro de 782 kWh a 398 kWh (Pisello, Piselli, & Cotana, 2015); Según un estudio se sabe que los sistemas de techos verdes pueden reducir la temperatura del aire de un cuarto en 0.7 K en verano, lo cual reduciría el costo (Sysoeva & Gelmanova, 2017); otro estudio similar resalta que el uso de capas verdes en los techos para las casas demuestran que la temperatura del aire dentro de la casa se reduce en 2 °C, lo cual resulta en una disminución de 6% en demanda de energía anual (Jaffal, Ouldboukhitine, & Belarbi, 2012). Aunque se tengan datos de gran ahorro se debe entender que el factor humano y el control de sistemas son componentes importantes en cuanto se refiere al uso y ahorro de energía en las construcciones (Shen, Hu, & Patel, 2014).

- Captura de carbono: En los últimos años se ha estado presenciando un aumento de la temperatura, lo cual en si no es un problema ya que este proceso se da de manera natural en la historia de la vida de la tierra, el problema está en la rapidez en la que se esta dando este aumento (Diffenbaugh & Field, 2013). El mismo concepto de los techos verdes que implica el crecimiento de plantas en las partes superiores de las edificaciones que en un inicio reemplazaron a la vegetación que habitaba naturalmente ahí cuando se construyeron estas, por lo tanto aportando al secuestro de carbono, significa el tratar de devolver el porcentaje de almacenamiento y captación de carbono que se despojó (Rowe, 2016). Según uno de los varios estudios realizado por Getter en el periodo de un año, se analizaron 12 sistemas de biomasa de techos verdes que comprendían especies de Sedum, con una capa de sustrato de 2.75 a 12.7 cm de grosor y tuvieron un tiempo

de crecimiento de 1 a 6 años, el resultado de la concentración de la captación de carbono de los 12 sistemas vario de 73 a 276 g C/m³, lo cual se puede deber al tiempo que se dio para el crecimiento de las plantas (Getter, Rowe, & Robertson, 2009). Pero en otro estudio con un sistema de techos verdes intensivo con la presencia de especies leñosas se obtuvieron mejores resultados (Whittinghill, Rowe, Schutzki, & Cregg, 2014); esto se debe principalmente a que las partes leñosas almacenan una mayor concentración de carbono, un aproximado de 4.17-16.7% más (Fang, Xue, & Tang, 2007). En conclusión se puede ver que los techos verdes reducen la concentración de carbono en la atmosfera, absorbiendo el Co₂ en el día y funcionando como sumidero, también se pudo ver que el grosor de la capa de sustrato tiene gran impacto en la cantidad de concentración de carbono que los sistemas de techos verdes pueden captar (Chen, Lu, Yuan, Xu, & Yang, 2015). No solo beneficiaría al ambiente sino que también en la salud de las personas ya que la vegetación al purificar el aire de la atmosfera urbana, causaría un efecto positivo en la salud de la población (Pettit, Irga, & Torpy, 2018).

- Manejo y retención agua de lluvia: Con el aumento de construcciones en áreas urbanas y reducción de áreas donde puede llegar a terminar el agua de tormentas, se puso a los techos verdes como manera de solución, debido tambien al incremento de lluvias debido al cambio climatico (Andrew, 2015). El agua de las tormentas y lluvias son considerados una amenaza a la infraestructura los edificios, por lo que el manejo de esta es necesario para prevenir daños a la infraestructura (Jusić, Hadžić, & Milišić, 2020).

III. CONCLUSIONES

Los estudios que se tienen sobre los techos verdes como tecnología para contrarrestar varios problemas de las partes urbanas de países deberían ser mas que suficientes para que estos sistemas sean implementados en mas de las infraestructuras de las que se encuentran. Se pudo ver que los techos verdes o bióticos vienen desde épocas antiguas porque siempre han traído beneficios a los habitantes y la estructura

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afrin, S. (2009). *Green Skyscraper: Integration of Plants into Skyscrapers KTH Architecture and the Built Environment*. Retrieved from www.infra.kth.se/sb/sp
- Akbari, H. (2003). Measured energy savings from the application of reflective roofs in two small non-residential buildings. *Energy*. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00032-X](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00032-X)
- Alcoforado, M., & Andrade, H. (2008). Global warming and the urban heat island. *Urban Ecology*.
- Andrew, W. . (2015). *Stormwater Management Performance of Green Roofs*. The University of Western Ontario.
- Batlle Avilés, M., & Rivada Vázquez, M. (2016). Visión de las cubiertas naturadas desde un marco referencial. *Revista Arquitectura e Ingeniería*, 10(2), 4.
- Chen, A., Lu, J., Yuan, J., Xu, Y., & Yang, Z. (2015). Carbon sequestration potential of extensive green roofs. *Zhongshan Daxue Xuebao/Acta Scientiarum Natralium Universitatis Sunyatseni*, 54(1), 89–95.
<https://doi.org/10.1347/j.cnki.acta.snus.2015.01.018>
- Contreras, E., & Castillo, I. (2015). Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes. *Ayuntamiento de Barcelona*.
- Diffenbaugh, N. S., & Field, C. B. (2013). Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions. *Science*, 341(6145), 486–492.
<https://doi.org/10.1126/science.1237123>

