

# PROTOTIPO DE TECHO ECOLÓGICO A TRAVÉS DE HIDROPONÍA CON MATERIALES RECICLADOS DE PRODUCTOS PLÁSTICOS ELABORADOS CON TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET).

## PROTOTYPE OF ECOLOGICAL ROOF THROUGH HYDROPONICS WITH RECYCLED MATERIALS FROM PLASTIC PRODUCTS MADE OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET).

Hernán José Hernández Durán

Arquitecto

Investigador | Universidad de Oriente

hhernandez@univo.edu.sv

### Resumen

La investigación contempla un análisis sobre el impacto ambiental que sufre nuestro planeta por falta de un adecuado manejo de los desechos sólidos. En este caso nos referiremos a los productos elaborados con Tereftalato de Polietileno conocido como PET. Se trata de un plástico que por sí solo no es contaminante, pero por las grandes cantidades en que se produce causa un problema a mayor escala. Este material se utiliza, sobre todo, en botellas de agua, jugos y principalmente en las bebidas de soda, las que, si no reciben un tratamiento adecuado de reciclaje, afectan a nuestro planeta. En El Salvador, la industria de producción de este material se encuentra de manera activa, y no se logra reciclar el 100% de este producto. Solamente el 20% recibe tratamiento, mientras que el 80% restante es manejado inadecuadamente, siendo enterrado, quemado, botado en calles, quebradas, ríos, playas, etc., (Nuñez,2008) Es necesario que este material se utilice para otros fines. El

sector de la construcción utiliza una gran diversidad de materiales y, por su durabilidad, facilidad de manejo y fácil acceso, podría utilizar el PET, para diversos fines. En la presente investigación se utilizará para la elaboración de un prototipo de techo ecológico a través de hidroponía con materiales reciclados de productos plásticos PET.

**Palabras clave:** Techo ecológico, hidroponía, tereftalato de polietileno, PET.

### Abstract

This investigation contemplates an analysis of the environmental impact suffered by the planet due to the lack of adequate solid waste management, with special emphasis on products made from Polyethylene Terephthalate known as PET. A plastic that is not a contaminant by itself, but because of the large amounts of production and mishandling, it becomes a problem on a planetary scale. In El Salvador, the industry of

production of this material is active, and does not manage to recycle 100% of this product. Only 20% are treated, while the remaining 80% are handled improperly, with buried, burned, and dumped in streets, creeks, rivers and beaches, etc., (Nuñez,2008). The construction sector uses a wide variety of materials and, because of their durability, ease of handling and easy access, could use PET, for various purposes. In this work, a green roof prototype is developed through hydroponics with recycled materials from PET plastic products.

**Key words:** Green roof, hydroponics, polyethylene terephthalate, PET

## Introducción

Desde la Revolución Industrial muchos campos económicos lograron desarrollarse; entre ellos, la industria de la construcción. Esto trajo consigo una problemática medio ambiental que poco a poco ha ido creciendo hasta nuestros días. Uno de ellos es el calentamiento global, que ha comenzado con la tala indiscriminada de árboles, y ha continuado con la producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por los países industrializados. Los países más contaminantes son China y Estados Unidos. De igual manera, el problema de la sobre explotación de productos de material PET, que es un tipo de plástico utilizado mayormente en los envases de bebidas,

como botellas de agua y soda, entre otros.

Según (Nuñez, 2008) biólogo de la Unidad de Medio Ambiente de la Corte Suprema de Justicia de El Salvador, el país “posee la industria del plástico más dinámica de la región centroamericana” ; sin embargo, está creando serios problemas al ambiente. Un estudio presentado en enero de 2008 por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2008) cifró en 106 mil las toneladas de basura plástica que produjo El Salvador en 2005, un promedio de 290 mil kilos cada día. El plástico es, después de la basura orgánica, lo que más producen los salvadoreños.

El biólogo marino Barraza, explicó que en las playas de El Salvador identificó que, entre la arena, se encontraba presencia de residuos de plástico y de poliestireno, causando problemas a la biodiversidad costeras (Joma, 2016).

