


	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 2</b>

Neiva, 29 de enero de 2016

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s)

LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO , con C.C. No. 1.080.295.169 ,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o \_\_\_\_\_

Titulado “Diseño de auditorio ecoambiental en la granja experimental de la Universidad Surcolombiana”

Presentado y aprobado en el año 2016 como requisito para optar al título de





Ingeniero Agrícola;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

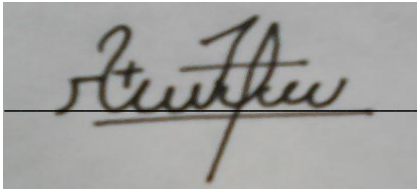
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.






	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 2</b>

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

Firma:



	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 4</b>

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** “DISEÑO DE AUDITORIO ECOAMBIENTAL EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA”

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
LISCANO SOLANO	LUIS ALBERTO

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
PALLARES MUÑOZ	MYRIAM ROCÍO

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
DÍAZ LLANO	HERNANDO
OROZCO CHAVARRO	MARTIN EMILIO





**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Ingeniero Agrícola

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Ingeniería Agrícola

**CIUDAD:** Neiva      **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2016      **NÚMERO DE PÁGINAS:** 79

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 4</b>

Diagramas\_\_\_ Fotografías\_X\_ Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general\_X\_ Grabados\_\_\_ Láminas\_\_\_ Litografías\_\_\_ Mapas\_X\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_X\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas o Cuadros\_X

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: Microsoft Word ó Adobe Reader.

**MATERIAL DE ANEXO:**

ANEXO A: Vista en planta del Auditorio y distribución.

ANEXO B: Vista de muro 1, corte A-A.

ANEXO C: Vista de muro 2, corte B-B.

ANEXO D: Vista de muro 3, corte C-C.

ANEXO E: Detalle de muros verdes, sistema constructivo y sistema de riego.

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**





	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1.	Muros verdes	Green walls
2.	Bioclimatización	air conditing
3.	Cambio climático	climate change
4.	Cubierta ecológica	Green roof
5.	Temperatura de confort	temperatura confort

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

Los muros verdes representan en la actualidad una forma ecológica de reducir la temperatura en el interior de las viviendas y demás construcciones urbanas. Las cubiertas o fachadas verdes crean un ambiente agradable de manera natural y actúan como aislamiento térmico exterior, reduciendo al mismo tiempo la contaminación ambiental mediante un sistema de retención de CO<sub>2</sub> utilizado por las plantas en sus procesos fotosintéticos y demás gases pesados.

La cubierta vegetal es un tipo de cubierta ecológica con un sustrato de poco espesor y una capa vegetal con plantas de bajo porte. Las cubiertas de este tipo, abarcan aspectos arquitectónicos, constructivos, medioambientales y estéticos para las construcciones.

En las regiones de clima cálido se hace importante reducir la temperatura de las viviendas con métodos ecológicos para hacer optimización de recursos, contribuir en la lucha contra los efectos negativos del cambio climático, aumentar las zonas verdes de las ciudades, disminuir el efecto isla de calor, incluso llegar a la producción de alimento dentro de las construcciones urbanas.

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>3 de 4</b>

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

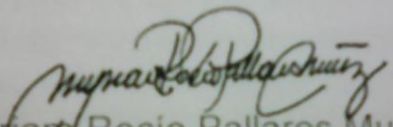
The Green walls today represent an ecological way to reduce the temperature inside of housing and other urban constructions. The green roofs or facades create a pleasant atmosphere naturally and act as external thermal insulation, while reducing environmental pollution by CO<sub>2</sub> retention system used by the plants in their photosynthetic processes and other heavy gases.

The vegetation cover is a type of organic substrate covered with a thin layer and a plant with low plants. Covers of this type, include architectural, construction, environmental and aesthetic aspects for constructions.

In warm climates it is important to reduce the temperature of homes with environmentally friendly methods to optimize resources, contribute to the fight against the negative effects of climate change, increase green areas in cities, reduce the heat island effect even reach food production in urban construction.





#### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Director de trabajo de grado: Magister. Myriam Rocío Pallares Muñoz



Myriam Rocío Pallares Muñoz

Firma: Directora del trabajo de grado

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>4 de 4</b>

Nombre Jurado: Esp. Hernando Díaz Llano

Firma:



Nombre Jurado: Esp. Martín Emilio Orozco Chavarro

Firma:



DISEÑO DE AUDITORIO ECOAMBIENTAL EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE  
LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
2016

DISEÑO DE AUDITORIO ECOAMBIENTAL EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE  
LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de  
INGENIERO AGRICOLA

Director: MYRIAM ROCIO PALLARES MUÑOZ

Ingeniera civil

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
CONSTRUCCIONES

NEIVA

2016



## Nota de aceptación

---

---

---

---

Firma del Director

**MYRIAM ROCIO PALLARES MUÑOZ**

Ingeniera Civil. Especialista en Gerencia integral de obras civiles.  
Magister en métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería

Firma del Jurado

**HERNANDO DIAZ LLANO**

Ingeniero Civil. Especialista en administración de obras civiles

Firma del Jurado

**MARTIN EMILIO OROZCO CHAVARRO**

Arquitecto y Especialista en administración de obras civiles

Neiva, Enero 2016

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado lo dedico a las personas que siempre me apoyaron y que lo siguen haciendo en el transcurso del tiempo entre ellos mis padres, hermanos, compañeros de universidad y docentes quienes han contribuido en mi formación académica y personal, me motivan para continuar en el desarrollo de Ingeniero Agrícola y aportan conocimiento valioso.

## **AGRADECIMIENTOS**

Son muchas las personas de quienes han contribuido a mi formación académica y personal durante el transcurso de mi carrera en la universidad a todas estas agradezco por su colaboración y apoyo incondicional durante estos años, entre ellos se encuentran:

MYRIAM ROCIO PALLARES MUÑOZ, Ingeniera Civil Docente de la Universidad Surcolombiana. Directora de tesis quien contribuyó en el desarrollo de mi proyecto de grado.

RODRIGO PACHON BEJARANO, Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Docente de la Universidad Surcolombiana por su constante apoyo, colaboración en el transcurso de la carrera y ayuda en el desarrollo profesional.

CARLOS EMILIO REINA GALEANO, Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Docente de la Universidad Surcolombiana por el apoyo constante en la formación académica, personal y consejos valiosos en el desarrollo de proyectos.

MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO (MIGERCIPER) en memoria a este maestro de academia y de vida por sus años de servicio como docente en la Universidad Surcolombiana, donde con sus grandes conocimientos y humildad hizo amistad con cada uno de sus estudiantes.

JUAN CARLOS POVEDA HERNANDEZ Entrenador deportivo de la Universidad Surcolombiana, por contribuir no solo en mi formación deportiva durante los años de universidad sino por la formación personal de responsabilidad y entrega que me brindó.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. JUSTIFICACIÓN	5
3. OBJETIVOS	9
3.1 OBJETIVO GENERAL	
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
4.1.1 Temperatura Local	10
4.1.2 Humedad	10
4.1.3 Efecto Isla calor	10
4.1.4 Efecto cañón	11
4.1.5 Agricultura Urbana	11
4.1.6 Tipos de cubiertas verdes	13
4.1.7 Hidroponía	14
4.1.8 Beneficios de los muros verdes	15
4.1.9 Costo energético de las construcciones convencionales	16
4.1.10 Conductividad térmica para de los materiales	17
4.1.11 Transferencia de calor	17
4.1.12 Metodología para el diseño de un edificio creando microclimas frescos	19
5. ANTECEDENTES	21
5.1 Construcciones ecológicas	21
5.1.1 Construcciones en Roca	21
5.1.1.1 Características de las construcciones en Roca	21
5.1.2 Construcciones verdes en el mundo	22
5.1.3 Construcciones verdes en Bogotá, Colombia	24
5.1.3.1 Objetivos del proyecto	24

5.2 Agricultura Urbana	25
5.2.1 Situación en Latinoamérica	25
5.2.2 Programas de agricultura urbana adelantados en Latinoamérica	26
5.2.2.1 Programa FAO	26
5.2.2.2 Agricultura Urbana en Bogotá	28
5.2.2.3 Agricultura Urbana en Chile	29
5.2.2.4 Agricultura Urbana en Lima, Perú	30
5.2.2.5 Agricultura Urbana en Rosario, Argentina	30
5.2.2.6 Agricultura Urbana en La Habana, Cuba	31
5.3 Modelos Existentes de Muros verdes	31
5.3.1 Sistemas ligados al suelo	32
5.3.2 Sistemas constructivos ligados a muros vegetales plantados	33
5.3.2.1 Sistema básico de un muro verde	33
5.3.3 Sistema hidropónico para plantas productivas	35
5.3.4 Sistema de muros de textil paredes interiores	36
5.3.5 Sistema de cuadros vivos	36
5.3.6 Muros Autoportantes	37
5.3.7 Paneles prefabricados	37
5.3.8 Sistema elt. elevated landscape technologies	38
5.3.9 Muros verdes sintéticos	39
5.4 Tecnologías para la implementación de muros verdes	41
6. DISEÑO AUDITORIO ECOAMBIENTAL	42
6.1 Generalidades	42
6.1.1 Localización	42
6.1.3 Características de la región	43
6.1.3 Climatología	43
6.1.4 Aspectos socioeconómicos	44
6.1.5 Construcciones	45
6.1.6 Problemática	46
6.2 Diseño Planteado	46
6.2.1 Capacidad de las instalaciones	46
6.2.2 Diseño del sistema de riego	46
6.2.2.1 Climatología y requerimiento hídrico	46
6.2.2.2 Frecuencia y tiempo de riego	49
6.3 Sistemas recomendados	50
6.3.1 Sistema hidropónico	50
6.3.2 Cuadros vivos	50
6.3.3 Bolsillos de siembra	51
6.4 Sistema de Riego	52
6.5 Plantas Utilizadas y Recomendadas por el Jardín Botánico de Bogotá	54

6.6 Costo de sistemas por m2	57
6.6.1 Sistema Hidropónico	58
6.6.2 Bolsillo de siembra	59
6.6.3 Cuadros vivos	60
6.7 Pasos para la instalación de muros verdes	61
6.8 Mantenimiento	62
7. CONCLUSIONES	63
8. RECOMENDACIONES	64
9. BIBLIOGRAFÍA	65

## LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Relación área de cobertura verde vs potencia térmica y potencia eléctrica. Nergiza	8
Tabla 2. Temperatura de la región	44
Tabla 3. Registro de evaporacion de la región.	47
Tabla 4. Evaporación promedio mensual y diaria en la zona de Juncal.	48
Tabla 5. Resultados tiempo de riego para frecuencia de 2 días	49
Tabla 6. Análisis de precio Unitario para instalar 1 m <sup>2</sup> Modelo sistema hidropónico	58
Tabla 7. Análisis de precio Unitario para instalar 1 m <sup>2</sup> Modelo bolsillos de siembra	59
Tabla 8. Análisis de precio Unitario para instalar 1 m <sup>2</sup> Modelo cuadros vivos	60

## LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Isla de calor urbana	7
Figura 2. Variación de temperatura entre cubierta verde y Tradicional.	7
Figura 3. Efecto isla de calor en las ciudades	11
Figura 4. Muro verde edificio Caixa Forum en Madrid	23
Figura 5. Consumo diario de frutas y hortalizas en algunos países de América Latina y el Caribe año 2005	26
Figura 7. Jardines verticales	32
Figura 8. Sistema básico de una fachada verde	35
Figura 9. Muros verdes sistemas hidropónicos	35
Figuras 10 y 11. Muros verdes por bolsillo de siembra	36
Figura 12. Cuadros vivos	36
Figuras 13 y 14. Muros Autoportantes	37
Figuras 15 y 16. Módulos de plantación prefabricados	38
Figura 17. Estructura básica de un panel modular	38
Figura 18. Paneles prefabricados sistema ELT	39
Figura 19. Localización geográfica de la granja experimental	42
Figura 20. Diagrama de temperatura	43
Figura 21. Construcciones Actuales de la Granja	45



Figura 22. Sistema bolsillos de siembra en eventos	52
Figura 23. Sistema de ventilación	56

## LISTADO DE ANEXOS

**ANEXO A:** vista en planta de las instalaciones del aula múltiple donde se tienen planos de vista, distribución, medidas e instalaciones hidráulicas.

**ANEXO B:** vista frontal del muro Número 1, que comprende oficina, aula principal e instalaciones sanitarias, así mismo la distribución y el sistema empleado de muros verdes, medidas y sistema de riego del sistema de plantación hidropónica.

**ANEXO C:** vista frontal del muro Número 2, que comprende Aula auxiliar, aula principal y hall, así mismo la distribución y el sistema empleado de muros verdes, medidas y sistema de riego del sistema de plantación hidropónica.

**ANEXO D:** vista frontal del muro Número 3, que comprende el cafetería, aula principal y hall, así mismo la distribución y el sistema empleado de muros verdes, medidas y sistema de riego del sistema de plantación hidropónica.

**ANEXO E:** Detalles técnicos del sistema constructivo de los muros verdes que se van a emplear, con los materiales, vista isométrica de estructura y sistema de irrigación empleado.

## RESUMEN

En el presente trabajo se recolectó información acerca de las construcciones ecológicas específicamente de los modelos de muros verdes que existen hasta el momento y cuáles son los más usados en zonas de condiciones climáticas cálidas parecidas a las de la zona del Juncal donde se encuentra la granja experimental de la Universidad Surcolombiana donde en el año 1992 se había planteado la construcción de un aula múltiple. Así mismo las ventajas de los muros verdes bajo enfoque de mejoramiento paisajístico, valorización de las estructuras, climatización de construcciones y programas de seguridad alimentaria adelantado a nivel mundial, de países Latinoamericanos y de Colombia.

Anexo a la investigación se hicieron planos de los modelos que se recomiendan para la construcción, precios de los muros verdes seleccionados, plano de detalles con información específica de los materiales que se pueden usar en este tipo de muros sin mostrarlos como única alternativa debido a que pueden ser reemplazados por lo que se tengan disponibles y finalmente el costo por unidad de m<sup>2</sup> en la implementación de cada uno de los muros.

Palabras clave: Muros verdes, bioclimatización, seguridad alimentaria y adaptación de las construcciones cambio climático.

## SUMMARY

In the present work collects information about green building models specifically green walls that exist so far and what are the most used areas of warm climatic conditions similar to those in the area where the experimental farm Juncal is located Surcolombiana University where in 1992 he had proposed the construction of a multipurpose room. Also the benefits of green walls under new approaches to landscape improvement, enhancement of structures, air conditioning of buildings and advance food safety programs worldwide, Latin American countries and Colombia.

Annex to the research plans of the models are recommended for construction, prices of selected green walls, flat detail with specific information materials that can be used in this type of walls without showing only alternative is made because can be replaced by what are available and finally the cost per unit of m<sup>2</sup> in the implementation of each of the walls.

Keywords: green walls, bioclimatización, food security and climate change adaptation of constructions.

