



1. GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el crecimiento fuerte de las ciudades lleva a sellar más superficies con pavimentos y el excesivo crecimiento de construcciones repentinas y los famosos asentamientos urbanos se convierten en un entorno muy artificial, frío desértico que distorsiona la vista. Las contaminaciones generadas por el humo de los automóviles (aumento del motorizado en un 150% en estos últimos años en la ciudad de Tarija), afectan al medio ambiente y la deforestación es sin duda la causa principal del calentamiento global. Las actividades antrópicas han generado el desarrollo de las ciudades y a la vez contribuido en el progresivo deterioro del medio ambiente.

El ser humano ha remplazado y desplazado la cubierta vegetal por una capa de asfalto, ladrillo y cemento. Esto ha ocasionado varios problemas en la ciudad (desastres naturales, aumento de la temperatura, pérdida de biodiversidad, contaminación de aire, suelo, agua, visual, malos olores), a los que se le adicionan las consecuencias generadas por el fenómeno del cambio climático. Este proceso es fuertemente influenciado por las concentraciones de CO₂ y/o gases causantes del efecto invernadero (GEI) en la atmósfera que alteran el clima del planeta. El calentamiento global aumenta gradualmente la temperatura promedio de la superficie de la Tierra afectando a todos los seres vivos, especialmente al ser humano y al ambiente que lo rodea, provocando problemas en la salud, en los ecosistemas, en la agricultura; también origina desastres naturales (como inundaciones, sequías, etc.), escasez de agua, desertificación, entre muchos efectos que se presentan [VALBUENA, 2012].

Además del cambio climático, las ciudades tienen otro problema que es el efecto de “islas de calor”, que son el aumento de la temperatura en la ciudad debido a los materiales de construcción que almacenan el calor solar y lo emiten lentamente. La contaminación atmosférica influye en dicho fenómeno al igual que la falta de cobertura vegetal. Con el cambio climático estos efectos de islas de calor en las ciudades van ser cada vez más graves. Ante esta realidad, es necesario disminuir o



superar estos efectos en las ciudades aplicando nuevas alternativas como la utilización de los “muros verdes”, conocidos también como jardines o fachadas verticales, que consisten en cultivar plantas o tener cobertura vegetal en los muros de las viviendas sin afectar el inmueble. El uso de muros verdes reintegrará la cubierta vegetal que el ser humano ha desplazado por cemento en las ciudades. Esta cobertura viva puede contribuir a mitigar las consecuencias del calentamiento global capturando GEI como el CO₂ y generando oxígeno por el proceso de la fotosíntesis.

1.2 DELIMITACIÓN DEL TEMA

1.2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

El espacio destinado para el desarrollo del proyecto se ubica geográficamente dentro del distrito 5 al sur este de la ciudad de Tarija cercado (imagen 1.1), una avenida en la que su área urbana es fundamentalmente comercial, coexiste entidades bancarias, centro de salud (caja petrolera), entre otras actividades. Este motivo sumado al gran tráfico existente en la Avenida La Paz que funciona bajo el rol de conector secundario de la ciudad entre el parque Bolívar, avenida Belgrano y la avenida Jaime paz Zamora, se generan altos índices en el número de contaminantes durante las horas de más tráfico vehicular.

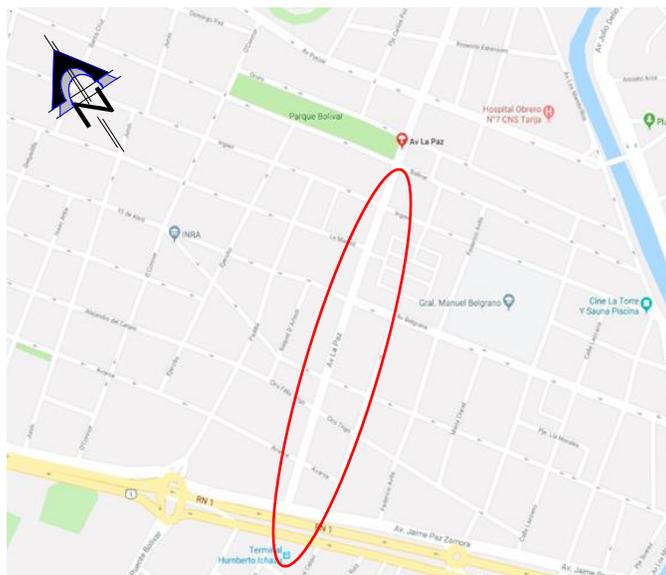


Imagen 1.1: ubicación de la avenida la paz en la ciudad de Tarija indicado por el símbolo rojo.



1.2.2 DELIMITACIÓN FÍSICA

Si uno mira imágenes satelitales del departamento de Tarija (imagen 1.2) se puede observar manchones vegetales que deben estar conectados y no separados como islas, de ahí la propuesta de realizar los muros verdes en la avenida la paz donde pueda haber una continuidad de espacios verdes de la Avenida Víctor Paz Estensoro hasta el parque Bolívar, de manera que pueda causar un efecto eficiente en la mejora de la calidad del aire.



Imagen 1.2: Zonas verdes cercanas a la avenida La Paz.



1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la avenida La Paz presenta serios problemas tales como: congestionamiento vehicular, contaminación atmosférica, alteración de imagen urbana, como las edificaciones de edificios en altura, ausencia de mobiliario urbano, etc.

De acuerdo al informe de la auditoria del medio ambiente, la avenida La Paz de Tarija es considerada como una más de las avenidas contaminadas por el alto tráfico vehicular que ocasiona un efecto invernadero en la zona siendo una calle con poca vegetación. Según las normas internacionales la Organización Mundial de la Salud (OMS), determina que una ciudad, lo mínimo que se debe tener como área verde es de 9 m² por habitante. Sin embargo, en Tarija, de acuerdo al plan que realizó la alcaldía el 2015 el resultado es 2,10 m² de área verde por habitante. O sea que existe un déficit, lo que significa que se debe incrementar la cantidad de espacios verdes.

Con la implementación de muros verdes reduce la contaminación del aire y las ventajas de estos muros verdes son muchas: promueven la biodiversidad, son aislantes térmicos, acústicamente y purifican el aire; lo que disminuiría el efecto de la isla de calor, que produce el calentamiento global, ya que gracias a eso se puede mejorar la calidad del aire, ambientar una vivienda o cualquier edificación; múltiples beneficios en el margen de lo estético.

Las necesidades que existen tanto individualmente como socialmente es que sean accesibles a toda la población y que incluso sea de fácil comprensión y manejo para los mismos jardineros que son los que en realidad plantan, pero ahora ceñidos a métodos que evitarán la mala propagación y mortandad de la flora instalada en el lugar.

Socialmente hablando sería la de proporcionar un lugar agradable al usuario para que utilice espacios muertos o no planificados en algo agradable y hermoso donde puede descansar y disfrutar de la estadía.



El construir edificaciones olvidándonos de la naturaleza hacen que destruyamos el medio ambiente una iniciativa fundamental a nivel mundial es promover los muros verdes.

Dado esto, el proyecto, en sus mejoras se ha planteado la siguiente pregunta, ¿Cómo contribuir a la mitigación de impactos ambientales en la ciudad de Tarija?, El proyecto de muros verdes busca mejorar la calidad de vida de los usuarios mediante la incorporación de estructuras vegetales en espacios descubiertos de edificios y casas, con el fin de poder disminuir los índices de agentes contaminantes, esto tiene una serie de beneficios para la comunidad, como:

- Esta cobertura viva puede contribuir a mitigar las consecuencias del calentamiento global capturando GEI como el CO₂ y generando oxígeno por el proceso de la fotosíntesis
- Reduce hasta 5 grados la temperatura interior de un edificio en verano y, curiosamente, mantienen la temperatura en invierno; esto genera un importante ahorro de energía por el menor uso de calefactores o aires acondicionados.
- Son un aislante natural de ruido, pues absorben y reducen sonidos de alta frecuencia disminuyendo el ruido hasta en 10 decibeles.
- Cada metro cuadrado provee el oxígeno suficiente como para una persona durante todo 1 año.
- Se reconoce que un muro verde de 30m² atrapa y filtra 20 toneladas de gases nocivos por año, además de apresar y procesar 10kg de metales pesados.
- Es un filtro de partículas en suspensión, Atrapan el polvo y esmog.
- ***Dan un toque estético de sofisticación y cuidado al entorno.***

Utilizar este tipo de tecnología permitiría abrir espacios que acerquen a la naturaleza a la vida cotidiana, contribuyendo de manera tangible a la protección y mejora del medio ambiente dentro del contexto urbano. Esto sin mencionar el impacto que tendrían los muros verdes en la cultura tarijeña hacia la conservación del medio ambiente y el desarrollo sustentable, y el gran beneficio estético que estos son capaces de alcanzar.



1.4 IMPACTO DEL PROYECTO

➤ ECONÓMICO

Contribuye a la generación de empleos y el desarrollo de las actividades comerciales mejorando los ingresos económicos de las personas involucradas directa o indirectamente.

➤ SOCIAL

Responde a una demanda ecológica con una mejor alternativa de criterio personal a una sociedad que busca una mejor calidad de vida.

➤ CULTURAL

Unificara la cultura social implementando un pensamiento ecológico rescatando las raíces verdes que necesita nuestra ciudad.

➤ MEDIO AMBIENTAL

Ayuda a la protección del ecosistema genera áreas de protección de los recursos naturales, mitigando la contaminación ambiental,

➤ URBANO

Implementa proyectos con un concepto paisajístico. Planificar el espacio nacional optimizando las acciones e inversiones futuras. Diversifica el producto vivienda-cultural con otras visiones ecológicas.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO PERSONAL

Aplicar y desarrollar los principios filosóficos para un desempeño laboral futuro en el área de la tecnología, especialmente en mejorar el ambiente natural.

1.5.2 OBJETIVO ACADÉMICO

Generar con el proyecto una conciencia ecológica y constructiva que sirva como modelo y referencia habitacional para las futuras generaciones de arquitectos que



buscan el bienestar y confort del usuario sin dejar de lado la tecnología y la preservación del ecosistema natural.

1.5.3 OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta para la implementación de muros verdes en la ciudad de Tarija, como elemento decorativo estético, paisajístico, que contribuya en mejorar la calidad del aire y la imagen urbana de la ciudad.

1.5.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico del número de flujo vehicular y poblacional que transitan en la Avenida La paz (Calle Bolívar y avenida Jaime Paz Zamora).
- Reconocer la diversidad vegetal y clasificar especies para embellecer las edificaciones con plantas adecuadas al ambiente tomando en cuenta las características de cada planta.
- Diseñar y construir un modelo de estructura de un muro verde y optimizar el uso de materiales y costos en jardines con plantas de bajo costo y larga vida.
- Aplicar sistemas de muros decorativos adecuados al entorno de las edificaciones en altura, casas en la avenida La paz.
- Definir el sustrato.

1.5.5 HIPÓTESIS

El diseño del proyecto de MUROS VERDES, contribuye a generar nuevos espacios en la vida de la población de la ciudad de Tarija.

Aumentando el número de áreas verdes para los usuarios, mejorando la calidad del aire.

Siendo este un referente de eco diseño en el departamento de Tarija, fomentando la vegetación como sistema de diseño sustentable introducida a la arquitectura existente, incrementando la superficie vegetal dentro de la trama urbana de la ciudad.

1.5.6 METODOLOGÍA

La metodología de la presente investigación se realizará mediante el desarrollo de método teórico y experimental.



La primera parte del trabajo, aborda los antecedentes históricos del uso de la vegetación en la arquitectura y se revisa la literatura existente sobre la integración de sistemas vegetales en la edificación, tanto desde el ámbito de sus efectos en el entorno, como desde el ámbito de los grupos investigación dedicados al tema. Esto dará lugar a una propuesta de clasificación para los diferentes sistemas.

La siguiente parte del trabajo, es estudio exhaustivo de los aspectos funcionales y efectos de la integración de la vegetación en los edificios, poniendo de relieve las ventajas e inconvenientes en cuanto al uso de estos sistemas, tanto a nivel de la edificación, como a escala urbana y social.

Se pretende determinar el número de usuarios y vehículos que transitan por la avenida La Paz, mediante un catastro que permita determinar el número de personas y automotores, para ver qué número de personas se beneficiaran con este proyecto y cuanto es el flujo vehicular que contamina el ambiente de la ciudad, para ello se realizó un monitoreo de control de partículas y monóxido de carbono en zonas de mayor riesgo de contaminación en la Avenida La Paz.

La última parte del trabajo, es la propuesta del sistema de muro verde con geo textil y sustrato ligero, este sistema puede ofrecer como técnica de diseño decorativo mediante la configuración de esquemas conceptuales se logra concebir diversos sistemas de gráfica que cumplen la función de dar expresión y textura al muro vegetal.



2. ANTECEDENTES

La vegetación, tiene una interesante influencia en la arquitectura por su capacidad para transformarla. La intervención estética de la vegetación, mediante sus juegos de luz y sombra, color, sonido y olores, tiene una sólida tradición en la arquitectura. Por otro lado, también está su intervención más funcional. Esto es debido principalmente a sus excelentes cualidades aislantes, resultantes de la combinación de plantas y una capa de tierras que, en climas fríos, y en climas cálidos ayuda a mantener el color fuera [CARRERA,2011].

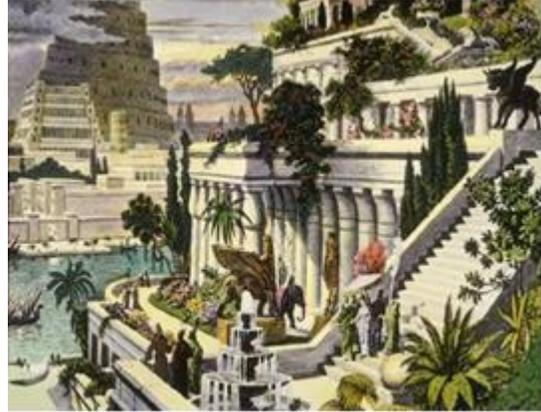


Imagen 2.3: Balcones colgantes de Babilonia en el siglo V a.c.

La utilización de cubiertas verdes y jardines, como parte o complemento de la arquitectura, o como elemento de definición espacial, viene desde tiempos antiguos desde los míticos jardines colgantes de Babilonia (imagen 2.3), hasta la cuidadosa utilización de esta, en la llamada arquitectura orgánica, la vegetación ha servido a los diseñadores no solo para acentuar o aligerar la arquitectura, sino también, para crearla y transformarla. [CARRERA, 2011].



Imagen 2.4: Fontana dell'Ovato en la Villa de este en Tívoli, 1572.

Más ejemplo del uso de vegetación en la antigüedad (imagen 2.4), se puede encontrar durante el periodo gótico, donde multitud de muros de iglesias, palacios y patios, de la época se cubrían con vegetación con el fin de aligerar la contundencia de la mampostería de su arquitectura. [CARRERA, 2011].



El uso de vegetación se puede encontrar principalmente en la arquitectura del norte de Europa y las islas británicas. El uso de vegetación, como el césped o la turba, en estas zonas, fue la respuesta a unas condiciones climáticas adversas. [CARRERA, 2011]

Estos materiales vegetales ofrecían un aislamiento superior, frente a las construcciones edificios hechos realizadas exclusivamente de madera o piedra, además de la relativa dificultad para obtención de estos últimos

materiales en cantidades suficientes.

En Islandia, (imagen 2.5) por ejemplo,

la estructura de madera que soportaba las casas, era cubierta totalmente por bloques de turba y además en las cubiertas, se plantaba césped para que creciera sobre la turba.

Esto debido a la necesidad del hombre de llevar la naturaleza a sus espacios más privados, como una manera de poder tener cerca las sensaciones favorables que producen las plantas en el cuerpo humano, razón por la cual ha evolucionado en las diversas maneras de representar a la naturaleza, surgiendo así el paisajismo vertical que se ha dado por cientos de años. [CARRERA, 2011].

2.1 LAS CONSTRUCCIONES VERDES EN LA ACTUALIDAD

En esta época los muros verdes o muros vivos tienen sus inicios con el botánico francés Patrick Blanc, “especializado en plantas de sotobosque tropical; inventor de los muros verdes, la implementación de esta técnica en las ciudades que permite que el rostro urbano de tonalidad gris posea color verde”.



Imagen 2.5: Casa de césped en Bakkagerdi, noreste de Islandia



Desde ese entonces se han desarrollado sin número de proyectos de jardines verticales en diferentes partes del mundo que contribuyan no solo con el ornato urbano, sino a reducir los efectos tóxicos que en estos se generan. En países europeos los más relevantes son: Muro vegetal en el museo de Caixan Forum de Madrid, la Torre de Cristal de Madrid, Centro comercial II Fiordaliso en Rozzano de Italia, En la terminal del Aeropuerto Internacional de Edmonton, en Alberta (Canadá), La Universidad de Ottawa (EE.UU.), El puente Max Juvenal de Francia, que se detallan a continuación:

Patrick Blanc en un viaje a Tailandia con sus alumnos se dio cuenta que las plantas pueden crecer en cualquier sitio, “considerando recibir suficiente agua y luz según requieran; y así diseñó su primer jardín en su casa de Paris. El factor de la selección de plantas es la adaptación a la radiación solar y clima del lugar donde se encuentre” Una de sus creaciones más particulares es el muro verde es de Caixan Forum, (imagen 2,6). [CARRERA, 2011]



Imagen 2.6: Muro vegetal Caixan Forum, Madrid

En Madrid, la Torre de Cristal (imagen 2.7), el edificio de oficinas más alto de España diseñado por el arquitecto César Pelli-, muestra una fachada en forma de cristal tallado. Pura modernidad. Sin embargo, en su cúpula esconde un jardín secreto, un auténtico pulmón verde con más 24.000 especies y una amplia variedad de árboles. El impresionante jardín vertical (diseñado por Patrick Blanc) que recorre los 52 pisos y



Imagen2.7: Torre de Cristal, Madrid

El impresionante jardín vertical (diseñado por Patrick Blanc) que recorre los 52 pisos y



la azotea que alberga el jardín de invierno (ideado por el estudio de paisajismo americano Balmori Associates) dotan a este edificio de una esencia única: la combinación perfecta entre la arquitectura y la vida natural. [CARRERA, 2011]

Los recintos comerciales albergan en su interior multitud de tiendas, zonas de ocio y restauración, pero en el centro comercial Il Fiordaliso en Rozzano (imagen 2.8), en la periferia de Milán, Italia-, la belleza está en el exterior, en su fachada: una espectacular pared



Imagen 2.8: Centro Comercial Il Fiordaliso, Rozzano (Italia)

vegetal que ostenta el título de ser la más grande del mundo y aparecer en el libro Guinness de los Récords. El arquitecto Francesco Bollani, en colaboración con un estudio de arquitectura de Montpellier, utilizó más de 44.000 plantas de 200 especies distintas, que se cultivaron en un vivero durante un año. Después, se trasplantaron y ensamblaron como si fueran piezas de un puzle en la enorme instalación de más de 1.263 metros cuadrados. La fachada, además de su belleza, reduce los ruidos ambientales y el consumo de energía al proporcionar un aislamiento térmico natural y absorbe las emisiones de CO2 [CORTEZ, 2011].

El asfalto, las aceras, el color gris prima en las ciudades. En cambio, el botánico Patrick Blanc decidió en 2008 dar un toque verde al Puente Max-Juvenal en Aix-en-Provence (Francia), (imagen 2.9). Cubrió los 605 metros cuadrados de gris hormigón y 15 metros de altura con más de 20.000



Imagen 2.9: Puente Max Juvenal, en Aix-en-Provence, Francia

plantas. Además de la belleza, el jardín vegetal aporta grandes beneficios: refresca el



ambiente, contribuye a la producción de oxígeno y disminución de CO₂. Un puente muy original que llama la atención de cualquier conductor o viajante [CORTEZ, 2011].

En América la innovadora tendencia de la aplicación de muros verdes en la infraestructura urbana se fue expandiendo en diversos países, en EEUU, como Canadá y México. En Sudamérica Argentina, Colombia, Venezuela, Chile.

En América latina no se dan en cantidades significativas porque aún no hay esa conciencia ambiental o normativas como en los países desarrollados de Europa, de la importancia que nos ofrecen estos muros verdes y la concientización de mejorar el medio donde habitamos.

La Universidad de Ottawa (EE.UU.), (imagen 2.10), apuesta por la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente, el Pabellón de Ciencias Sociales luce con orgullo un gran jardín vertical compuesto por plantas tropicales que rompe la seriedad del edificio y traslada nuestra mente a la selva tropical amazónica.



Imagen 2.10: La Universidad de Ottawa, Estados Unidos

La pared verde -diseñada por Ashley Demarte y con una altura de 24 metros- mejora la calidad del aire, reduce el ruido ambiental y crea una sensación de bienestar. [CORTEZ, 2011].



En la terminal del Aeropuerto Internacional de Edmonton, (imagen 2.11), en Alberta (Canadá) han decorado una de sus paredes con un jardín vertical que sorprende y cautiva a los pasajeros que por allí transitan.



Imagen 2.11: Jardín vertical en el aeropuerto, Canadá

En un muro de 132 metros cuadrados han creado con más de 8.000 plantas de 32 especies diferentes un tríptico botánico inspirado en las obras abstractas de los pintores canadienses Emily Carr y Donald Flather. Un lienzo vivo que además de enverdecer el aeropuerto con su color, forma y textura, aporta todos los beneficios de un jardín: genera un clima más fresco, limpia la atmósfera y aumenta la humedad del ambiente [CORTEZ, TEDLES, 2011].

La compañía Verde Vertical, en colaboración con Garnier, creó el muro verde de la Universidad del Claustro de Sor Juana (México) con más de 40 tipos de plantas que cubren los 400 m². El jardín vertical, en pleno Centro Histórico de la Ciudad de México, (imagen 2.12), genera oxígeno, atrapa el polvo, filtra gases nocivos y reduce la contaminación sonora. [CORTEZ, ,2011].



Imagen 2.12: Universidad del Claustro de Sor Juana, en México



Muro verde que ocupa la fachada de la tienda Arredo de la Avenida Libertador (imagen 2.13). Este jardín genera un nuevo espacio verde en esta gran avenida que es una de las arterias de la ciudad de Buenos Aires. Tiene más de 200 metros cuadrados y está compuesta por 8 mil plantas y más de 20 especies diferentes. Con este tipo de jardines se impulsa la idea de crear una ciudad más verde. Arredo es una de las empresas que más está apostando por los jardines verticales en Argentina. De esta manera muestra su deseo de crear una imagen más verde y su compromiso con el medio ambiente [CORTEZ, 2011].



Imagen 2.13: Jardín vertical en la tienda de Arredo, Argentina

Convertido en un **gran corazón verde** en medio de la densa ciudad de ladrillo de Bogotá, este ecosistema vertical es un ejemplo de que la sostenibilidad a gran escala es posible con un jardín vertical de más de 3.117 m², más de 115.000 plantas a lo largo y ancho de su fachada, el edificio Santalaia (imagen 2.14), da oxígeno a más de 3.000 vecinos del sector Según la revista Green Roofs, entidad



Imagen 2.14: Jardín vertical más grande del mundo, Colombia Bogotá

americana sin ánimo de lucro que promueve la arquitectura de techos y paredes verdes, lo convierte en uno de los más grandes del mundo. “Un jardín vertical de ese tamaño es capaz de producir el oxígeno que necesitan más de 3.100 personas al año, procesar unos 775 kilogramos de metales pesados, filtrar más de 2.000 toneladas de gases nocivos y atrapar más de 400 kilogramos de polvo”.



2.1.1 MUROS VERDES EN BOLIVIA

Aunque en el país aún no se cuenta con una normativa establecida frente al tema de las cubiertas verdes y los muros ajardinados, algunos edificios comerciales y residenciales han tomado la iniciativa de implementar el sistema; muestra de ello es el edificio de la **Federación de Empresarios Privados de Cochabamba** (imagen 2.15), el segundo en la heladería **Globos** (imagen 2.16), en la misma ciudad, y el último se instaló en el centro comercial Las Brisas en la ciudad de Santa Cruz (imagen 2.17) de la Sierra en el año 2017.

❖ COCHABAMBA



Imagen 2.15: Edificio de federación de empresarios

Este muro verde es uno de los pioneros en nuestro país. Lo construyo el Botánico, biólogo Ignacio Solano, Español.

Construida en una superficie de 70m², con materiales importados desde España, sistema hidropónico con geo textil.

El muro verde absorbe 40 toneladas/año de los gases que los vehículos emiten al pasar por esa transitable avenida.
Retiene 15 kg/año de metales pesados.
Retienen 9100 gramos/año de polvo.
Produce oxígeno necesario para 80 personas al año



Imagen 2.16: Jardín vertical, heladería Globos

El muro verde se instaló en el interior de la heladería Globos, en colaboración del Arquitecto Leonardo Terán

Los tres Ecosistemas Verticales forman un conjunto de 36 m², con 1000 plantas de 25 especies de sotobosque tropical.

Cochabamba que apuesta por el concepto entre los múltiples beneficios en el margen de lo estético, está también la protección de la radiación solar, mejora

❖ SANTA CRUZ DE LA SIERRA



Imagen 2.17: Centro Comercial Las Brisas, Santacruz

El muro verde fue implemento por el botánico Ignacio Solano, en colaboración de la arquitecta y paisajista Betty Ibáñez, boliviana.