Este tema se ha venido tratando desde hace mucho en el país, pero sin resultados satisfactorios. En los últimos años, 1.193 toneladas de plástico se han reciclado gracias al Programa Nacional de Recuperación y Reciclaje de Plásticos. Sin embargo, esta cifra empalidece cuando se compara con la cantidad de desechos plásticos que se produce en el país: en el mismo período de tiempo se han generado más de 500 mil toneladas de desechos plásticos. Esto indica que se logró recuperar un 0.2% del total

producido (MARN, 2008).

En El Salvador hay una necesidad de viviendas dignas, estéticas y con un clima apropiado para sus habitantes. En la industria de la construcción hay una gran variedad de materiales que pueden cumplir con lo antedicho, pero no todos estos materiales van de la mano con el medio ambiente, ya sea por su fabricación como por su utilización.

Hay una necesidad de utilizar nuevos materiales que ayuden al medio ambiente con la disminución de la contaminación, y de buscar nuevos métodos de climatización y ornamentación en las casas de una forma ecológica y menos dañina, suplantando otros métodos, como el aire acondicionado, que liberan grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a la capa de Ozono, generando mayor calentamiento.

De igual manera, la producción auto sustentable de los habitantes de estas casas podría favorecer los cultivos utilizando el método de la hidroponía y cosecharía sus propios vegetales, lo que los ayudaría con un ingreso económico extra.

En base con lo antes descrito y en la sobre producción de plástico PET, proponemos la utilización de nuevos materiales de construcción, ecológicos y de buena calidad, ayudando al medio ambiente (Cardoso, 2016).

Con la reutilización de estos envases se

reduciría la cantidad de este producto, desechado en la basura sin ningún tratamiento, afectando ciudades, ríos y quebradas.

Un techo ecológico, ayudaría grandemente al medio ambiente y a la población en general, ya que climatizaría los hogares y el entorno general, disminuiría el CO<sub>2</sub> y presentaría una nueva imagen urbana (EcoHabitar, 2012).

*Los techos verdes en Europa se han usado durante siglos, pero la tendencia moderna comenzó cuando Alemania desarrolló los primeros en la década de 1960 y ahora se han difundido considerablemente en varios países. Se calcula que alrededor del 10% de los techos en Alemania son verdes (Duarte Ayala & Moreno Rubiano, 2014).*

*En Japón el gobierno de Tokio está implementando la construcción de techos verdes, para disminuir los efectos "isla de calor". En el año 2001 el gobierno incluyó como requisito que todos los edificios nuevos que sobrepasaran los 1000 m<sup>2</sup> de suelo debían instalar en las azoteas el 20% de techos verdes. La meta del gobierno era instalar 1200 ha de este sistema para el año 2011 y así poder reducir la temperatura del centro de la ciudad en 1% (Duarte Ayala & Moreno Rubiano, 2014).*

La utilización de techos verdes con materiales reciclados no es algo nuevo,

aunque en nuestro país aún no se ha implementado. La modalidad de utilización de botellas para los techos ecológicos se utilizó por primera vez en Soacha Cundinamarca, Colombia.

Su creadora es Carolina Forero, que realizó un estudio con familias de escasos recursos para apoyarlas económicamente, dándoles recursos para que se conviertan en productores de sus propios vegetales para consumo propio y para ventas. Esto con el fin de trabajo de tesis de grado para optar por el título de Ecóloga en la Facultad de Estudios Ambientales de la Pontificia Universidad Javeriana (Rivera, 2011).

## Materiales y Métodos

El tipo de investigación que se realizó fue de tipo tecnológica y aplicada.

La investigación tecnológica consiste en:

*La investigación fue de tipo tecnológico, que consiste en trabajos sistemáticos basados en conocimientos existentes, obtenidos mediante investigación y/o experiencias prácticas que se dirigen de nuevos materiales, producto o dispositivos; a establecer nuevos procesos (Cegarra Sánchez, 2004).*

La investigación aplicada:

*Guarda relación con la investigación teórica, pues depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos. Se trata de investigaciones encaminadas a la resolución de problemas, que se caracterizan por su interés en la aplicación y utilización de los conocimientos (Ander, 2011).*

Los materiales utilizados para el desarrollo del Prototipo de techo ecológico a través de hidroponía, en su mayoría fueron materiales reciclados de productos plásticos elaborados con PET, figuran los siguientes:

Tabla 1. Materiales utilizados en el prototipo de techo ecológico

Materiales	Cantidad	Materiales
Tubería de 1/2"	1	Pegamento PVC
Codo de ½"	3	Tierra Negra
Tapones de ½"	2	Bolsa de Semillas de rábano
Tee de ½"	1	Tubo polietileno 1/4
Botellas de PET de 2.5 lts.	21	Cubeta
Pegamento Epoxi Mil (parte A y B)	1	Polín C
Sierra cromado	1	Lámina de techo

Fuente: Elaboración propia

## Especificación de requisitos.

### »Descripción general.

El propósito de este prototipo, fue analizar y documentar el correcto funcionamiento del techo ecológico, para poder replicarlo en cualquier zona del país en el cual quisiera implementarse, con las diversas variaciones de las especies de las plantas que se desee utilizar según el tipo de clima específico del lugar.



### »Perspectiva del producto.

Con un techo ecológico a través de hidroponía con materiales reciclados de productos plásticos elaborados con PET, se obtendrán diversos beneficios. Los beneficiados serán el propietario de la vivienda, la sociedad en general y el medio ambiente.

### Funcionalidad del producto.

Beneficios para el propietario de la vivienda:

- El techo tendrá la función de aislante térmico, el cual climatizará interiormente y exteriormente la residencia.
- Puede utilizarlo para consumo propio o para la venta. En ambos casos, sería un ingreso económico extra.

### Beneficios para la sociedad:

- Se crearía una nueva imagen urbana, con la implementación de techos verdes.
- Se climatizaría la zona al ser implementado a gran escala.
- Si se utiliza en colonias enteras, se podría utilizar para el comercio, ayudando la economía de las ciudades, pueblos, etc.

Beneficios para el medio ambiente:

- Reducción del dióxido de carbono, ya que con la tala de los árboles y con el aumento de los vehículos automotores, la contaminación del aire ha aumentado drásticamente, en especial en las ciudades, por lo que los techos ecológicos ayudarían a la purificación del aire.

### Características de los usuarios que manipularán el techo ecológico.

Los usuarios que manipulen este sistema no necesariamente tendrán que tener conocimientos de agricultura avanzada, pero sí es importante realizar una capacitación orientada a las plantaciones que quiera utilizar en este techo, y de mantenimiento y cuidado que se dará al techo ecológico, viéndolo desde dos puntos de vista:

*Plantas ornamentales:* como cualquier otro jardín requiere de un cuidado a las plantas, recortándolas para evitar que crezcan de un tamaño no adecuado al que el usuario necesite.

*Plantas de cultivo de vegetales:* es necesario determinar cuánto tiempo tendrá que pasar para obtener los cultivos, cómo realizará la siembra, y qué tipo de vegetales son recomendados según la zona del país.

Importante en ambos casos es que se realice una inspección de la capacidad de carga del techo en el que se implementará este sistema de techos ecológicos, y en qué estado se encuentra el material del techo, para evitar roturas. De igual manera, es necesario evitar daños materiales y físicos de las personas que le den mantenimiento a estos techos.

### Restricciones.

A continuación, se mencionan algunas restricciones impuestas para implementación

de este sistema:

- Se tiene que realizar un análisis estructural, el cual tendrá la función de comprobar si soportará el techo ecológico y la persona que le dará mantenimiento.
- El mantenimiento que se realice tendrá que ser periódico, en especial si es para cultivo de vegetales.
- En épocas de sequías se tienen que mantener los niveles de agua adecuados para evitar que las plantas se marchiten.

Requisitos funcionales.

- Para un mejor funcionamiento, se recomienda la utilización de botellas de PET de 2.5 a 3 litros, para que las plantas tengan un espacio apropiado para sus raíces.
- La tierra que se utilice debe ser apropiada para el cultivo de plantas. En nuestro caso la tierra negra, o con mayor cantidad de materia orgánica.
- Las especies de las plantas deben ser las más indicadas al clima, ya que hay plantas de ambientes fríos, ambientes cálidos, de sol y de sombra.
- Tienen que ser plantas de raíz corta.

### Disponibilidad.

Implementando el prototipo al techo de una vivienda, éste estará disponible casi el 100% del año.