- Dowdey, S. (2017). What is a Green Roof? | HowStuffWorks. Retrieved December 3, 2019, from <https://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/green-rooftop.htm>
- Efthymiou, C., Santamouris, M., Kolokotsa, D., & Koras, A. (2016). Development and testing of photovoltaic pavement for heat island mitigation. *Solar Energy*, *130*, 148–160. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.01.054>
- Fang, S., Xue, J., & Tang, L. (2007). Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns. *Journal of Environmental Management*, *85*(3), 672–679. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.09.014>
- Getter, K. L., Rowe, D. B., & Robertson, G. P. (2009). Carbon sequestration potential of extensive green roofs. *Environmental Science & Technology* *43*, 7564–7570. <https://doi.org/10.1021/es901539x>
- Ghaffarianhoseini, A., Dahlan, N. D., Berardi, U., Ghaffarianhoseini, A., Makaremi, N., & Ghaffarianhoseini, M. (2013). Sustainable energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *25*, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.010>
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environment*, *33*(1), 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
- Groundwork Sheffield and Environment Agency. (2011). The GRO Green Roof Code. *Building*.

- Jaffal, I., Ouldboukhitine, S. E., & Belarbi, R. (2012). A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. *Renewable Energy*, *43*, 157–164.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.12.004>
- Jusić, S., Hadžić, E., & Milišić, H. (2020). Urban Stormwater Management – New Technologies. In *New Technologies, Development and Application II*. (pp. 790–797).
- Kaluvakolanu, P. (2006). *Greenroof Technology*. Retrieved from
https://www.ltu.edu/water/greenroofs_history.asp
- Kownacki, K. L., Gao, C., Kuklane, K., & Wierzbicka, A. (2019). Heat stress in indoor environments of scandinavian urban areas: A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(4), 1–18.
<https://doi.org/10.3390/ijerph16040560>
- Li, Y., & Babcock, R. W. (2014). Green roofs against pollution and climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *34*(4), 695–705.
<https://doi.org/10.1007/s13593-014-0230-9>
- Luckett, K. (2009). *Green roof construction and maintenance*. Retrieved from
<https://casagreb.files.wordpress.com/2013/02/green-roof.pdf>
- Machena, D. (2012). *Techos verdes como sistemas urbanos de drenaje sostenible*.
 Pontificia universidad Javeriana.
- Magill, J. D., Midden, K., Groninger, J., & Therrell, M. (2011). A History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research. *Department of Plant, Soil, and Agricultural Systems in the Graduate School, Master of*, 62.
 Retrieved from

http://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1132&context=gs_rp&sei-redir=1&referer=http://www.google.com.my/url?sa=t&rct=j&q=A+HISTORY+AND+DEFINITION+OF+GREEN+ROOF+TECHNOLOGY+WITH+RECOMMENDATIONS+FOR+FUTURE+RESEARCH&source=web&cd=1&ved=0CB4QFj

Nieto, J., & Castañeda, J. (2011). *Guía de techos verdes en Bogotá* (pp. 1–87). pp. 1–87.

Paolini, R., Zani, A., MeshkinKiya, M., Castaldo, V. L., Pisello, A. L., Antretter, F., ... Cotana, F. (2017). The hygrothermal performance of residential buildings at urban and rural sites: Sensible and latent energy loads and indoor environmental conditions. *Energy and Buildings*, *152*, 792–803. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.018>

Pettit, T., Irga, P. J., & Torpy, F. R. (2018). The in situ pilot-scale phytoremediation of airborne VOCs and particulate matter with an active green wall. *Air Quality, Atmosphere and Health*, *12*(1), 33–44. <https://doi.org/10.1007/s11869-018-0628-7>

Pisello, A. L., Piselli, C., & Cotana, F. (2015). Influence of human behavior on cool roof effect for summer cooling. *Building and Environment*, *88*, 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.09.025>

Rowe, B. (2016). Carbon Sequestration and Storage: The Case for Green Roofs in Urban Areas. *Sustainable Surface Water Management: A Handbook for SUDS*, 193–204. <https://doi.org/10.1002/9781118897690>

Shen, E., Hu, J., & Patel, M. (2014). Energy and visual comfort analysis of lighting and daylight control strategies. *Building and Environment*.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.04.028>

Sysoeva, E., & Gelmanova, M. (2017). *Theoretical Study of “Green Roof” Energy*

Efficiency. 186–198. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8_18

Whittinghill, L. J., Rowe, D. B., Schutzki, R., & Cregg, B. M. (2014). Quantifying carbon

sequestration of various green roof and ornamental landscape systems. *Landscape*

and Urban Planning, *123*, 41–48.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.015>

Woods-Ballard, B., Kellagher, R., Woods Ballard, B., Construction Industry Research and

Information Association, Great Britain, Department of Trade and Industry, &

Environment Agency. (2007). The SUDS manual. In *Ciria*, Retrieved from

<http://www.persona.uk.com/A47postwick/deposit-docs/DD-181.pdf>

Dalinchuk, V.S., Vlasenko, D.A., Startsev, S.A.: *Innov. Dev.* 4, 12–18(2017)

Morales, o. A. (2015). Diseño teórico del prototipo experimental de cubiertas naturadas

extensivas en áreas del cecat. Cujae, Habana, Cuba.