Es el jardín vertical más grande de Bolivia Jardín de 300 m² con más de 8000 plantas de 30 especies distintas y 8 familias, la mayoría de ellas endémicas

Se combina ciencia, arte, arquitectura, ecología e ingenio para disfrutar del ecosistema vertical más grande de Bolivia.



2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 ¿QUÉ SON MUROS VERDES?

“Los muros verdes o jardines verticales son una forma de jardinería urbana que consiste en tapizar muros y otras superficies logrando que las plantas crezcan en forma óptima. Gracias a su belleza e impacto, suelen acometerse como un trabajo artístico. Además, presentan ventajas para la salud humana y el medio ambiente.” [VINTINILLA, 2013]

2.2.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Este subtítulo se centra en la revisión de la literatura más relevante sobre los aspectos funcionales de la vegetación. Debido a la numerosa y heterogénea bibliografía existente sobre el tema, se ha realizado una sistemática compilación de la bibliografía más relevante, con el fin de ordenarla y clasificarla por temáticas, como se muestra a continuación:

- Influencia sobre las temperaturas en los edificios
- Efectos en la incidencia del viento sobre la edificación
- Efectos sobre el ruido ambiental y la contaminación acústica
- Contaminación del ambiente exterior
- Contaminación de ambientes interiores
- Efecto isla de calor urbano
- Gestión del agua
- Naturaleza y biodiversidad urbana
- Producción de alimentos
- Seguridad, delincuencia y arquitectura
- Efectos psicológicos
- Aspectos económicos



- Innovación y diseño medioambiental

2.2.2.1 Influencia sobre las temperaturas en los edificios

Estudios pioneros demuestran, que la transmisión de energía calorífica a través de un muro de hormigón, es significativamente inferior si este está recubierto exteriormente por una capa de vegetación. [C ARRERA, 2011].

En proyectos de investigación realizados en Alemania en una fachada tradicional recubierta de hiedra, se midieron mediante sistemas de termografía infrarroja, diferencias de temperaturas de hasta 3°C por el efecto aislante, tanto en invierno como en verano, como resultado del efecto que produjo la vegetación en el aumento del valor del aislamiento en el edificio. [CARRERA, 2011].

En varios estudios sobre fachadas, se obtuvieron mediciones que reflejaban hasta un 25% de mejora en las pérdidas de calor en las fachadas orientadas al norte. Esta mejora en las pérdidas de calor, dependen de los niveles de aislamiento del edificio [CARRERA, 2011].

Estudios realizados en Canadá señalan que, con el efecto de aislamiento de la vegetación, las variaciones de temperatura en la superficie de la pared se pueden reducir de entre 10°C y 60°C si existe sustrato y entre 5°C y 30°C si se trata de plantas trepadoras [C ARRERA, 2011].

Las diferencias de temperaturas entre las superficies exteriores e interiores de las paredes cubiertas de plantas son significativamente más reducidas, en comparación con las paredes desnudas convencionales. En consecuencia, las variaciones de temperatura dentro de la zona de la edificación que incluye una pared cubierta de plantas, conllevan unas condiciones de confort térmico superiores. [C ARRERA, 2011].

La masa vegetal crea un colchón de aire que ofrece aislamiento térmico. Además, proporciona sombra a la fachada y absorbe parte de la energía solar incidente en el proceso de la fotosíntesis.

Según Navarro 2013, las mediciones sobre una pared reverdecida en Alemania arrojaron que el 50% de la energía solar que llega es absorbida, el 30% reflejada y tan



solo el 20% alcanza el revestimiento directamente (Imagen 2.18). [NAVARRO, 2013].

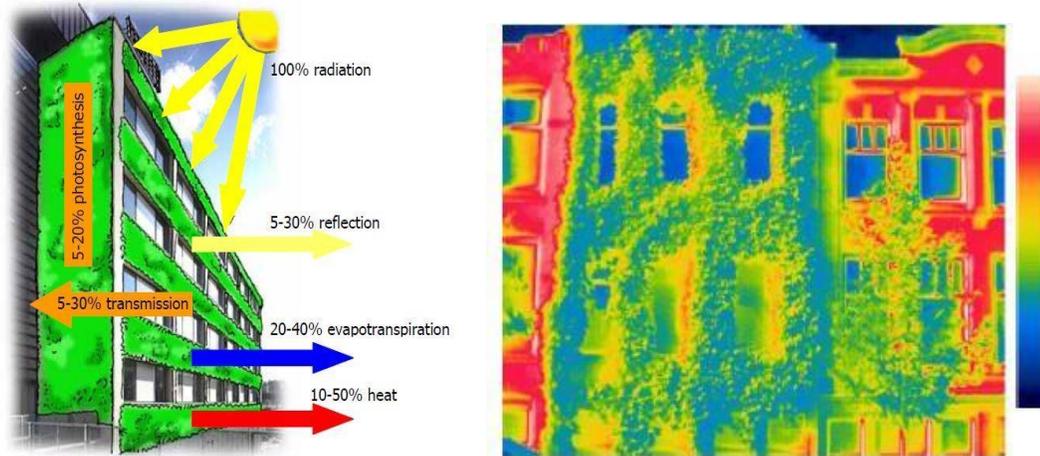


Imagen 2.18: Fotografía con cámara infrarroja de una fachada cubierta de Hiedra en Delft, Holanda

2.2.2.2 Efectos en la incidencia del viento sobre la edificación

La vegetación actúa como una barrera semi-permeable que reduce la velocidad del viento, efecto especialmente beneficioso ya que una velocidad de viento elevada produce una disminución de la eficacia del aislamiento térmico. Además, el descenso de temperatura ambiente provocada por el elemento verde crea masas de aire a diferente temperatura y densidad que tienden a equilibrarse formando circulaciones naturales de aire, refrescando el entorno (Imagen 2.19).

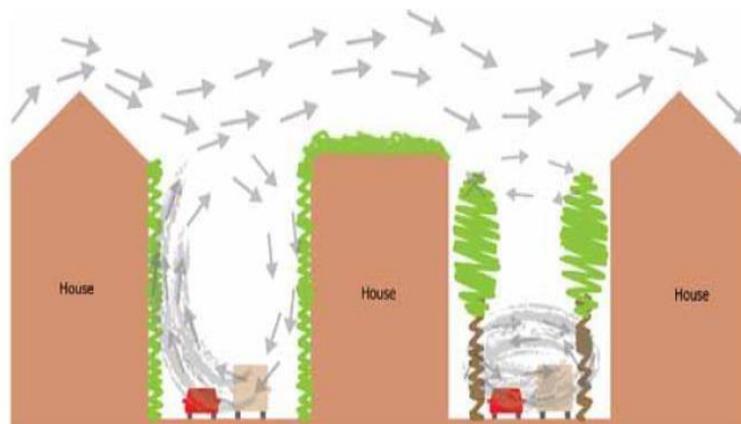


Imagen 2.19: Circulación de aire entre jardines verticales frente a la de árboles o ambos lados de la calle.

2.2.2.3 Efectos sobre el ruido ambiental y la contaminación acústica

Debido a sus propiedades, hace años que las plantas y los árboles se utilizan como barreras contra el ruido producido por el tráfico rodado y la contaminación acústica urbana. Y que la vegetación puede atenuar bajas y altas frecuencias, gracias a su porosidad y su capacidad para vibrar respectivamente. [NAVARRO, 2013].

Hay estudios indican que el índice de reducción de ruido es proporcional al número de plantas presentes. Por lo tanto, si por ejemplo una pared vegetal contiene un gran número de plantas, la acústica de una estancia o sala puede ser mejorada. Estos estudios en fachadas vegetadas estiman reducciones entre 2 a 5 decibeles, dependiendo del tipo de planta utilizada [NAVARRO, 2013].

Una propiedad acústica de la vegetación, que destacan algunos estudios, es la de poder enmascarar los ruidos de fondo desagradables, con otros que resultan más agradables al oído humano, como el propio sonido que producen las hojas y ramas al moverse con el viento, o bien el canto de las aves que viven en los árboles. [NAVARRO, 2013].

Hay estudios que indican que las hojas de las plantas atenúan el sonido en forma de energía acústica en pequeñas cantidades. Por lo que ayudan a absorber el eco rebotado en los edificios, y a amortiguar ciertos sonidos fuertes, típicos las ciudades modernas. Esto posible gracias a que el sonido que llega a las hojas, es amortiguado mediante reflexión, refracción y absorción de esta energía acústica. Una parte de la



energía sonora que llega a las hojas, hace que esta vibre. La otra parte de la energía acústica, es reflejada y difractada alrededor de la hoja. Indican también que el índice de reducción de ruido es proporcional al número de plantas presentes [CARRERA, 2012].

2.2.2.4 Contaminación del ambiente exterior

El dióxido de carbono (CO_2) es un producto de la descomposición de materia orgánica y de la combustión combustibles fósiles, para el funcionamiento principalmente de vehículos, centrales eléctricas y calderas de fábricas y hogares. [NAVARRO, 2013]

En las áreas urbanas, los procesos de combustión son tales, que el contenido de CO_2 , en el aire llega a niveles altísimos, en cambio, el de oxígeno libre (O_2) disminuye drásticamente (particularmente en ausencia de viento). Además, el dióxido de carbono junto al vapor de agua y otros gases, es uno de los gases de causantes del efecto invernadero que contribuyen a que la Tierra tenga una temperatura habitable. [NAVARRO, 20137]

Por otro lado, un exceso de dióxido de carbono se supone que acentuaría el fenómeno conocido como efecto invernadero, al reducir la emisión de calor al espacio y provocando un mayor calentamiento del planeta.

La influencia de la vegetación en la reducción de CO_2 , se basa en dos conceptos:

El proceso fotosintético:

No se puede afirmar que la vegetación produzca oxígeno propiamente, sino que lo que en realidad hace es, mediante el proceso fotosintético, liberar al oxígeno del dióxido de carbono (CO_2). En investigaciones realizadas en la ciudad alemana de Frankfurt se observó que la concentración de O_2 se podía reducir en un rango comprendido entre el 17-18 %, en áreas urbanas. Por lo que el conseguir un área verde de adecuadas dimensiones, podría desempeñar en estos casos, una importante acción reguladora. [Pág. Web, 2017, 1].



Captura de carbono:

A través también del proceso de fotosíntesis, la vegetación transforma el CO₂ en carbono, y lo almacena en los biomás. [CARRERA, 2012].

Las partículas de suciedad y el polvo se adhieren a las hojas y son arrastradas más adelante por la lluvia hasta el suelo o sustrato, donde son metabolizados por la micro flora de hongos y bacterias existente en el suelo. Además, las plantas tienen la capacidad de absorber ciertas sustancias nocivas fijándolas en sus tejidos, como aerosoles, formaldehídos presentes en el humo del tabaco y monóxido de carbono.

En espacios con plantas hay una alta concentración de micro iones negativos, que son absorbidos por la respiración, con un efecto favorable sobre la salud.

En el caso de la vegetación, las partículas se depositan en la superficie de las plantas mediante tres procesos:

- Deposición por precipitación
- Sedimentación por gravedad.
- Impacto por remolinos de aire.

La Tabla 2.1, refleja la cantidad de polvo en gramos recogida por cinco especies diferentes, usadas generalmente para arbolado urbano en España, en un intervalo de 15 días y por cada 100 gr. de hojas.

Tabla 2.1, gramos de polvo y especie vegetal

Especie vegetal	gramos de polvo
Olmo	2,735
Castaño	2,295
Sófora	0,996
Pterocarya	0,979
Tilo	0,936

Fuente: [CARRERA, 2012]

Los contaminantes gaseosos pasan a la vegetación por combinación de fuerzas de difusión y el flujo de movimiento del aire. Los gases pueden unirse o disolverse en la superficie exterior, o bien los toma la planta a través de sus estomas, fundamentalmente cuando la planta está seca o los gases tienen baja solubilidad en el agua. [CARRERA, 2012]



En el año 2002 se investigó la distribución de los macro y micronutrientes en las hojas de la hiedra de Boston, sometida a la contaminación del aire de una calle interior de la ciudad de Düsseldorf, Alemania. La fuente más importante de estas emisiones eran los coches.

Los componentes tóxicos del fino polvo procedente de los frenos de los coches, neumáticos y tubos de escape de combustible, fueron testados. Las mediciones y las simulaciones, permitieron observar una distribución realista de la caída de polvo en las hojas en calles del centro urbano. También, se

investigó la acumulación de metales pesados durante el período de crecimiento de las hojas de la hiedra de Boston, que crecían en un edificio de varias plantas a lo largo de una calle con un gran tráfico, situada en un área del centro de la ciudad. Los resultados globales de esta investigación se muestran en la imagen 2.20. [CARRERA, 2012].

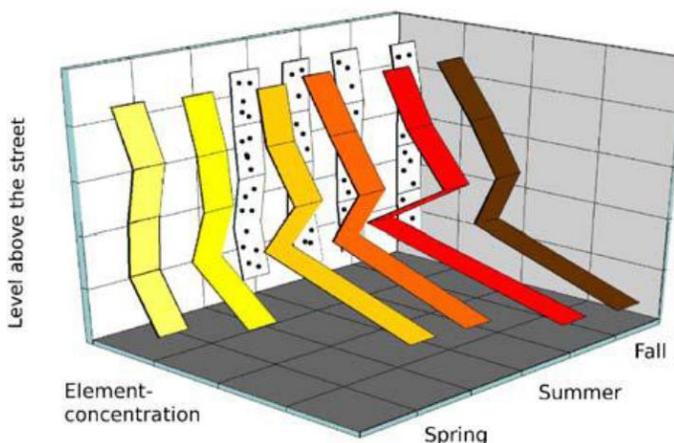


Imagen 2.20: Gráfico que muestra la acumulación de metales pesados, sobre una fachada cubierta de hiedra de Boston Düsseldorf, Alemania

Las barras de puntos son los valores de concentración de elementos en hojas limpias. El gráfico muestra también, a creciente concentración de la carga de polvo (contaminación) en las hojas de la hiedra de Boston durante un período de vegetación desde la primavera hasta el otoño. Además, representa los metales pesados (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb) (desde amarillo a rojo oscuro) acumulados sobre la hoja de la fachada a lo largo de cinco años. La carga relativa de las hojas aumento durante la temporada de crecimiento. Las muestras se tomaron en cinco niveles diferentes de altura de fachada (2.0, 4.5, 7.5, 10.5 y 13.5 m). La carga máxima en las hojas se acumula en el nivel correspondiente a 2 m. de altura, en el otoño, seguido por el nivel de 7,5 m. Los resultados muestran que el elemento de la concentración de polvo es



significativamente mayor en los primeros metros de fachada. De los resultados se desprende que la hiedra de Boston es un elemento muy adecuado para hacer frente a los micro elementos procedentes de polvo del producido en el interior de las ciudades. [DAGORRET, 2014]

En los últimos años ha crecido el interés por las repercusiones sobre la salud, de las pequeñas partículas contenidas en la atmósfera. Las partículas de un diámetro aerodinámico inferiores a 10 micras (PM10) se han convertido en la medida estándar de esta forma de contaminación del aire. Especialmente aquellas con un diámetro aerodinámico de $<10\mu\text{m}$ (las partículas más pequeñas de rango PM2, 5 de tamaño son consideradas como las más dañinos para la salud, ya que pueden penetrar más fácilmente el sistema respiratorio.), plantean una amenaza a largo plazo para la salud humana, en particular para las funciones respiratorias. [DAGORRET, 2014]

Cuando las hojas están expuestas a la lluvia, las partículas se derraman sobre superficie de la tierra o se concentran en la punta de las hojas (efecto goteo). De esta nueva acumulación de partículas, es poco probable que se produzca una nueva resuspensión de partículas hacia el aire. Esto fenómeno muestra la gran capacidad de la vegetación para sedimentar sustancias contaminantes contenidas en el aire, como las partículas. [DAGORRET, 2014]

2.2.2.5 Contaminación de ambientes interiores

La contaminación del aire es un problema que afecta no solo al medio ambiente exterior, sino también al ambiente interior, pudiendo estar este más contaminado, dando lugar a un fenómeno conocido como el “Síndrome del Edificio Enfermo”. Hay materiales y elementos con los que se construyen los edificios, que son una fuente de elementos químicos, los cuales se evaporan en la atmósfera del edificio.

Según la Agencia de Protección Ambiental, las personas que viven y trabajan en edificios construidos con materiales artificiales, inhalan más de 300 contaminantes todos los días. [DAGORRET, 2014]

La preocupación por estos contaminantes, deriva de la hipótesis de que la combinación de toxicidad de cientos de diferentes productos químicos, hace una



suma que puede crear riesgos a la salud. Como una persona normal pasa más del 90 por ciento de su tiempo en el interior de los edificios. Eso quiere decir que estamos constantemente expuestos a la contaminación del aire interior. Esto incluye compuestos tóxicos como el formaldehído, compuestos orgánicos volátiles, el tricloroetileno, el monóxido de carbono, benceno, tolueno, xileno, y una larga lista de otros compuestos. [DAGORRET, 2014].

Un muro vegetal puede mejorar la capacidad filtrado de la planta. Esto se logra integrando el sistema de climatización de un edificio. Y esto se hace mediante el uso de ventiladores situados detrás del muro vegetal. Estos extraen el aire a través de la capa de plantas, lo que ayuda a llevar los productos químicos que pueden ser dañinos, a las plantas y a sus raíces. El aire ya limpio, se reintroduce en el edificio. [DAGORRET, 2014]

2.2.2.6 Efecto isla de calor urbano

Las grandes áreas que las ciudades modernas ocupan, con sus diferentes estructuras, materiales y la falta general de la vegetación, no ha hecho si no alterar las características climáticas de los espacios urbanos. Estos cambios tienen un efecto directo en el clima local de los espacios urbanos, especialmente en las partes más centrales de las ciudades, que provocan un aumento significativo de la temperatura urbana, conocido como el efecto isla de calor. Esto puede causar condiciones climáticas locales desagradables e incluso poner en peligro la salud humana, especialmente en ciudades de climas con una estación particularmente cálida. Además, y consecuentemente acaba afectando finalmente el interior de los edificios incrementando el malestar y la cantidad de energía utilizada para condicionarlos. [NAVARRO, 2013].

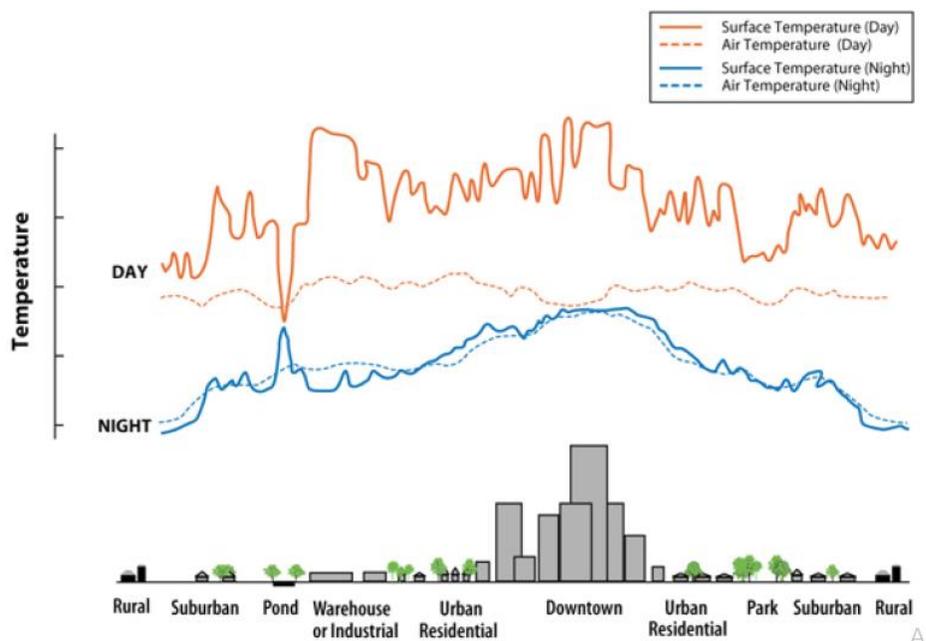


Imagen 2.21: Variaciones de la temperatura superficial y atmosférica diurna y nocturna, en diferentes zonas de uso del suelo. Agencia protección del medio ambiente U.S. (EPA).

En la imagen 2.21, se observa como las temperaturas superficiales varían más que las temperaturas del aire durante el día, pero ambas son bastante similares durante la noche. El descenso y aumento en las temperaturas superficiales sobre el estanque (pond), indican cómo el agua mantiene una temperatura constante día y noche, debido a su alta capacidad calorífica.

En las noches de verano se alcanzan en el centro de una gran ciudad, temperaturas del aire de entre 4° y 11°C más altas que en los suburbios. Las ciudades tienen hasta un 15% menos de horas de sol directo y una mayor frecuencia de niebla (de 30 a 100%) según la época del año [NAVARRO, 2013].

La presencia de jardines en las vías y patios ajardinados, pero sobre todo de techos y fachadas ajardinados, podrían mejorar decididamente el clima polucionado de las ciudades: el aire se purificaría, se reducirían considerablemente los remolinos de polvo y las variaciones de temperatura y los porcentajes de humedad disminuirían. Para lograr un clima urbano saludable, probablemente sería suficiente con ajardinar entre un 10 y un 20% de todas las superficies techadas de la ciudad, ya que un techo



de césped sin podar tiene de promedio de 5 a 10 veces más de superficie de hojas que la misma área en un parque abierto [NAVARRO, 2013].

Según un estudio, colocar vegetación en las superficies urbanas, como las envolventes de los edificios, podría mejorar el microclima del entorno urbano, así como el clima local de las ciudades. La magnitud de la disminución de la temperatura debido al uso de la vegetación, depende de las características climáticas, la cantidad de vegetación y la geometría urbana. El estudio muestra que existe un importante potencial para lograr reducir las temperaturas urbanas, si la envolvente de un edificio está cubierta de vegetación.

Para finalizar, este estudio afirma que, si se aplicara vegetación la escala de toda la ciudad, se podrían mitigar las elevadas temperaturas urbanas, especialmente en climas cálidos, bajando las temperaturas hasta niveles más confortables para el ser humano y ahorrar energía para refrigeración de edificios entre un 32% y un 100%. [NAVARRO, 2013].

2.2.2.7 Gestión del agua

El concepto “Green Factor” aplicado en ciudades como Seattle en Estado Unidos es un requisito en el diseño del paisaje urbano. Tiene como finalidad aumentar la cantidad y calidad de las superficies vegetales de la ciudad, al tiempo que permite flexibilidad para que los diseñadores puedan cumplir con las normas estatales de desarrollo urbano. El gobierno de la ciudad promotora de este concepto, afirma entre otras cosas que incluir el —Green Factor‖ ayuda a reducir la escorrentía de aguas pluviales, la protección de la red alcantarillado y la disminución en los costos de infraestructura pública. El sistema está diseñado para alentar la inclusión en los proyectos de pavimentación permeable, cubiertas y muros vegetales, y la estratificación de la vegetación a lo largo de calles y otras áreas visibles al público. [DIAZ, ALEJO, 2016].

El edificio que alberga las nuevas oficinas del ayuntamiento de Melbourne en Australia, y denominado CH2, incorpora con éxito un tipo de sistema para acumulación y reutilización de aguas pluviales. El agua para mantener las plantas, proviene del sistema de captación de aguas pluviales. El edificio ha sido diseñado



para que la totalidad de la cubierta se utilice para la captura de agua de lluvia (Imagen 2.22). El agua de lluvia recogida se utiliza en combinación con el agua reciclada de la planta de tratamiento de aguas fecales que posee el mismo edificio, no solo para el riego, sino además para los aseos y lavabos, y las torres de enfriamiento [DIAZ, ALEJO, 2016].

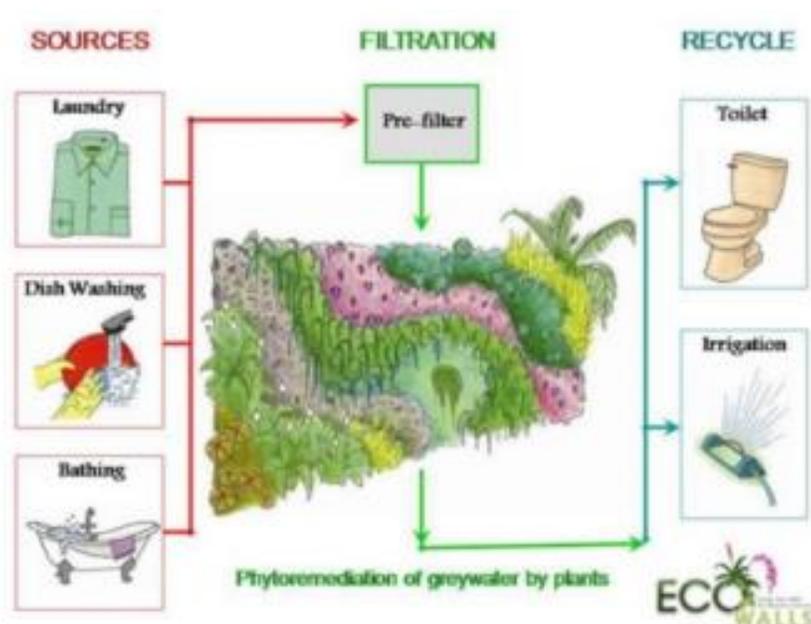


Imagen 2.22: Reciclaje de aguas. Eco-Walls

2.2.2.8 Naturaleza y biodiversidad urbana

Estudios llevados a cabo en cubiertas vegetales, reflejan que a menudo los sustratos de base antropogénica utilizados, no son los más indicados para el establecimiento de biodiversidad. Pero estos, con el tiempo son capaces de incorporar mayor materia orgánica, y promover el establecimiento de diversas especies, mejorando la biodiversidad de la zona. [DIAZ, ALEJO, 2016].