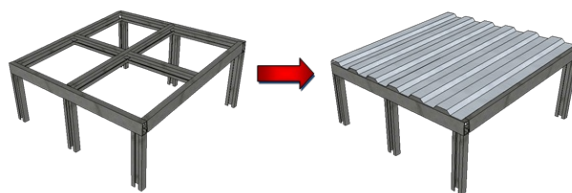
### Mantenibilidad.

Nuestro país cuenta con dos estaciones climáticas marcadas, invierno y verano. En el tiempo de verano necesitará un mayor

mantenimiento, ya que es necesario verificar qué la cubeta de almacenaje contenga el agua suficiente; y en el tiempo de invierno sería necesario asegurar bien el techo por la fuerza del viento, y si es el caso de cultivos, eliminar el exceso de agua de lluvia.

### Descripción conceptual.

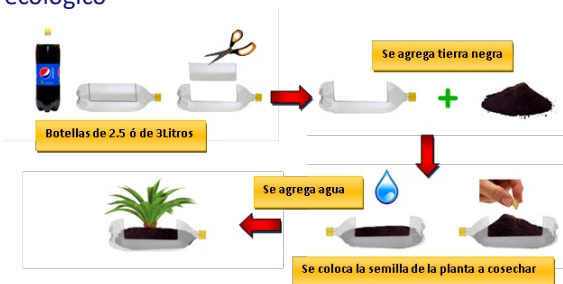
Figura 1. Base de polín C y lámina galvanizada para el prototipo de techo ecológico



Fuente: Elaboración propia

La medida de la base es de 1.5m x 1.5m, la altura de la parte posterior es de 1m y de la parte frontal 0.75m, está cubierta con una lámina galvanizada.

Figura 2. Descripción conceptual de la utilización de las botellas de PET en el prototipo de techo ecológico

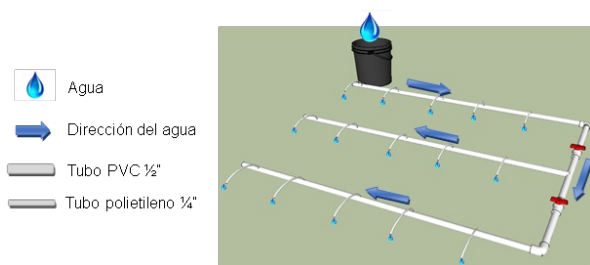


Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se muestra la utilización de botellas de PET. El primer paso sería marcar la botella y cortarla, teniendo cuidado de que lo que se corte sea apropiado para el correcto manejo de plantas. El segundo paso

sería agregar tierra negra. El tercero, colocar la semilla, en el caso de que se quiera cosechar, o trasplantar una planta si fuese el caso de plantas ornamentales, y agregar el agua. Para finalizar, darle mantenimiento a la planta.

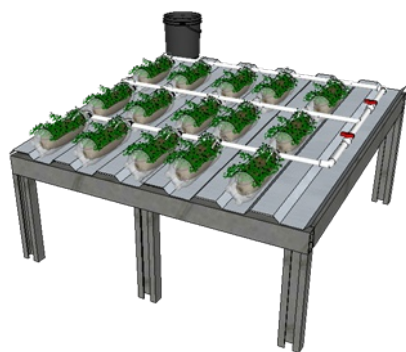
Figura 3. Descripción conceptual del sistema de riego por goteo del prototipo de techo ecológico



Fuente: Elaboración propia

El sistema de riego es por goteo, y es a base de presión natural, ya que éste lleva la pendiente que corresponde a cada techo. En el caso del prototipo es del 10%, pero, dependerá de la cubierta de techo en el cual se desea instalar.

Figura 4. Diseño final del Prototipo de techo ecológico a través de hidroponía con materiales reciclados de productos plásticos elaborados con PET



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Se tomó el peso de una botella vacía de 2.5 L, para calcular el peso promedio; cada botella pesó 44 g. Posteriormente, nuevamente se pesó la botella de PET para ver qué valores se obtenían, los cuales fueron los siguientes: con la tierra seca 879.4 g., y con la tierra húmeda 1,120 g. Estos pesos son por unidad, sin contar el tipo de planta que se sembrará.