## 1. INTRODUCCION

Desde comienzos de la existencia el ser humano ha creado construcciones para habitarlas, estas han tenido muchos diseños según la cultura del constructor pero con un mismo fin generar un ambiente confortable, que sea segura y aislante de las condiciones climáticas del exterior.

Durante milenios la adaptación de las viviendas a la climatología exterior ha sido tan variada como culturas han existido. Con los materiales más simples y convirtiendo los problemas en soluciones los diferentes pueblos han conseguido viviendas cómodas en cualquier punto del planeta. Por ejemplo, el iglú es una maravilla tecnológica. Es una semiesfera de hielo revestida interiormente con pieles para crear una cámara de aire, de modo que una simple lámpara de grasa de ballena proporciona el suficiente calor para hacerlo confortable. El frío hielo puede proporcionar el microclima adecuado.

La vivienda es un cobijo que ha de soportar las condiciones medioambientales sin deteriorarse por lo que debe diseñarse en armonía con el lugar donde se ubica, pues de lo contrario se verá aquejado por diferentes patologías como humedades o grietas que le causarán una vejez prematura. En verano la radiación solar dilata los muros y en invierno el frío los contrae.

Hemos visto que el interior del cuerpo humano debe estar a 37° C. y que para mantener dicha temperatura ajusta sus procesos metabólicos generadores de calor interno y regula las pérdidas de calor a través de los capilares de la piel. De este modo puede adaptarse a condiciones climáticas muy variables sin que ello signifique que se encuentre cómodo.

El clima es una magnitud compleja en la que intervienen diversos factores que se relacionan entre sí. De la integración de todos ellos se puede lograr un entorno climático confortable.

La historia de los distintos pueblos nos da ejemplos de cómo nuestros antepasados han sabido combinar el diseño de sus viviendas con los materiales de construcción de que disponían para captar la radiación solar en invierno, ventilar y refrescar los edificios en verano y crear microclimas húmedos en los lugares áridos.

Es muy conveniente observar las ingeniosas viviendas del pasado y aprender de ellas. A partir de ahí podremos armonizar nuestra tecnología con la sabiduría antigua.

En Mongolia y Kirghizistán los pastores nómadas viven en ingeniosas viviendas transportables, los yurt que recubren con más o menos capas de fieltro según la temperatura exterior para lograr mejor aislamiento.

En Noruega se utilizan desde antaño los tejados de hierba. El mantillo de turba vegetal y hierba poseen un gran poder aislante. Actualmente se ha construido con tejado de hierba un precioso auditorio en honor a Edvard Grieg, al lado de la que fue su casa.

En Japón todavía se usa el “sutomi” persiana opaca de madera aislante que se cierra por la noche para no perder calor.

Los indios anasazi vivían en los acantilados de Mesa Verde (Colorado) orientados al sur para captar toda la radiación solar y estar al abrigo de los fríos vientos. De este modo aprovechaban la masa térmica de la roca.

En Capadocia se vivía en cuevas laberínticas de hasta 6 pisos de profundidad que disponían de ingeniosas chimeneas de ventilación.

En Perú ya existían chimeneas de ventilación en el año 700 de nuestra era. Actualmente en los países árabes es corriente su empleo: Afganistán, Irak, Irán, Egipto, etc.

Los habitantes de las selvas tropicales necesitan edificios con buena ventilación, sombra y poca capacidad de retener calor. Sus paredes dejan pasar el aire. En Nueva Guinea las viviendas se construyen muy elevadas sobre el suelo y abiertas para dejar correr el aire. En Indonesia las paredes son de paja muy permeables a las brisas.

En el Amazonas los yanomamo de la cuenca del Orinoco viven en grandes chozas comunitarias. No hay tabiques para permitir circular a las brisas y disponen de un gran patio interior.

Vale lo dicho como ejemplo de los hallazgos de la arquitectura popular.

Ya en el los comienzos del siglo XX, los dos grandes precursores del bioclimatismo Le Corbusier y Frank Lloyd Wright, basaron buena parte de sus aportaciones de control climático en los apuntes que tomaron en sus viajes por los pueblos de Oriente, donde las viejas tradiciones arquitectónicas seguían vigentes.

En bioclimatismo se tiende a mantener un clima confortable en el interior de un edificio sin recurrir al empleo de energías no renovables. En invierno se busca mantener la vivienda más cálida que el entorno y en verano más fresca. Esto se consigue manteniendo un buen equilibrio entre las ganancias y pérdidas de calor.

Las construcciones ecológicas deben cumplir con ciertos criterios en el proceso de construcción. Ya sea para casas, edificios y cualquier otra edificación que sea saludable y respetuosa del medio ambiente. Los aspectos a los que hay que enfocarse; son los materiales con los que se construirá, las técnicas, ciclos y condiciones ambientales, sustentabilidad energética.

Los materiales que se utilizan no deben ser tóxicos ni contaminantes, en lo posible reutilizables y reciclables. Se debe tener en cuenta la orientación, el lugar, el terreno, los factores climáticos para el diseño y posterior construcción de la edificación. Si se quiere lograr que sea lo más eficiente posible y requiera de menos energía y esta debe ser renovable como la solar, la eólica o biomasa, así como el aprovechamiento del agua, del espacio y las características paisajísticas. Se da prioridad a la vegetación por cuestiones funcionales y visuales.

La construcción debe ser sana por dentro y por fuera. Esta es lo que lo diferencia de cualquier otra construcción normal.

La arquitectura ecológica ya no forma parte del futuro es una realidad que cada vez más se utiliza en el mundo. Mediante la utilización de estas pautas de construcción ecológica y la planificación urbana se puede lograr ciudades y edificaciones más saludables, menos contaminantes, y colaborar con el desarrollo sustentable [1].

## 2. JUSTIFICACION

El deterioro acelerado sufrido en nuestro planeta en los últimos años debido al crecimiento constante de las ciudades y reducción considerable de las zonas verdes, sumado al incremento de la temperatura durante los últimos años, han obligado a la búsqueda de tecnologías sostenibles, sustentables y de confort, capaces de perdurar y de reducir costos energéticos pero principalmente que sea amigable con el medio ambiente.

El crecimiento de las ciudades debido al desplazamiento de las personas hacia estas para mejorar sus ingresos económicos han reducido las zonas verdes a menos de 20 m<sup>2</sup>/habitante que es lo recomendado por la UE, es allí donde se hace importante la implementación de nuevas tecnologías que generen desarrollo sostenible.

“Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni agotar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.” [2].

Dentro de las alternativas de reducción de temperatura en las edificaciones a costos bajos y ecológicos se encuentra el desarrollo de la jardinería vertical o más conocidas fachadas verdes. Los modelos desarrollados inicialmente por el botánico Patrick blanc en el año 1988, seguido por numerosas empresas de arquitectura y paisajismo demuestran una tendencia hacia nuevas posibilidades en jardinería integrando la jardinería en las edificaciones y los modelos de hidroponía para obtener una mejora de la calidad ambiental, generando un mayor aprovechamiento de los recursos energéticos, la producción de alimento, haciendo las construcciones más eficientes y sostenibles.

Algunos de los principales problemas del crecimiento urbano son la escasez de espacios verdes, el aumento de la temperatura y en consecuencia, la reducción de la calidad medioambiental de las ciudades, aumento sensible del fenómeno efecto isla de calor producido por la variación de la temperatura entre la ciudad y sus alrededores; donde este incremento de temperatura de las ciudades es 10°C mayor respecto a las zonas periurbanas reduciendo la calidad la calidad de vida de las personas generando una sensación térmica mayor.

Otros factores cotidianos que afectan las condiciones ideales para el desarrollo normal de las actividades humanas son la reducción de la calidad del aire debido a la emisión de CO<sub>2</sub> por parte de industrias, automóviles y otras actividades naturales del hombre.

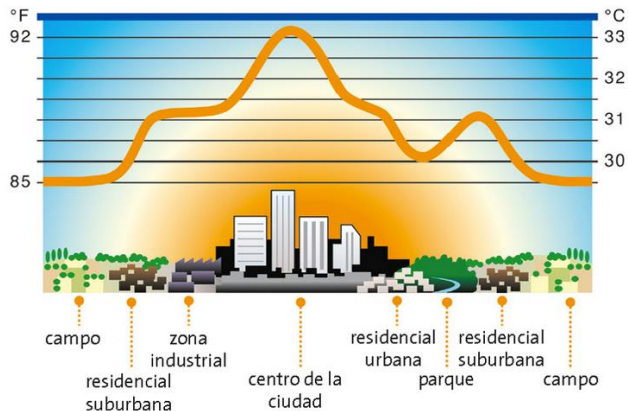
Dentro del cambio climático no solo se hace visible el aumento de la temperatura si no también el aumento en la torrencialidad de las lluvias, donde el periodo de precipitación se hace cada vez menos aumentando el caudal en los sistemas de alcantarillados que no dan abasto con el escurrimiento de vías y tejados, se ha determinado que la implementación de cubiertas verdes, sean muros o techos verdes reducen el escurrimiento de precipitación entre el 70-95 %, la implementación de cubiertas verdes generan un entorno más confortable para el ser humano debido a que una superficie con cubierta vegetal nunca sobrepasa los 26°C [3].

Mediante la implementación de los muros verdes se pueden adelantar prácticas de hidroponía para la producción de plantas productoras de alimento, proyecto adelantado en muchos países del mundo, de Latinoamérica y zonas de Colombia en este caso en la ciudad de Bogotá mediante proyectos adelantados por el Jardín Botánico de la Ciudad. Son muchos los programas de gobierno que implementan muros verdes para la producción de alimentos inocuos y sanos, terrazas o cubiertas verdes e incluso el uso de terrenos baldíos a nivel mundial, de Latinoamérica y Colombia en muchos de ellos es vista como forma moderna de ambientes ecológicos muy aptos para embellecer el entorno urbano.

En estos sistemas la cantidad de suelo pasa a segundo plano ya que se genera el desarrollo de las plantas mediante otros sustratos que son más livianos y prácticos. Según un estudio realizado por el Centro Tyndall para el Cambio Climático se necesitaría un 10% más de vegetación en las ciudades para mitigar el efecto de la isla de calor urbana.

Los edificios almacenan el calor en la superficie durante el día y lo liberan en los alrededores por la noche, causando un aumento global (efecto isla de calor), el aumento de la temperatura dentro de las ciudades aumenta el consumo de energía debido al consumo por refrigeración. Para mejorar estas condiciones, la incorporación de cubiertas verdes en los edificios se convierte en una buena medida de sostenibilidad aplicada a la nueva construcción o rehabilitación de edificios existentes, aportando enormes ventajas económicas y ecológicas, a la vez que se mejora el balance energético de los edificios.

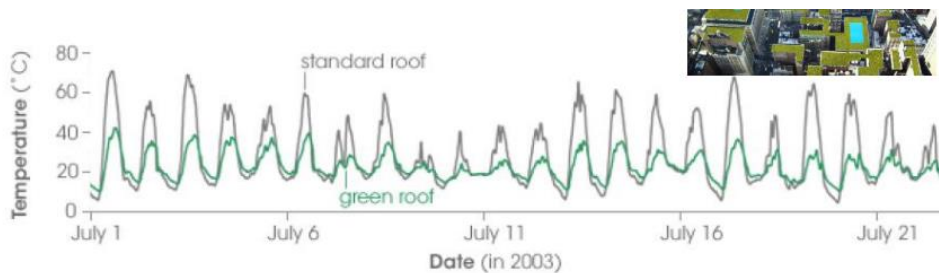




**Figura 1.** Efecto Isla de calor Urbana. **Fuente:** Urbanismo y transporte [4].

Cuando hace calor, el agua atrapada se evapora y enfría el ambiente de inmediato, lo que ayuda a reducir la temperatura local. Esta reducción en la temperatura puede ser usada como una forma de enfriamiento pasivo, el nuevo diseño del edificio puede ser beneficioso para la reducción del consumo de energía.

Las cubiertas verdes ayudan a reducir la temperatura de las zonas cálidas, moderan el flujo de calor, los vegetales y el sustrato mantienen la cubierta fresca por la sombra directa, la refrigeración por evotranspiración de las plantas y el sustrato, el aislamiento adicional tanto de las plantas, el medio de cultivo y los efectos de masa térmica del sustrato.



**Figura 2.** Variación de temperatura entre cubiertas verdes y acabados tradicionales. **Fuente:** Ub.edu[5].

La inseguridad alimentaria, desnutrición, el limitado acceso de los alimentos a las ciudades, los problemas que padecen las poblaciones vulnerables, el deterioro de los suelos, la contaminación, los efectos del cambio climático, entre otros, son los problemas que buscan solucionar los proyectos de Agricultura Urbana y reconstrucción de espacios verdes adelantado en todos los países, cada uno vinculado a políticas de desarrollo territorial.

La agricultura urbana genera empleo e ingresos para la población marginada de las ciudades, “para el año 2020 el 85 % de los pobres en América Latina estarán

concentrados en pueblos y ciudades y el mundo urbano presentara grandes problemas para ofrecer trabajo formal y oportunidades de ingreso” (FAO, 2012).

Las estructuras ecológicas generan un impacto visual positivo, descontaminan el aire, y estas estructuras pueden ser multipropósito desde mejorar la parte estética de las estructuras hasta la producción de alimentos, se puede hacer uso de plantas florales, plantas trepadoras y productoras de alimento, es por esto que se planteará el diseño de un auditorio ecoambiental para la granja experimental de la Universidad Surcolombiana, tomando como referencia los modelos que más se adapten para las condiciones climáticas de la zona, utilizando plantas productoras de alimento para el desarrollo de la Agricultura Urbana y plantas de jardín para el desarrollo paisajístico del lugar.

El modelo planteado puede implementarse en ciudades con condiciones de temperatura iguales o más críticas a la de la zona de estudio.

**Tabla 1:** Relación área de cobertura verde vs potencia térmica y potencia eléctrica.

Superficie m2	Potencia térmica Kw	Potencia eléctrica Kw
0-30	2,5	0,5-0,8
30-40	3,5	0,9-1,2
40-60	5	1,5-1,9
60-90	7,1	2-2,6
90-120	10	2,7-3,7
120-140	12,5	3,9-4,4
140-180	14	4,3-5,6

Fuente: Nergiza [6]

### **Los muros verdes y sus beneficios en la salud**

Un m2 de muro verde produce la cantidad de oxígeno necesario por una persona adulta en un año, reduce el impacto ambiental y visual generado por el asfalto, es un excelente sumidero de CO2 ya que captura grandes cantidades de este gas, actúa como lecho filtrante de polvo y metales pesados como el cadmio y el plomo. En el caso de adultos en estado de reposo, los pulmones recogen unos 250ml de oxígeno cada minuto y emiten unos 200ml de dióxido de carbono, lo que es equivalente a 565.36g /día.