2.2.2.9 Producción de alimentos

Uno de los diseños más convincentes de “Granja vertical”, es el firmado por el estudio de arquitectura americano Mithun con sede en Seattle (Imagen 2.23). En 2007, este denominado Centro de Agricultura Urbano (CAU) ganó el premio de arquitectura "Best of Show" en el Living Building Challenge. Premio otorgado por el Green Building Council (GBC) de la región de Cascadia. Cuya organización matriz,



es el US Green Building Council (USGBC), organización sin ánimo de lucro para el fomento del interés en las tecnologías de la edificación sostenible. El CAU está diseñado para ser totalmente independiente del suministro agua potable de la ciudad. Las aguas grises y pluviales, podrían ser recogidas tratadas y recicladas. El filtrado y purificación de estas aguas se realizaría a través del uso de invernaderos, macetas, y membranas vegetales que utilizarían la capacidad de las plantas para eliminar los contaminantes contenidos en el agua. [1CARRERA, 2013]



Imagen 2.23: Centro de Agricultura Urbana (CAU) del estudio de Arquitectura Mithun, Ganador premio "Best of Snow" en el Living Building Challenge del año 2007.

2.2.2.10 Seguridad, delincuencia y arquitectura

Gobiernos como el de Australia Occidental recomienda setos, muros o pantallas verdes como un método para proteger "las propiedades en la esquina de los bloques o al lado de los bloques de vacíos que son a menudo objeto de vandalismo", como parte de un programa denominado CEPTED: prevención del delito a través del diseño medioambiental. [CARRERA, 2013].

2.2.2.11 Efectos psicológicos

Un estudio realizado en seis comunidades de apartamentos de poca altura, apoya la premisa, de que tener elementos naturales o un entorno natural a la vista desde las ventanas, contribuye sustancialmente a la satisfacción de los residentes con su



vecindario, y con diversos aspectos de su sentido de bienestar. Según este estudio las vistas de jardines, flores y zonas ajardinadas desempeñan un positivo e importante papel en la satisfacción de los residentes con respecto a la naturaleza y la vecindad. Dicho estudio también cita el potencial que los elementos naturales, a la vista de las casas, tienen para contribuir de manera significativa para el bienestar y la satisfacción del bienestar. Concluye este estudio con la sugerencia de iniciar de planes de acción para conectar la vista de los usuarios de los edificios con entornos naturales. [DIAZ, ALEJO, 2016].

De acuerdo a estudios científicos realizados Washington State University, el simple hecho de tener plantas a la vista, en un ambiente de trabajo, produce respuestas fisiológicas positivas sobre la presión sanguínea y el control de las emociones. Este estudio demostró que el añadir plantas a un espacio interior, influyó en los participantes del estudio, en su productividad (12% más rápidos en el tiempo de reacción) y en la sensación de estrés (tensión arterial baja). Además los participantes en la habitación con plantas presentes dijeron sentirse más atentos que los trabajadores en la habitación sin plantas. [DIAZ, ALEJO, 2016].

Otro estudio llevado a cabo en la Norwegian Agricultural University con el objetivo de evaluar el efecto de las plantas en la salud y los síntomas de malestar entre el personal de oficina encontró que durante los períodos en los que las plantas estaban presentes, síntomas tales como tos, fatiga y sequedad o picazón en la piel disminuye a 37, 30 y 23% respectivamente. [DIAZ, ALEJO, 2016].

Otros estudios, recomiendan la incorporación de vegetación en forma de jardines naturales en hospitales, ya que sugieren que ayuda a aumentar la satisfacción del paciente y mejora los resultados clínicos, además de aumentar la satisfacción del personal con el lugar de trabajo. [DIAZ, ALEJO, 2016].

Otros estudios también muestran que en las comunidades con mayor cantidad de espacio verde, hay un mayor sentido de comunidad, y el riesgo de delincuencia urbana y violencia se reduce. [DIAZ, ALEJO, 2016].



2.2.2.12 Aspectos económicos

Los estudios de mercado demuestran que las personas dan un alto valor en el espacio verde. Al proporcionar espacios verdes, los promotores, propietarios de edificios y empresas tendrán una herramienta eficaz para atraer y retener a los compradores y arrendatarios o mantener a los empleados motivados. [JIMÉNEZ, 2008].

Los costes de instalación de una fachada o un muro vegetal, pueden variar mucho dependiendo del proyecto y el sistema utilizado. Por ejemplo hay estudios que afirman que sistemas de fachada vegetales a base de plantas trepadoras tipo hiedra y con macetas, o a base de cables de acero y barras o mallas, su implantación es sencilla y sus costo bajos, necesitando poco espacio de terreno. [JIMÉNEZ, 2008].

El potencial como nueva actividad económica y los resultados a nivel de creación de nuevas, empresas y mercados, de las tecnologías asociadas a las cubiertas vegetales ya se ha demostrado en Europa. El crecimiento de la en promedio anual de la industria alemana de cubiertas vegetales ha sido de un 15-20% desde 1982. Con un millón de m² de cubiertas vegetales construidas en Alemania (Occidental) ya en 1989 y esta cifra llego hasta los 10 millones de m² en 1996. La industria de las cubiertas vegetales está bien establecida, documentada y apoyada en Alemania, y en año 2001 representaba aproximadamente el 7% de toda la construcción de nuevas cubiertas, lo que significa unos 13.5 millones de metros cuadrados de cubierta ecológica. [JIMÉNEZ, 2008].

Ante estos datos parece lógico pensar que, a pesar de que la industria de jardines verticales está dando sus primeros pasos, se pueden esperar unas oportunidades de mercado y empleo similares.

2.2.2.13 Innovación y diseño medioambiental

El diseño del edificio CH2 obtuvo una calificación de seis estrellas (estado: líder mundial) en el Consejo de Edificios Verdes de Australia (GBCA) bajo el sistema de clasificación de “Green Star”. También el edificio terminado fue galardonado con seis estrellas, en la categoría de construcción, entre una serie de premios concedidos por la industria de la edificación. El GBCA es una organización australiana a nivel



nacional, sin ánimo de lucro y con el apoyo de la industria y los gobiernos de dicho país. El objetivo del “Green Building Council” según sus estatutos, es el desarrollo de una industria sostenible en Australia y la adopción de prácticas de edificación sostenibles a través de soluciones basadas en el mercado [CARRERA, 2013].

2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS VEGETALES VERTICALES (MUROS VERDES)

Al abordar la clasificación de los diferentes tipos de sistemas vegetales verticales encontramos una primera división básica: las fachadas *vegetales tradicionales* que son aquellas en las que las plantas crecen en el sustrato directamente del suelo y los “*muros vivos*”, en los que las plantas reciben el agua y los nutrientes necesarios a nivel del propio paramento.

Ambos sistemas se dividen a su vez en directo e indirecto. Este último consta de un sistema intermedio entre las plantas y la fachada, creando una cámara de aire. Puede estar formado por un sistema de soporte, por espaciadores o por maceteros.

A continuación, se han reflejado en las tablas 2.2 y 2.3 los principales sistemas para muros verdes:



Tabla 2.2: Clasificaciones de fachadas verticales

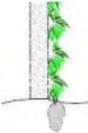
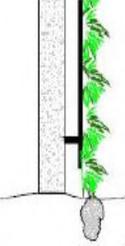
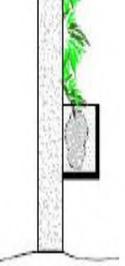
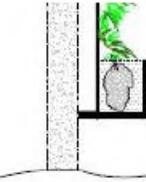
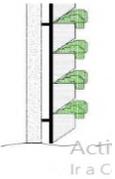
SISTEMAS VEGETALES VERTICALES	FACHADAS VEGETALES TRADICIONALES (GREENFACADES) Vegetación plantada en el suelo	SISTEMA DIRECTO (Usa la fachada como guía)	Trepadoras autoadherentes	Con raíces aéreas	
				Con ventosas	
		SISTEMA INDIRECTO (Sistema intermedio entre las plantas y la fachada usado como guía)	Trepadoras autoadherentes	Trepadoras con raíces aéreas	
			Trepadoras con sistema de soporte	Trepadoras con ventosas	
	MUROS VIVOS (Agua y nutrientes aportados desde la propia fachada)	SISTEMA DIRECTO (Usa la fachada como guía)	COMBINADO CON MACETEROS: Trepadoras autoadherentes	Trepadoras con raíces aéreas	
			Muro con vegetación (natural)	Trepadoras con ventosas	
			Muro con vegetación (creado artificialmente)	Plantas herbáceas y	
		SISTEMA INDIRECTO (Sistema intermedio entre las plantas y la fachada: espaciadores, maceteros, sistema de soporte)	Hormigón vegetal	Plantas herbáceas	
			Trepadoras con sistema de soporte	Trenzado	
			Fachada vegetal invernadero y panel deslizante vegetal	Plantas con zarcillos	
		LWS (Living Wall Systems)			



Tabla 2.3: Clasificación de los LWS

LWS (Living Wall Systems)	SISTEMAS CON SUSTRATO PESADO (GAVIONES, MACETEROS, CONTENEDORES) (Autoportante o colgado)		Eco-bin Leaf Box	
			Green waves system	
	SISTEMAS CON SUSTRATO LIGERO (SISTEMA DE BANDEJAS)	PANELES PLÁSTICOS	Parabienta VGM Green Wall	
		PANELES METÁLICOS	Green Living Walls	
	SISTEMAS HIDROPÓNICOS	ESPUMAS (FOAM)	Sistema F+P Living EcoWall® Fytowall- Phytogreen	
		FIELTROS GEOTEXTILES	Le mur vegetal (Patrick Blanc)	
		LANAS MINERALES FIBRAS	GSky Pro Wall System Sistemas Wallflore	
SISTEMA AEROPÓNICO		Richard Stoner (Nasa) Sistema nébula		

Fuente: Elaboración propia

2.3.1 FACHADAS VEGETALES TRADICIONALES

En este tipo de sistema las plantas tienen sus raíces en el suelo y según si el sistema es directo o indirecto crecen ascendiendo directamente sobre la fachada o con un sistema intermedio.

Estos tipos de sistemas tienen un crecimiento lento (de varios años). No es necesario sistema de riego, ya que las plantas toman los recursos necesarios del sustrato natural.

En el caso del sistema directo, las trepadoras deben de ser capaces de ascender por la fachada por sus propios medios, es decir, deben ser capaces



de adherirse en su ascenso al paramento. De poco costo ya que solo se requiere una poda regular de hojas que crecen cerca de las ventanas, y de fácil implementación.

En la tabla 2.4, se detalla las ventajas y desventajas del este sistema de vegetales tradicionales:

Tabla 2.4 - Fachadas Vegetales Tradicionales

VENTAJAS	DESVENTAJAS
De poco costo ya que solo se requiere una poda regular de hojas que crecen cerca de las ventanas, y de fácil implementación.	Debido a que algunas hiedras tienen raíces aéreas pueden deteriorar la estructura aún más si poseen fisuras o grietas.
Por la aplicación de especies vegetales con hojas caducas, ayudan que invierno ingrese la luz solar y limitar por lo contrario en verano.	Limita la creación de patrones de diseño ya que no se utilizan variedades de plantas. En comparación con otros sistemas vegetales es reducida la protección contra elementos atmosféricos.

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.1 Sistema de cables trenzados

Sistema de doble piel con la utilización de cables y varillas de acero inoxidable, que sirven de apoyo a plantas trepadoras.

“En el mercado existen diferentes soluciones en función del peso que deberá soportar la estructura, dispone de diferentes tipos de anclajes en función del material de fachada para garantizar la estabilidad y durabilidad del sistema. También diferencia dos disposiciones, la ortogonal, o bien formando rombos. El sistema al estar realizado con acero inoxidable es altamente resistente a la corrosión, requiere poco mantenimiento, posee un largo ciclo de uso y es 100% reciclable.” [LÓPEZ, 2015].

En la tabla 2.5, se describe las ventajas y desventajas de este sistema de muro, cables trenzados.



Tabla 2.5: Sistema de cables Trenzados

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mantenimiento La utilización de elementos hechos de acero inoxidable los hace que sean resistentes a la intemperie alargando su vida útil, incorporando un sistema de riego automatizado abaratando también su costo.	Re cubrición de las plantas A causa de que el crecimiento de las plantas es tardío trae como consecuencia de que si una de estas muere quedara un vacío en la fachada.
Instalación Fácil, se adapta a las medidas necesarias para la instalación en el sitio determinado. Bajo el peso propio del sistema. Es flexible y se ajusta a las diversas especies que se implemente.	Aislamiento térmico Al igual que las fachadas vegetales tradicionales el efecto aislante y el incremento de inercia térmica son reducidos.
Costes de inversión Por los varios beneficios ambientales que se reciben de este sistema la inversión de creación es proporcional.	Estético Limitación respecto a la libertad artística y el uso de diferentes especies de plantas para crear patrones y diseños, por su tipología.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 MUROS VIVOS

Estos sistemas aportan el agua y los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas desde la propia fachada. Al igual que en el caso anterior, se dividen en directos e indirectos.

2.3.2.1 SISTEMAS DIRECTOS

2.3.2.1.1 Maceteros

En este caso las plantas crecen en contenedores intermedios, situados en la parte inferior de cada nivel de planta o en la cubierta, formando sistemas colgantes. Este sistema necesita un aporte continuo de agua porque las plantas ya no se encuentran en contacto directo con el suelo. Su crecimiento es lento y está limitado por el espacio que tienen las raíces para crecer en los maceteros. [LÓPEZ, 2015].



2.3.2.1.2 Muros con vegetación natural

Este tipo de envolvente vegetal surge espontáneamente entre las juntas de los elementos discontinuos o en paramentos continuos en estado de disgregación y es fácil de encontrar en edificios antiguos, castillos o muros sombríos. [LÓPEZ, 2015].

2.3.2.1.3 Muros con vegetación artificial

En este sistema las plantas crecen intencionadamente en el sustrato entre los elementos. Si se sitúan los paneles con un cierto grado de inclinación, se aprovecha en mayor medida el agua de lluvia reduciendo las necesidades de riego. El número de especies que son compatibles con el hormigón es limitado, debido al alto PH de este. [LÓPEZ, 2015].

2.3.2.1.4 Hormigón vegetal o biológico

Este sistema se basa en la utilización de un hormigón permeable, que posee una serie de cavidades donde crecen las plantas. Entre la hoja interior (generalmente también de hormigón) y el hormigón polímero se sitúa una lámina impermeable, que protege a la hoja interior. Mientras que la hoja interior tiene un PH alrededor de 8 (portland convencional) el exterior es ligeramente ácido (a base de fosfato de magnesio) y se comporta como un soporte capaz de retener la humedad y que propicia naturalmente el crecimiento y el desarrollo de ciertos organismos como algas, hongos o líquenes mediante un proceso natural de colonización. [LÓPEZ, 2015].

El riego del sistema se realiza por conducciones exteriores, reutilizando el agua de lluvia.

2.3.2.2 SISTEMAS INDIRECTOS

2.3.2.2.1 Trepadoras con sistema de soporte

En este caso los contenedores, situados generalmente a nivel de cada planta, se separan de la fachada creando una doble piel mediante sistemas de enrejados o cables ya vistos anteriormente.



2.3.2.2.2 Fachada vegetal invernadero

Este sistema actúa como un material constructivo debido a que incorpora los elementos vegetales a las fachadas, además de que estos funcionan como ventilación térmica del espacio y protege del sol. “Este sistema tiene la capacidad de darle el confort al edificio ya que según la condición del clima exterior muestra una respuesta térmica variable.” [CARRERA, 2011].

Sistema que tiene “Tres capas o subsistemas correlativos que lo componen. En la época de verano debido a que el aire exterior atraviesa la lámina vegetal húmeda ayuda a enfriar el ambiente interior, a lo contrario en invierno calienta el flujo del aire, teniendo un ahorro energético en cualquiera de los dos casos. La capa exterior regula las condiciones térmicas, según las necesidades que se requieran” [CARRERA, 2011].

Este sistema facilita su instalación, se lo aplica en proyectos de rehabilitación y viviendas, este sistema posee:

1. Capa exterior. Formada por lamas regulables.
2. Capa intermedia vegetal. Compuesto por jardinera metálica con sistema de riego automático por inmersión y control por temporizador y cableado de acero de desarrollo helicoidal como soporte de especies vegetales.
3. Capa interior. Ventana corredera de dos hojas.

En la tabla 2.6, se detalla las ventajas y desventajas de este sistema:



Tabla 2.6: fachada vegetal Sistema invernadero

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Aspecto ambiental El sistema permite un consumo energético bajo en verano por que obstruye el paso del sol por la implementación de especies vegetales.	Se lo realiza o se implementa solo en lugares donde realizan los estudios del sistema.
Estético Por el uso de especies vegetales ayuda a mejorar el entorno siendo una destaca arquitectura urbana.	
Instalación Su sistema modular permite que su instalación sea fácil.	

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.2.3 Panel deslizante vegetal

Ayudan a proteger las paredes exteriores ya que es un sistema vegetal móvil que permite cubrir huecos que se encuentren en la fachada.

“Al incorporar plantas trepadoras permite tener como objetivo principal proteger del calor a la edificación, por consecuente reduce la radiación dándole sombra y así mismo reduce la temperatura del aire cercano al muro.” [LÓPEZ, 2015].

Se usa una maceta en el inferior del panel como soporte de la planta, se prefiere el uso de plantas de hojas no caducas.

“Para un ahorro de agua se adapta al elemento móvil manteniendo al sustrato húmedo se lo conoce como sistema de riego por capilaridad, se utilizan jazmines amarillo y silvestre o también hortalizas.” [LÓPEZ, 2015].



Tabla 2.7: Sistema de panel deslizante vegetal

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Al incorporar plantas de hojas caducas evita la filtración solar y como es un sistema móvil protege también los huecos de las fachadas.	Se pueden usar solo en edificaciones con orificios en su exterior, siempre y cuando permita la colocación de la misma.
Instalación De fácil y rápida instalación en su puesta en obra.	

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.2.4 Living Wall Systems (LWS)

Entrando en esta clasificación dejamos atrás los sistemas más tradicionales para dar paso a soluciones en las que las plantas crecen a cierta distancia de la fachada, mediante sistemas que permiten su crecimiento formando envolventes vegetales con aspecto continuo. Son aplicables a entornos tanto exteriores como interiores.

Pueden ser contruidos prácticamente en cualquier localización, ya que debido a las características del sistema permiten incorporar especies que no necesitan tener capacidades de adherencia (trepadoras) ni ser colgantes, abriendo un abanico de nuevas posibilidades. De esta forma pueden construirse en climas muy soleados, tropicales y climas templados. [LÓPEZ, 2015].

La incorporación de mayor número de especies vegetales permite la recreación de ecosistemas naturales, en los que hay que cuidar la relación entre los diferentes tipos de plantas. Además permite plantar especies que cumplan requerimientos específicos según el entorno urbano. [LÓPEZ, 2015].

Debido a la diversidad y densidad de vida vegetal, los LWS requieren cuidados y mantenimiento más intensivos (riego continuo, nutrientes, fertilizantes). Es común integrar los sistemas de riego en los sistemas modulares (gaviones, sistemas tipo bandeja). Existen sistemas automáticos de control de la cantidad de agua y nutrientes necesarios, que facilitan en gran medida el mantenimiento. Pueden ser controlados por centralita desde la empresa instaladora del sistema. [LÓPEZ, 2015].



Además del uso de agua de la red, también es posible almacenar el agua de lluvia, en función del grado de sustancias contaminantes y esporas presentes en esta. Dicha agua debe ser filtrada y requiere un espacio específico de almacenamiento, junto con el necesario para el sistema de bombeo, por lo que en ocasiones su uso puede no ser la solución más adecuada. Se debe tener en cuenta además que los proyectos que cuentan con varias fachadas vegetales, cada una con una orientación concreta, tendrán necesidades diferentes y por lo tanto los sistemas de riego deben poder ser regulados de forma independiente. Es obvio que el consumo de agua de una fachada sur no será el mismo que una orientada a norte y variará según las circunstancias climatológicas [LÓPEZ, 2015].

Los principales tipos de LWS son los de sustrato pesado (gaviones), los de sustrato ligero (sistemas tipo bandeja), los hidropónicos y los aeropónicos.

A continuación:

- SISTEMAS CON SUSTRATO PESADO
- SISTEMAS CON SUSTRATO LIGERO (BANDEJAS MODULARES)
- SISTEMAS HIDROPÓNICOS
- SISTEMAS AEROPÓNICOS

2.3.2.2.4.1 Sistemas con sustrato pesado

A). Sistema eco-bin

La característica principal del sistema es el medio de plantación, constituido por una fábrica de celdas cerámicas, cuya inclinación junto a la combinación de sustratos específica permite almacenar agua durante un largo periodo de tiempo.

La concepción de este jardín vertical se aleja de los complejos sistemas automatizados de jardinería vertical, si bien es cierto que requiere un mantenimiento más personalizado, esta tipología acerca la posibilidad de tener un jardín vertical a un nivel más doméstico. El tipo de vegetación seleccionada requiere muy poca agua y mínimo mantenimiento. El propio usuario es capaz de sustituir las plantas sin conocimientos especializados. [DÍAZ, ALEJO, 2016].



Aunque se puede utilizar en todo tipo de climas, eco-bin es un sistema que destaca por su buen comportamiento en climas áridos y semiáridos con elevado soleamiento.

La película Ug-OMS aplicada sobre las celdas cerámicas es una película hidrófila que mantiene el agua de riego adherida al jardín y facilita la captación de agua atmosférica (niebla o rocío). [DÍAZ, ALEJO, 2016].

Como valor añadido los huecos cerámicos actúan como cámaras que convierten a este sistema en una barrera de absorción acústica.

Sobre el muro se coloca una membrana de poliuretano, sobre la que se van colocando las celdas cerámicas hidrofugadas inclinadas de 7 a 15° sobre la horizontal. Las celdas cerámicas se fijan al muro mediante mortero y conectores de alambre de acero inoxidable y pueden albergar hasta 80 plantas/m². El sistema de riego se basa en una distribución sectorizada de líneas de goteo autocompensante con goteos de 4 litros/hora y separación de 3 metros entre líneas [[DÍAZ, ALEJO, 2016]7].

B) Sistema leaf-box

Se trata de un sistema de paneles modulares rellenos de sustrato vegetal con un espesor de 10 a 15cm instalados sobre bastidores de aluminio. La naturaleza y durabilidad del sustrato utilizado permite una simplificación del sistema de fertirrigación, facilitando el mantenimiento del jardín sobretodo en instalaciones particulares. [DÍAZ, ALEJO, 2016]

Este sistema permite la instalación de paneles preplantados con variedades de sedum, obteniendo una superficie verde desde el primer momento de la instalación o la plantación de especies vegetales una a una según diseño.

Permite una densidad de hasta 40 plantas / metro cuadrado.



2.3.2.2.4.2 Sistemas con sustrato ligero (bandejas modulares)

A) Paneles plásticos

VGM Green Wall (Elmich)

Está formado por paneles modulares de polipropileno de 60 x 50cm, con 15 o 25 mm de espesor. Se fijan mediante un entramado de perfilería en dirección vertical y horizontal.

En el interior de cada panel el sustrato es retenido por un fieltro en el que se practican rasgaduras para introducir las plantas. El sistema de riego es por goteo, intercalado entre los módulos. [DÍAZ, ALEJO, 2016]

B) Paneles metálicos

Green living walls

Se trata de un sistema formado por paneles de acero inoxidable o aluminio, disponible en varios tamaños (60*60*7 cm, 30*60*7 cm y 30*30* 7 cm), que se instalan sobre una serie de perfiles dispuestos tanto vertical como horizontalmente. Terminan de conformar el sistema un fieltro de fibras de poliéster al que se le practican rasgaduras para alojar las plantas y un material aislante situado en el extremo interior del conjunto.

“Este sistema optimiza la fachada energéticamente debido a que genera una cámara de aire por la distancia que hay de la pared al sistema posee una sencilla estructura metálica de anclaje con un soporte vertical incrustado en el cerramiento, se puede desmontar fácilmente.” [LÓPEZ, 2015].

En la parte interior de estas cajas se deben ubicar los nutrientes que se requieren para el crecimiento de la vegetación. “Tiene un tratamiento anticorrosivo aunque posee un geotextil que envuelve al sustrato y evita la pérdida de agua” [LÓPEZ, 2015].

El espacio de separación entre los paneles y la pared del edificio que están sujetos por anclas permiten generar una cámara de aire.



“Concerniente a el tipo de plantas que se deben usar se requieren las Sedum ya que son especies autóctonas y requieren menos consumo de agua, sus sistema de riego es por goteo con tuberías de 16mm.” [LÓPEZ, 2015].