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta estos pesos podremos calcular un aproximado de lo que soportará la estructura del techo. El prototipo tiene las medidas de 1.5 x 1.5m, equivalente a un área de 2.25 m<sup>2</sup>. Esta superficie puede albergar 21 botellas, y teniendo en cuenta que la tierra con un alto grado de humedad pesa 1,120g., tendrá un peso de 23,520 g., equivalentes a 51.9 libras aproximadamente, ya que no todas las botellas tendrán la misma cantidad de tierra y humedad. Es de tener en cuenta además el peso de una persona promedio adulta, que puede estar, si es hombre entre 150 y 170 lb., y si es mujer, entre 130 y 150 lb. Por lo que es recomendado realizar un diagnóstico de las condiciones del techo de la vivienda.

Estas 51.9 libras se encuentran distribuidas

en 2.25 m<sup>2</sup>; no es una fuerza puntual sobre la estructura del techo: en un área de 1 m<sup>2</sup>, el techo soportará 23.06 libras.

Figura 6. Instalación y prueba del sistema de riego sobre la base del techo el cual tiene una medida de 1.5m x1.5 m que es igual a 2.25 m<sup>2</sup>. Éste tiene una capacidad de 21 botellas de PET de 2.5 L; con la prueba realizada se pudo determinar que era necesario regular el caudal del agua.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. En la fase de cubierta de techo con plantas de cultivo, se utilizó la semilla de rábano ya que cumple con las condiciones apropiadas con respecto a nuestro clima, por su raíz corta y por su rápida producción.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Crecimiento de cultivo de rábanos



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Cosecha de rábanos producidos en el techo de botellas



Fuente: Elaboración propia

## Discusión

La investigación consistió en el diseño y construcción del “Prototipo de techo ecológico a través de hidroponía con materiales reciclados de productos plásticos elaborados con tereftalato de polietileno (PET)”, que tuvo como objetivos: Identificar los materiales que más se ajusten al prototipo para una mejor interacción con las plantas utilizadas, determinar las distintas clases de plantas que se puedan utilizar en el prototipo, diseñar un sistema de riego por goteo para implementarlo en el prototipo de techo ecológico con hidroponía. Asimismo, sus resultados estuvieron orientados mediante el problema ¿De qué manera contribuiría un techo ecológico a través de hidroponía, con materiales reciclados de productos plásticos PET a las familias que lo implementen en sus viviendas?

Bajo ese sentido los resultados dependen del diseño y modelo de investigación, el modelo es de tipo aplicativo y el diseño de



investigación e innovación tecnológica, apropiada al desafío de medio ambiente, y al desafío de construcción en El Salvador. Siendo así como se plantea una discusión teórica, investigativa y de análisis enfocado el problema de investigación hacia el logro de los objetivos, su planteamiento metodológico, así como los resultados de investigación se plantean en base al logro de los objetivos:

a. Identificar los materiales que más se ajusten al prototipo para una mejor interacción con las plantas utilizadas:

Ante una sobre producción de materiales plásticos y un casi nulo proceso de reciclaje se buscó realizar el prototipo con materiales reciclados de PET (Tereftalato de Polietileno), el cual es un polímero derivante del petróleo, siendo este de liviano y de gran resistencia utilizado en diferentes tipos de plásticos en la industria de bebidas en El Salvador. Para el caso de la investigación se realizó una campaña que consistió en la recolección botellas plásticas de 2.5 L de Coca-Cola, se eligió este tamaño para que las plantas seleccionadas para el experimento pudieran crecer de forma natural. Para el experimento se recolectaron 100 botella para una identificación técnica de 25 las cuales tenían que cumplir con los siguientes requisitos, que cumplieran con la medida requerida, que se encontrara en buen estado, que estuvieran limpias, que contara con tapadera, se recortaron, se rellenaron

con tierra negra y se procedió a sembrar semillas de rábano.

b. Determinar las distintas clases de plantas que se puedan utilizar en el prototipo:

Para seleccionar las plantas se tomaron en cuenta que fuera de raíz corta, resistentes a la exposición del sol y de fácil acceso en el país. En vista de que se busca beneficiar a la población más vulnerable de El Salvador se realizó la investigación con una planta de tipo cultivo, como es el caso del rábano, ésta se sembró la semilla y se le dio un seguimiento hasta su cosecha. Posteriormente al experimento se sembraron plantas de tipo ornamental.

c. Diseñar un sistema de riego por goteo para implementarlo en el prototipo de techo ecológico con hidroponía:

Se elaboró un sistema de riego por goteo, el cual posee una cubeta de 5 galones como fuente de alimentación de agua, conectado con tuberías de 1/2" con válvulas para controlar el flujo del agua. Para hacer llegar el agua a las botellas se utilizaron tubos de polietileno de 1/4" a los cuales se les puso cinta aislante en los extremos para controlar el goteo del agua.