Diferentes autores y empresas encargadas de la construcción de muros verdes afirman que la temperatura de la zona interna de una construcción verde se reduce hasta en 5°C, lo que representa una reducción del 25% en el consumo de energía, por refrigeración.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

- Propiciar la construcción de fachadas verdes, mediante la implementación de modelos de muros verdes para contribuir a la reducción de los efectos sufridos por el cambio climático en el aumento de la temperatura, mediante sistemas ecológicos, eficientes y de bajo costo energético, para aumentar las áreas verdes de las ciudades, reducir el efecto isla de calor y consumo de energía.
- Plantear modelos de muros verdes aptos para desarrollar Agricultura Urbana mediante la aplicación de técnicas de hidroponía para contribuir a la lucha contra la inseguridad alimentaria, mejorar la calidad de vida de las personas de poblaciones vulnerables mediante la práctica de AUP aumentando la producción de alimentos en las estructuras tradicionales en las ciudades logrando climatizar las estructuras de la ciudad.

#### **3.2 ESPECIFICOS**

- Hacer revisión bibliográfica sobre los distintos modelos de muros verdes construidos en el mundo y desarrollados bajo un enfoque de paisajismo en las ciudades, para determinar cuáles son los más aptos e implementar los más convenientes en la construcción correspondiente al aula múltiple ubicada en la granja experimental de la universidad Surcolombiana.
- Hacer el diseño de los muros verdes para la construcción del aula múltiple en la granja experimental y que sea adaptable a sitios con las mismas características climáticas.
- Hacer el diseño del sistema de riego que se requiere para la implementación de muros verdes de acuerdo al requerimiento hídrico de la zona de estudio.

## **4. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **4.1.1 Temperatura local**

La temperatura seca del aire es la temperatura a la que se encuentra el aire que rodea al individuo. La diferencia entre esta temperatura y la de la piel de las personas determina el intercambio de calor entre el individuo y el aire, a este intercambio se le denomina «intercambio de calor por convección». También existe el intercambio de calor por radiación entre unas y otras superficies del ambiente (piel, máquinas, cristales, paredes, techos, etc.), que hace que, por ejemplo, pueda ser agradable estar en una casa en la que la temperatura es de 15° C, pero sus paredes están a 22° C. Si la temperatura de la piel es mayor que la temperatura radiante media, el cuerpo cede calor por radiación al ambiente; si es al revés, el organismo recibe calor del medio

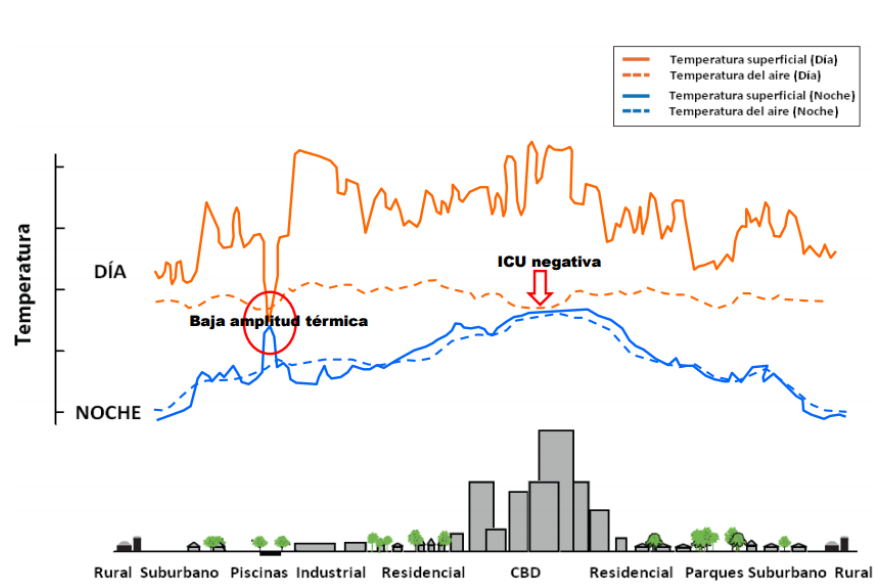
Se suele decir que las personas se sienten confortables en hogares cuya temperatura esté entre los 18 y los 24° C.

### **4.1.2 Humedad**

La humedad es el contenido de vapor de agua que tiene el aire. El mecanismo por el cual se elimina calor del organismo es a través de la transpiración. Cuanta más humedad haya, menor será la transpiración; por eso es más agradable un calor seco que un calor húmedo. Un valor importante relacionado con la humedad es el de la humedad relativa, que es el porcentaje de humedad que tiene el aire respecto al máximo que admitiría [7].

### **4.1.3 Efecto isla calor**

Este fenómeno consiste en la acumulación y concentración del calor en las ciudades debido a la construcción con materiales absorbentes que impiden que se disipe. Estos materiales acumulan el calor a lo largo de las horas de insolación y lo liberan durante la noche impidiendo que bajen las temperaturas. De día vuelve a acumularse el calor y así cíclicamente, lo que provoca que la temperatura sea progresivamente más alta. La urbanización, la falta de zonas verdes, la construcción del pavimento con materiales impermeables y el uso indiscriminado de los vehículos incrementan la magnitud de este fenómeno.



**Figura 3.** Efecto isla de calor en las ciudades. Fuente: Ub.edu[5].

**4.1.4 Efecto cañón:** fenómeno paralelo al efecto isla de calor, donde la incidencia de los rayos solares sobre la superficie horizontal de los edificios tan cercanos unos de otros hace que se acumule energía que nuevamente será disipada durante la noche y retenida entre las construcciones. Asimismo el aumento de la temperatura en las ciudades hace que los sistemas de refrigeración necesiten más energía para enfriar los edificios expulsando calor hacia fuera colaborando con el incremento de temperatura formando parte de este círculo vicioso. El calor disipado por los materiales que conforman los edificios es absorbido y retenido por las partículas en suspensión y los gases contaminantes... [5].

#### 4.1.5 Agricultura Urbana

Según la FAO [8], la agricultura urbana y periurbana (AUP) puede ser definida como el cultivo de plantas y la cría de animales en el interior y en los alrededores de las ciudades. La agricultura urbana y periurbana proporciona productos alimentarios de distintos tipos de cultivos (granos, raíces, hortalizas, hongos, frutas), animales (aves, conejos, cabras, ovejas, ganado vacuno, cerdos, cobayas, pescado, etc.) así como productos no alimentarios (plantas aromáticas y medicinales, plantas ornamentales, productos de los árboles).

Las hortalizas tienen un ciclo de producción corto, algunas se pueden recolectar a los 60 días de la siembra, lo cual se adecua a la agricultura urbana.

Los huertos pueden ser hasta 15 veces más productivos que las fincas rurales. Un espacio de apenas un metro cuadrado puede proporcionar 20 kg de comida al año.

Los horticultores urbanos gastan menos en transporte, envasado y almacenamiento, y pueden vender directamente en puestos de comida en la calle y en el mercado. Así obtienen más ingresos en vez de que vayan a parar a los intermediarios.

La agricultura urbana proporciona empleo e ingresos para las mujeres, pobres y otros grupos desfavorecidos.

La horticultura puede generar un empleo por cada 100 metros cuadrados de huerto con la producción, suministro de insumos, comercialización y el valor añadido del productor al consumidor.

Sin embargo, en muchos países, la AUP no obtiene reconocimiento en las políticas agrícolas y la planificación urbana. Los productores operan a menudo sin permisos, dado que oficialmente es "invisible", el sector no recibe asistencia o supervisión pública en muchas ciudades.

Según la (FAO, 2015) , En los próximos 35 años la agricultura se verá expuesta a una confluencia de presiones sin precedentes, tales como un aumento del 30 %, de la población mundial, una creciente competencia por recursos de tierra, agua y energía cada vez más escasos, así como la amenaza existencial del cambio climático. Se estima que para atender las necesidades de una población que, según se prevé, llegará en 2050 a 9 300 millones de habitantes y dar respaldo a cambiantes modalidades de alimentación, la producción anual de alimentos deberá aumentar de los 8 400 millones de toneladas actuales a casi 13 500 millones de toneladas. Lograr ese nivel de producción a partir de una base de recursos naturales ya mermada en proporciones graves será imposible a menos que nuestros sistemas de alimentación y agricultura experimenten profundos cambios. Tenemos que ampliar y acelerar la transición a un sistema de alimentación y agricultura sostenibles que garanticen la seguridad alimentaria mundial, brinden oportunidades económicas y sociales y protejan los servicios de los ecosistemas de los que depende la alimentación. El presente informe va dirigido, principalmente, a encargados de la adopción de políticas o de decisiones, nacionales o institucionales, o que influyen sobre las mismas. Es el resultado de un intenso proceso de consultas y debates encaminado a producir un enfoque común para la labor de la FAO en materia de sostenibilidad. Se llevó a cabo en un entorno de colaboración intersectorial que se basó en las contribuciones de destacados especialistas en cultivos, ganadería, pesca, acuicultura y recursos naturales. Se basa en la dilatada experiencia de la Organización en materia de elaboración de conceptos, enfoques y herramientas y ofrece una visión común sobre el sector agrícola y sobre las sinergias intersectoriales que redunde en una agricultura más productiva y sostenible.

#### 4.1.6 Tipos de cubiertas verdes

**Los Intensivos:** Se les conoce así porque requieren de mucho trabajo y cuidado como: la irrigación y el abono. Este tipo de cubierta es como un parque y tienen fácil acceso al cual les puedes incluir especias para cocinar, arbustos y hasta pequeños árboles. Los intensivos deben tener una capa de tierra aproximadamente de 30 centímetros y se requiere de elementos estructurales muy fuertes para aguantar el peso.

**Los extensivos:** Están diseñados para requerir menos atención que los intensivos ya que estos se pueden desmalezar una vez al año y aplicar abono de acción lenta para estimular el crecimiento de las plantas y este tipo de techos sólo sirven de adorno. Los extensivos sólo tienen una capa de tierra de 5 a 10 centímetros de espesor y plantar cierto tipo de plantas [9].

El muro verde ofrece soluciones flexibles y rentables usando suelos reforzados:

- Soluciones duraderas con aumento de la vida útil
- Soluciones fiables, con reducción de los materiales de construcción
- Soluciones con vegetación, adaptadas al entorno
- Soluciones rentables, salvaguardando el entorno sin un coste mayor.

En los últimos años se está potenciando la creación de espacios verdes urbanos como garantía de calidad de vida y contrarrestar los efectos de la contaminación dentro del entorno en el que vivimos por esto es importante fomentar tecnologías para la conservación del medio ambiente como es el Muro Verde.

**Muros verdes vegetales:** La construcción de muros verdes está estrechamente ligado a las prácticas de hidroponía usadas bajo el concepto de Agricultura Urbana, Construcción de muros verdes y Agricultura vertical, donde las plantas hacen parte de la fachada externa e interna de las viviendas, hoteles, oficinas para ello se emplean, muros, azoteas y terrazas verdes usando material aislante de humedad, sistemas sofisticados de riego y drenaje para el óptimo uso del agua y nutrientes.

#### Techos verdes

Un metro cuadrado de cobertura vegetal atrapa 130 gramos de polvo por año, produce oxígeno, recicla gases nocivos y libera metales pesados; reduce la contaminación sonora y la temperatura interior de las edificaciones, reduce el ausentismo laboral y el estrés; protege la biodiversidad y es altamente sostenible, entre otros beneficios.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) las ciudades deberían disponer de 10 a 15 m<sup>2</sup> de área verde por habitante. Pocos son los centros urbanos que

cumplen con este límite mínimo propuesto, que claramente fomenta el aumento en el área de cobertura verde dentro de las ciudades, a falta del cual, la dimensión vertical y las cubiertas verdes representan una opción para el balance medio ambiental.

Técnicamente, se trata de un ecosistema hidropónico que prospera en ausencia de tierra, balanceada y autosuficiente, anclada a una estructura flotante totalmente aislada de las paredes que cubre, eliminando así el riesgo de enraizamiento.

#### **4.1.7 Hidroponía**

El término “hidroponía” tiene su origen en las palabras griegas “hidro” que significa agua y “ponos” que significa trabajo. O sea “trabajo en agua”. \* La Hidroponía es el arte de cultivar plantas sin usar suelo agrícola. \* En los cultivos sin suelo, éste es reemplazado por un sustrato inerte donde los nutrientes (el alimento) que necesita la planta para vivir y producir son entregados en el riego. También son cultivos hidropónicos aquellos que se cultivan en agua con nutrientes. \* En un sistema hidropónico se puede cultivar todo tipo de plantas como por ejemplo, hortalizas, flores, pasto para forraje, plantas ornamentales, condimentos, plantas medicinales y hasta cactus.

El “muro verde” no compromete la arquitectura de la fachada ni deja filtrar humedad, permitiendo que las raíces aéreas de las plantas cumplan con su misión de absorber contaminantes específicos producidos por las edificaciones.

#### **¿Dónde puede instalarse una cubierta verde?**

Las cubiertas verdes se pueden ubicar en fachadas exteriores, espacios urbanos, junto con interiores comerciales, residenciales y corporativos; son superficies más que aptas para crear una nueva y satisfactoria interrelación con nuestro entorno ya que los muros verdes son ligeros de peso y tienen una fácil adaptación a diferentes climas y tipos de luz (diurna o artificial). Estudios médicos avanzados avalan, además, la conexión directa entre el disfrute de las zonas verdes y la recuperación de los pacientes.



#### 4.1.8 Beneficios de los muros verdes

Son muchas las publicaciones que se encuentran en la web acerca de los beneficios que traen las construcciones verdes sobre la salud, la calidad de vida de las personas, descontaminación del aire, reducción del consumo energético, entre otras, aquí se escriben algunas:

- No atraen ni permiten la proliferación de insectos ni bacterias: su sistema aporta un tipo de repelente biológico.
- Las superficies expuestas al sol se calientan debido a las radiación que esta recibe, Estudios han demostrado que la superficie de un muro verde exterior es 20°C más frío que una pared expuesta al sol, por lo tanto se irradia menos calor dentro del edificio, curiosamente, mantienen la temperatura en invierno; esto genera un importante ahorro de energía por el menor uso de calefactores o aires acondicionados hasta en un 25% del consumo general.
- Atrapan el polvo y esmog.
- 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, ya que filtra el 85% de las partículas del aire, proceso que contribuye en la producción de oxígeno y mejoramiento de la calidad del aire.
- Un muro verde de 30m<sup>2</sup> atrapa y filtra 20 toneladas de gases nocivos por año, además de apresar y procesar 10kg de metales pesados.
- Las cubiertas verdes reducen el estrés y dan un toque natural a la construcción estos son implementados en algunas oficinas para mejorar el entorno laboral.
- Dan un toque estético de sofisticación y cuidado al entorno **[10]**.
- Aumenta el valor de la propiedad.
- Los muros vegetales interiores son un elemento decorativo que purifica el aire interior y permite disminuir el estrés, mejorando la calidad de vida de los trabajadores.
- Los muros verdes filtran el aire, mantienen una temperatura constante, absorben la humedad, el calor capturan los gases de efecto invernadero.