Tabla 2.8- Sistema de paneles metálicos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Cubierta vegetal Por el uso de plantas ya desarrolladas ayuda al fácil reemplazo de las mismas cuando estas mueran.	Peso Pueden llegar a pesar 5 veces más que los sistemas hidropónicos que pesan 30 kg/m ² , por lo que hay que considerar a la hora de usar este tipo de sistema.
Comportamiento ambiental Ayuda a la reducción o aislación térmica y acústica en el interior del ambiente y a la misma vez protege de contaminantes la edificación.	Diversidad de la vegetación Son cajas de poco espacio por lo que no permite que la raíz de la planta se desarrolle con facilidad, reduciendo la probabilidad de crear ecosistemas naturales.
Implantación Por la utilización de celdas de forma individual facilitan su instalación y a la misma vez su reemplazo.	Mantenimiento Debido a los diferentes aspectos ambientales pueden deteriorar los paneles como corroerlos y deben ser cambiados por lo que necesitan de mayor cuidado e incrementa su costo.

Fuente: Elaboración propia



2.3.2.2.4.3 Sistemas hidropónicos

A) Espumas (FOAM)

Sistema F+P

Está desarrollado por la empresa y consiste en un trasdosado de paneles de PVC anclados sobre bastidores. Una doble capa sintética sin tejer hace de retención de las plantas. Como sustrato se coloca una espuma a base de poliéster-algodón. [CARRERA, 2011].

Es un sistema de bajo peso (25-30kg/m² saturado), con una velocidad de montaje de 100m² en 10 días aprox. Las especies se plantan y sustituyen con facilidad ya que se pueden plantar y extraer de forma independiente. El sistema de riego se sitúa entre la capa de material no tejido, lo que permite un fácil acceso. El espesor total del sistema ronda los 20cm, con 40 plantas/m². [CARRERA,2011]

El sistema F+P crea un ecosistema que potencia el arraigo y crecimiento de las plantas, esto permite la colonización espontánea de nuevas especies mejorando la interacción ecológica con el entorno. El sistema de riego es automatizado y gestionado mediante telecontrol. Variando las características de la solución hidropónica se reduce la necesidad de podas. [CARRERA, 2011].

B) Filtros geotextiles

Le mur vegetal (Patrick Blanc)

El botánico francés Patrick Blanc, está acreditado como el inventor del primer sistema hidropónico para la introducción de jardines verticales en edificios.

El sistema se compone de tres partes: un marco estructural, una capa impermeable de PVC y dos capas de fieltro geotextil, El sistema se instala sobre un marco formado por vigas verticales. Este marco se fija al elemento del edificio o estructura donde se quiere instalar el jardín vertical. A continuación, se sujetan sobre el marco unas láminas de PVC impermeables. [CARRERA, 2011].

Tanto los sistemas para exterior, tienen una cámara de aire entre la lámina impermeable y la pared, fachada o estructura existente, este espacio mide entre



aproximadamente 5 cm de ancho, y recorre toda la altura y la longitud del sistema vegetal. Esto permite que el aire circule libremente detrás del sistema (imagen 40).

Dos capas de material reciclado de fibras sintéticas (geotextil) se grapan a los paneles impermeables. Estas capas disponen de las bolsas que son el soporte físico de las plantas y el sustrato de cultivo. El medio de cultivo se compone de sustratos inertes, como perlita y vermiculita. Estos tipos de sustrato retienen el agua durante más tiempo que un sustrato biológico, reduciendo la cantidad de riego necesaria. Un sistema de riego por goteo colocado entre las dos capas de material fibroso aporta el agua y los nutrientes (imagen 41). [CARRERA, 2011].

En la siguiente tabla 2.9 se hace un resumen de las ventajas y desventajas del sistema hidropónico:

Tabla 2.9: Sistema hidropónico de fieltros geotextiles (Patrick Blanc)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Innovación Se pretende usar un sistema hidropónico que se caracteriza por el uso de fertilizantes evitando la aparición de insectos.</p>	<p>Inversión inicial De costo alto por el equipo de riego y sus accesorios automáticos.</p>
<p>Ligereza El peso por metro cuadrado terminado de jardín vertical es de 30Kg/m², frente a los 150 Kg/m² de los otros sistemas.</p>	<p>Instalación Debe ser instalado por personal adecuado para este tipo de sistemas.</p>
<p>Sustitución de plantas Poseen una bolsa donde serán implantadas de manera individual la planta y se podrá sustituir fácilmente.</p>	<p>Mantenimiento Debido a que es un sistema motorizado requiere de mucho mantenimiento ya que se debe controlar el pH de las plantas.</p>
<p>Comportamiento Ambiental Ayuda a crear un ambiente natural confortable que en invierno da un aislamiento térmico y en verano reduce la temperatura ambiente, su riego permite el uso menos de agua porque se realiza de manera puntual a la raíz de la planta.</p>	<p>Uso de PVC Se podría cuestionar el factor ecológico de alguno de los materiales que utilizan estos sistemas, como la lámina impermeable, hecha de cloruro de polivinilo (PVC).</p>
<p>Protección del edificio Al formar un cerramiento protector exterior, evita el deterioro de la fachada a causa de los rayos ultravioleta o el ácido carbónico.</p>	
<p>Factor estético Se pueden usar diversas plantas creando variedades de diseños.</p>	

Fuente: Elaboración propia



C) Lanas y fibras

Sistema GSky Pro Wall

Este sistema consta de 5 componentes principales:

1. Bastidores de acero inoxidable
2. Paneles de acero inoxidable, de dimensiones personalizables
3. Medio en el que crecen: lana de roca Imágenes 42, 43 y 44. Sistema GSky Pro-wall.
4. Plantas, preplantadas en unas celdas
5. Sistema monitorizado de irrigación y fertilización

E) Sistemas aeropónicos

Sistema Nébula

El sistema de fachada vegetal Nébula está formado por una agrupación de plantas aéreas llamadas tillandsias. Esta familia de plantas obtiene el agua y los nutrientes que necesita del aire, por lo que las necesidades de riego son mínimas y no es necesaria aportación de nutrientes. [DÍAZ, ALEJO, 2016].

La principal ventaja de este sistema es el mínimo mantenimiento que se puede realizar mediante pulverizadores manuales o con nebulizadores, esta última opción crea alrededor del jardín vertical una pequeña nube de niebla. Se trata de un sistema especialmente recomendado para situaciones donde no se pueda tener acceso a las instalaciones de agua. [DÍAZ, ALEJO, 2016].

2.3.2.2.5 RESUMEN DE LOS SISTEMAS DE FACHADAS VEGETALES



Tabla 2.10. Resumen de las características de los diferentes sistemas.

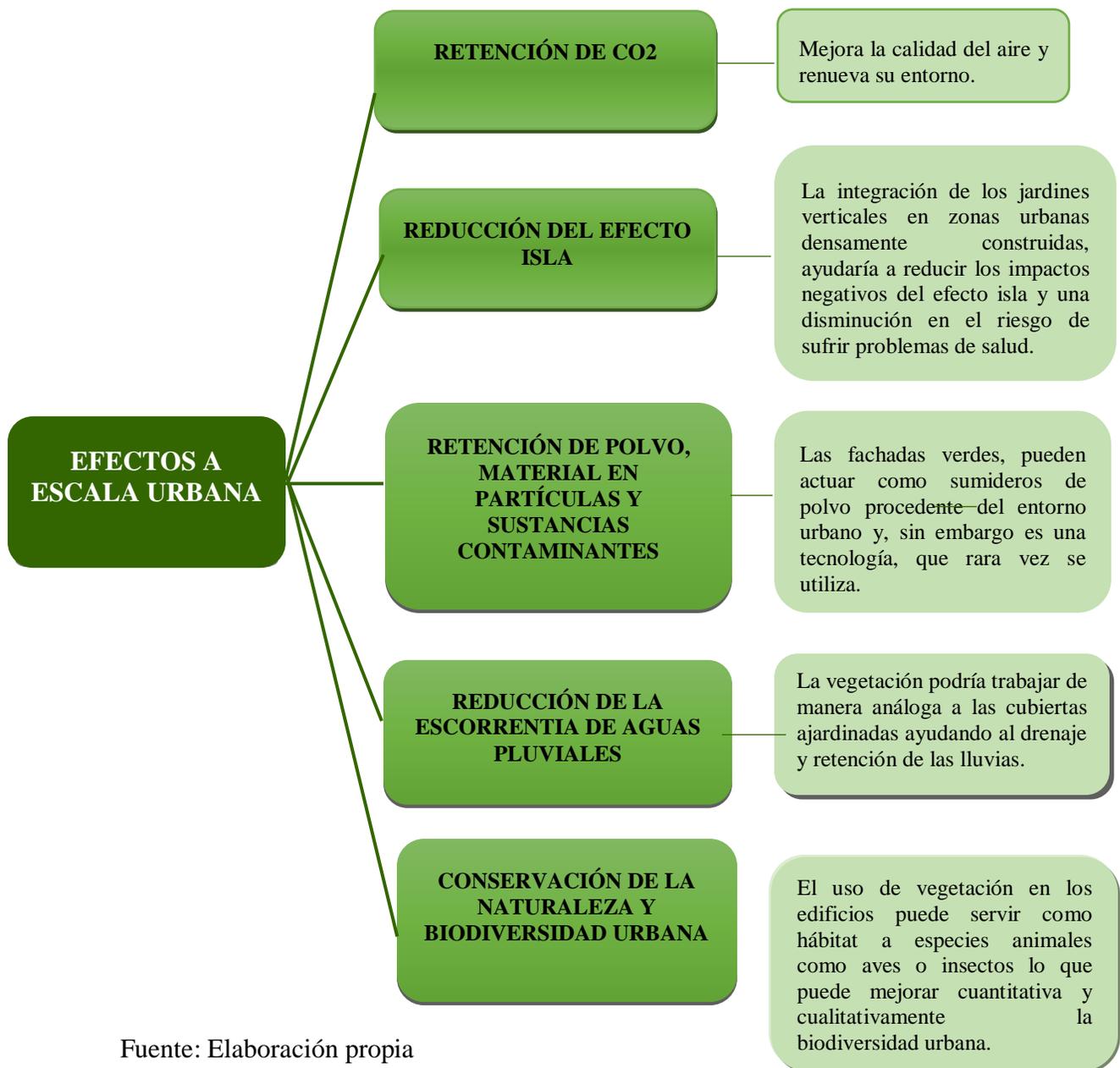
TIPO DE SISTEMAS	LWS SUSTRATO	LWS ESPUMAS	LWS LANAS MINERALES	LWS FIELTROS GEOTEXTILES	SISTEMAS DIRECTOS	SISTEMAS INDIRECTOS NO (LWS)	SISTEMAS INDIRECTOS COMBINADOS CON MASETEROS ACERO INOX.	SISTEMAS INDIRECTOS COMBINADOS CON MACETEROS HDPE
TIEMPO DE CRECIMIENTO (años)	< 1	< 1	< 1	< 1	30	30	2-5	2-5
NÚMERO DE PLANTAS (plantas/m ²)	30	22-25	27	25	< 4	<4	<4	<4
PESO DEL SISTEMA (Kg/m ²)	>150	100-120	40-60	100	5	6,5	60	25
VIDA DE LA PLANTA(años)	10	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-
BIODEGRADABLE	Plantas	Plantas-espuma	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas
GRADO DE PREFABRICACIÓN	Prefabricado	Prefabricado	Prefabricado	Prefabricado/In situ	In situ	Prefabricado/In situ	Prefabricado/In situ	Prefabricado/In situ
DESCENSO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL	4,5°C	-	-	4,5°C	4,5°C	4,5°C	-	-
MANTENIMIENTO	Medio- Alto	Alto (Poda, reemplazamiento de paneles y plantas anuales)	Alto (Poda, reemplazamiento de paneles y plantas anuales)	Alto (Poda, reemplazamiento de paneles y plantas anuales)	Bajo	Bajo- medio	Bajo- medio	Bajo- medio
ESPECIES ADECUADAS	De hoja perenne: <i>Pterospida (Helechos)</i> , <i>Lamium galeobdolon (Arcángel amarillo)</i> , <i>Carex</i> , <i>Alchemilla (Rosáceas)</i> , <i>Hosta</i> , <i>Geraniums (Geranios)</i> , <i>Pachysandra</i>				Trepadoras de hoja perenne: <i>Hedera Helix (Hiedra Común)</i> ,		Trepadoras de hoja perenne: <i>Hedera Helix (Hiedra común)</i>	

Fuente: Elaboración propia

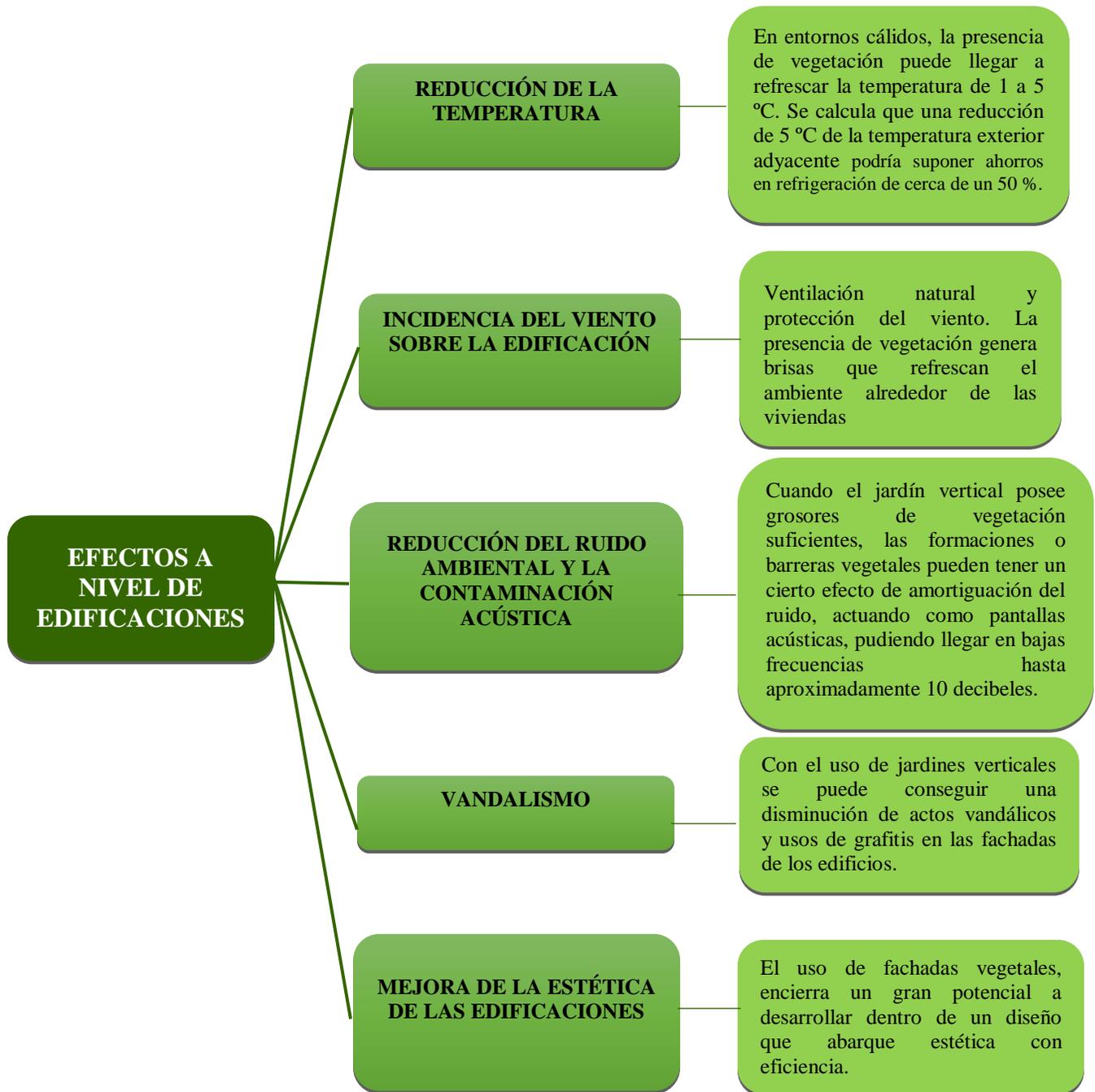


2.4 BENEFICIOS DE LAS FACHADAS VEGETALES EN EL MEDIO AMBIENTE Y EDIFICACIONES

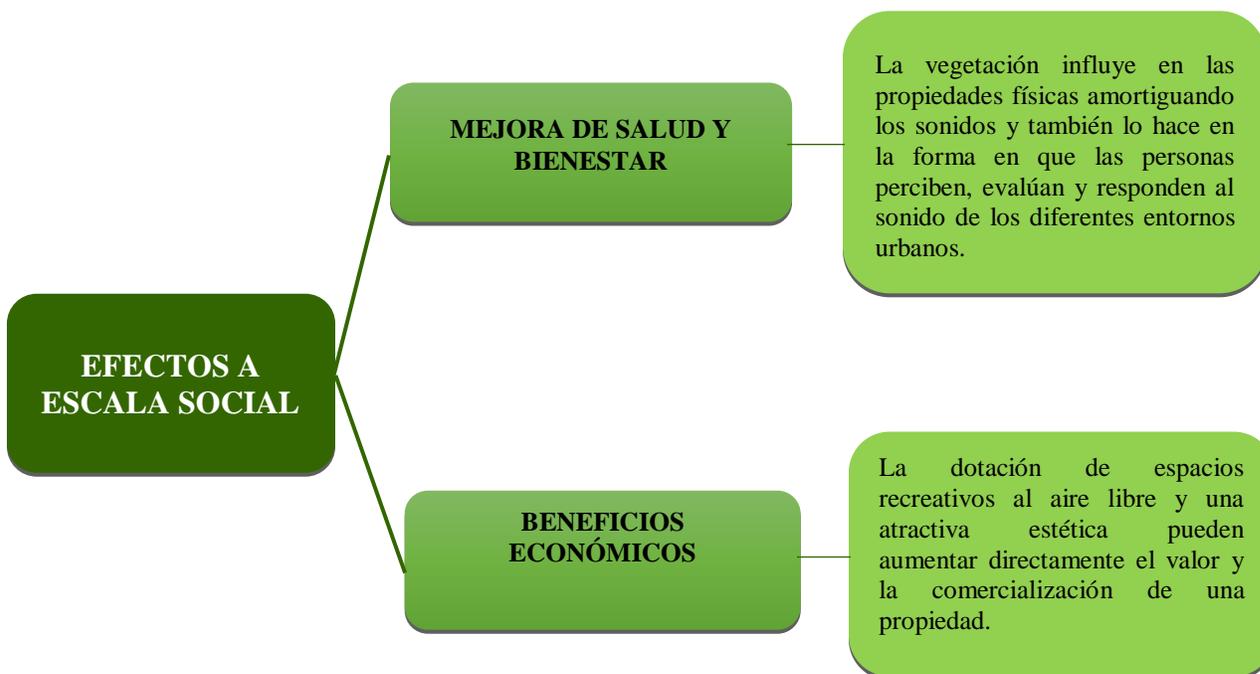
El uso de Fachadas Vegetales en edificaciones urbanas existentes o en proceso de ejecución “Indicando el desarrollo de diversos estudios o investigaciones de los novedosos beneficios medioambientales con interacción del ser humano que nos ofrece”. [DÍAZ, ALEJO, 2016]



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

2.5 PLANTAS EN EL MERCADO LOCAL ADECUADAS PARA FACHADAS VEGETALES

Las plantas han demostrado que reducen los niveles interiores de dióxido de carbono, aumentando los niveles de confort por los niveles de humedad creciente, y reducen las emisiones monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno. También tienen la capacidad de atrapar partículas de polvo en las superficies de las hojas. Este se acumula en la superficie de las hojas a través de la sedimentación, la impactación y la precipitación.

Las plantas contribuyen a desintoxicar los espacios, refrescan y purifican el aire, permiten aprovechar y reciclar el agua de la lluvia, convierten los edificios enfermos en lugares más agradables, y sobre todo, más eficientes energéticamente hablando.

Las plantas filtran los agentes tóxicos, los metales pesados y los hidrocarburos presentes en el aire, el suelo y en el agua, y sus microorganismos lo degradan, provocando así una neutralización de sus efectos en nuestra salud y la del medio ambiente.



Los determinados factores que se debe tomar en cuenta al momento de escoger las plantas son: las características climatológicas del lugar, las preferencias del cliente según las necesidades, y los contrastes que se pueden generar ayudando a mejorar la estética. De acuerdo a las características de las plantas deben ser de tamaño bajo, las hojas de superficies rugosas, pelos finos y venas esta variedad de plantas son más eficientes en la captura de partículas de polvo del aire que las que tienen hojas lisas, y que se puedan adaptar de forma vertical; Entre estas plantas son específicamente ornamentales, tapizantes o trepadoras; mencionaremos en la Tabla 2.11, algunas de plantas que cumplan estos requisitos y especialmente se encuentra en el mercado tarijeño o viveros que existe en la ciudad.



Tabla 2.11: Descripción de sus características de las plantas trepadoras

PLANTAS TREPADORAS

Nombre comun	Nombre científico (Familia)	Referencia	Condicion Ambiental			Tipo de riego			Foto	Observaciones
			Sol	Me dia sombra	Sombra	Alto	Medio	Bajo		
						2 v.al dia	1 v.al dia	1 v.a la semana		
Campanila o maravilla	Ipomoea indica (Convolvulaceae)	Perenne								Es una planta ornamental, floración anual, y crece sin dificultad Color: hojas verdes o verde oliva en el haz, flores azules brillantes o púrpura Temperatura: Cálidos.
Enamorada del muro	Ficus Trepador Moraceae.	Perenne								Son plantas bastante resistentes a las enfermedades y plagas de jardín. Se multiplican bastante fácilmente a partir de esquejes.
Hiedra	Hedera helix Lianas trepadoras	Perenne								Tolera las bajas temperaturas la superficie de muros debe ser aspera que facilite el enraizamiento al mismo
Paleta de pintor, hoja de la sangre.	Hypoestes sanguinolenta	Perenne								Suelo bien drenado es una planta de uso ornamental
Oreja de conejo	Stachys byzantina, (Lamiaceae)	perennifolia, rizomatoza								Es muy resistente al sol al frio y sirve para recubrimientos de muros



Tabla 2.12: Descripción de sus características de las plantas ornamentales para utilizar en muros verdes

Nombre comun	Nombre científico (Familia)	Referencia	Condicion Ambiental			Tipo de riego			Foto	Observaciones
			Sol	Media sombra	Sombra	Alto	Medio	Bajo		
			●	●/■	■	2 v.al dia	1 v.al dia	1 v.a la semana		
Tradescantia Purpurina	Setcreasea Pallida	Perenne	●	●/■				●		Resiste a todo tipo de suelo planta ornamental soporta los grandes frios
Tradescantia zebrina.	Magnoliophyta (Commelinaceae)	Perenne	●	●/■				●		Presenta una roseta basal de hojas de hasta 15 cm de largo, carnosas, lineales a lanceoladas, verdoso y los márgenes del haz de intenso color púrpura, que se vuelve verdoso con la exposición constante al sol
Peperomia	Peperomia obtusifolia	Perenne	●	●/■				●		Existen diferentes variedades de peperomia dependiendo de los matices de color de sus hojas, pero todas ellas tienen un brillo característico.
Paleta de pintor, hoja de la sangre.	Hypoestes sanguinolenta		●					●		Color del follaje: Verde oscuro con Rosa pálido, rosa, Magenta (rosa-púrpura), Blanco o casi blanco Luz: sombra parcial y sombra Abundante Tipo de suelo: Húmedo y bien drenado
Oreja de conejo	Stachys byzantina, (Lamiaceae)	perennifolia, rizomatoza	●	●/■				●		Sus hojas son pequeñas, de color verde claro por los pelos que la cubren, son muy resistentes al frio



Nombre comun	Nombre científico (Familia)	Referencia	Condicion Ambiental			Tipo de riego			Foto	Observaciones
			Sol	Media sombra	Sombra	Alto	Medio	Bajo		
			2 v.al día	1 v.al día	1 v.a la semana					
Dolar o planta del dinero	Plectranthus australis (Lamiaceae)	Perenne								Es una planta que soporta bastante bien la sequía, Tiene un ritmo de crecimiento rápido siempre que el clima sea agradable.
cola de borrego cola de burro, nariz de borracho	Sedum Crasulaceas	Perenne								Riego moderado planta suculenta colgante un buen drenaje es esencial
Caramelo rocío	Aptenia cordifolia (Aizoaceae)	Perenne								Es una especie muy fácil de reproducir Esta planta crece de tal forma que evita la aparición de malas hierbas donde la sembremos aguanta grandes sequías y soporta el frío.
Pensamiento o Trinitaria	Viola tricolor (Violáceas)	Perennifolio								Es una planta herbácea La raíz de esta planta, es fasciculada (no tiene una raíz principal) y es muy pequeña Resistente a las heladas sustrato: Bien drenado, húmedo, rico en materia orgánica.
Hierva buena	Mentha spicata (Nepetoideae)	Perennes y semiperennes								La Hierbabuena es un arbusto perenne, sus aromáticas hojas son muy utilizadas para decorar y aromatizar posee propiedades, antisépticas, analgésicas, antiinflamatorias y estimulantes.