Se desarrolló un estudio comparativo de sistemas de techos ecológicos que se han realizado en diferentes etapas de la historia y según su ubicación geográfica, para poder implementar techos ecológicos de una manera económica y de la mano con el

medio ambiente, ya que se utilizarán materiales reciclados que contaminan los ríos, los mares, las ciudades, etc.

Entre las comparaciones que se han realizado con los sistemas de techos ecológicos con botellas recicladas o reutilizadas se mencionan las siguientes:

La Universidad Javeriana de Colombia, en el año 2011 realizó un proyecto de techos ecológicos dirigido por el profesor Carlos Devia y la investigadora creadora Carolina Forero, que presentó como su proyecto de graduación para optar al título de Ecóloga en la Facultad de Estudios Ambientales. Su tesis la realizó en Soacha, Cundinamarca, implementándolo en viviendas de familias de escasos recursos. La implementación de este sistema de techos verdes les ayudó generando vegetales para autoconsumo y para incentivar el comercio, lo que generó un ingreso económico extra; sembró en botellas de plástico recicladas rábanos, lechuga, cebolla larga, cilantro, espinaca y perejil, especies de uso alimentario.

Los techos verdes son un sistema multicapa que funciona para la propagación de especies vegetales, de tipo ornamentación como especies de uso alimenticio. El techo verde cuenta con un sistema de riego y de reutilización de aguas lluvias, donde se utilizan botellas plásticas como soporte para la siembra de plantas (Rivera, 2011).

De igual forma un grupo de estudiantes de la Universidad Católica de Colombia realizó un sistema de techo ecológico en un barrio de Colombia llamado Yomasa, replicando la metodología utilizada en el barrio La Isla, Altos de Cazucá en Soacha, Cundinamarca (Duarte Ayala & Moreno Rubiano, 2014).

A través de la historia han surgido una gran variedad de techos verdes, con diferentes diseños y materiales. Éstos van cambiando según la cultura de las zonas hasta llegar a El Salvador, en el cual se comienzan a utilizar en su mayoría en edificios de San Salvador; en el oriente del país, se tiene conocimiento de presencia de techos verdes en la Ciudad de San Miguel y en el Pueblo de Alegría.

## Conclusiones

La utilización de techos verdes colaborará con la disminución de los problemas de sobre producción de botellas de plástico PET y contaminación de dióxido de carbono, y afrontará problemas económicos y alimentarios, ya que se puede utilizar para producción de cultivos de raíz corta. Es fácilmente aplicable en nuestra sociedad ya que en su mayoría se trata de materiales reciclados y de bajo recurso económico.

Es importante darle mantenimiento al sistema de riego del techo ecológico ya que es necesario la humedad de la tierra que poseen los recipientes para un buen funcionamiento; si son plantas ornamentales,



es importante recortar las plantas para que mantengan un tamaño adecuado según las necesidades de los usuarios de la vivienda.

Los materiales utilizados son reciclados, como las botellas de soda, que de preferencia tendrán de 2.5 litros a 3 litros, puesto que tienen mayor capacidad de contener tierra y las plantas utilizadas.

## Recomendaciones

Los análisis realizados en el proceso implementación del techo ecológico, nos llevan a realizar las siguientes recomendaciones.

Plantas utilizadas de tipo cultivo:

- Si los usuarios no poseen conocimientos de agricultura o de cultivo de plantas, investigar sobre el tipo de planta que quiere sembrar, para saber lo necesario para una buena producción.
- La estructura de techo soportará el peso del contenedor de agua, las botellas de PET con tierra y el cultivo que se siembre, más el peso de la persona que le dará el mantenimiento. Es necesario realizar un estudio estructural para verificar que este sistema de techos verdes sea utilizado.
- El espacio del recipiente es reducido; se hace necesario la utilización de plantas de raíz corta y que no sean de un tallo largo.
- Las plantas tienen que ser de tipo solar, ya que, si son plantas de sombra, es necesario la utilización de malla.