### **Algunos de los beneficios para la comunidad:**

- Mejoramiento de la calidad del aire, ya que un muro vegetal captura dióxido de carbono y otras partículas suspendidas en el aire, como el plomo, las cuales son fijadas en la planta para no reincorporarse a la atmósfera.
- Reduce la temperatura ambiental, reduciendo el efecto isla de calor urbana. A través de la absorción del calor y su evaporación, los muros vegetales evitan que el inmueble se caliente y refleje el calor hacia su interior.
- Fuente de relajamiento y liberación de estrés para las personas que puedan contemplarla desde sus estaciones de trabajo o desde otros edificios [11].

### **Beneficios para la estructura**

- Los muros verdes protegen los edificios al reducir las fluctuaciones de temperatura, los cambios de temperatura hacen que la estructura de una construcción se agriete o fracture lo que lleva a un deterioro general.
- Cubrir una superficie exterior con un jardín vertical desarrolla un escudo contra las lluvias y el viento así como también contra los daños de la radiación UV y las lluvias ácidas corrosivas [12].

#### **4.1.9 Costo energético de las construcciones convencionales.**

Tradicionalmente en el sector de la construcción se han utilizado materiales de carácter local tales como el ladrillo cocido, adobe, bahareque, madera, corcho, etc., lo que se traduce en unos costos energéticos e impactos ambientales reducidos ya que algunos de estos materiales pueden ser reutilizados o son biodegradables.

Así mismo, la adaptación del diseño del edificio a las condiciones climáticas locales, repercute en mayor calidad del edificio y un mayor confort térmico para los ocupantes. En la actualidad, el uso masivo de materiales de carácter global como el cemento, el aluminio, el hormigón, el PVC, entre otros, ha causado un incremento notable en los costes energéticos y medioambientales en su proceso de fabricación.

Según diversos estudios, la fabricación de los materiales precisos para construir un metro cuadrado de una edificación estándar puede suponer la inversión de una cantidad de energía equivalente a la producida por la combustión de más de 150 litros de gasolina. Cada metro cuadrado construido conllevaría una emisión media de 0,5 toneladas de dióxido de carbono y un consumo energético de 1600 Kwh (que variaría en función del diseño del edificio) considerando solamente el impacto asociado a los materiales.

#### **4.1.10 Conductividad térmica para de los materiales**

La conductividad térmica es una propiedad esencial para los cálculos de balance de energía en aplicaciones de transferencia de calor, así como en la selección de materiales como en estrategias de diseño bioclimático.

Existen varios libros y manuales que contienen esta propiedad en forma tabular y una gran variedad de materiales y sustancias, pero cuando el ingeniero necesita conocer la conductividad térmica de materiales nuevos que aparecen frecuentemente o de algún material en especial que no esté reportado es importante, que el ingeniero tenga conocimiento de algunos métodos básicos que le permitan medir esta propiedad.

La conductividad es una propiedad de transporte, pues indica el transporte de energía de un sólido o en un fluido. En el sólido este transporte de energía se debe a electrones libres y en los fluidos el transporte ocurre por movimiento molecular.

#### **4.1.11 Transferencia de calor**

##### **Modos de transmisión del calor:**

El calor es una energía que sale de los cuerpos calientes y se transmite a los fríos. En un edificio nunca entra el frío sino que sale el calor del interior hacia el exterior. El calor se transmite de varias formas:

##### **Por conducción:**

El calor se transmite de molécula a molécula sin que éstas se desplacen. Es el modo en que se calienta una cucharilla fría que metemos en el café caliente o una barra de metal o una sartén que ponemos en contacto con la llama. Los seres humanos transmitimos calor de este modo a la ropa y al aire que están en contacto con nuestra piel.

##### **Por convección:**

El calor se transmite desde las moléculas de un cuerpo caliente a las moléculas de un fluido en movimiento. Es el modo en que un radiador calienta el aire de una habitación, puesto que el aire al calentarse se dilata, baja su densidad, se eleva y otro aire frío más denso pasa a ocupar su lugar tocando al radiador. También sucede al calentar agua en una cacerola con la llama debajo de ella. Podemos ver las corrientes de convección muy fácilmente.

El aire que rodea a las personas también se eleva al calentarse. Nosotros también producimos corrientes de convección. En bioclimatismo se habla de convección

forzada cuando aceleramos esta circulación de fluidos para mejorar los intercambios térmicos.

### **Por cambio de estado:**

Por evaporación (o vaporización):

Un líquido para evaporarse necesita una cantidad de calor que capta del ambiente. Todos hemos experimentado en días calurosos cómo podemos refrescarnos mojándonos la piel. El agua al evaporarse nos roba calor y nos sentimos más frescos.

El calor se transmite desde un cuerpo caliente al líquido que se evapora. La arquitectura tradicional de los países de Oriente Medio siempre ha utilizado este sistema de enfriamiento por evaporación para refrescar sus viviendas.

### **Por condensación (o licuefacción):**

Un gas posee una cantidad de calor que obtuvo al convertirse de líquido en gas. Este calor lo devuelve cuando se enfría y se convierte de nuevo en líquido. Todos hemos observado en las mañanas frías cómo el vapor de agua que contenía el aire de nuestra habitación se ha condensado en el cristal de la ventana.

### **Por radiación:**

Es una transmisión de calor a través de ondas electromagnéticas. No necesita un soporte material ya que las radiaciones electromagnéticas se transmiten en el vacío. Es el modo por el que llega hasta nosotros el calor del Sol. Nosotros también transmitimos calor por radiación.

En climatización se utilizan las superficies radiantes desde hace siglos. Los romanos utilizaban un sistema de calefacción por suelo radiante. Ahora, además de los suelos se emplean cada vez con más frecuencia los muros radiantes.

Se estima que en los seres humanos el 88% de las transmisiones térmicas se realizan a través de la piel y el 12 % por los pulmones. Estos datos varían según el tipo de actividad que se esté desarrollando, ya que las pérdidas por evaporación del sudor son muy variables. Las pérdidas por radiación son alrededor del 40% y las de conducción y convección del 39%.

En el apartado de actividades se sugiere una actividad para comprobar el calor cedido por radiación por el cuerpo humano.

En el apartado de láminas hay varias que ilustran los diferentes modos de transmisión de calor en los seres humanos, en la naturaleza y en los edificios.

La refrigeración por medio de la ventilación se basa en poner en práctica estas estrategias que se resumen en la lámina 11:

**Dejar salir el aire caliente:** para ello se practican aberturas en los puntos en los que el aire caliente tiende a acumularse para evacuarlo. Como el aire caliente es menos denso y tiende a ascender se acumula en las zonas altas, por lo que se practican aberturas en cubiertas y techos.

**Introducir aire fresco:** El aire puede enfriarse haciéndolo pasar por el subsuelo o captarse del interior de cuevas naturales, como hacen desde hace siglos cerca de Vicenza, Italia. En zonas áridas y sobre las ciudades circulan corrientes de aire más fresco a determinada altura y es necesario captarlo mediante torres captadoras. Esto lo veremos en la unidad didáctica 5 correspondiente a ventilación.

**Enfriar el aire destinado a ventilación:** si no se puede captar aire fresco al menos puede enfriarse recurriendo a la construcción de microclimas como patios interiores y con la ayuda de la vegetación. En zonas de clima seco puede aumentarse el enfriamiento por medio de la evaporación del agua, colocando fuentes o superficies húmedas expuestas a las corrientes de aire. En zonas tropicales muy húmedas este sistema es menos eficaz.

**Generar corrientes de aire:** se facilita la entrada de aire fresco y la salida de aire caliente generando corrientes que circulen refrescando el interior del edificio. También son muy útiles los sistemas de doble cubierta en medio de la cual circula el aire enfriándola.

#### **4.1.12 Metodología para el diseño de un edificio creando microclimas frescos:**

Se expone a continuación:

- Diseñar plantas diáfanas para favorecer las corrientes de aire.
- Estancias con techos altos para que el aire caliente ascendente no afecte a las personas y para favorecer la circulación del mismo.
- Disponer en sótanos y semisótanos estancias habitables para la época calurosa. Las viviendas islámicas tradicionales disponen de una o más estancias de este tipo.

- Diseñar una distribución flexible, de modo que dependiendo de la época del año puedan habilitarse como zonas de estar o dormitorios diferentes espacios de la vivienda para adaptarse a las condiciones climatológicas cambiantes.
- Proyectar umbráculos, espacios sombreados entre el exterior y el interior del edificio, como porches, pérgolas, etc. para crear espacios intermedios que incluso pueden ser habitables en determinados momentos del día.
- Proyectar uno o más patios interiores con vegetación y fuentes para crear microclimas frescos y a la sombra. La mayor parte de las habitaciones pueden agruparse alrededor de los patios y disfrutar de las corrientes de aire fresco que generan.
- Diseñar una cubierta de hierba asociada a un sistema de riego por nebulización lo que producirá una refrigeración por evaporación en la zona que más se calienta en verano: la cubierta.
- Hacer un diseño urbano con calles estrechas: los cascos antiguos de las ciudades son un ejemplo de cómo crear microclimas con sombra y temperaturas estables.

## 5. ANTECEDENTES

### 5.1 Construcciones ecológicas

Una construcción se considera ecológica siempre que garantice un equilibrio con el medio ambiente, no lo contamine, sean usados los recursos locales, ambientales y de energía de manera mínima y sostenible dentro de estas están:

#### 5.1.1 Construcciones en roca

Las construcciones en roca se han desarrollado desde comienzos de la historia del hombre y aún se pueden encontrar algunas edificaciones que se siguen construyendo en estos materiales, dentro las edificaciones de roca se encuentran:

- **Acantilado Gila** (Estados Unidos). Dentro del Parque Natural de Gila, en Nuevo México.
- **Monumento Nacional Bandelier** (Estados Unidos). Es una región reconocida por sus altiplanicies, cañones de paredes escarpadas y miles de viviendas de un pueblo de indios americanos.
- **Mesa Verde (Estados Unidos)**. El altiplano de Mesa Verde alberga un importante número de viviendas construidas durante los siglos VI y XII, las mismas pertenecieron a los indios Anasazi.
- **Ellora (India)**. Es una zona arqueológica construida por los gobernantes de Rashtrakutta, cercana a la ciudad de Aurangabad. Es sumamente reconocida por sus cuevas monumentales, las cuales son consideradas Patrimonio de la Humanidad.
- **Las cuevas de Ajanta (India)**. Su nombre significa “Piedra del Trono”, también conforma los Patrimonios de la Humanidad debido a sus espectaculares monumentos históricos.
- **Lalibela (Etiopía)**. En esta ciudad se encuentran varias iglesias talladas en roca durante el año 1200, por lo cual es considerado uno de los sitios más sagrados del país. El objetivo era concebir un lugar donde su topografía se correspondiera a una representación simbólica de Tierra Santa. En 1978 fueron declaradas, por la Unesco, Patrimonio de la Humanidad.

##### 5.1.1.1 características de las construcciones en Roca:

1. Es un material muy barato, ya que se puede encontrar en el sitio de la obra o se compra en las canteras de forma muy económica.
2. Es fácil construir en roca Mediante el uso de cualquiera de los diversos métodos de formación de piedra moderna.
3. son durables, a prueba de fuego, las estructuras de piedra bien construidas se suelen permanecer de pie durante siglos.

4. La piedra es atractiva y no necesita mantenimiento. La piedra natural se encuentra en tantas formas, tamaños, colores y texturas que la apariencia final de una casa de piedra está limitada sólo por la imaginación del constructor.
5. La piedra puede ser un aislante superior, las paredes de roca en realidad ayudan a mantener un clima cómodo en el interior: que poco a poco se calientan durante el día y luego irradian el calor a través de gran parte de una noche fría. Las paredes de la noche fría también enfrían el interior de la estructura hasta bien entrado el día siguiente. [13]

### 5.1.2 Construcciones verdes en el mundo

La técnica de muros verdes fue empleada desde tiempos muy atrás los babilonios en el año 800 a.c. aplicaron esta técnica en los afamados jardines colgantes de Babilonia. Los vikingos, en el año 1000 D.C., también utilizaban los jardines en altura. Los alemanes fueron los primeros en mejorar la tecnología de los techos y muros verdes, la que ya se ha difundido en toda Europa, Asia y Norteamérica. Los países escandinavos han usado techos de pasto por muchos siglos. La tendencia moderna comenzó cuando Alemania desarrolló los primeros en la década de 1960 y ahora se han difundido a muchos países. Se calcula que alrededor del 10% de los techos en Alemania son verdes. Se están volviendo populares en Europa y en menor grado en Estados Unidos [14].

...Aunque la técnica de construcción de muros verdes viene a través de la historia desde periodos remotos el concepto de los muros verdes fue generado en 1988 y se patentó hasta 1996, llegándose a implementar el primero de ellos en el Festival Internacional de Jardinería en Chaumont en 1994.

A partir de este momento el Dr. Blanc dio vida a una ola de reivindicación de la naturaleza en la construcción, convirtiéndola en una herramienta para la arquitectura. Originalmente el objetivo era restituir a través de una pared verde la integración de la vegetación dentro de la arquitectura y de esta manera lograr beneficios ambientales y reducir consumos de agua y energía.

Para el 2001, Andrée Putman, la prestigiosa diseñadora de interiores e industrial, invitó a Patrick Blanc a supervisar una enorme instalación en una pared ciega en el hotel Pershing Hall en París y, a partir ese momento, diversos arquitectos de renombre se han interesado por las obras de *muros verdes*.

Con los viajes que hizo el Dr. Blanc por Tailandia descubrió que las plantas pueden crecer en cualquier lugar siempre que reciban luz, agua y los nutrientes necesarios para su desarrollo, desde la perspectiva del creador de los muros verdes crean un ambiente artístico, ecológico, novedoso y ecológico...[15].



Muro verde de 24 m de altura y 15.000 plantas de 250 especies diferentes del edificio de Caixa Forum en Madrid integrado desde 2008 en el Triángulo del Arte. Fue diseñado por el botánico francés Patrick Blanc, el cual introdujo este concepto en los años 80 con la fachada del Musée du Quai Branly de París en busca de la integración de la naturaleza en la vida de las personas.



**Figura 4.** Muro verde edificio Caixa Forum en Madrid [14]

...En el 2001 el gobierno de Tokio incluyó como requisito que todos los edificios nuevos que sobrepasarán los 1000 m<sup>2</sup> de suelo debían cubrir con plantas el 20% de sus azoteas. Meta: instalar 1200 ha de techos verdes para el año 2011 y reducir la temperatura del centro de la ciudad en 1°C.

Algunos países europeos, incluyendo Alemania, Suiza, Holanda, Hungría, Suecia y el Reino Unido, tienen asociaciones que fomentan los techos verdes. La ciudad de Linz en Austria paga a los constructores para que instalen techos verdes. En Suiza hay una ley federal sobre techos verdes. Gran Bretaña comenzó lentamente pero las políticas sobre este tema han cobrado gran vigor, especialmente en Londres y Sheffield. Suiza tiene uno de los techos verdes más antiguos de Europa, creado en 1919 en la planta de purificación de agua del lago Moos, Wallishofen, Zúrich.

En Francia hay un enorme techo verde de 8.000 m<sup>2</sup> que ha sido incorporado dentro del nuevo museo L'Historial de la Vendée que se inauguró en junio de 2006 en Les Lucs-sur-Boulogne.