Nombre comun	Nombre científico (Familia)	Referencia	Condicion Ambiental			Tipo de riego			Foto	Observaciones
			Sol	Media sombra	Sombra	Alto	Medio	Bajo		
						2 v.al dia	1 v.al dia	1 v.a la semana		
Capuchina, flor de sangre o taco de reina	Tropaeolum majus (Tropaeolaceas)	Perenne medicinal								Color: flores color naranja Forma: hojas redondeadas, flores grandes. Temperatura: templado
Cascada	Glechoma hederácea (Lamiaceae)	Perenne y perennifolia								En verano produce flores insignificantes Resistencia a heladas, puede tolerar temperaturas hasta de -5°C
Mala madre lazos de amor	Chlorophytum comosum (Asteráceas-Liliáceas)	Perenne								siempreverde que forma rosetas de hojas largas, estrechas y lanceoladas de color blanco crema con bandas y bordes verdes. suelo bien drenado
Amaranto	Iresine herbstii (Amaranthaceae)	Perennifolio								follaje de color rosa-rojo Las flores son de color blanco o verde flores pequeñas pueden soportar temperaturas altas.
Cretona	Coleus (Labiadas.)	Perenne								Sus hojas son compuestas simples en corazon se cultiva por la belleza de sus hojas de colorido muy variado.



Nombre comun	Nombre científico (Familia)	Referencia	Condicion Ambiental			Tipo de riego			Foto	Observaciones
			Sol	Media sombra	Sombra	Alto	Medio	Bajo		
						2 v.al día	1 v.al día	1 v.a la semana		
Uña de gato, Garra de gato, ó Espareguera de jardí	Asparagus Sprengeri Regel (Liliáceas)	Perenne								Es una planta ornamental, se cultiva en cestas colgantes, ya sea en interiores ó pendiendo en balcones, Es una planta fácilmente adaptable, sólo requiere ambientes no demasiado secos.
Soleirdia, Lágrimas de Ángel	Soleirolia Soleirolii (Urticáceas)	Perenne								Es una planta propia de lugares muy húmedos, Existen principalmente tres variedades
Esparragueras	Asparagus sprengeri	Perenne								Esta espectacular variedad de esparraguera se caracteriza por un denso follaje Confortadas por la humedad ambiental las esparragueras cuelgan en los balcones como vaporosas masas verdes.
Parra virgen o Arroz ornamental	Pathenosissus tricuspidata	caduca								Suelo bien drenado es una planta de uso ornamental
Dedo Moro	Lampranthus spectabilis (Aizoaceae)	Perenne								Es una planta de exterior ampliamente utilizada debido a su coloración vistosa Planta perenne suculenta, de porte extendido y rastrero.

Elaboración propia



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

2.6 NORMATIVAS DE DISEÑO

Europa es el único continente que posee en la actualidad un documento que regula el funcionamiento, construcción, diseño y mantenimiento de los sistemas verticales de vegetación de edificios. Se trata de las Directrices para la planificación, ejecución y mantenimiento de fachadas, con plantas trepadoras.

2.6.1 Normas de Alemania – Europa

“Es una normativa publicada en Alemania por la FFL (Asociación Alemana de Investigación y Desarrollo en Paisaje), pero únicamente se refiere al uso de plantas trepadoras o enredaderas. Esta publicación surgió como consecuencia de la necesidad de regular una práctica habitual en este país, como era el utilizar plantas trepadoras o enredaderas en las paredes de las edificaciones, por motivos principalmente estéticos.” [NAVARRO, 2013].

En Alemania se llevó a cabo una campaña por los años 80 para el desarrollo de estas fachadas por los beneficios ambientales urbanos que estos brindan, considerando la redacción de un documento para normalizar la práctica de las mismas. [NAVARRO, 2013].

Dicho documento detalla el uso de soportes donde se dará el crecimiento de diversas plantas especialmente especies trepadoras o enredaderas que se colocaran en las fachadas de edificios, y en balcones o parte superior de la misma, aplicación de arbustos colgantes. La norma aclara que debe ser considerado en la fase de diseño por arquitectos y diseñadores; y no regula desde el punto de vista constructivo sino para la ocupación en el área jardinería. [NAVARRO, 2013].

Desde el punto de vista conceptual la aplicación de vegetaciones en forma vertical ha dado un cambio en estos últimos años. En cuanto a los valores estéticos y técnicos los diseñadores los han relacionado, ya que realizan diseños creativos a las edificaciones buscando su sostenibilidad, y así mismo ayuda al mejoramiento del medio ambiente, haciéndolo más eficaz. [NAVARRO, 2013].



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

2.7 CRITERIOS DE DISEÑO

Uno de los criterios de diseño principales de mayor relevancia se debe a que las especies vegetales cumplen diversas funciones dentro de los entornos urbanos como: *“Enfriamiento, Reducción del efecto isla de calor, Mitigación de la contaminación, Mejoramiento de las condiciones de drenaje, Mejoramiento de la calidad de vida humana, Aumento de la vida útil de las construcciones, Generación de espacios verdes”*. [LÓPEZ, 2015].

Por ende el proyecto pretende incidir como factor social transformando la arquitectura urbana existente por medio de los *“Muros verdes”* como un elemento de contemplación además del ornato que aporta a su entorno; motivando al desarrollo y cuidado de jardines en espacios exteriores como en los edificios y casa de la Avenida La Paz fomentando la relación naturaleza y ser humano en un entorno agradable, amigable y estético.

2.7.1 Paisajismo y el Color

La psicología del color en los seres humanos produce diversos efectos tanto emocionales como intelectuales en la arquitectura paisajista. Las personas siempre buscan que en sus alrededores, donde habitan crear espacios armoniosos y contrastantes por lo que deciden extraer colores de la naturaleza. El color produce diferentes reacciones generando no solo efectos psicológicos sino también fisiológicos, siendo una herramienta potente porque influye en el humor y en los sentimientos de los individuos. [LÓPEZ, 2015].

2.7.2 Psicología humana

Por muchos estudios científicos que se hacen siempre queda la sensación de que la naturaleza tiene algo inaprensible y que eso es precisamente lo que la hace más valiosa para la salud. ¿Qué tiene de mágico la naturaleza? El psicólogo Carl G. Jung se refirió a "la tierra nutriente del alma". Henry David Thoreau escribió que los seres



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

humanos necesitan "el tónico de lo silvestre". Según Lawrence Leger, editor de la revista Health Promotion International, parte de las molestias físicas y psíquicas que sentimos actualmente pueden explicarse por la falta de intensidad y variedad de estímulos naturales que sí disfrutaron nuestros ancestros y que han sido reemplazados por el efecto del cemento, la contaminación y el ruido. [LÓPEZ, 2015].

2.7.3 La Forma

Otros de los criterios es la forma; cada planta tiene un hábito de crecimiento distinto, y el volumen que desarrolla se va transformando en la medida que crece.

Algunas formas son más dramáticas que otras y por lo tanto llaman más la atención. El emplazamiento de una planta específica puede bloquear o abrir una línea visual.

La selección de la forma, así como la determinación de su ubicación es crítica en la creación de espacios cómodos, dinámicos y con valor paisajístico. Incluso por sí mismas pueden cobrar importancia por sobre otros elementos del jardín cuando su estudio y combinación son diseñados acertadamente.

2.7.4 La Simpleza

Se considera que lo fundamental al diseñar un jardín es la simplicidad, considerando que partiendo desde el punto de vista general hasta la más pequeña elección con las plantas y elementos suplementarios; de acuerdo a las superficies de debe tomar en cuenta si el espacio es reducido no sobrecargarlo.

Todos estos criterios formarán parte del proyecto, proporcionan una identidad al sector donde se desarrolla.

2.8 CRITERIOS ESTÉTICOS

6.8.1. El color – contraste

El criterio predominante de las fachadas verdes será la combinación de colores y textura; las especies a utilizar se caracterizan por los colores de sus hojas, flores como ser las diferentes variedades de plantas ornamentales. El aroma que emanan estas





IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

plantas permite dar un contraste y así poder realizar degradados de colores según la psicología del color hacia el ser humano.

1.1.1- Psicología del color Verde esmeralda



Psicología del color verde oscuro



Psicología del color Rojo violeta



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

2.9 MARCO LEGAL

2.9.1 LEYES VIGENTES MUNICIPALES Y GUBERNAMENTALES

➤ **Ley de Medio Ambiente, Ley N° 1333, 27 de Abril de 1992**

En lo referente a la prevención y control de la contaminación atmosférica, señala que “toda persona tiene el derecho a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y ejercicio de sus actividades, por lo que el Estado y la sociedad tienen el deber de mantener y lograr una calidad del aire tal que permita la vida y su desarrollo en forma óptima y saludable”.

El reglamento de la Ley 1333 establece límites permisibles de calidad del aire y de emisión y se constituyen en marco que garantiza una calidad del aire satisfactoria.

ARTÍCULO 40°.- Es deber del Estado y la sociedad mantener la atmósfera en condiciones tales que permita la vida y su desarrollo en forma óptima y saludable.

ARTÍCULO 41°.- El Estado a través de los organismos correspondientes normará y controlará la descarga en la atmósfera de cualquier sustancia en la forma de gases, vapores, humos y polvos que puedan causar daños a la salud, al medio ambiente, molestias a la comunidad o sus habitantes y efectos nocivos a la propiedad pública o privada.

ARTÍCULO 42°.- El Estado, a través de sus organismos competentes, establecerá, regulará y controlará los niveles de ruidos originados en actividades comerciales, industriales, domésticas, de transporte y otras a fin de preservar y mantener la salud y el bienestar de la población.[Pág. Web, 2].



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

- **Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA), Decreto Supremo N° 24176, 8 de Diciembre de 1995**

El Control de Calidad Ambiental (CCA) de acuerdo a lo establecido en el Título III de la LEY tiene entre sus objetivos:

- a) Preservar, conservar, mejorar y restaurar el medio ambiente y los recursos naturales a fin de elevar la calidad de vida de la población;
- b) Normar y regular la utilización del medio ambiente y los recursos naturales en beneficio de la sociedad en su conjunto;
- c) Prevenir, controlar, restringir y evitar actividades que conlleven efectos nocivos o peligrosos para la salud y/o deterioren el medio ambiente y los recursos naturales.

- **Reglamento de Gestión Ambiental de Sustancias Agotadoras del Ozono, Decreto Supremo N° 27562, 9 de junio de 2004**

Artículo Único

- I. Se aprueba el Reglamento de Gestión Ambiental de Sustancias Agotadoras del Ozono, como parte de la Ley N° 1333 de 27 de abril de 1992 - Ley del Medio Ambiente, así como sus respectivos 9 (nueve) anexos, instrumentos que forman parte integrante del presente Decreto Supremo

- **Ley No 1584 de 3 de agosto de 1994**

Aprueba la adhesión del país a los Convenios sobre la Capa de Ozono, lo cual permite constituirnos en “Estado Parte” del Convenio de Viena, Protocolo de Montreal y las enmiendas de Londres y Copenhague.

- **PLAN DEL BUEN VIVIR**

LEY N° 300 LEY DE 15 DE OCTUBRE DE 2012 EVO MORALES AYMA
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

BOLIVIA Por cuanto, la Asamblea Legislativa Plurinacional, ha sancionado la siguiente Ley: LA ASAMBLEA LEGISLATIVA PLURINACIONAL. [Pág. Web.].

DECRETA:

Funciones Ambientales. Es el resultado de las interacciones entre las especies de flora y fauna de los ecosistemas, de la dinámica propia de los mismos, del espacio o ambiente físico (o abiótico) y de la energía solar. Son ejemplos de las funciones ambientales los siguientes: el ciclo hidrológico, los ciclos de nutrientes, la retención de sedimentos, la polinización (provisión de polinizadores para reproducción de poblaciones de plantas y dispersión de semillas), la filtración, purificación y desintoxicación (aire, agua y suelo), el control biológico (regulación de la dinámica de poblaciones, control de plagas y enfermedades), el reciclado de nutrientes (fijación de nitrógeno, fósforo, potasio), la formación de suelos (meteorización de rocas y acumulación de materia orgánica), la regulación de gases con efecto invernadero (reducción de emisiones de carbono, captación o fijación de carbono), la provisión de belleza escénica o paisajística (paisaje).

Artículo 29. (AIRE Y CALIDAD AMBIENTAL). Las bases y orientaciones del Vivir Bien a través del desarrollo integral en aire y calidad ambiental son:

1. Implementar medidas de control, prevención y mitigación para garantizar el aire limpio.
2. Regular, monitorear y fiscalizar los niveles de contaminación atmosférica por quemas, emisiones de gases de efecto invernadero, uso de aerosoles que afectan negativamente la capa de ozono y efectos del ruido y otros contaminantes atmosféricos para todos los sectores y actividades públicas y privadas, a fin de preservar y mantener la salud y el bienestar de la población.



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

3. Regular, monitorear y fiscalizar los niveles de contaminación electromagnética.
4. Regular, monitorear y fiscalizar la contaminación que resulta de las actividades extractivas y de la industria.
5. Establecer políticas para la preservación, conservación, mejoramiento y restauración de la calidad ambiental urbana y rural.

➤ *Leyes municipales de Santa Cruz de la Sierra*

En el municipio de Santa Cruz de la Sierra reduce en un 10% de impuestos en el pago de inmuebles, si incrementan áreas verdes en sus edificaciones, viviendas, por lo menos un 5% de área verde por vivienda.

2.10 **CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

En las grandes ciudades, la contaminación del aire se debe a consecuencia de los escapes de gases de los motores a explosión, los aparatos domésticos de calefacción, de las industrias que es liberado en la atmósfera, ya sea como gases, vapores o partículas sólidas capaces de mantenerse en suspensión, con valores superiores a los normales, perjudican la vida y la salud, tanto del ser humano como de animales y plantas. [UGARTE, 2013].

2.11 **CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA URBANA**

La contaminación atmosférica urbana, producida por la industria y los automóviles, sigue siendo un grave peligro para la salud de más de mil millones de personas en todo el mundo. Durante los años ochenta, los países europeos redujeron las emisiones de dióxido de sulfuro en más del 20% y el volumen de la mayoría de los contaminantes descendió en los Estados Unidos. No obstante, en uno de cada tres días en Los Ángeles, Nueva York, Ciudad de México y Beijing se registran niveles insalubres de contaminación atmosférica. [UGARTE, 2013]



IMPLEMENTACIÓN DE "MUROS VERDES" EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

2.12 CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR EL TRÁFICO

"El parque automotor es el sector que más aporte tiene a los niveles de contaminación que se presentan en nuestras ciudades. Se realizó un estudio y se determinó que entre el 80 y el 90% de la contaminación del aire proviene precisamente de los vehículos".[REDMONICA TARIJA,2016]

De acuerdo a la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire (MoniCA), el transporte produce el 90 por ciento de la contaminación atmosférica, después se encuentra el sector ladrillero (8 %) y el industrial (2 %).[REDMONICA TARIJA,2016]

El tránsito rodado produce una gran cantidad de sustancias nocivas y consumen el oxígeno de nuestras ciudades. Esto sumado a las grandes extensiones de hormigón y asfalto que constituyen la piel de las zonas urbanas, lleva a un sobrecalentamiento de la atmósfera, produciendo remolinos de suciedad y partículas que ascienden por el calor generado. [REDMONICA TARIJA, 2016].

Las emisiones debidas al transporte terrestre son la primera causa de contaminación atmosférica. Proviene de fuentes móviles, destinadas al tráfico de mercancías y personas, como turismos, camiones, furgonetas, autobuses y motocicletas. Las emisiones se producen por la combustión de los combustibles utilizados (gasolina, y gasoil principalmente), por el desgaste de neumáticos, frenos y pavimento, que generan la resuspensión de partículas y por las corrientes de aire que produce la circulación de vehículos. [UGARTE, 2013].

Las emisiones procedentes de los escapes de estos vehículos contienen monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno que son liberados a la atmósfera en importantes cantidades; son los componentes del "smog oxidante fotoquímico". Por esta razón, las zonas urbanas más pobladas son las que sufren la mayor contaminación de este tipo. [UGARTE, 2013].

Contaminación debida al exceso de circulación rodada y provocada sobre todo por la quema de combustibles fósiles, en especial gasolina y diésel. Los contaminantes más



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

usuales que emite el tráfico son el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles y las micropartículas. Por lo que se refiere a estas emisiones, los transportes en los países desarrollados representan entre el 30 y el 90% del total. También hay compuestos de plomo y una cantidad menor de dióxido de azufre y de sulfuro de hidrógeno. El amianto se libera a la atmósfera al frenar. El tráfico es también una fuente importante de dióxido de carbono. [NAVARRO, 2013].

Estudios del Gobierno Municipal de Cercado, capital del departamento de Tarija, advierten que los vehículos transformados a Gas Natural Vehicular (GNV) son los más contaminantes, incluso sobrepasan los parámetros del diésel. Los carros están reconvertidos inadecuadamente lo que genera la filtración de aceite, cuya combustión contamina el aire, principalmente con monóxido de carbono. Se admitió que no se cuenta con estudios, pero un análisis realizado en Colombia establece que un carro a gas contamina 40 gramos de monóxido de carbono por kilómetro y el de gasolina, 15 gramos de monóxido de carbono por kilómetro. [Pág. Web].

Los vehículos públicos representan un 62,6 por ciento de las emisiones contaminantes. Automóviles particulares, micros y vagonetas representan el 22,9 por ciento. El restante 15 por ciento se debe a las demás clases de motorizados. [Pág. Web, 4,2017].

El departamento de Tarija se sitúa en cuarto lugar en número de vehículos a motor circulando por sus calles solo por detrás de los departamentos de Santa Cruz, La Paz y Cochabamba. La mayor aglomeración de vehículos se encuentra en la capital del departamento pues según el último reporte de la dirección de ingresos el parque automotor está constituido por 68.486 vehículos. En una década Tarija casi cuadruplicó su parque automotor pasando de **25.189 vehículos** en 2003 a **95.711** en 2016, según el informe ‘Estadísticas del Parque Automotor, 2003 – 2016’ elaborado por el Instituto Nacional de Estadística. [Pág. Web].

2.13 FUENTES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

Los contaminantes del aire provienen de dos fuentes principales de emisión; las industrias (fuentes fijas) y el parque automotor (fuentes móviles) son:

a) Fuentes móviles de contaminación del aire

Las fuentes móviles de contaminación del aire (imagen 2.24), son conocidas por todos e incluyen a los automóviles, autobuses, locomotoras, camiones y aviones. Estas fuentes emiten contaminantes criterio y otros contaminantes peligrosos. Las emisiones de los automóviles también contienen plomo y cantidades traza de algunos contaminantes peligrosos. [REVISTA, UAJMS, 2012]



Imagen 2.24: Fuentes móviles de contaminación del aire

b) Fuentes fijas o estacionarias de contaminación del aire

Los contaminantes de fuentes estacionarias (imagen 2.25), provienen principalmente de dos actividades: la combustión de carbón y petróleo en plantas de generación de energía y la pérdida de contaminantes en procesos industriales. Los procesos industriales incluyen refinерías, industrias químicas y fundiciones. Las industrias químicas son responsables de muchos contaminantes peligrosos y también de grandes cantidades de compuestos orgánicos volátiles. [REVISTA, UAJMS, 2012].



Imagen 2.25: Fuentes fijas de contaminación del aire



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

2.14 TIPOS DE CONTAMINANTES

Contaminantes primarios; que son directamente generados por las actividades humanas y/o fenómenos naturales, los mismos que no sufren ninguna modificación química desde el momento de emisión. Dentro de este grupo se encuentran los óxidos de azufre de nitrógeno (SO_x y NO_x), óxidos de carbono (CO₂ y CO), hidrocarburos ligeros y partículas sólidas y líquidas. [UGARTE, 2013].

Contaminantes secundarios; que se originan a partir de la reacción química entre contaminantes primarios, componentes naturales de la atmosférica y/o otros contaminantes. Entre estos están el ozono troposférico (O₃), ácido nítrico, ácido sulfúrico (HNO₃ y H₂SO₄), entre otros. [UGARTE, 2013].

Monóxido de carbono (CO)

Es un gas que no se puede ver ni oler, no es irritante pero sumamente tóxico, es el contaminante más abundante en la capa inferior de la atmósfera, y su origen antropogénico es debido a la combustión incompleta de materias orgánicas (gas, carbón, madera, etc.), en especial los carburantes de los automóviles. Al oxidarse en la atmósfera genera dióxido de carbono (CO₂). [U.A.J.M.S. 2012].

Óxidos de nitrógeno (NO_x)

El óxido de nitrógeno presente en el aire de las ciudades proviene en su mayor parte de la oxidación del monóxido de nitrógeno, NO, cuya fuente principal son las emisiones provocadas por los automóviles, sobre todo los diésel. El NO₂ constituye un buen indicador de la contaminación debida al tráfico vehicular. [U.A.J.M.S. 2012].

Material Particulado PM₁₀, PM_{2,5}

Dentro de los contaminantes criterio del aire se encuentra el material particulado, o Partículas en suspensión (PM₁₀ y PM_{2,5}). El término “partículas en suspensión”



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

abarca un amplio espectro de sustancias orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, procedentes de fuentes naturales y artificiales, el cual está en estado líquido o sólido se produce por la acción del viento sobre áreas sin vegetación, en los procesos de combustión, y utilización de materiales de construcción, a partir de procesos erosivos, humos de los gases (humos negros) de los vehículos a diésel y también por efecto de la suspensión del material de las vías no pavimentados. [INF.MEDI.AMB, 2015].

Desde el punto de vista del riesgo sobre la salud humana son de mayor interés las partículas cuyo tamaño no excede las 10 micras (PM10), debido a que pueden ingresar al tracto respiratorio y producir daños en los tejidos y órganos que lo forman, esto se asocian a una amplia gama de patologías, entre ellas las enfermedades cardíacas y pulmonares. [MEDIO AMBIENTE, 2015].

En la atmosfera se encuentran dispersas pequeñas partículas denominadas PM10 (fracción gruesa) estas se pueden presentar como: sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, y cuyo diámetro es menor de 10 μm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono. [INF.MEDI.AMB, 2015].

Óxidos de azufre (SO_x)

El SO₂ es un gas incoloro con un olor penetrante que se genera con la combustión de fósiles (carbón y petróleo). La principal fuente antropogénica del SO₂ es la combustión de fósiles que contienen azufre usados para la calefacción doméstica, la generación de electricidad y los vehículos a motor. [INF.MEDI.AMB, 2015].

Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Forman parte de este grupo todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Tienen un origen tanto natural como antropogénico (debido a la evaporación de



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

disolventes orgánicos, a la quema de combustibles, al transporte, etc.). Se caracterizan por participar en reacciones químicas en la atmósfera generando otros contaminantes, como el ozono. [INF.MEDI.AMB, 2015].

Ozono (O₃)

El ozono es un contaminante secundario. Se denominan “precursores del ozono troposférico” a las sustancias que intervienen en la formación de ozono en la parte más baja de la atmósfera, siendo las principales los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COV) y el monóxido de carbono (CO). [INF.MEDI.AMB, 2015].

En la tabla 2.12, se detalla los límites máximos de contaminación atmosférica según las diferentes entidades nacionales (ley del Medio Ambiente e IBNORCA) e internacionales (OMS), que son recomendados como límite para preservar la salud pública.

Tabla 2.13, Datos de Contaminación

CONTAMINANTE	FUENTES PRINCIPALES	DISPERSIÓN	EFFECTOS
NO _x – NO ₂ Óxidos de Nitrógeno, principalmente Dióxido de Nitrógeno	Combustiones a alta temperatura: motores de gasolina de los automóviles, centrales térmica, etc.	Cercano a los emisores, los NO se oxidan hasta NO ₂ , la forma más estable	Irritante, es un precursor de la lluvia ácida y otros contaminantes como el Ozono
O ₃ Ozono troposférico	Reacciones Secundarias entre NO _x , COV y luz ultravioleta	Dado que es un contaminante secundario ,se dispersa alrededor de las fuentes de COV y NO _x	Ataca a las plantas, reduciendo los cultivos. Afecta las vías aéreas y es irritante
PM – PM ₁₀ Material Particulado, en especial el PM ₁₀ , (menor a 10 micras)	Combustión incompleta, Procesos industriales, Erosión	Partículas livianas y pequeñas, se dispersan con el viento, mientras más ligeras y pequeñas, una mayor distancia	Afectan al sistema respiratorio, penetran en los pulmones



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

CO (Monóxido de Carbono)	Combustión incompleta	Gradualmente se transforma a CO ₂	Intoxicación, impide la oxigenación de la sangre
--------------------------	-----------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla2.14, Límites permisibles de calidad de aire

Contaminante	Concentración límite $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NORMA BOLIVIANA	Concentración límite $\mu\text{g}/\text{m}^3$ OMS
MONOXIDO DE CARBONO	10mg/m ³ media en 8 hr 40mg/m ³ medio en 1 hr	10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (9ppm) promedio de 8 horas 1 vez al año
BIOXIDO DE AZUFRE	80ug/m ³ media aritmética anual 365ug/m ³ media en 24 hr	20ug/m ³ media en 24h 500ug/m ³ media en 10 min.
BIOXIDO DE NITROGENO	150ug/m ³ media en 24 hr 400ug/m ³ promedio en 1 hr	40ug/m ³ media anual 200ug/m ³ media en 1h
PARTICULAS	260ug/m ³ 24 hr	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media anual



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

SUSPENDIDAS TOTALES (PM-10)	75ug/m ³ media geométrica anual	50 µg/m ³ media en 24h
PARTICULAS MENORES DE 10 MICRAS (PM-2,5)	150ug/m ³ 24 hr 50ug/m ³ media geométrica anual	10ug/m ³ media anual 25 ug/m ³ media anual en 24 h
ÓXÍGENO O ₂	100ug/m ³ en 8h 60ug/m ³ en 1 año	

Fuente: Elaboración propia

Los reportes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) señalan que el 23% de las muertes a nivel mundial están relacionadas en cierto grado con problemáticas ambientales, entre las que se citan la contaminación del aire, según información del Ministerio de Medio Ambiente. [INF.MED.AMB. 2015].