- Buscar la pendiente adecuada, estabilizando las botellas de PET para que no se lave la tierra en temporada de lluvia.

- Que nunca le falte la cantidad necesaria de agua a las plantas, para mantener la tierra húmeda. Para esto se recomienda la utilización de un sistema de riego por goteo, y siempre estar pendiente de que al sistema nunca le falte agua.

- Es necesario que se mantengan los niveles de tierra necesarios en el recipiente para que se pueda producir de manera adecuada la planta y pueda producir cosecha.

En el caso que el cultivo sea rábano, como en el caso del prototipo, se recomienda lo siguiente:

- No dejar las semillas muy juntas, ya que no permitirá que se desarrolle el rábano.
- Es importante mezclar con arena la tierra, para que el rábano pueda expandirse.
- Puesto que el techo ecológico se realizará sobre el techo de las viviendas, no habrá problemas por el sol, ya que el rábano necesita mucha luz solar para poder desarrollarse de la mejor manera. Si le faltara luz la planta comenzará a buscarla y tendrá un proceso llamado ahilamiento ocasionando que no se produzca el rábano.
- Es necesario que se mantenga la tierra siempre húmeda, sin llegar a dejar lodo, ya que puede ahogar la planta, y si no posee mucho sol, puede producir hongo en la planta y esto reducirá la producción de rábano.

Plantas de tipo ornamental:

- Si los usuarios no poseen conocimientos de cuidado de plantas ornamentales, es necesario investigar el tipo de planta que quiere sembrar.
- La estructura de techo soportará el peso del contenedor de agua, las botellas de PET con tierra y planta ornamental que se siembre más el peso de la persona que le dará el mantenimiento. Es necesario realizar un estudio estructural para verificar que este sistema de techos verdes sea utilizado.
- Utilizar plantas de raíz corta ya que, si son plantas de raíz grande y de tallo grande, difícilmente se podrán mantener estable con poca tierra.
- La planta tiene que ser tipo solar. Para esto es necesario tener conocimiento de cuáles son de sol y cuáles son de sombra.
- Si la pendiente del techo es muy grande, disminuir el porcentaje de pendiente estabilizando las botellas de PET para que no se lave la tierra en temporada de lluvia.

## Bibliografía

Ander, E. (2011). *Aprender a investigar : nociones básicas para la investigación social* . -. En E. Ander. 1a ed. Argentina: Editorial Brujas. Recuperado el 14 de agosto de 2018, de <http://abacoenred.com/wp-content/uploads/2017/05/Aprender-a-investigar-nociones-basicas-Ander-Egg-Ezequiel-2011.pdf.pdf>

Cardoso, Y. (22 de febrero de 2016). *Recuperado el 08 de febrero de 2018*, de <https://www.veoverde.com/2016/02/construcciones-sustentables-con-ecoladrillos/>

Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica*. Madrid: Díaz de Santos.

Duarte Ayala, D., & Moreno Rubiano, A. (2014). *Recuperado el 09 de marzo de 2018*, de [http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1549/1/Techos\\_verdes\\_viviendas\\_estrato%201\\_Yomasa.pdf](http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1549/1/Techos_verdes_viviendas_estrato%201_Yomasa.pdf)

EcoHabitar. (06 de diciembre de 2012). *Recuperado el 08 de febrero de 2018*, de <http://www.ecohabitar.org/las-ventajas-del-techo-verde/>

Joma, S. (diciembre de 2016). *Recuperado el 09 de febrero de 2018*, de <http://www.elsalvador.com/noticias/nacional/209978/plastico-y-durapax-contaminan-las-playas-del-pais/>

Núñez, A. (2008). *Recuperado el 07 de febrero de 2018*, de <http://studylib.es/doc/4530252/recilaje-del-plastico---corte-suprema-de-justicia>

Rivera, A. (12 de junio de 2011). *Recuperado el 08 de febrero de 2018*, de <http://www.eldiario.com.co/seccion/EDICION+DOMINICAL/techos-verdes-una-esperanza110612.html>