El nuevo edificio de la Academia de Ciencias de California, que se encuentra en construcción en el parque Golden Gate de San Francisco tiene un techo verde que proveerá casi una hectárea de vegetación nativa designada para proteger algunas especies locales en peligro.

El techo del Banco Santander de Madrid, España tiene el techo verde más grande de Europa, con más de 100.000 metros cuadrados. Ha sido construido como una combinación de sistemas intensivos y extensivos... [16].

## **El gran muro verde africano**

Un muro de árboles y vegetación de 15 kilómetros de ancho y 7.775 kilómetros de largo, que atraviese once países africanos al sur del Sahara para luchar contra la desertificación y la pobreza. Propuesto en los años ochenta, el Gran Muro Verde cuenta ahora con el respaldo económico de varias organizaciones internacionales para convertirse en una realidad. No sería el primer proyecto de estas características en el mundo, como lo demuestran diversos cinturones verdes en China, Canadá o Estados Unidos [17].

**Patrick Blanc:** “Cuando me dicen que los muros están para aislarnos de las inclemencias del tiempo, es muy bonito pero está lejos de ser verdad. ¿Qué es lo que hay en un muro vegetal? Muchas especies. Un dibujo. Yo dibujo olas que evocan acantilados” El trabajo del botánico se convierte en obra de arte, proveedor de imágenes extrañas. “Cuando la gente se enfrenta a uno de mis muros, está delante de un fragmento de naturaleza que llega a la ciudad. Creo que evocan imágenes, hayan sido vistas durante un viaje o en un documental. Y, contrariamente a un jardín, que se puede cambiar o retocar cualquier día, en un muro vegetal no se puede intervenir cualquier mes. Un muro es autónomo. La planta se coloca para que crezca a largo plazo. Es un fragmento de la naturaleza invitado en la ciudad” [9].

### **5.1.3 Construcciones verdes en Bogotá, Colombia**

... En Colombia esta técnica es nueva, pero muy adoptada por el plan de gobierno de la ciudad de Bogotá, la cual creo en el año 2009 un proyecto por el cual implementa, promueve y estimula la creación de techos verdes en la ciudad, los motivos expuestos para la creación de esta nueva tecnología no son diferentes a los que se tienen en otros lugares del mundo el más importante de estos es la mitigación de los impactos producido en las ciudades por el calentamiento global y la contaminación presente en grandes ciudades del mundo por los vehículos, calefacción superficies de cemento y asfalto los cuales consumen el oxígeno requerido por los habitantes de la ciudad, llenan la atmosfera de sustancias nocivas, ayudan a crear el efecto invernadero en la tierra

Bogotá, D.C. padece problemáticas ambientales graves: tiene una baja proporción en zonas o espacios verdes, apenas un 4.93 m<sup>2</sup> de 9 M2 que debe tener cada habitante, según la OMS, se está viendo afectada por los cambios climáticos y por el calentamiento global, sufriendo inundaciones, efecto isla de calor, pérdida de biodiversidad, despilfarro energético, polución atmosférica y emisión de anhídrido carbónico. Como una alternativa entre muchas otras posibles para procurar minimiza dichos impactos se presenta a consideración de este Concejo, este

proyecto pretende equilibrar la relación, convirtiendo las azoteas, cubiertos y techos de cemento impermeabilizados, inútiles en ocasiones y subutilizados, en jardines, en techos verdes que ayudan a mejorar el ambiente y a su sostenibilidad... [16].

#### **5.1.3.1 Objetivos del proyecto:**

Este proyecto de Acuerdo busca que en los techos, cubiertas o terrazas de los edificios o inmuebles que se construyan en adelante, sean de carácter público y privado, o en aquellos que ya estando construidos transformen dichos espacios, implementen y generen la tecnología de techos verdes, como una alternativa de mejoramiento ambiental, ecológico, paisajístico y urbano que permita mitigar en buena medida los impactos negativos producidos por los fenómenos naturaleza que están afectando a nuestro planeta.

Se trata de crear un modelo de gestión y nuevos hábitats urbanos innovadores y alternativos para preservar nuestro ambiente y por ello se propone que las entidades distritales que requieran efectuar construcciones para la prestación de sus servicios implementen en ellas tecnologías de techos verdes con miras a minimizar los impactos ambientales negativos que se presentan en la ciudad.

Así mismo se impone la obligatoriedad para estas mismas entidades que en sus bienes inmuebles ya edificados anteriormente a la vigencia del presente Acuerdo, y que sus edificaciones o construcciones tengan techos, cubiertas, terrazas o cubiertas, implementen en forma gradual y progresiva hasta el año 2020 tecnologías de techos verdes en dichos espacios [16].

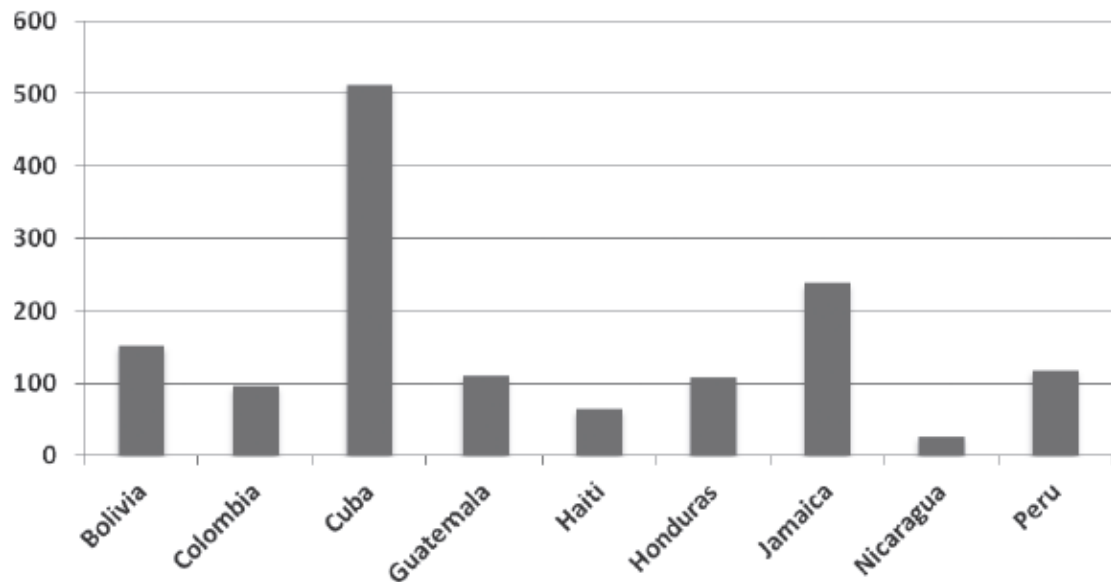
## **5.2 Agricultura urbana**

### **5.2.1 Situación en Latinoamérica**

Entre los años 1980-2000 se presentó un gran desplazamiento de las personas que habitaban la zona rural hacia las ciudades, buscando mejorar su condición de vida trayendo un cambio drástico en los índices de pobreza pasando de 45-60 % de la población que se encontraba en zonas urbanas, cerca de 100 millones de personas viven con menos de 2 dolares diarios, el porcentaje promedio de desempleo es del 10%, 53 millones de personas presentan desnutrición, el 40% de los residuos sólidos no son recolectados y solo el 2% se tratan en Latinoamérica según **Harvest y sus colaboradores**.

En los países de Latinoamérica donde se desarrolla Agricultura Urbana se crean acciones estratégicas de Gestión territorial, Gestión ambiental e inclusión social, para combatir la pobreza, garantizar seguridad alimentaria, combatir el hambre, generar empleos e ingresos para las clases vulnerables, facilitando el acceso a recursos suelo, Agua, Insumos, Capital, Participación, transformación y comercialización de productos.

**Figura 5.** Consumo diario de frutas y hortalizas en algunos países de América Latina y el Caribe año 2005 (Fuente FAO)



## 5.2.2 Programas de agricultura urbana adelantados en Latinoamérica

### 5.2.2.1 Programa FAO

Según la FAO en el año 2006; 800 millones de habitantes participan en el desarrollo de A.U en el mundo generando ingresos y produciendo alimentos, a través de programas gubernamentales locales, institucionales, comunitarios y familiares, donde los beneficiados corresponden a grupos de población vulnerable; para el desarrollo de esta actividad se emplean espacios tales como patios traseros, terrazas, balcones, jardines escolares, prisiones entre otros aplicando la A.U como estrategia de gestión integral del ambiente urbano, considerando un impacto positivo social, económico, ecológico y paisajístico.

En muchas de las ciudades el 65% de los productores son mujeres, las cuales mejoran sus ingresos adelantando A.U y transformación de los productos cosechados, permitiéndoles trabajar desde sus hogares y fortaleciendo su posición social a nivel familiar.

El objetivo principal de la FAO es el suministro de alimentos, la generación de empleo e ingresos mediante la Agricultura Urbana y periurbana, para desarrollar

estas prácticas se encontraron los siguientes desafíos y oportunidades a nivel regional:

1. La sostenibilidad y el incremento de la fertilidad del suelo es aún un reto para la región, por lo que es necesario incluir tecnologías de mejoramiento de suelos en la AUP (Agricultura Urbana y Periurbana).
2. Las estrategias para el seguimiento de obtención de agua de calidad necesitan ser reforzadas, para que el agua no sea un factor limitante.
3. La producción de semillas de calidad está emergiendo como un servicio vital para suplir la demanda generada por la AUP y como una buena oportunidad de negocio en el campo. Por ello, la falta de acceso a la obtención de material de siembra de calidad es el mayor desafío para la producción agrícola familiar en la región.
4. En muchos países hacen falta marcos legales para la AUP y existe la necesidad de una mejor definición del rol de las políticas públicas en AUP.
5. Se requieren mecanismos y herramientas apropiados para el seguimiento y la medición del impacto de los programas de AUP. También son necesarias herramientas comunes para evaluar los niveles de consumo y de nutrición de los hogares y para definir el impacto de los patrones de consumo. Además, es necesario definir criterios comunes para la selección de grupos beneficiarios y se requiere revisar y refinar la metodología para las mediciones de la línea de base (*ex ante* y *ex post*).
6. Los proyectos anteriores de la FAO sobre AUP en Nicaragua, Guatemala, Colombia, Honduras, Chile, Haití, Argentina, Perú, Ecuador, Brasil, México y Paraguay, han contribuido con tecnologías y experiencias para desarrollar y extender la AUP en otros países, pero no todas estas experiencias han sido sistematizadas, por lo que es necesario publicar los alcances y las lecciones aprendidas en esos proyectos. De igual forma, es necesario extender los proyectos de AUP a los países del Caribe y desarrollar materiales didácticos en otros idiomas, como inglés y francés.
7. Se requiere revisar el uso de los centros de demostración en los proyectos de AUP como estrategia de capacitación; el establecimiento de costos y la sostenibilidad futura de esos centros una vez que los proyectos terminan son también temas que requieren redefinición.
8. Es necesario investigar y definir la integración y el impacto de la producción de la AUP en los mercados urbanos y en los sistemas de suministro de alimentos.
9. La FAO debe considerar un enfoque regional para los proyectos de AUP en ALC. La investigación o la adaptación de tecnologías y métodos, basados en el diagnóstico de las condiciones locales son necesarios para ese enfoque regional, pero cada país/ciudad necesita desarrollar su propio modelo. Los elementos estratégicos a ser considerados en un enfoque regional deben tener en cuenta la educación a distancia, las reuniones, talleres, la cooperación técnica y el trabajo en redes. Este enfoque regional, debe asegurar la participación de generaciones actuales y futuras, atrayendo a los jóvenes a la AUP y considerando las brechas de género.

10. El enfoque regional debe orientarse a compartir del conocimiento del productor al productor, la gestión del conocimiento, las capacidad de autogestión, los procesos participativos, el uso de los medios de comunicación para el desarrollo, las redes, los intereses y necesidades de los productores a partir de diagnósticos locales, y la asociación o formación de grupos de productores de acuerdo a intereses y necesidades.

11. La integración y coordinación con y entre programas de gobiernos y organizaciones no gubernamentales (ONG), emerge como un factor clave para la sostenibilidad de la AUP. Se requieren esfuerzos de apoyo a los gobiernos y municipalidades para revisar, asesorar e institucionalizar los proyectos ya terminados. Es necesario adoptar políticas públicas de AUP a todos los niveles. [16]

### **5.2.2.2 Agricultura Urbana en Bogotá, Colombia**

El programa de Seguridad Alimentaria incorporado a las políticas públicas desde los 70's buscaba garantizar la disponibilidad de los alimentos y la estabilidad de los precios del mercado, en la década de los 80's se le dio prioridad al acceso a los alimentos, en los 90's la política se basó en el consumo de alimentos sanos, limpios e inocuos accesibles a los ciudadanos.

Según Morales "El problema de la inseguridad alimentaria es debido a las pésimas políticas en el sector rural, impuestos en los alimentos, corrupción, acceso de protección a las poblaciones vulnerables", así mismo la sobre explotación de los recursos naturales, pérdida de biodiversidad biológica, cambio climático, corresponden a la problemática que lleva a la inseguridad alimentaria, actualmente el CONPES junto al ente regulador Jardín Botánico de la ciudad de Bogotá adelantan esfuerzos para superar esta problemática en Colombia desde el año 2004.

En el año 2011 en Bogotá se incorporó a la política de desarrollo el programa de seguridad pública de seguridad alimentaria y nutricional Distrital, como una iniciativa con referencias exitosas a nivel mundial.

La agricultura Urbana se adelanta en el contexto de política social, como una respuesta a la inseguridad alimentaria con retos importantes tales sobre la articulación y coordinación entre los programas sociales y diferentes niveles del gobierno, el programa Bogotá sin hambre es incorporado al plan de políticas públicas durante la gestión del plan de desarrollo entre los años 2004-2008 por el jardín botánico como respuesta a las necesidades alimentarias de la población vulnerable con 6000 beneficiarios de las localidades de Suba y Usaquén, desarrollando A.U mediante Huertas comunitarias vs Huertas domésticas, con el fin de contribuir en el mejoramiento de la seguridad alimentaria, cultivando especies vegetales tales como hortalizas, verduras y frutas limpias e inocuas en espacios

urbanos agregándole a estas un proceso de transformación para su comercialización final [18].

Las distintas políticas de seguridad alimentaria adelantadas por el Jardín Botánico de Bogotá o las políticas públicas de la ciudad se desarrollan mediante la implementación y creación de paquetes tecnológicos, manejos agronómicos, sistemas de producción limpia, reciclaje de residuos urbanos, capacitación y asistencia técnica de producción, transformación y comercialización de productos agrícolas, contribuyendo a la investigación científica básica, el desarrollo social, cultural y Ambiental (Urban Harvest, 2007).

Los ejes del proyecto “Bogotá sin Hambre” son:

- **Abastecimiento:** donde se busca garantizar nutrición sana a precio justo.
- **Alimentación y nutrición:** basándose en la producción eficaz y transformación de alimentos.
- **Responsabilidad social:** solución de la problemática del hambre y la pobreza.