Los estudios epidemiológicos demuestran que la exposición a diferentes contaminantes ambientales, incluso a niveles por debajo de las normas internacionales, se asocian con un incremento en la incidencia de asma, severidad en el deterioro de la función pulmonar, así como mayor gravedad en la presentación de las enfermedades respiratorias de niños y adolescentes. [INF.MED. AMB. 2015].

2.15 EVALUACIÓN DE IMPACTO EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN DE TARIJA

Se incluye a continuación en la tabla 2.14, la información correspondiente a los datos de salud reportados por el Servicio Departamental de Salud (SEDES) del Hospital San Juan de Dios, no así de los centros de salud distribuidos en diferentes distritos y del Hospital Obrero. [INF. MED. AMB. 2015].

Tabla 2.15: Información Salud. 2015 - 2016

Nro.	Descripción	Número de Casos	Porcentaje
1	Morbilidad Consulta Externa del hospital San Juan de Dios.(Enfermedades del sistema respiratorio)	8.618	13.3%



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

2	Morbilidad Consulta Externa del hospital San Juan de Dios.(Enfermedades del sistema circulatorio)	1.308	2.0%
2	Principales Causas de Internación del hospital San Juan de Dios. (Enfermedades del sistema respiratorio)	446	3.5%
3	Principales Causas de Internación del hospital San Juan de Dios. (Enfermedades del sistema circulatorio)	147	1.2%
4	Atención en el servicios de Emergencia del hospital San Juan de Dios.(Enfermedades del sistema respiratorio)	5.986	14.7%
5	Atención en el servicios de Emergencia del hospital San Juan de Dios.(Enfermedades del sistema circulatorio)	436	1.1%

Fuente: [INF.MED.AMB. 2015]

3. INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron los diferentes equipos de medición para determinar la contaminación con monóxido de carbono que se genera en la Avenida La Paz que es considerada de alto tráfico vehicular y determinar el peso del sustrato a utilizar y materiales para la construcción del panel de muro verde como prueba experimental de tamaño es 1 x1m2.

3.1 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Durante el transcurso y desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación se utilizó diferentes equipos, instrumentos y materiales los cuales se detallan a continuación.



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

3.1.1 MONITOR MULTIGAS Dräger X- am 7000

Con este equipo se realizó la detección simultánea del monóxido de carbono existente en la avenida La Paz, se tomó en cuenta 3 puntos estratégicos de la avenida que son la calle Abaroa, Belgrano y



Bolívar.

Imagen 3.26: Fotografía del equipo de medición de gases.

Es un detector de gas (imagen 3.26) de puntos de trabajo en espacios confinados, en un equipo versátil y potente para la detección de oxígeno, sulfuro de hidrogeno, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno.

Todos los parámetros que mide están en partes por millón (ppm), las especificaciones se detallan en la tabla 3.15.

Tabla 3.15 Especificaciones técnicas del equipo Dräger X- am 7000

Tipo	Detector multi-gas de medición y alarma para hasta 5 canales de medición: 3 sensores electroquímicos (para gases tóxicos y oxígeno) y 2 sensores catalíticos (gases y vapores inflamables) o infrarrojos (para gases y vapores inflamables o dióxido de carbono), o una combinación de ambos.
Dimensiones con batería	150 x 140 x 75 mm
Peso	Equipo 600 grs. Batería recargable NiMHy 490 grs.
Condiciones de trabajo	Temperatura -20 a 55°C Intermitentemente -40 °C a 60°C



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

	Presión 700 a 1300 hPa (mBar). Humedad 10 a 95 % HR
Índice de protección	IP 67
Autonomía baterías	NiMHy (4,8 V/3,0 Ah) > 9 horas NiMHy (4,8 V/6,0 Ah) > 20 horas Alcalinas > 20 horas
Potencia alarma acústica	> 100 dBA a 30 cm de distancia
Tiempo de carga	De 3,5 a 7 horas dependiendo de la batería
Modo bomba	Longitud máxima de la sonda 45 metros
Homologaciones	ATEX II 2G EEx iad IIC T4; $-20 \leq T_a \leq +60^\circ$ C I M2 EEx iad I BVS 03 ATEX E 371 X MED Directiva de Equipos de la Marina 96/98/CE. SOLAS 74/88 Marca CE Compatibilidad electromagnética directiva 89/336 CEE

3.2.2 BALANZA PORTÁTIL

- Exactamente, fácil de usar la escala proporciona resultados precisos, para garantizar que su creación es perfecta. ser Peso máximo de hasta 610 g y representa precisión segura dentro de 0,01 g. (imagen 3.27)
- Fácil de usar: auto función de apagado. una precisión función TARE el peso actual



Imagen 3.27: Fotografía de balanza portátil



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

en la báscula puede restablecer a cero, rápida conversión dispositivo, medición de volumen formatos, amarillo fondo y baja indicación de batería.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS ALTERNATIVOS

3.3.1 ETAPA DE EXPERIMENTACIÓN

Objetivo

Estudio del sistema de muros verdes con geo textil y sustrato (liviano y pesado) y su aplicación, con el fin de mejorar la estética de las construcciones en la ciudad de Tarija (como referencia La avenida La Paz) y el comportamiento ambiental al entorno de la edificación.

PRUEBA 1

Descripción de los elementos para un muro verde con sustrato pesado.

AREA	EQUIPO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
	Tela Geotextil		





IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

<p>VEGETACION</p>	<p>Plantas</p> <p>Sustrato (abono vegetal, limo, tierra negra)</p>		<p>Área donde se proyectará el diseño de la fachada, por medio de una bolsa de geotextil de tonalidad oscuro que contendrá el sustrato donde se alimentará la planta pre cultivado. (especificaciones técnicas del geotextil ver anexos)</p>
<p>ESTRUCTURA</p>	<p>Estructura de soporte o bastidor de madera</p> <p>Canal de almacenamiento de agua</p>	 	<p>Sustento de la fachada, soporte de madera que permitirá separar la pared de la fachada generando una cámara de aire donde se ubicará el panel de geotextil ya prefabricada, incorporación de la geo membrana como aislante.</p>



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

SITEMA DE RIEGO	Tornillo con punta de 1,1/2”		Sistema de riego por goteo con bomba de agua sumergible y recolector de agua
	Manguera de 16mm		
	Piezas de codos		
	Pieza T		
	Goteros auto-ajustable		
	Sujetador de tubo de 16mm		



**IMPLEMENTACIÓN DE "MUROS VERDES" EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

	<p>Canaleta recolectora de agua de tubo de PVC, 4 plg</p>	A white, cylindrical PVC gutter pipe with a semi-circular channel on top, shown at an angle.	
--	---	--	--



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

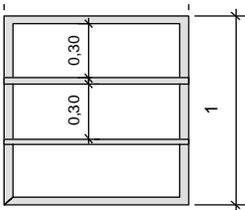
PRUEBA 2

Descripción de los elementos para el muro verde con sustrato ligero

AREA	EQUIPO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
VEGETACIÓN	Tela Geotextil		Área donde se proyectará el diseño de la fachada, por medio de una bolsa de geotextil de mayor espesor de 3.2mm es de tonalidad oscuro que contendrá el sustrato donde se alimentará la planta pre cultivada.
	Plantas		
	Sustrato (fibra de coco, Humus de lombriz, abono vegetal)		



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

<p>ESTRUCTURA</p>	<p>Estructura de soporte o bastidor de aluminio</p>		<p>Sustento de la fachada, soporte de aluminio que permitirá separar la pared de la fachada generando una cámara de aire donde se ubicará el panel de y la geo membrana</p>
	<p>Canal de recolección de agua</p>		



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

SISTEMA DE RIEGO	Tornillo con punta de 1,1/2” de encarne		Sistema de riego por goteo con bomba de agua sumergible y recolector de agua de PVC
	Manguera de 16mm		
	Piezas de codos		
	Pieza T		
	Goterros ajustables		
	Sujetador de tubo de 16mm		



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

	<p>Canaleta recolectora de agua de PVC</p>		
--	--	--	--

**3.3.2 DESCRIPCION DE LA PROPUESTA DEL MURO VERDE CON
GEOTEXTIL Y SUSTRATO LIGERO**

Este sistema está formado por un panel de geo membrana (PVC) donde se sujetan el geotextil con divisiones de 15cm de largo por 18cm de ancho en 1m² formando 7 columnas y 6 filas, haciendo un total de divisiones de 42 compartimientos para la instalación de las plantas pre cultivadas. El riego se instala en líneas situadas entre las capas a intervalos de 30 cm por de 1metro, el sistema de riego discurre por goteo.



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

Las ventajas que se tiene con este sistema son:

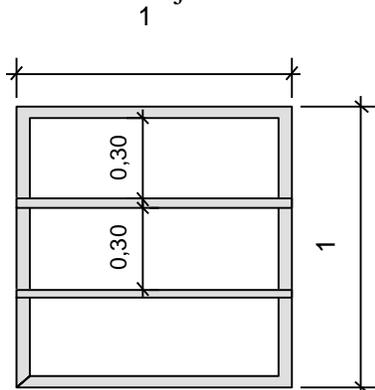
- Liviano. porque reduce la cantidad de sustrato que se usa.
- Facilidad. de reemplazo con una nueva planta.
- Apariencia verde del sustrato. a diferencia de los sistemas y paneles la capa exterior del geotextil es colonizada por musgo y adquiere una apariencia verde independientemente del crecimiento de las plantas.
- Facilidad de sustitución de riego. las conducciones se sustituyen de manera sencilla asegurando una capa de geotextil.
- Costo de mantenimiento mínimo cada 6 meses.

El sistema de geotextil es recomendable para grandes y pequeñas superficies con climas templados como el nuestro, dónde no se producen heladas muy prolongadas. Este sistema es de fácil instalación por el bajo costo de los materiales que se usan para su armado, cuyos materiales son de fácil obtención en el mercado local.

3.3.2.1 ESTRUCTURA METÁLICA DEL MURO VERDE

Para que la estructura del muro verde vertical soporte el peso y se mantenga estable es necesario que este cuente con una estructura de Aluminio que es un material anticorrosivo.

La estructura está fabricada (imagen con barras de Aluminio de 1x1m de largo con espesor de 5x4cm dejando listones de 30cm de distancia de un listón a otro.





IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

Imagen 3.28: Detalle del marco de la estructura y sus dimensiones

3.3.2.2 RECUBRIMIENTO CON GEO MEMBRANA O (IMPERMEABILIZANTE)

Para una mejor protección de la estructura se lo cubre con una capa de geo membrana (imagen 3.29) donde se sujetan con tornillos a una distancia de 15 cm cada tornillo por toda la estructura metálica, la geo membrana se incorpora para que la estructura no se deteriore por la oxidación, e impermeabilizar la pared del edificio, evitando que la humedad de la pared vegetal deteriore la estructura de la edificación.



Imagen 3.29: colocado de la capa impermeabilizante a la estructura

3.3.2.3 CORTADO Y COLOCADO DEL GEOTEXTIL

Una vez ya fabricada la estructura se procede al colocado del geotextil (ver imagen 3.31) ya cortado y costurado, dividido en bolsitas de 15cm de largo por 18cm de ancho (imagen 3.30), este fieltro mantendrá las plantas seguras y firmes.



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

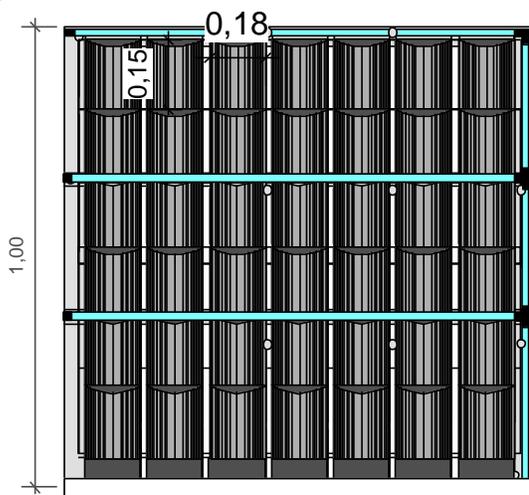


Imagen3.30: división de las bolsitas del geotextil



Imagen 3.31: Colocado del geotextil

3.3.2.4 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

El sistema de riego utilizado por este tipo de panel es el RIEGO POR GOTEO es un método muy utilizado por que permite la utilización óptima de agua.

El agua utilizada por este método de riego se infiltra hacia las plantas irrigando directamente la zona de influencia a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros) (imagen 3.32).



Imagen 3.32: Colocado del geotextil

Los tubos utilizados para armar este sistema son de plásticos (PVC) de media pulgada de diámetro los cuales se cortan de 1 metro estos van unidos con la ayuda de



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

codos que se colocan con pegamento para mayor seguridad, el detalle se ilustra en la (imagen 3.33).



Imagen 3.33: Detalle de las dimensiones de la instalación de tubos para riego

El armado se realizó cortando 3 tubos de 1 metro de largo estos tubos van horizontalmente unidos con Tés (imagen 3.34). Cuando los tubos están unidos y ya cortados se procede a realizar los orificios por donde el agua goteara y regara las plantas ya insertadas, los orificios son realizados cada 15cm y son realizados con aguja ya que el orificio de goteo tiene que ser mínimo gota a gota para poder controlar la irrigación y evitar excesos de humedad.



Imagen 3.34: Unión de las Tés a los tubos colocado de los goteros perforación de los goteros



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

En la imagen 3.35 se observa la comprobación del funcionamiento del sistema de riego.



Imagen 3.35: Funcionamiento del sistema por goteo

3.3.2.5 COLOCADO DEL CANAL RECOLECTOR DE AGUA

Después que el agua sube por los tubos e hidrata a las plantas, esta corre a través del geotextil y es necesario tener un receptor de agua, un canal que no solo la reciba, sino que también se encargue de transportar el agua de nuevo hacia el tanque reservorio. Para fabricar este canal se utilizó la mitad de un tubo de PVC de 3 plg de diámetro el mismo que se cortó de 1 metro de largo (IMAGEN 3.36) y se adaptó al tanque de reserva para que el agua continúe recirculando.



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

Este canal está cubierto por una malla plástica para evitar el ingreso de impurezas al reservorio de agua.



Imagen 4.36: Cortado y colocado del canal recolector de agua

3.3.2.6 PREPARADO DE SUSTRATOS E INSTALACIÓN DE PLANTAS

Una vez que la estructura se encuentra ya formada con la tela GEOTEXTIL, procedemos a llenarlas con el sustrato FIBRA DE COCO y HUMUS DE LOMBRIS mezclado con TIERRA LIMO. Se colocó un 60% de fibra de coco, 30% de humus de lombriz y 10% de tierra limo, este sustrato, que se encargara de sostener la planta y de proveer los nutrientes necesarios que la misma requiera.

Ya cuando la tela se encuentra con el abono en la estructura de soporte, procedemos a introducir las plantas ya seleccionadas para el muro de preferencia se colocan plantas grandes en los extremos y plantas pequeñas en el centro esto ayuda a que las plantas grandes protejan de plagas a las pequeñas, el diseño de plantas se hizo en vector 2010 a implementar en el muro verde que se ilustra en la imagen 3.37 e imagen 3.38.



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

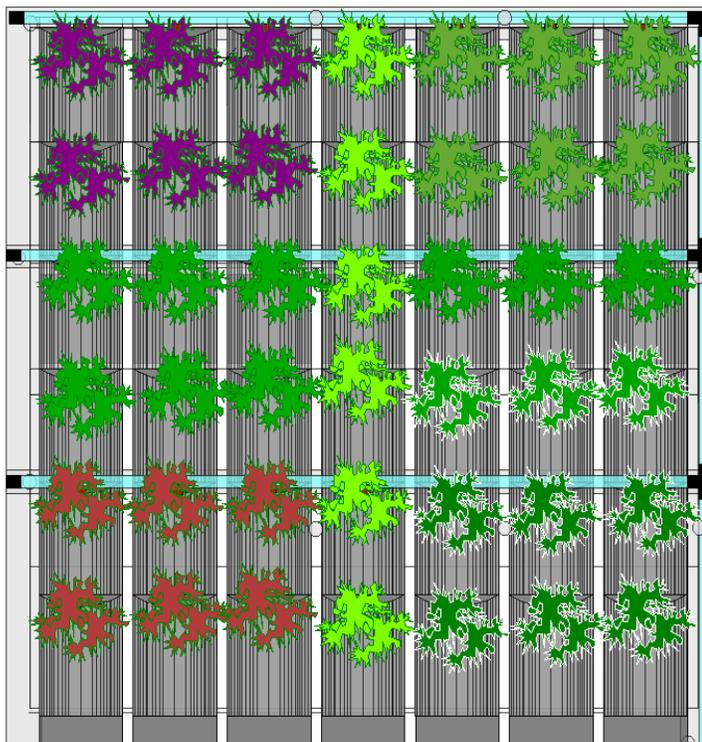


Imagen 3.37: Diseño del muro realizado en vector 2010





IMPLEMENTACIÓN DE "MUROS VERDES" EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

Imagen 3.38: propuesta de muro verde

El corte del muro verde se realizó en vector 2010, se observa en la imagen 3.39.

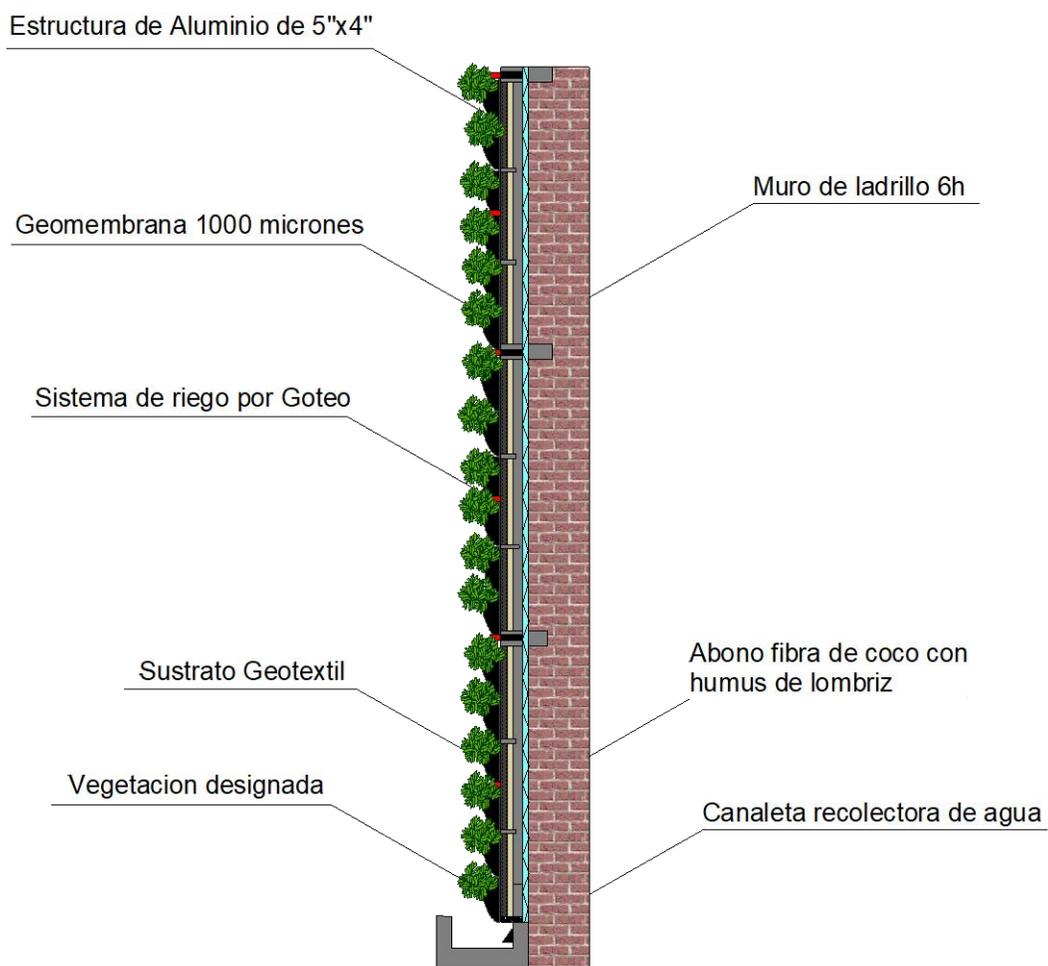


Imagen 3.39 : Corte del muro verde en vector

3.3.3 SELECCIÓN DE PLANTAS



IMPLEMENTACIÓN DE "MUROS VERDES" EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

Se seleccionaron 6 variedades de plantas, que se obtuvo de los viveros de nuestra ciudad, las plantas que se trasplantaron al muro fueron 6 variedades tomando en cuenta sus características de cada planta que sean tipo perene y no caducas, y que se describen a continuación:

- **COLISANDRA**



Planta perene que presenta tallos suculentos y poseen abundante vellosidad en las hojas

Hojas de color: rojos, verdes y rosados hasta los blancos, purpuras y lilas. Condición a sol y media sombra

Hojas ovado-oblongas, crece en lugares cálidos

- **MALA MADRE, LAZOS DE AMOR**



Color verde, hojas finas y elegantes de peciolo negro, pequeños y redondas. soporta a - 2°C.

Almacena agua en las raíces, resistente a las heladas se utiliza para jardines exteriores como interiores



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

- **CARAMELO ROCÍO**



Pequeña planta de porte compacta llena de flores, diminutas, en varios tonos

Florece todo el año y son de lugares cálidos y templados

Su cultivo es bisanual, y tienden a hacerse perenne con el tiempo, exhalan un aroma a miel

- **ZAMIOCULCAS**

Son plantas resistentes a la sequía y a la pobreza del suelo y el sol



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA



Necesita un clima suave, vive bien tanto a pleno sol y a sombra

4 HELECHO HIPPI



Planta perenne, excelente oxigenador

Se adapta a todo tipo de suelos, es resistente al frío

3.4 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

Los datos experimentales del trabajo de investigación se obtuvieron tomando en cuenta lo siguiente:

3.4.1 AFORACIÓN DE FLUJO VEHICULAR DE TRANSPORTE PRIVADO Y PÚBLICO QUE TRANSITAN LA AVENIDA LA PAZ

Se realizó aforación de todos los vehículos tanto públicos y privados durante 6 días hábiles donde se tomó como puntos de control las intersecciones de la calle Abaroa y la avenida La Paz, la intersección de la avenida Belgrano y avenida La Paz y la intersección de la calle Bolívar y avenida La Paz, que son de mayor tráfico vehicular se tomó en cuenta todos los tipos de vehículos

3.4.2 FLUJO PEATONAL QUE CIRCULAN POR LA AVENIDA LA PAZ

Se tomó en cuenta tres puntos en la avenida La Paz, y se consideran a las calles de mayor afluencia de personas.

3.4.3 DETERMINAR EL SUSTRATO

Para esto se tomó en cuenta dos variables que se detallan en el siguiente esquema

Tabla 3.16 Esquema de pruebas para determinar el sustrato

N° DE PRUEBAS	VARIABLES		PRUEBA 1
1	GL	SP	GLSP
2		SL	GLSL
3	GP	SP	GPSP
4		SL	GPSL

Fuente: elaboración propia

Donde:

GL= Geotextil de 2,5 mm de espesor

GP = Geotextil de 3,5 mm de espesor



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

SP= sustrato pesado (abono vegetal)

SL= Sustrato liviano (con fibra e coco)

Se determinara por peso para saber que sustrato mantiene mejor la humedad de las plantas.

4. RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Este proceso se llevó a cabo mediante la recopilación de datos de aforación de vehículos que circulan en la Avenida La Paz y también se realizó el monitoreo para medir el grado de contaminación del ambiente para esto se tomó en cuenta 3 puntos estratégicos de mayor tráfico vehicular y de personas que circulan por esta avenida, las calles que se tomaron en cuenta son la calle Abaroa, Belgrano y Bolívar que conectan con la avenida La Paz.

4.1 AFORACIÓN DE FLUJO DE TRANSPORTE VEHÍCULAR EN LA AVENIDA LA PAZ

En la Tabla 4.12, se muestra el promedio total de flujo de transporte vehicular público y privado (vagonetas, micros, taxis, etc. Sean nuevos y viejos) que transitan la avenida La Paz desde la calle Bolívar hasta la Avenida Paz Zamora o viceversa estos datos son de 6 días hábiles contando desde lunes a sábado que es la mayor actividad en esta zona, las horas de referencia para la aforación fue 3 horas que fueron entre las horas 07:15 am a 08:15, 11:30-12:30pm. y 18:30-19:30pm.