En Colombia no existe ninguna ley del uso del suelo para adelantar programas de A.U, tampoco se encuentra dentro del P.O.T de los municipios es por ello que para su adecuado funcionamiento se requiere de acuerdos social, político y económico, además los agricultores urbanos deben contar con la capacitación en metodología de desarrollo de los cultivos, transformación y comercialización de sus productos, paquetes tecnológicos e insumos necesarios.

### 5.2.2.3 Agricultura Urbana en Chile

La A.U en este país basa su desarrollo con una visión de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje, como una forma distinta de hacer ciudad mediante la recuperación del espacio urbano y periurbano, desde un ámbito Físico, Ambiental y Paisajístico.

El programa de A.U es coordinado por el C.E.T (Centro de Educación y Tecnología) mediante el uso de Huertas grupales, en el municipio de Rosario se tenían hasta el año 2006, 600 huertas haciendo uso de espacios sub-utilizados como garantizando la recuperación de terrenos baldíos, aguas residuales tratadas, desechos reciclados, Abonos de compostaje, Lombri-compost y Abonos minerales.

El 80% de los residuos son de origen orgánico para dar un buen uso de todos los recursos se adelantan programas educación ciudadana a cerca de técnicas de manejo y reciclaje de residuos sólidos, gestión y recuperación del agua, Fito remediación para contener, eliminar o neutralizar compuestos orgánicos y sustancias contaminantes.

El modelo que se adelanta para la Fito remediación se toma de las actividades adelantadas en Francia desde el año 2005 mediante el lagunaje de Harnes para la purificación de aguas residuales, recuperación de suelos que finalmente son utilizadas para albergar numerosas especies de aves entre otras.

#### **5.2.2.4 Agricultura Urbana en Lima, Perú**

AGRICULTURA URBANA Y PERIURBANA (Lucha contra la pobreza y la inseguridad alimentaria).

Publicaciones de Urban Harvest y programas desarrollados por el CGIAR (Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional), proyecto “Agricultores de la Ciudad” coordinado por el CIP (Centro de Investigación de la Papa) recomiendan incluir la A.U en la agenda política de gobiernos locales para combatir el hambre, crear zonas verdes productivas dentro de las ciudades, adelantar programas municipales de Agricultura Urbana, combatir la desnutrición, garantizar la inocuidad de los alimentos, aumentar el consumo de frutas y verduras que se encuentra en menos de 400 gr/día en países en vía de desarrollo.

Dentro de los programas para el desarrollo de A.U en el mundo los objetivos principales son hacer asequible las frutas y verduras para las poblaciones muy pobres, producción de alimentos orgánicos, cultivos hidropónicos, hacer control integrado de plagas y enfermedades, sustituyendo las sustancias químicas nocivas, hacer menos costosa la agricultura.

“la agricultura Urbana contribuye a solucionar problemas ambientales y pobreza”

#### **5.2.2.5 Agricultura Urbana en Rosario, Argentina**

En el año 2005 el 28% de la población se encuentra en el umbral de la pobreza, 12% de los habitantes viven en la indigencia; Los objetivos planteados para desarrollar proyectos de A.U y afrontar estos problemas son de carácter Social: Desarrollo Endógeno social, Económico: Desarrollo de sistemas de producción sostenibles y rentables a largo plazo, Ambiental: Proteger y desarrollar la biodiversidad local recuperando zonas verdes reduciendo los niveles de contaminación (Urban Harvest, 2007).

Los ejes fundamentales del programa son:

- Motivar a las autoridades sobre las potencialidades de la A.U.
- Armonizar tiempos climáticos.
- Legitimar y validar el trabajo de los Agricultores Urbanos frente a la sociedad.



- Recuperar la confianza y credibilidad de los huerteros dando seguridad a la actividad.

#### **5.2.2.6 Agricultura Urbana en La Habana, Cuba**

Con los proyectos que se adelantan para desarrollar A.U de forma institucional en la ciudad se ha logrado que los habitantes consuman 500 gr/día de hortalizas, el 12% de la superficie de suelo sea utilizada en A.U, prácticas sostenibles que permiten el reciclaje de los desechos.

Los ejes fundamentales para el desarrollo de la A.U en la Ciudad son:

- Agricultura ecológica sustentable.
- Diversificación en la producción.
- Cultivos a pequeña escala.
- Adecuada estimulación económica al productor.
- Armonía con el entorno urbano.

El objetivo para lograr exitosos proyectos de A.U se basa en obtener producción máxima con eficiencia máxima, contando con asesoría técnica en los temas de producción de abonos orgánicos, control biológico de plagas y enfermedades, Educación ambiental, cooperativas de crédito y servicio, unidades productivas, semillas de alto rendimiento, recuperación de todas las áreas ociosas o deficientemente explotadas; además cada municipio ha desarrollado su propio sistema de ventas con puntos estratégicos.

### **5.3 Modelos existentes de Muros verdes**

Cuando se habla de construcciones ecológicas se tienen en cuenta muchas variables y hay muchas formas de construir ecológicamente, estas van desde el material que se usa en la construcción, eficiencia energética, reducción de emisiones de CO2 etc... las cubiertas usadas actualmente en las construcciones verdes comprenden techos y muros con sistemas hidropónicos.

Dentro de los tipos de muros verdes se presentan dos sistemas de plantación y estos dependen del sitio donde se haga el desarrollo radicular de las plantas.

### 5.3.1 sistemas ligados al suelo

Este sistema está compuesto principalmente por plantas trepadoras o enredaderas, muchas de estas plantas enredaderas no pueden trepar por sí mismas, es por eso que necesitan un soporte principal ya sea un árbol, un tubo o un bastidor.

Los bastidores son principalmente de madera o de metal y la plantación de plantas enredaderas con estos sistemas tiene algunas ventajas:

- Las plantas pueden ser erigidas más fácilmente con el bastidor, lo cual ayuda a dirigir las plantas por donde se quiere.
- Gracias al uso del bastidor los muros y fachadas están más protegidos.
- Con el tiempo, las enredaderas aumentan su tamaño y peso. El bastidor reparte el peso en la fachada de forma equilibrada.
- Los bastidores están montados con una distancia al muro y esto permite una mejor ventilación, tanto de la fachada como de la planta.
- Las plantas no dejan huellas en las fachadas en caso de ser podadas o retiradas de la pared en cuestión.
- Los bastidores deben ser aptos tanto para la planta, como para su forma de crecimiento y peso.

Es recomendable usar un sistema de soporte (espaldera) para mantener una distancia entre planta y muro; generalmente 5 cm son suficientes. De esta manera se reduce el peligro de que la planta perfora el aplanado, o dañe otros elementos de la construcción, los soportes deben ser firmes, incluyendo la conexión, para que resistan el peso de una planta que está en proceso de crecimiento. Un peso de 50 kg no es raro para una planta de varios años. La altura también es importante, pues, a partir de 5m, el mantenimiento de la fachada verde es más complicado y costoso, porque ya no es tan fácil de alcanzar.



**Figura 7.** Jardines verticales [19].

### 5.3.2 Sistemas constructivos ligados a muros vegetales plantados

Existen sistemas de plantación en fachadas que no están ligados al suelo, los módulos se ligan al muro y requieren de sistemas más complejos como lo son estructura de porte y sistemas eficientes de riego y drenaje así como sistemas eficientes de hidroponía.

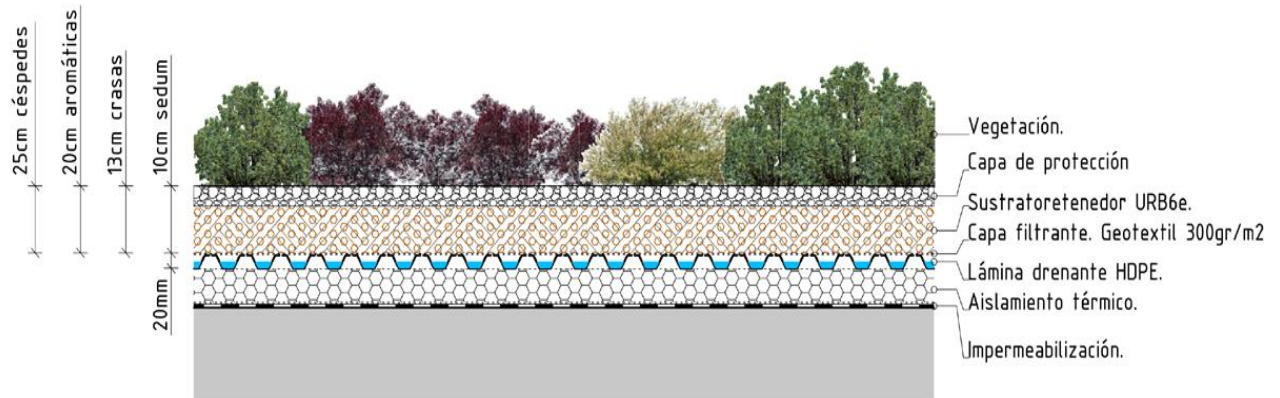
Este sistema de plantación fue usado por primera vez por el botánico francés Patrick Blanc y actualmente son muchos los modelos y sistemas constructivos que han sido modificados y patentados por diferentes empresas a nivel nacional e internacional, algunos de ellos son:

#### 5.3.2.1 Sistema básico de un muro verde:

- **Estructura firme:** la cual se ancla a la pared para sostener los paneles, Para construir un Muro Verde, se requiere de una estructura que sea capaz de resistir el peso propio, el peso de las plantas y su sustrato, esto dependerá de los recursos que se tengan, el tamaño y la forma del elemento que se desea construir. El peso de un Muro Verde incluyendo su estructura puede variar desde 60 a 90kg/m<sup>2</sup>. No existen límites ni de forma ni de tamaño. Podemos construir estructuras de acero, aluminio, madera, plástico, etc., todo depende de los recursos económicos y la posibilidad de emplear materiales de reciclaje.
- **Lámina impermeable:** La lámina impermeable para una cubierta vegetal no sólo debe cumplir la función de impermeabilizar sino que debe impedir el deterioro provocado por las raíces. Las láminas bituminosas no son anti raíces por lo que si se utilizan se recomienda colocar una doble lámina y una pintura de protección anti raíces. Se recomiendan láminas de PVC o EPDM [20].
- **Sistema de aplicación de agua y nutrientes:** el cual puede ser por goteo o nebulización el recomendado para los muros es el de goteo debido a que se cuenta con un sistema Hidropónico de siembra y se adapta mejor para la distribución de nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, se recomienda que la distancia entre los emisores sea lo más cercana posible ya que el bulbo húmedo que se forma en el momento de la aplicación de fertirrigación es uniforme.
- **Tanques de almacenamiento y fertilización:** en el cual se aplica el nutriente hidropónico al sistema de riego por medio de un inyector Venturi el cual actúa como regulador y suministrados de aplicación de nutrientes en las plantas.
- Algunos sistemas cuentan con automatización para ello se colocan sensores de humedad y válvulas solenoides para facilitar la aplicación del riego en el momento en el cual el sustrato se encuentra con baja humedad y se cierra el flujo de manera

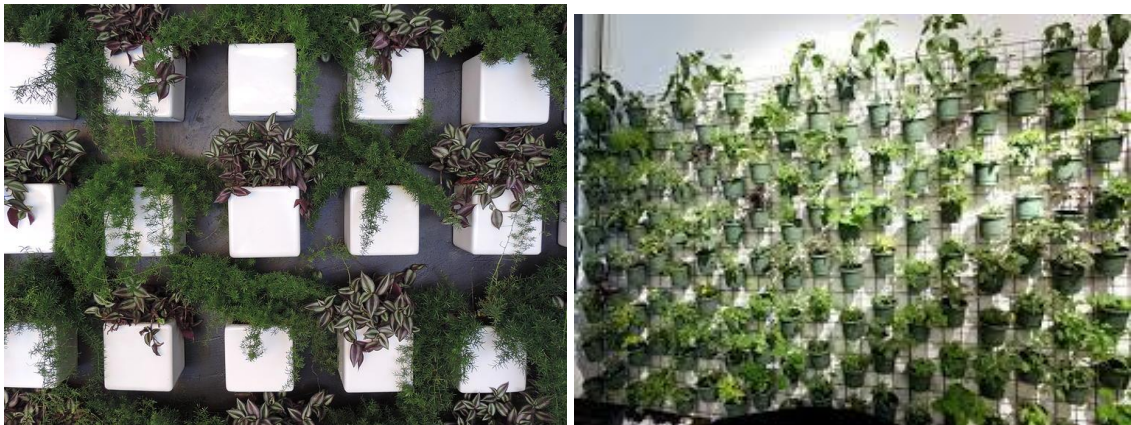
automática en el momento en que la humedad sea apta para las plantas evitando el exceso de agua y nutrientes.

- **Sistema de drenaje:** compuesto fundamentalmente por un canal recolector ubicado en la parte inferior del sistema de muro verde, se recomienda que los excesos sean llevados al tanque de fertilización para recircular los nutrientes y el agua evitando la pérdida de estos.
- **Capa drenante:** La capa drenante crea una cámara de aire por donde se evacua el agua de la cubierta, es completamente necesaria ya que si el sustrato se encharca cada vez que llueve las raíces de las plantas pueden tener problemas de hongos, puede realizarse con grava o una membrana de HDPE.
- **Geotextil:** en el sistema de construcción de muros verdes se coloca en dos capas una de ellas se encuentra en la parte base de la estructura y el otro sosteniendo el sustrato agrícola, el geotextil colocado en la parte superior es perforado para anclar las plantas al sustrato hidropónico.
- **Sustrato En los Muros Verdes:** son muchos los sustratos que se pueden emplear de acuerdo al interés del constructor y pueden ser de origen orgánico inorgánico o sintético.
- **Sobresustrato:** Capa de protección que disminuye la evapotranspiración y dificulta el crecimiento de especies diferentes a las seleccionadas, en climas húmedos esta función la puede cumplir la propia vegetación, en climas secos se puede llevar a cabo con una gran variedad de materiales: grava volcánica, mulch, corteza de pino, la grava de cuarzo... cada uno con sus ventajas y sus inconvenientes.
- **Plantas:** los diferentes modelos de construcción de muros verdes permiten la producción de variada diversidad de plantas las cuales deben ser adaptadas a las condiciones climáticas de la zona. Las condiciones adecuadas tienen que ser garantizadas para todo el año y es por ello que las plantas y soportes deben ser elegidos según el proyecto o fachada específicos. La mayoría de las plantaciones se componen de helechos, musgo y sedums [9]. Así mismo se puede aplicar agricultura urbana para la producción de alimento, ayudando no solo en la producción del mismo si no contribuyendo de manera directa a la climatización de las estructuras.



**Figura 8.** Sistema básico de una fachada verde. **Fuente:** Urbanarbolismo.es

### 5.3.3 Sistema hidropónico para plantas productivas



**Figura 9.** Muros verdes sistemas hidropónicos [20].

Los materiales usados para el diseño de jardines verticales son los siguientes: Muro en mampostería o superboard, lámina impermeable, perfiles de aluminio, PVC espumado, geotextil interior, canales de plantación para el tomate cuadrados de 0.25 m de profundidad, sustrato, sistema de riego, plantas. Este sistema es uno de los modelos más empleados para hacer prácticas de agricultura Urbana y periurbana con tecnologías de hidroponía.