Tabla 4.12, Promedio de datos de flujo de transporte público y privado de 6 días

HORA DE AFORACIÓN		Flujo vehicular según categoría de la Avenida La Paz entre Calle Bolívar y Avenida Jaime Paz Zamora					
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
1	07:15-8:15 am.	698	774	1114	1124	1026	1036
2	11:30-12:30pm.	754	1146	1170	1090	1109	775



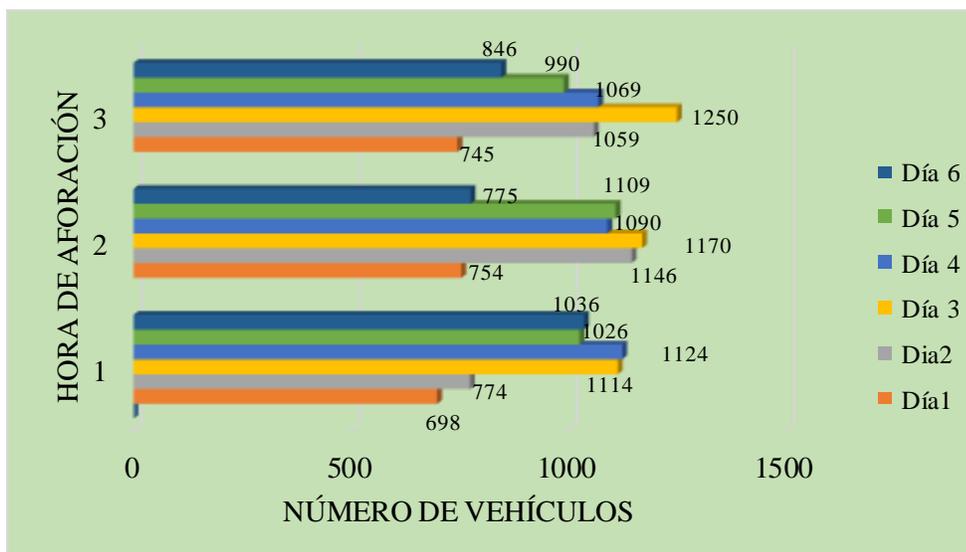
IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

3	18:30-19:30pm.	745	1059	1250	1069	990	846
---	----------------	-----	------	------	------	-----	-----

Fuente Elaboración propia

Para una mejor ilustración se muestra en la figura 4.1, donde se observa en la figura que mayor flujo vehicular es en la mañana y al medio día, y el día miércoles hay más transitabilidad de vehículos por esta avenida.

Figura 4.1, Promedio de datos de flujo de transporte público y privado de 6 días hábiles en la avenida La Paz



4.2 NÚMERO DE PERSONAS QUE TRANSITAN LA AVENIDA LA PAZ

Para el catastro de personas que circulan esta avenida se hizo en tres lugares al igual que para el transporte vehicular, En la Tabla 4.13, se muestra el promedio total de personas (se tomaron en cuenta a jóvenes adolescentes, universitarios, niños en edad escolar, hombres, mujeres y ancianos como también bicicletas) que transitan la



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

avenida La Paz desde la calle Bolívar hasta la Avenida Paz Zamora o viceversa y calles adyacentes, estos datos son de 6 días hábiles contando desde lunes a sábado que de mayor actividad en esta zona, las horas de referencia para recopilar estos datos fueron 3 horas por día entre las 07:15 am a 08:15, 11:30-12:30pm. y 18:30-19:30pm.

Tabla 4.13, Afluencia de personas que transitan por la avenida La Paz, de 6 días hábiles

HORA DE AFORACIÓN		Afluencia de personas que transitan la Avenida La Paz entre Calle Bolívar y Avenida Jaime Paz Zamora					
		Día1	Día2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
1	07:15-8:15 am.	327	286	421	308	434	694
2	11:30-12:30pm.	550	427	447	611	608	692
3	18:30-19:30pm.	619	274	294	553	482	243

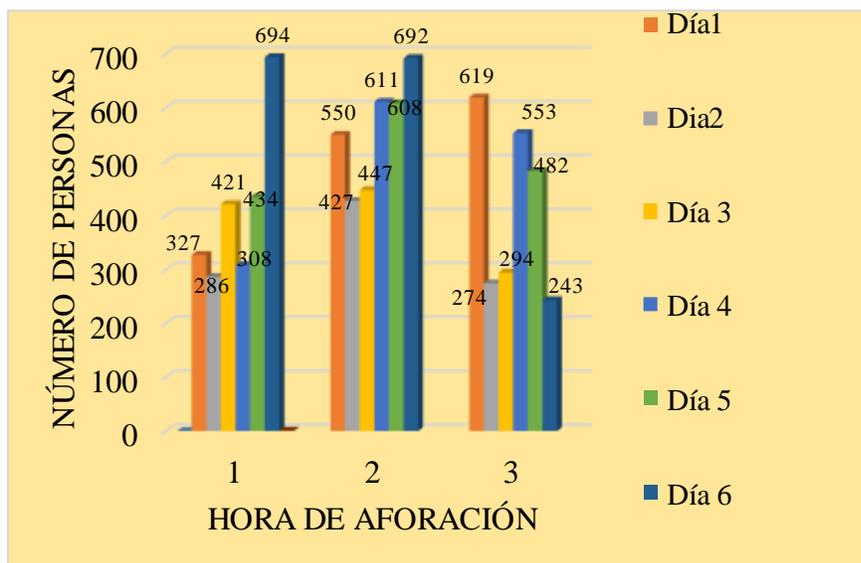
Fuente Elaboración propia

En la figura 4.2, se ilustra mejor el número de personas que circulan esta avenida, en al que se puede observar según el sondeo que se realizó reflejan que en promedio de 243 a 694 de personas transitan esta avenida en horas de mayor movimiento vehicular, sobre todo en horas de 11:30 a 12:30 am hay más concurrencia los días sábados por esta avenida para visitar la feria tradicional de villa Fátima que se realiza todos los sábados de cada semana.

Figura 4.2 Afluencia de personas que transitan por la avenida La Paz de 6 días hábiles



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA



4.3

DATOS DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Con el equipo de medición **Monitor Multigas Drager X.am 7000**, se procedió a medir las concentraciones de monóxido de carbono en tres puntos estratégicos de la avenida La Paz, siempre tomando en cuenta la afluencia de gente y mayor tráfico de automóviles, los puntos de monitoreo son Calle Abaroa, Belgrano y Bolívar. La hora que se realizó el monitoreo fue al medio día durante una hora por punto de monitoreo, se tomó esta hora como referencia por datos teóricos de muestreo, el alto tráfico vehicular y con el aumento de la calor hace que se produzca mayor contaminación dl ambiente, y en otras horas no es tan perjudicial como el sol al medio día, donde los vientos son paulatinamente menores o no hay viento, como ocurre en la noche.

En la tabla 4.14, se describen los resultados obtenidos del monitoreo del gas contaminante (CO), que es producido por el tráfico vehicular en la avenida La paz. Donde se observa que la mayor cantidad por contaminación de monóxido de carbono se registró en la calle Bolívar, luego en la calle Belgrano y por último la calle Abaroa, puesto que sus valores sobrepasan el valor mínimo permisible recomendado por la OMS y las normas Bolivianas y la Ley del Medio Ambiente que es de 9 ppm. y los



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

valores que se registraron sobrepasan los valores permisibles lo que constituye ya un peligro para las personas que frecuentan por la avenida La Paz y calles adyacentes.

Tabla 4.14: Tabulación de concentración de monóxido de carbono

SITIOS DE MONITOREO	CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (ppm)		
	Temperatura: 28°C. máx		
	Hora: 12:00 a 13:00 pm		
	08/05/2018	09/05/2018	10/05/2018
Avenida La Paz y Calle Abaroa	23		
Avenida La Paz y Calle Belgrano		34	
Avenida La Paz y Calle Bolívar			42

Fuente: Elaboración propia

4.4 DEFINICIÓN DEL SUSTRATO PARA EL MURO VERDE

Para definir el sustrato a ser utilizado en el panel del muro verde, se realizó cuatro pruebas de acuerdo al planteamiento de la matriz tomando en cuenta el tiempo de retención de agua en el sustrato. Los valores promedios se muestran a continuación en la tabla 4.15.

Tabla 4.15: Valores promedio del análisis de sustrato

N° de muestra	Promedio
M1	13,89
M2	6,84
M3	35,84
M4	9,26

Fuente: Elaboración propia

Donde:

M1= Abono con fibra de coco, abono vegetal y tierra negra y geotextil poroso



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

M2= Abono con fibra de coco, abono vegetal y tierra negra y geotextil fieltro

M3= Abono vegetal y geotextil poroso

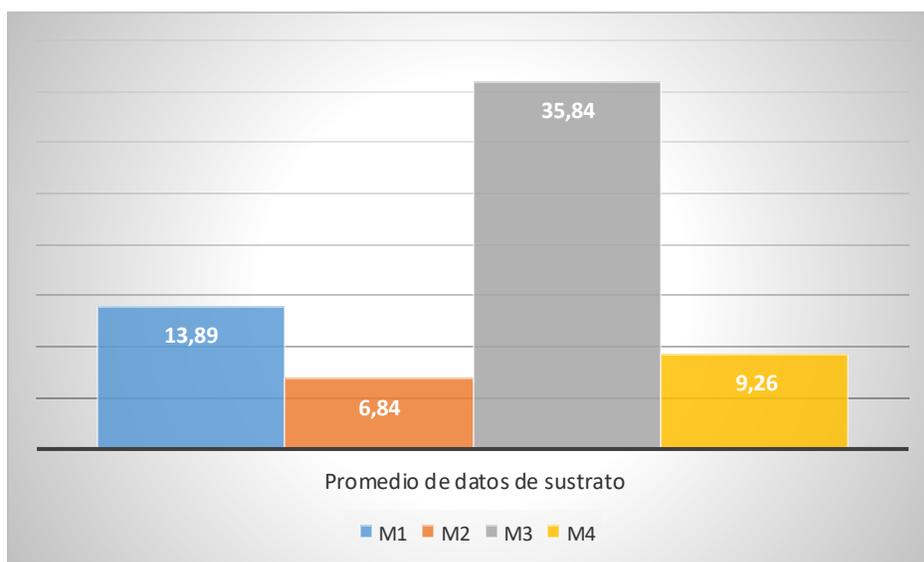
M4= Abono vegetal y geotextil fieltro

Se observa en la tabla 4.15 que las muestras M1 y M3 pierden humedad, se atribuye esto porque el abono vegetal es muy poroso y no retiene agua o humedad para las plantas.

En tanto que las muestras M2 y M3 son los que más retienen humedad para las plantas, se concluye que el material para el muro que se debe construir *con geotextil fieltro y con sustrato ligero*, porque la fibra de coco retiene humedad por más tiempo y el geotéxtil fieltro protege a las plantas y también retiene humedad.

A efecto de tener una mejor apreciación de los resultados obtenidos, se elaboró el gráfico que se ilustra en la figura 4.3.

Figura 4.3: Valores de promedio del análisis de pesos



Como se observa en la figura 4.3 que las columnas de la muestra 2 y 4 han perdido poca agua después del riego, lo que se concluye que el sustrato a utilizar es el sustrato ligero que está compuesto de:



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

- Fibra de coco 60%
- Abono Vegetal 30%
- Tierra negra 10%
- Geotextil fieltro de 2.3 mm de espesor

Los valores que se obtuvieron para la definición de sustrato se detallan en Anexo-D.

4.5 MEMORIA DESCRIPTIVA

4.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE DISEÑO

Este proyecto se basa en la implementación de muros verdes, en la avenida La Paz en fachadas y paredes de los edificios donde se puedan aprovechar los espacios de forma vertical.

Esta propuesta busca mitigar la contaminación ambiental generada por el automotor, y el gran crecimiento poblacional que afectan a las ciudades de igual forma ayuda al plan del buen vivir, y tener un aire limpio en la ciudad el propósito de minimizar los efectos negativos que causa la gran mancha urbana. Con un diseño agradable visualmente y contrastes de colores, texturas, con la integración de plantas como factor principal de este.

Se tomó en cuenta los edificios en altura ya que nos permite utilizar el espacio a lo máximo porque la mayoría de los edificios son de formas puras y rectangulares de esta manera se podrá jugar con el diseño de cada fachada creando formas que sean muy agradables a la vista.



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

Se trata de crear o generar hábitats con innovaciones tecnológicas con una arquitectura sustentable para la ciudad con el propósito de minimizar los efectos negativos que causa la gran mancha urbana.

Por lo que se pretende crear un corredor verde que una la avenida Jaime Paz Zamora con la avenida la Paz hasta llegar al parque Bolívar creando una franja con una presencia de vegetación donde exista continuidad y permita aumentar la biodiversidad. Se realizó ampliación de las aceras con la implementación de mobiliario urbano dando prioridad al peatón, por otro lado puede ayudar a mitigar la isla de calor.



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

4.5.1.1 VISTA AEREA DE LA AVENIDA LA PAZ



Imagen: 4.40. Vista aérea tomada con DRONN



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

4.5.12 PLANO DE DISEÑO DE LA AVENIDA LA PAZ

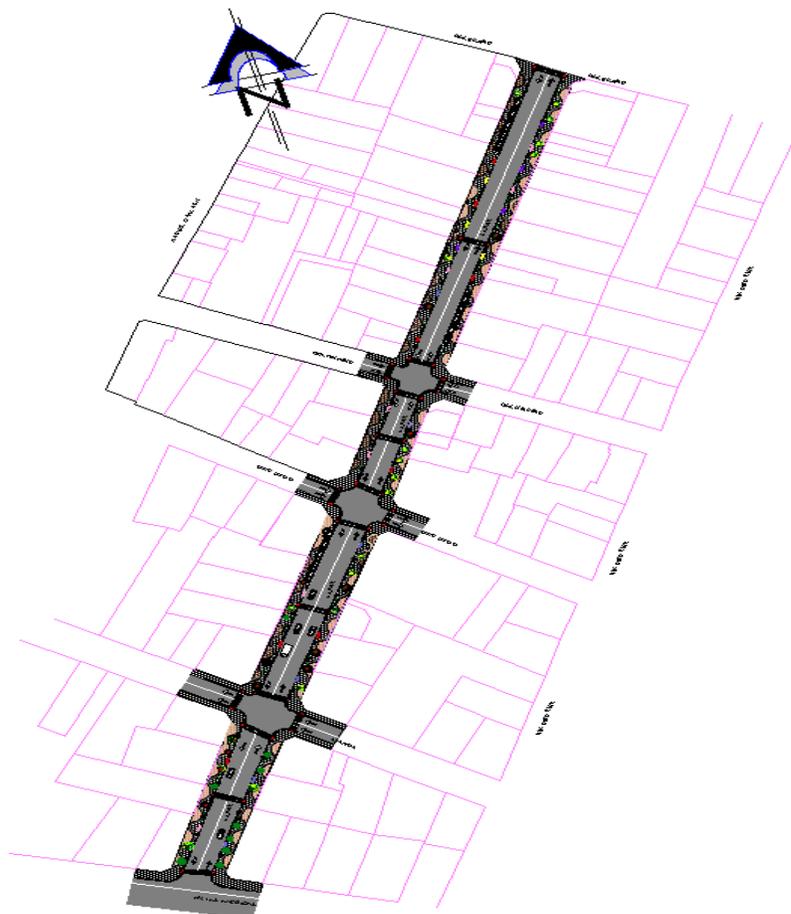


Imagen: 4.41. Plano con Propuesta de la avenida La Paz



IMPLEMENTACIÓN DE "MUROS VERDES" EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

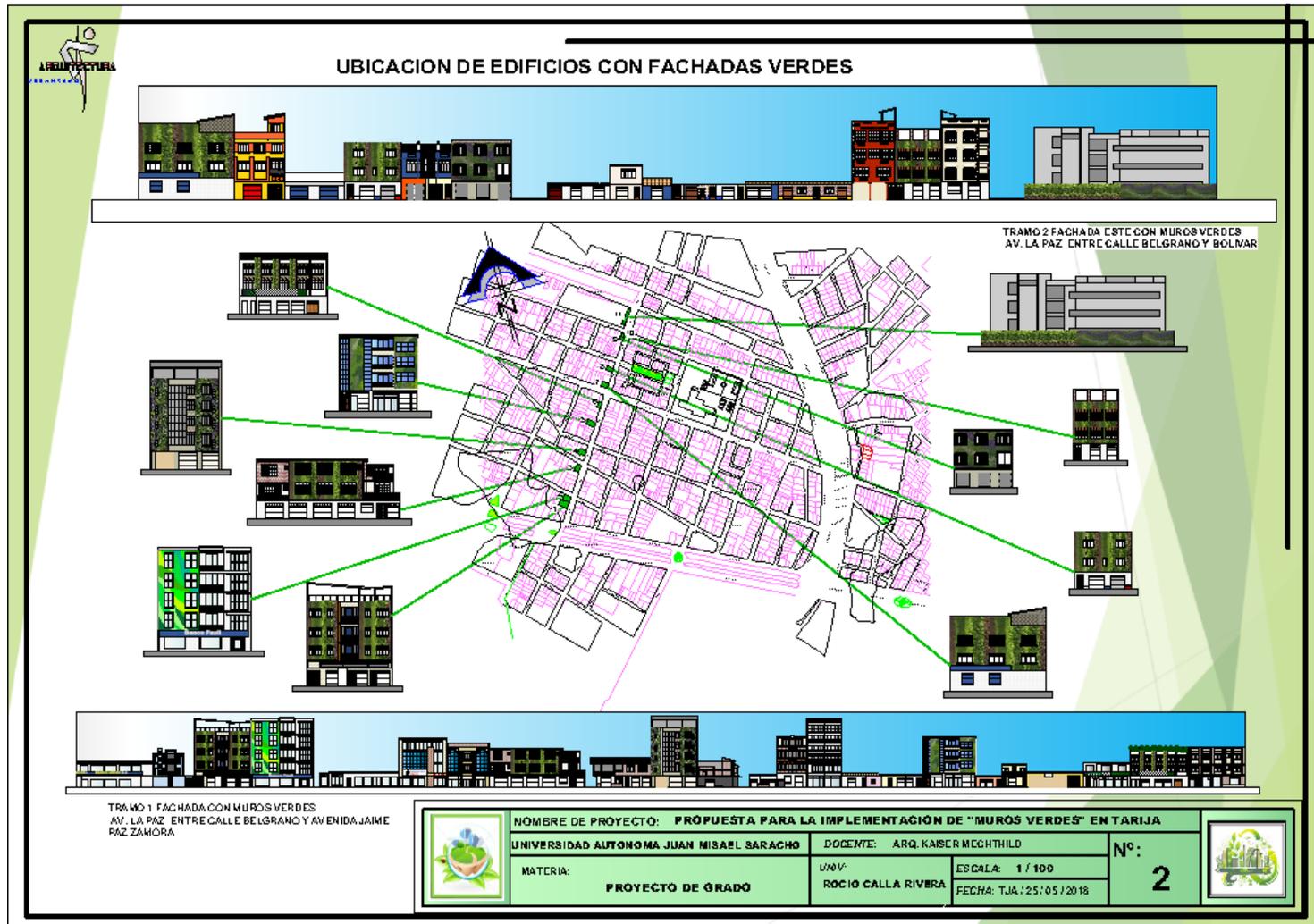


Imagen: 4.42. Plano con ubicación de muros verdes fachada oeste



IMPLEMENTACIÓN DE "MUROS VERDES" EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

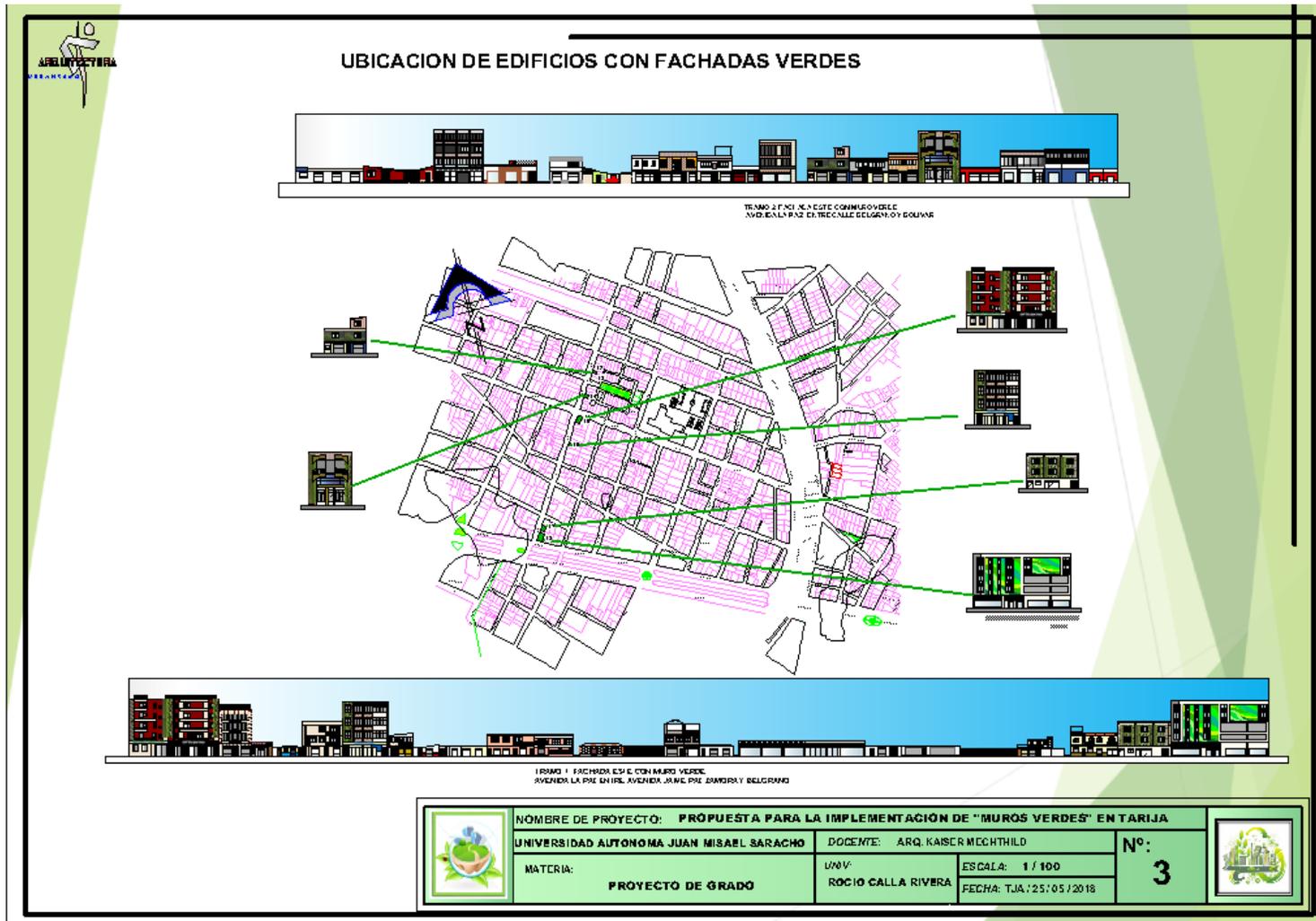


Imagen: 4.43. Plano con ubicación de muros verdes fachada este



IMPLEMENTACIÓN DE "MUROS VERDES" EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA



FACHADAS DE EDIFICIOS SELECCIONADOS



A simple vista se puede ver que existe fachadas de concreto muy masisas que distorciona la vista y no son nada agradables.

	NOMBRE DE PROYECTO: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE "MURÓS VERDES" EN TARIJA			
	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO	DOCENTE: ARO. KAISER MECHTHILD	Nº: 4	
	MATERIA: PROYECTO DE GRADUO	UNIV: ROCIO CALLA RIVERA	ESCALA: 1 : 100 FECHA: T.J.A. / 25 / 05 / 2018	

Imagen: 4.44. Plano con selección de fachadas



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA



TRAMO 1 AVENIDA JAIME PAZ ZAMORA - BELGRANO



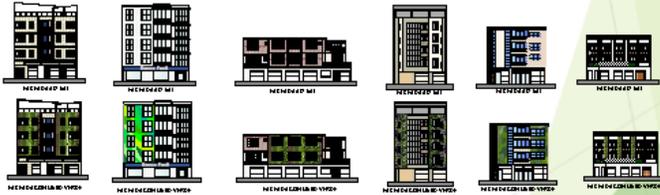


FACHADA OESTE
AVENIDA JAIME PAZ ZAMORA Y BELGRANO



PROPUESTA FACHADA OESTE
AVENIDA JAIME PAZ ZAMORA - BELGRANO

La imagen se vera mejorada de gran manera con la revitalizacion de las fachadas de la avenida dando vida al edificio con la implementacion de muros verdes para lograr mejores vistas.



EDIFICIOS SELECCIONADOS
AVENIDA JAIME PAZ ZAMORA Y BELGRANO



NOMBRE DE PROYECTO: **PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN TARIJA**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

MATERIA: **PROYECTO DE GRADO**

DOCENTE: ARQ. KAISER MECHTHILD

UNIV: ROCÍO CALLA RIVERA

ESCALA: 1 : 100

FECHA: TJA:25:05 /2018

Nº:

5



Imagen: 4.45. Plano tramo 1 Jaime Paz Zamora - Belgrano



IMPLEMENTACIÓN DE "MUROS VERDES" EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

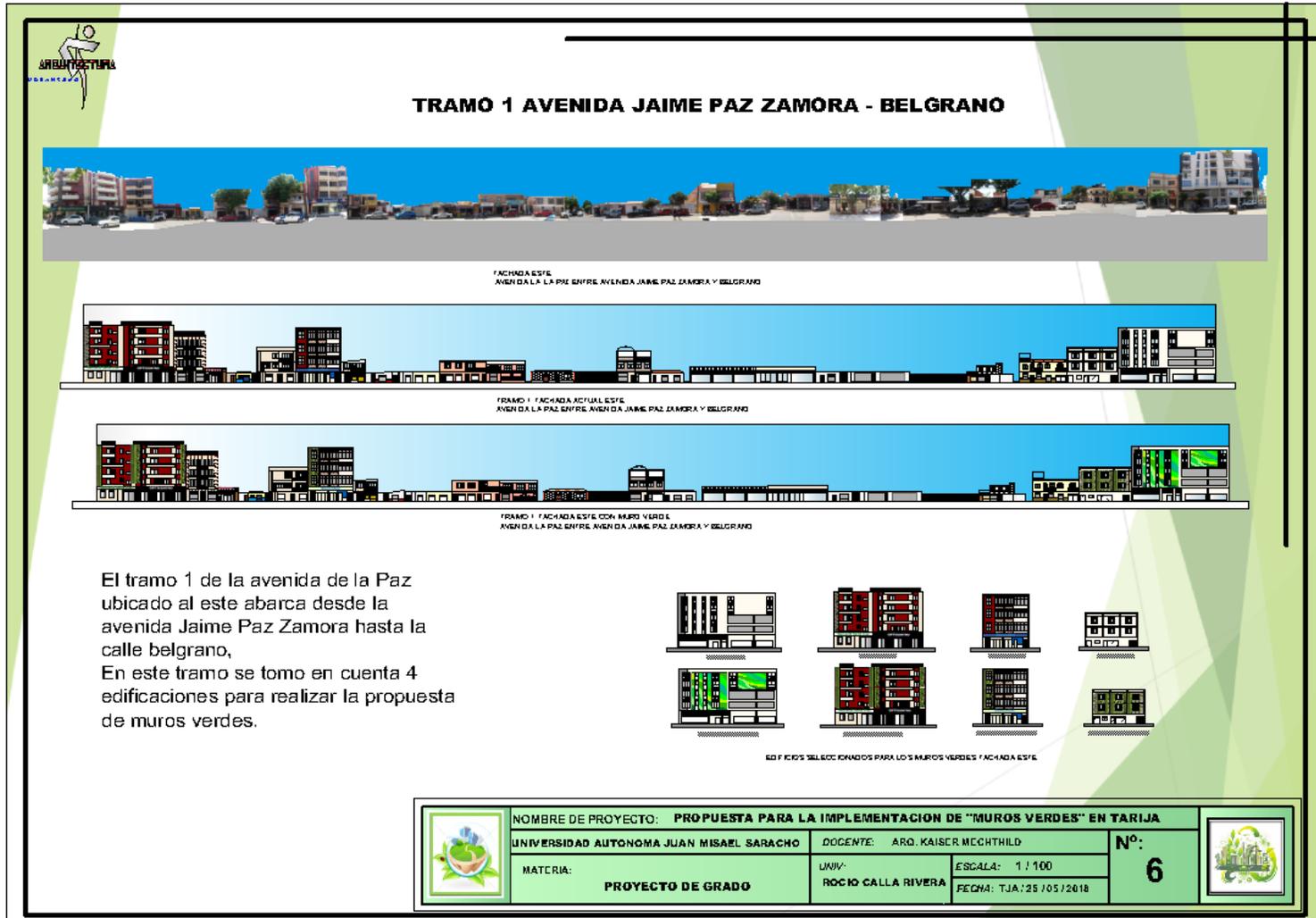


Imagen: 4.46. Plano tramo 1 Jaime Paz Zamora



IMPLEMENTACIÓN DE "MUROS VERDES" EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

TRAMO 2 CALLE BELGRANO - BOLIVAR

FACHADA OESTE
CALLE BELGRANO Y CALLE BOLIVAR

TRAMO 2 FACHADA OESTE ACTUAL
AVENIDA LA PAZ ENTRE CALLE BELGRANO Y BOLIVAR

TRAMO 2 FACHADA OESTE CON MURO VERDE
AVENIDA LA PAZ ENTRE CALLE BELGRANO Y BOLIVAR

EDIFICIOS SELECCIONADOS CON MUROS VERDES
AVENIDA JAIME PAZ ZAMORA Y BELGRANO

	NOMBRE DE PROYECTO: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE "MUROS VERDES" EN TARIJA			
	UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEI SARACHO	DOCENTE: ARQ. KAISER MECCHTILD	Nº: 7	
	MATERIA: PROYECTO DE GRADO	UNIV- ROCIO CALLA RIVERA	ESCALA: 1 : 100 FECHA: T.JA.:25 /05 /2018	

Imagen: 4.47. Plano tamo 2 calle Belgrano – Bolívar



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA



TRAMO 2 CALLE BELGRANO - BOLIVAR



FACHADA ESTE
CALLE BELGRANO Y CALLE BOLIVAR



TRAMO 2 FACHADA ESTE ACTUAL
AVENIDA LA PAZ ENTRE CALLE BELGRANO Y BOLIVAR



TRAMO 2 FACHADA ESTE CON MUROS VERDES
AVENIDA LA PAZ ENTRE CALLE BELGRANO Y BOLIVAR



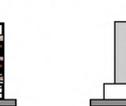
FACHADA ACTUAL 1



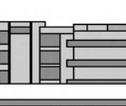
FACHADA ACTUAL 2



FACHADA ACTUAL 3



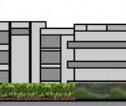
FACHADA ACTUAL 4



FACHADA ACTUAL 5



FACHADA CON MUROS VERDES 6



FACHADA CON MUROS VERDES 7



NOMBRE DE PROYECTO: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE “MUROS VERDES” EN TARIJA			Nº: 8	
UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO		DOCENTE: ARQ. KAISCR MECHTHILD		
MATERIA: PROYECTO DE GRADO	UMIV: ROCIO CALLA RIVERA	ESCALA: 1 / 100 FECHA: TJA: 25 / 05 / 2018		

Imagen: 4.48. Plano tramo 2 calle Belgrano - Bolívar



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

4.5.12.1

VISTA ACTUAL AVENIDA LA PAZ CALLE ABAROA



Imagen: 4.49. Vista edificio fachada deteriorada



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

4.5.12.2 PERSPECTIVA DE LA AVENIDA LA PAZ CON PROPUESTA DE MUROS VERDES CALLE



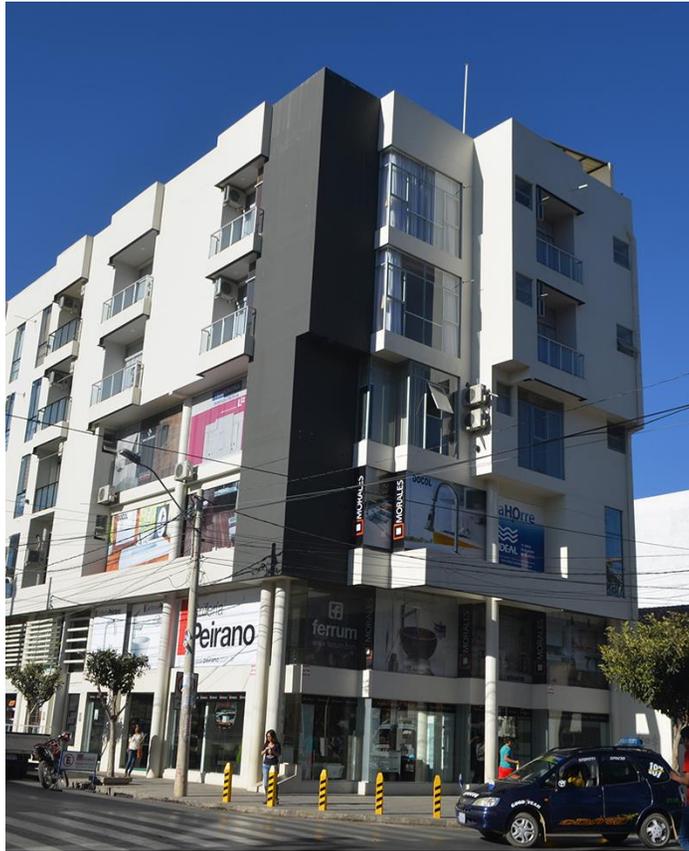


**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

Imagen: 4.50. Perspectiva avenida La Paz

VISTA ACTUAL AVENIDA LA PAZ

Edificio Lazcano esquina Jaime Paz Zamora



**PERSPECTIVA DEL EDIFICIO CON
MURO VERDE**





**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

4.5.12.3 Imagen: 4.51. Vista edificio Lazcano el antes y después de la propuesta
PERSPECTIVA TRAMO 1 CALLE BELGRANO – AVENIDA JAIME PAZ ZAMORA





**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

4.5.12.4 Imagen: 4.52. Perspectiva tramo 1
PERSPECTIVA TRAMO 2 CALLE BOLIVAR – CALLE BELGRANO



Imagen: 4.53. Perspectiva tramo 2

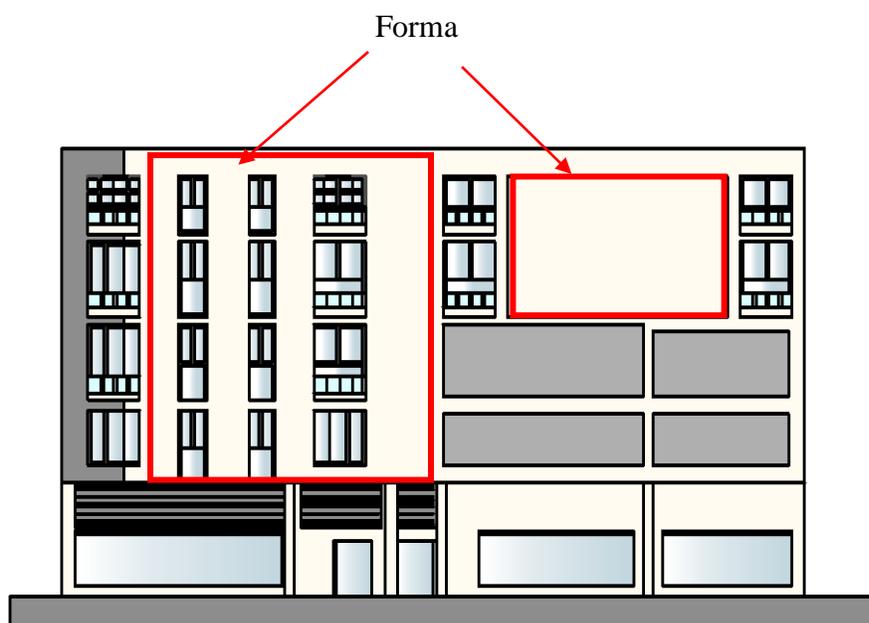


**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

4.6 FORMA Y DISEÑO DE LAS FACHADAS DE LAS EDIFICACIONES

4.6.12 FORMA

Este edificio se encuentra ubicado en la avenida la Paz esquina Jaime Paz Zamora, es un edificio de uso comercial en la planta baja y los posteriores pisos de uso habitacional, es un edificio con formas rectangulares, y se tomó en cuenta las partes libres para la implementación del muro vertical, el edificio tiene una superficie de 312 m² de superficie total y se está tomando en cuenta 109 m² para diseñar el muro verde.



EDIFICIO LAZCANO FACHADA ESTE TRAMO 1

ESC: 1.100

Imagen 4.54: Descripción de la forma del diseño del edificio



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

4.6.13 DISEÑO

El diseño que se propone para este edificio es de formas ondulantes (imagen 4.55) a través de la línea curva lo que visualmente permite extrapolar la situación natural de las plantas.

Estas formas son replanteadas en la arquitectura como una forma de dar un nuevo ritmo y grafica al muro verde proyectado en la fachada este de los edificios de la avenida La Paz.



Imagen 4.55: Descripción de la forma del diseño del edificio



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

4.6.14 SELECCIÓN DE PLANTAS

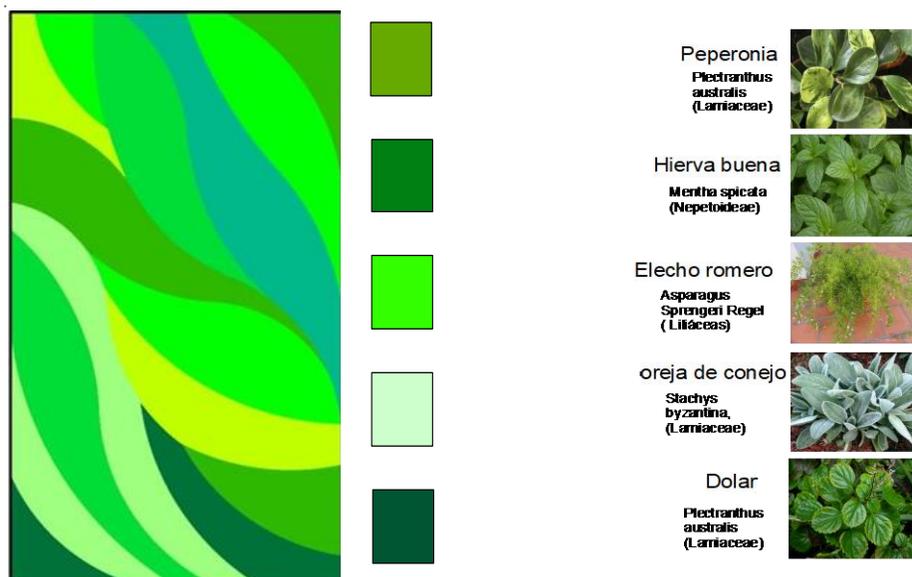


Imagen 4.55: Descripción de plantas seleccionadas para un muro verde

Para este muro se clasifico plantas con su hoja rugosa, con pelos fino y venosas ya que estas plantas pueden absorber el polvo generado por los automotores en la avenida La Paz, se trató de jugar con la degradación de colores verdes para dar una sensación de frescura (imagen 4.55).



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

4.6.15 CORTE DEL EDIFICIO

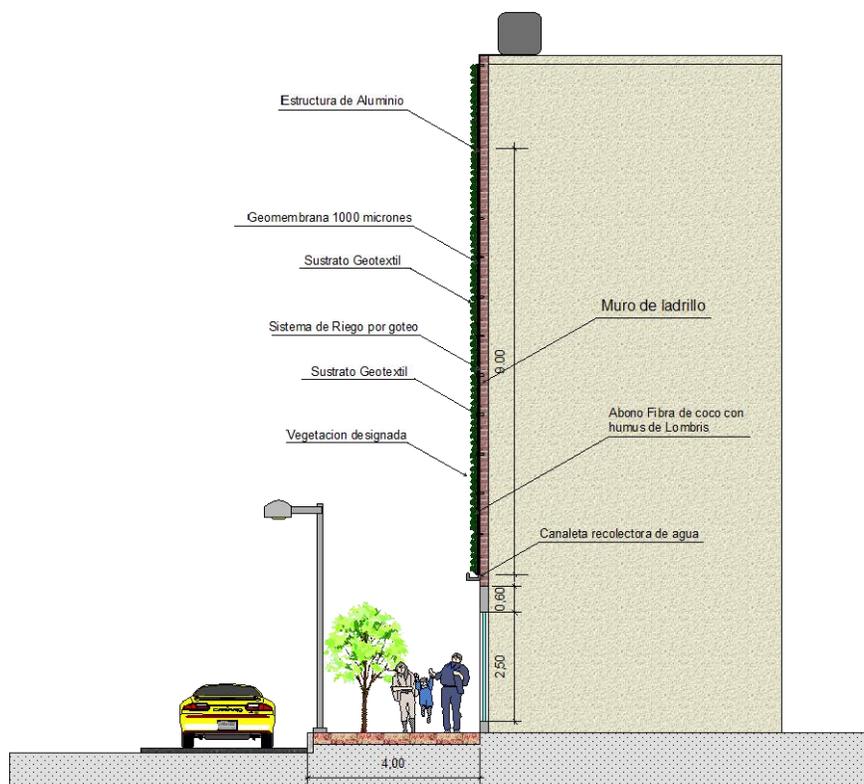


Imagen4.56: Corte de edificio Lazcano tramo 1 fachada este ESC: 1.100

En el corte (imagen 4.56) se puede apreciar el tipo de material y la estructura que se está tomando en cuenta para el muro verde de este edificio.

Se tiene una estructura de aluminio, una capa de geo membrana y una capa de geotextil pre fabricada con un sistema de riego por goteo. el muro se encuentra a una distancia de 2.50m del piso.

La forma, diseño, selección de plantas y cortes de los demás edificios de la avenida La Paz ver en anexo –E.



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**

4.7 PRESUPUESTO PARA UN MURO VERDE

Tabla 4.16: ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DATOS GENERALES					
Proyecto :		Muro verde			
Actividad :		Estructura base del muro verde			
Cantidad :		Global			
Unidad :		m2			
Moneda :		Bs			
1 MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Barra de aluminio	m	3,33	10,83	36,06
	Tornillos de ercarne	Pza	16,00	2	32,00
	Pernos	Pza	8,00	5	40,00
	Abrazaderas	Pza	8,00	2,5	20,00
	Manguera	m	4,00	2,5	10,00
	Codos	Pza	2,00	3	6,00
	Tes	Pza	2,00	4,5	9,00
	Tapas de manguera	Pza	3,00	1,5	4,50
	Geo menbrana	m2	1,10	35	38,50
	Geotextil	m2	1,10	16	17,60
	Caño recolector de agua	Pza	1,00	16,25	16,25
	Angular	Pza	4,00	11,66	46,64
	Tacos fisher	Pza	8,00	1,5	12,00
	Plantas	Pza	42,00	5	210,00
TOTAL MATERIALES					498,55
2 MANO DE OBRA					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Tecnico plomero	hr	8,000	30	240
	Tecnico metalurgico	hr	4,000	40	160
	paisajista	hr	4,000	30	120
	Ayudante	hr	4,000	15	60
SUBTOTAL MANO DE OBRA					580,00
Cargas Sociales = (% del Subtotal de Mano de obra)			65,00%		377
Impuestos IVA Mano de obra= (% de Suma de Subtotal de MO + Cargas Sociales)			14,94%		142,98
TOTAL MANO DE OBRA					1099,98
3 EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
	Herramientas = % del Total de Mano de Obra				
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					



IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA

GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS		Costo total
Gastos generales (% de 1+2+3)	10%	159,85
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS		159,95
5 UTILIDAD		Costo total
* Utilidad= (% de 1+2+3+4)	15%	263,77
TOTAL UTILIDAD		39,57
6 IMPUESTOS		Costo total
* Impuestos IT = (% de 1+2+3+4+5)	0,0309	55,56
TOTAL IMPUESTOS		1,72
TOTAL PRECIO UNITARIO (1+2+3+4+5+6)		1799,77
TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (Con dos (2) decimales)		1799,77



4.8 TABLA DE PRESUPUESTO PARA UN MURO VERDE

Tabla: 4.17. Resumen de presupuesto para los diferentes edificios de la avenida La Paz

RESUMEN DE PRESUPUESTO PARA UN MURO VERDE						
Numero de edificio	Superficie Total del edificio	Superficie con muro verde (m2)	Número de plantas para un muro	Peso del sustrato (kg)	Cantidad de agua (lt)	Costo por m2 1779,77 (bs)
Edificio # 1 de uso comercial y departamentos	144 m2	40	1680	12,33	298	71,190
Vivienda familiar #7	192m2	80	3360	23,49	596	142,381
Vivienda familiar17	104m2	33	1386	9,69	246	58,732
Edificio de uso comercial y departamentos #18	240 m2	70	2940	20,55	522	124,583

Fuente: elaboración propia

5. CONCLUSIONES

- Debido a las diversas investigaciones que se han realizado, más el aporte de los conocimientos que se obtuvieron a lo largo del estudio, se demuestra lo beneficioso y factible que es la implementación de muros verdes en las paredes de los edificios de la avenida La Paz aportando a su ornato urbano y el aumento de su índice de áreas verdes, según lo recomendado por la OMS, (9m2 por habitante).



- El aumento aproximado de vegetación que se pretende incrementar con la propuesta de muros verdes en esta avenida es de 223 m² de área verde.
- Esta propuesta promueve la creación de más espacios verdes en diversas edificaciones ya constituidas mejorando su confort térmico como acústico, generando zonas más naturales y agradable a la vista.
- Se realizó el diagnóstico del número de flujo vehicular, transitan en la Avenida La paz (Calle Bolívar y avenida Jaime Paz Zamora), donde se registra que hay mayor tráfico de automotores, haciendo un promedio de 2.962 vehículos que circulan cada día esta avenida La Paz y sus intersecciones, se registraron en un 45 % de vehículos antiguos 40% seminuevos y 15% nuevos, los autos antiguos y viejos son los que emiten mayor concentración de gases (CO, NO₂ y partículas en suspensión) que contaminan al medio ambiente estos gases son perjudiciales para la población.
- También se determinó la afluencia de personas que transitan la avenida La Paz, esta zona es comercial razón por la cual hay afluencia de personas de toda edad, el promedio de personas que circulan es 459 personas por día.
- Según el diagnóstico del monitoreo de contaminación se determina que la avenida La Paz es de alto tráfico vehicular y esto conlleva la contaminación del ambiente, esto es perjudicial para la salud poblacional de nuestro departamento, el mayor contaminante vehicular es el monóxido de carbono en valores altos, lo permitido por la OMS y la ley del Medio Ambiente es de 9 a 10 ppm y a este valor sobrepasa en estos puntos de monitoreo.
- Se realizó una clasificación de plantas que existen en el mercado tarijeño como en los viveros estas plantas son de fácil cultivo y por sus características cumplen con los requisitos para la plantación en el muro vertical.
- Gracias a las diferentes experimentaciones, con pequeños desaciertos y muchos aciertos se logró una estructura recto con un jardín vertical de 1 x



1m² para colocarlo en un espacio libre, el mismo que es una estructura versátil que se lo puede mover o cambiar de lugar gracias a su estructura funcional, cabe recalcar que la estructura es muy similar para todos los tipos de bloques o fachadas que se desea implementar en las edificaciones de la avenida La Paz.

- Esta propuesta promueve la creación de más espacios verdes en diversas edificaciones ya constituidas mejorando la estética y visuales de las fachadas, generando zonas en lo posible más naturales. La integración de más áreas verdes de forma vertical permitirá hacer conciencia en la población en general, tomando en consideración que se puede ejecutar en diversos niveles sociales que existen. Con este proyecto se da a conocer una técnica que a prioridad podría parecer innovadora, pero como hemos visto a lo largo del proyecto no es más que la evolución de técnicas usadas en la antigüedad. Estas técnicas pueden mejorar considerablemente el entorno de las ciudades, beneficiando los edificios y el entorno en general.
- Por otro lado, intentar eliminar los prejuicios iniciales que puede tener la elección de este sistema, por supuestos sobre costos tanto en montaje como en mantenimiento, los cuales se podrían mejorar simplemente seleccionando especímenes de plantas con exigencias mínimas de conservación.
- La incorporación de vegetación en el edificio y su entorno, lo convierte en un elemento vivo dentro de la ciudad, donde la presencia de elementos vegetales se ve reducida a unos pocos espacios. De esta forma se genera una serie de impactos positivos para su entorno y sus ocupantes.
- Es de sumo interés incrementar las superficies verdes con nuevas tecnologías en el campo de la bioclimática, para de este modo mejorar el microclima urbano y proyectar ciudades más permeables y saludables.



- Fachadas cubiertas de verde ofrecen ventajas visuales. Este embellecimiento urbano puede tener un impacto en el turismo y empujar a más visitantes a ver y disfrutar de la ciudad.
- Esta propuesta busca mitigar la contaminación ambiental generada por el automotor, y el gran crecimiento poblacional que afectan a las ciudades de igual forma ayuda al plan del buen vivir, y tener un aire limpio en la ciudad el propósito de minimizar los efectos negativos que causa la gran mancha urbana. Con un diseño agradable visualmente y contrastes de colores, texturas, con la integración de plantas como factor principal de este.
- Para el diseño de muros decorativos adecuados al entorno de las edificaciones en altura, casas en la avenida La paz se aplicó el programa de achicat y lumión.

5.1 RECOMENDACIONES

La elaboración de este proyecto parece constatar que la integración de la vegetación y la arquitectura parece ser un tema innovador y en pleno desarrollo, sin embargo, tiene un amplio campo de investigación, los que a continuación se sugieren:

- Profundizar en el estudio del potencial de los sistemas vegetales verticales.
- Crear una base de datos de cada tipo de sistema vertical de vegetación que permitirá contrastar a largo tiempo datos sobre costos de mantenimiento, consumos, rendimiento energético.
- Es necesario hacer más investigaciones sobre este tema ya que puede ser una herramienta muy utilizada e implementada.
- Estudios para comparar el efecto de los sistemas vegetales verticales en los edificios, frente a otros sistemas y técnicas convencionales.
- Para este tema, sería bueno indagar sobre la utilización de especies nativas de la ciudad que se adapten a un muro verde, para fomentar e incentivar el cultivo de estas especies.



- Otros aspectos que deben ser investigados más a fondo son la integración con la envolvente arquitectónica, la elección de materiales más sostenible, el impacto medioambiental; y la simbiosis creada entre el medio de crecimiento y la vegetación, elemento clave para el éxito de los jardines verticales.



**IMPLEMENTACIÓN DE “MUROS VERDES” EN LA
AVENIDA LA PAZ DE LA CIUDAD DE TARIJA**