### 5.3.4 Sistema de muros de textil paredes interiores



**Figuras 10 y 11.** Muros verdes por bolsillo de siembra [21].

Los bolsillos utilizados en este sistema de siembra se pueden adecuar según el tamaño y profundidad que se desee, algunos de ellos ya se encuentran prefabricados por numerosas empresas a nivel mundial.

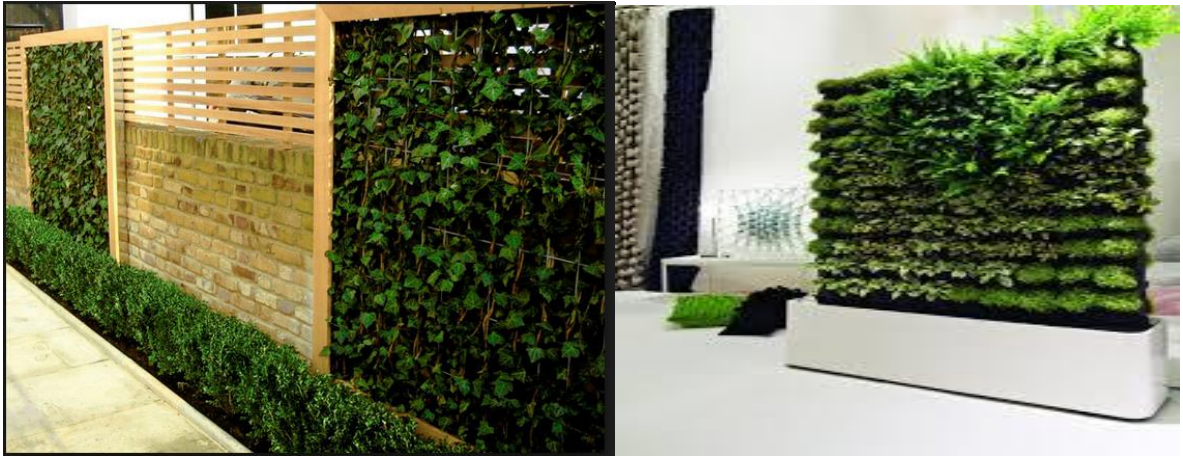
### 5.3.5 Sistema de cuadros vivos



**Figura 12.** Cuadros vivos [23].

### 5.3.6 Muros Autoportantes

Figuras 13 y 14. Muros Autoportantes.



Este sistema se caracteriza por que no se requiere de una pared o cubierta para ser colocado, algunos de ellos se ubican en la parte exterior de las viviendas o estructuras donde basta con ponerse un sistema de tutorado elemental para dirigir las plantas que son de tipo enredadera, otra forma de muros autoportantes se ubican en el interior de las construcciones, este modelo consta de una base en hormigón y un panel modular metálico donde se ubican las plantas.

### 5.3.7 Paneles prefabricados

Los muros prefabricados son otro sistema de plantación verde que consta de paneles modulares fabricados a partir de Aluminio, Madera, Plástico, Fibra de Vidrio-Resina o PVC. En Colombia el modelo comercializado por FENOCOL LTDA consta de una caja con 10 paneles de: 25cm x 50cm x 10cm de alto y como sustrato agrícola espuma agrícola.

**Figuras 15 y 16.** Módulos de plantación prefabricados.



**Figura 17.** Estructura básica de un panel modular:



### 5.3.8 Sistema elt. elevated landscape technologies

Dentro de los paneles prefabricados se encuentran el modelo **Elt**, sistema modular fabricado de HDPE 100% reciclado de paneles de 20"x20"x2.5" que contienen litones que sostienen el sustrato y las plantas.



**Figura 18:** paneles prefabricados sistema ELT



**Fuente:** Urbanarbolismo

### 5.3.9 Muros verdes sintéticos

Detalles y Especificaciones Técnicas		<b>Vid Japonesa</b> El sol parece posarse sobre las hojas de este hermoso follaje. Su excepcional textura y tonalidad lo hacen ideal para contrastar con otros modelos o usarlo homogéneo. Es la mejor opción para decorar espacios amplios.
	Composición de Reticula 100% HDPE	
	Composición de Hojas Sintéticas 100% HDPE	
	Módulos por Metro Cuadrado 16 Módulos	
	Medidas de cada módulo 25 cm x 25 cm	
	Peso De 1.95 Kg a 2.55 Kg	
	Usos Interior y exterior	
	Colocación Se fija con cinchos, clavos sujetadores o grapas	
	Garantías Garantía Anti UV y Garantía anti decoloración por 3 años	

**Fuente:** max-kaiser.com

Los muros vegetales sintéticos son elaborados con material plástico reciclado, presentan ventajas respecto a los sistemas de muros verdes vegetales debido a

que son resistentes a la intemperie, son lavables, hecho de material impermeable, con protector solar UV.

En cuanto a la instalación de los mismos presenta facilidad debido a que se instala en cualquier muro, su diseño contribuye a mejorar las propiedades estéticas de la construcción, se instalan de manera práctica, no se requiere de mantenimiento, brindan una belleza artificial similar a los naturales a un costo mucho más económico se deben realizar labores de limpieza de las hojas realizada por cualquier persona, no necesariamente algún especialista, la vegetación se ve muy natural y es muy variada, debido al interés por parte de los propietarios de viviendas por embellecer sus propiedades generando un entorno paisajístico y natural se han diseñado varias presentaciones como de hojas y con plantas sintéticas por parte de empresas de los países .... Donde la composición de la retícula y hojas sintéticas es 100% HDPE, las dimensiones de los mismos pueden ser variables, se puede usar en muros exteriores como interiores, y el peso es mucho menor, llegando solo a los 2.5 kg por m<sup>2</sup> [24]. Otras ventajas que tienen los muros artificiales es su propiedad de ser aislante natural de ruido reduciendo sonidos de alta frecuencia y disminuyendo el ruido hasta en 10 decibeles, Al ser un producto sintético está libre de plagas que se podrían desarrollar con otro tipo de plantas, además de no llamar la atención a mascotas como perros y gatos.

Su apariencia natural siempre verde, es un elemento importante para la reducción del estrés [25].

## 5.4 Tecnologías para la implementación de muros verdes

**Multicapa:** capa de impermeabilización, capa anti-raíz, sistema de drenaje, sustrato y vegetación, peso por m<sup>2</sup> entre 80 y 350 Kg.

**Hexa:** módulos hexagonales hechos de poliestireno (PET) reciclado, sistemas de drenaje, y anti raíz, están integrados al módulo peso m<sup>2</sup> 90 Kg.

**Galocha:** módulos para pre-siembra reciclados de residuos de la industria del calzado, especial para cubiertas verdes en superficies planas o inclinadas de estructura liviana peso por m<sup>2</sup> de 50-80 Kg.

**Sistema fieltro:** sistema que emplea geotextil sobre una estructura con implementación de sistema de riego automatizado.

**Bolsillos:** bolsillos en geotextil, permite una instalación sencilla y paulatina.

**Sistema flotante:** consiste en el diseño de tenso estructuras, que permite el desarrollo de plantas trepadoras, o enredaderas sobre la fachada de la estructura.

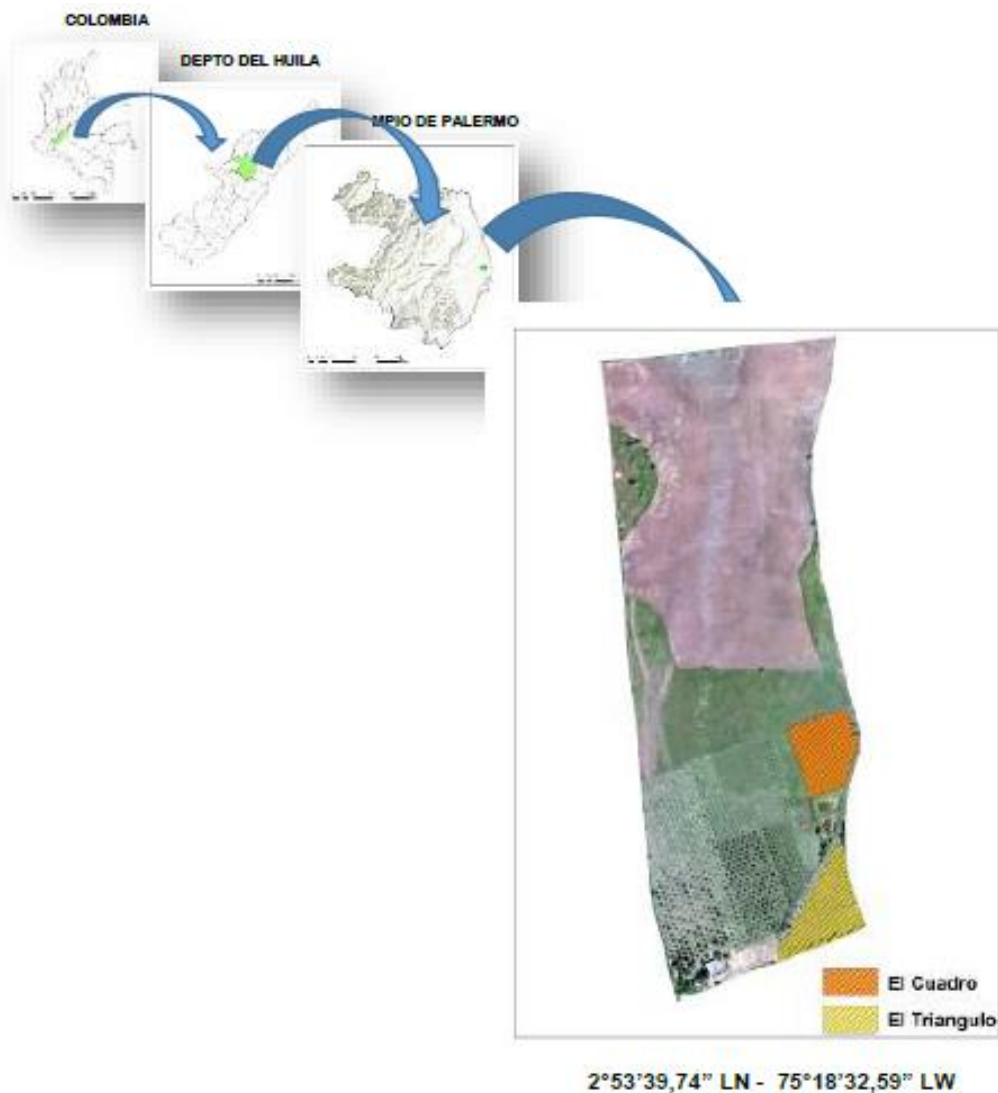
## 6. DISEÑO DE AUDITORIO ECOAMBIENTAL

### 6.1 Generalidades

#### 6.1.1 Localización

La granja experimental de la universidad Surcolombiana se encuentra ubicada en el perímetro rural del Juncal jurisdicción del municipio de Palermo Departamento del Huila,

**Figura 19.** Localización geográfica de la granja experimental.



Fuente: Cáceres, W y Castañeda J 2014 [26]

### 6.1.2 Características de la región

El juncal es una zona apta para la producción agrícola y pecuaria; su principal fuente hídrica es la laguna el juncal, la cual es alimentada por el río Magdalena mediante un sistema de bombeo a través de un canal. Su función es la de irrigar aproximadamente 3397 Has.

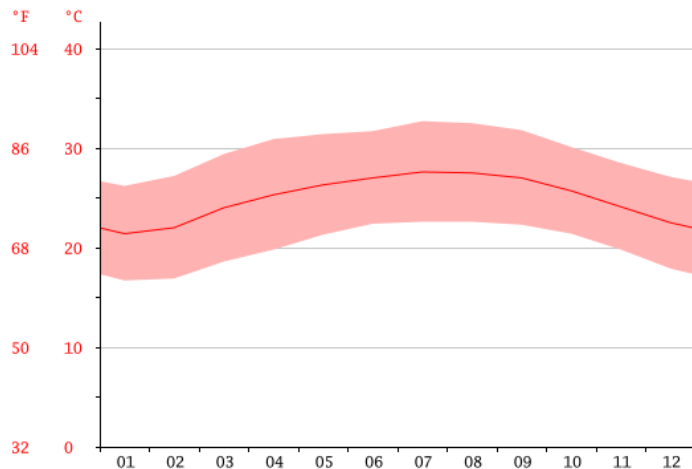
Predomina la producción de arroz con riego artificial y ganadería extensiva, en condiciones de Clima cálido Seco (CSB). Está caracterizada por los datos meteorológicos de las estaciones Palermo y Totumo, se encuentra dentro de la franja altitudinal de 500 a 800 metros s.n.m, temperaturas Promedio diarias mayores a 24°C, y precipitación promedia anual de 1.000 – 2000 mm, correspondiente a la mayor área del municipio [27].

### 6.1.3 Climatología

La zona en la cual se encuentra la granja de la universidad cercana al municipio de Neiva presenta un clima tropical según la clasificación de Köppen-Geiger La temperatura media anual en Neiva se encuentra a 25.0 °C. La precipitación es de 1603 mm al año.

El mes más caluroso del año con un promedio de 27.6 °C de julio. El mes más frío del año es de 21.4 °C en el medio de enero.

**Figura 20.** Diagrama de temperatura



**Tabla 2.** Temperatura de la región.

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	38	32	39	90	226	256	210	205	208	222	52	25
°C	21.4	22.0	24.0	25.3	26.3	27.0	27.6	27.5	27.0	25.7	24.1	22.5
°C (min)	16.7	16.9	18.6	19.8	21.3	22.4	22.6	22.6	22.3	21.4	19.8	17.9
°C (max)	26.2	27.2	29.4	30.9	31.4	31.7	32.7	32.5	31.8	30.1	28.5	27.1
°F	70.5	71.6	75.2	77.5	79.3	80.6	81.7	81.5	80.6	78.3	75.4	72.5
°F (min)	62.1	62.4	65.5	67.6	70.3	72.3	72.7	72.7	72.1	70.5	67.6	64.2
°F (max)	79.2	81.0	84.9	87.6	88.5	89.1	90.9	90.5	89.2	86.2	83.3	80.8

Fuente: Climate-data [28].

Los datos de evaporación con los cuales se va a calcular el requerimiento hídrico de las plantas corresponden a los aportados por el IDEAM mediante una serie sucesiva desde el año 1980-2013 datos que se analizan para saber la cantidad de agua que se debe aportar a las plantas presentes en los muros verdes, frecuencia y tiempo de riego.

#### **6.1.4 Aspectos socioeconómicos**

La región del juncal es conocida por su alta producción de cultivo de arroz, la granja experimental de la universidad Surcolombiana tiene 30 Has con producción de cultivos de Arroz, Maíz, Cítricos, Mangos y otros cultivos, Las texturas del suelo varía de franco arenoso a arenoso franco, la retención de humedad es baja (CC = 20.5%, PMP = 14.2%) y la densidad aparente es alta (Da = 1.71 gr/cm<sup>3</sup>) asociada a procesos de compactación, disminución del espacio poroso por sobremecanización y el monocultivo [26].

### 6.1.5 Construcciones

**Figura 21.** Construcciones Actuales de la Granja.



**Actual:** Estructura construida a partir de muros en ladrillo, armaduras metálicas y tejas de asbesto de cemento, con amplias ventanas.

...la sensación de calor se ve influenciada por temperatura del lugar y del aire exterior, radiación solar absorbida por el cuerpo o superficie y del intercambio de calor por medio de la radiación solar... [26], por este motivo anteriormente las construcciones se hacían más robustas tomando como referencia las normas de la transferencia de calor en los cuerpos, el tiempo de retardo en transmisión de calor. Debido a que esas estructuras no se planean usar en horas de la noche la orientación busca que las corrientes de aire sean quienes refrigeren la estructura.

**Planteada:** La estructura planteada por los autores (**Arenas R y Mosquera J 1992**) se ubica en la zona más alta de la granja experimental, donde los suelos son menos viables para los cultivos, presenta una forma alargada en el sentido este-oeste con el fin de aprovechar las corrientes de aire provenientes del sur y adquirir un mayor porcentaje de sombra durante el día. Con muros fabricados a partir de bloque hueco N°5, en los se hace el diseño de plantaciones verdes que más se adaptan a las condiciones climáticas de la zona y los más prácticos en cuanto a instalación.

### **6.1.6 Problemática**

Debido a las altas temperaturas de la región y al uso de materiales poco apropiados en las construcciones como las tejas de Asbesto cemento, se aumenta la temperatura interna de las construcciones haciendo que se requiera la instalación de instrumentos de refrigeración elevando el consumo de energía en las aulas empleadas en las prácticas académicas. Con la implementación de los muros verdes, el cambio de cubierta de las construcciones existentes y planteadas en la tesis nombrada anteriormente se reduce el consumo de energía en las instalaciones haciendo de este un espacio más agradable en cuanto a confort térmico, embelleciendo de manera muy significativa las aulas de prácticas académicas.

## **6.2 Diseño Planteado**

### **6.2.1 Capacidad de las instalaciones.**

El espacio de diseño planteado por los autores **Ricardo Arenas P y Jorge Enrique Mosquera G** en el año 1992 en la tesis de grado “**Diseño de la bodega y del Aula múltiple de la granja experimental**” es de 281.88 m<sup>2</sup>; integrado por un aula múltiple de 70 m<sup>2</sup> (46 personas), un aula auxiliar de 40 m<sup>2</sup> (26 personas), cafetería, baños (24,51 m<sup>2</sup>), un depósito de 7.4 m<sup>2</sup> y una oficina de 16.5 m<sup>2</sup>. El espacio requerido por las personas en aulas educativas es de 1,5 m<sup>2</sup>/persona según (MEP 2010).

### **6.2.2 Diseño del sistema de riego**

#### **6.2.2.1 Climatología y requerimiento hídrico**

Los datos con los que se cuenta en la zona referente a evaporación son los aportados por la estación del Juncal Ubicada en el Municipio de Palermo Huila muy cercano a la zona de influencia del proyecto, estos datos no son completos debido a la falta de toma de los mismos en algunos años, como lo que se requiere es un promedio estimado de evaporación se hace un promedio aproximado de 5 datos anteriores y 5 posteriores al año que falta para determinar la evaporación mensual.



**Tabla 3.** Registro de evaporación de la región.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1980	128.0	107.7	120.5	130.1	150.5	116.4	215.8	269.9	247.2	156.0	115.4	126.7
1981	135.7	118.7	148.8	124.7	122.4	116.5	111.0	118.6	114.8	106.6	106.4	112.1
1982	134.1	118.9	136.3	121.5	106.2	104.1	136.2	193.0	210.5	166.7	138.5	142.7
1983	105.6	135.2	125.7	111.0	146.4	133.9	130.4	177.8	205.3	167.2	150.4	85.5
1984	106.4	126.9	131.4	117.7	136.6	105.2	136.1	163.6	138.1	88.5	71.2	119.8
1985	164.0	189.7	181.9	171.9	164.8	154.4	257.7	251.1	275.5	157.4	164.6	140.1
1986	114.5	149.3	114.6	136.8	146.9	157.2	173.7	215.9	201.4	164.7	116.9	120.7
1988	130.7	137.0	137.0	138.0	149.3	172.0	227.5	212.7	198.9	163.3	143.6	94.8
1989	112.6	135.3	125.0	136.1	175.5	168.0	196.7	204.2	192.3	176.2	118.4	156.2
1990	146.7	121.4	130.3	141.9	172.6	160.3	212.1	259.6	235.3	140.9	116.6	124.7
1991	159.5	146.7	141.3	160.3	152.2	191.4	218.2	294.6	213.8	178.5	103.5	95.0
1992	132.9	143.8	158.7	156.8	157.5	218.2	262.5	283.8	229.6	203.1	128.2	125.2
1993	136.8	102.9	118.5	126.0	134.5	198.6	237.9	260.0	200.8	190.1	87.0	123.8
1994	94.0	136.9	120.8	146.0	138.4	189.1	241.5	260.5	236.3	169.6	102.5	136.4
1995	178.8	145.3	144.1	143.8	142.3	165.4	169.5	187.2	181.9	151.0	137.9	134.2
1996	139.7	113.8	117.6	149.3	157.5	175.6	169.3	207.4	213.6	162.4	116.1	123.9
1997	149.4	154.3	172.1	147.9	173.9	119.3	193.3	248.5	207.0	159.6	144.0	152.0
1998	161.2	169.0	147.7	127.5	114.8	174.4	177.8	198.4	188.8	164.1	96.1	113.1
1999	114.4	143.1	126.8	129.7	142.1	161.9	175.5	178.7	144.5	161.5	104.3	106.3
2000	134.4	124.0	102.9	118.2	113.9	141.7	185.2	202.1	163.1	167.6	133.6	123.4
2001	147.9	163.6	150.2	146.5	155.5	163.9	162.5	240.4	189.5	202.7	123.8	122.8
2002	141.5	137.6	142.4	149.0	124.3	154.3	150.9	205.1	192.7	162.0	127.7	140.6
2003	137.7	142.8	123.0	127.3	153.5	152.9	210.9	245.7	171.9	151.5	117.1	113.0
2004	117.8	128.0	146.4	115.3	141.7	174.8	167.0	198.5	167.4	124.2	110.1	118.6
2005	132.8	138.2	135.5	92.2	131.0	150.2	167.1	200.4	169.7	121.5	102.5	119.9
2006	105.3	139.9	132.5	109.0	140.3	152.5	157.0	209.3	187.4	135.8	94.0	127.0
2007	135.2	143.0	118.0	103.2	134.1	155.9	163.9	185.5	160.6	115.2	102.3	101.0
2008	131.6	146.5	102.4	108.2	114.3	145.9	171.3	161.2	137.3	113.7	93.7	101.8
2009	112.0	97.9	132.1	102.4	111.8	151.8	161.1	185.5	199.0	171.3	102.3	145.1
2010	182.2	160.1	139.4	121.2	120.5	108.0	141.6	171.2	128.1	102.8	112.3	105.2
2011	128.3	131.6	90.4	98.1	104.7	123.9	152.8	179.1	184.7	137.4	96.7	101.5
2012	138.3	142.5	136.3	108.7	137.3	156.2	173.3	176.0	161.2	122.1	103.9	87.0
2013	118.8	91.3	117.7	135.2	90.6	156.8	169.8	172.3	148.8	126.1	128.3	112.6

**Fuente:** IDEAM

Las casillas en color amarillo representan los datos que faltaban del registro en la estación climatológica del Juncal y que fueron completados mediante el promedio de los 5 datos anteriores y los posteriores que se tenían para hacer un acercamiento del requerimiento promedio, este promedio es un estimativo de la evaporación que se tenía promedio y que no afecta el cálculo del requerimiento hídrico.

**Tabla 4.** Evaporación promedio mensual y diaria en la zona de Juncal.

<b>Mes</b>	<b>Promedio Mensual Multianual</b>	<b>Evaporación Promedio diario mm</b>
Enero	133.6	4.3
Febrero	135.8	4.9
Marzo	132.4	4.3
Abril	128.8	4.3
Mayo	138.1	4.5
Junio	153.7	5.1
Julio	181.1	5.8
Agosto	209.6	6.8
Septiembre	187.8	6.3
Octubre	150.9	4.9
Noviembre	115.5	3.8
Diciembre	119.8	3.9

Con la evaporación promedio mensual (**ETO (mes)**) y el **Kc** se determina la evapotranspiración diaria (**ETP(día)**) de la siguiente manera:

$$ETP(\text{día}) = \frac{ETO(\text{mes})}{\text{Número de días del mes}} * Kc$$

Requerimiento hídrico (rqto) diario por cada m<sup>2</sup> de muro verde

$$rqto = ETP(\text{mm}) * \frac{10\text{m}^3}{1\text{ha}} * \frac{1\text{ha}}{10000\text{m}^2} * \frac{1000\text{lt}}{1\text{m}^3}$$

$$rqto \text{ diario enero} = 4.3(\text{mm}) * \frac{10\text{m}^3}{1\text{ha}} * \frac{1\text{ha}}{10000\text{m}^2} * \frac{1000\text{lt}}{1\text{m}^3} = 4.3 \text{ lt/m}^2$$

Donde:

**ETP:** evapotranspiración diaria en (mm)

Con este cálculo se demuestra que un mm de evaporación corresponde a una pérdida de 1 litro por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

### 6.2.2.2 Frecuencia y tiempo de riego

La cantidad de aplicación de agua para las plantas depende del requerimiento hídrico diario y de cada cuanto se va a regar (frecuencia de riego) para este caso se escoge aplicación de riego de cada 2 días pero este valor puede variar según el gusto del diseñador, el tiempo de riego depende del caudal aportado por los emisores y se determinan de la siguiente manera:

$$Tr (hr) = \frac{Rqto*Fr}{Ne*Qa} = \frac{(4.3 \frac{lt}{m^2*día} * 1 m^2) * 2 día}{2 * 3.1 \frac{lt}{hr}} = 1.4 hrs$$

Fr: Frecuencia de riego en días (2 días)

Qa: Caudal aplicado (lt/hr), gotero IDIT (3.1 lt/hr)

Ne: Número de emisores por unidad de área.

Tr: Tiempo de riego en horas

**Tabla 5.** Resultados tiempo de riego

Mes	Promedio Mensual Multianual	Promedio diario	lt/m2	req hdco para frecuencia de 2 días	req hdco lts/m2	Caudal línea de goteo (lt/hr)	Tiempo de Riego hrs	Tiempo de Riego min
Enero	133.6	4.3	4.3	8.6	3.1	1.4	83.4	
Febrero	135.8	4.9	4.9	9.7	3.1	1.6	93.9	
Marzo	132.4	4.3	4.3	8.5	3.1	1.4	82.6	
Abril	128.8	4.3	4.3	8.6	3.1	1.4	83.1	
Mayo	138.1	4.5	4.5	8.9	3.1	1.4	86.2	
Junio	153.7	5.1	5.1	10.2	3.1	1.7	99.1	
Julio	181.1	5.8	5.8	11.7	3.1	1.9	113.1	
Agosto	209.6	6.8	6.8	13.5	3.1	2.2	130.9	
Septiembre	187.8	6.3	6.3	12.5	3.1	2.0	121.2	
Octubre	150.9	4.9	4.9	9.7	3.1	1.6	94.2	
Noviembre	115.5	3.8	3.8	7.7	3.1	1.2	74.5	
Diciembre	119.8	3.9	3.9	7.7	3.1	1.2	74.8	

### 6.3 Sistemas recomendados

Para la implementación de los muros verdes en la estructura se plantean tres modelos los cuales son:

**6.3.1 Sistema hidropónico:** utilizado para la producción de plantas de tomate variedad Cherry con una separación de 50 cm entre plantas y 50 cm entre línea de siembra, ubicado en la fachada frontal exterior del aula principal, con un área de 5m<sup>2</sup>.

Los materiales usados en este sistema son:

**Muro en mampostería:** muros en bloque N°5 terminados e impermeabilizados para evitar problemas de humedad.

**Sustrato agrícola:** este sustrato es hecho a partir de una mezcla de tierra negra (40%), arena (10%), cascarilla de arroz (25%) y abono de tipo orgánico, 3kg de cal dolomita y 3 kg de fosforita (estas últimas dosis/m<sup>3</sup> de sustrato).

**Perfiles en aluminio:** para soportar el peso de la estructura y darle anclaje con la pared, fabricado a partir de láminas de Aluminio separados cada 50 cm en sentido vertical y con dimensiones especificadas en los planos.

**Recipientes de siembra:** pueden ser cubetas de siembra como se ha planteado en el diseño o reemplazados por desechos plásticos tales como botellas, tarros o canales fabricados a partir de tubos de PVC.

**Cinta de goteo:** separada cada 50 cm en sentido vertical o a la separación de cada cubeta de plantación.

**6.3.2 Cuadros vivos:** este sistema se emplea en el muro para el mejoramiento paisajístico, donde las plantas utilizadas tienen como objetivo embellecer la construcción y se encuentran ubicadas en la fachada frontal exterior del aula principal (5m<sup>2</sup>) y fachada izquierda interior (8m<sup>2</sup>) comprendido en dos cuadros de igual área.

Los materiales empleados son:

**Muro en mampostería:** muros en bloque N°5 terminados e impermeabilizados para evitar problemas de humedad.

**Perfiles en aluminio:** para soportar el peso de la estructura y darle anclaje con la pared, fabricado a partir de láminas de Aluminio separados cada 50 cm en sentido vertical y con dimensiones especificadas en los planos.

**PVC espumado:** Tiene una elevada resistencia a la abrasión, junto con una baja densidad (1,4 g/cm<sup>3</sup>), buena resistencia mecánica y al impacto, lo que lo hace común e ideal para la edificación y construcción, además sus propiedades de aislante hace que la humedad de los muros verdes no llegue a las paredes de la estructura.

**Geotextil:** El geotextil que se va a usar es polisombra, la cual sujeta la capa del sustrato agrícola, a esta se le hacen perforaciones en las partes donde se van a colocar las plantas seleccionadas.

**Sustrato agrícola:** Espuma Agrícola de la empresa Ultrafoam, la cual es usada en las plantaciones hidropónicas de hortalizas y algunas plantas de ciclo perenne tales como cacao y café en su fase inicial.

**Sistema de riego:** cinta de goteo separada cada 25 cm en sentido vertical o a la separación de cada cubeta de plantación.

**6.3.3 Bolsillos de siembra:** El sistema de muros verdes a partir de bolsillos de siembra se puede implementar en muros tradicionales o en muros fabricados a partir de superboard modelo implementado en la parte exterior del Aula auxiliar con un área de (4 m<sup>2</sup>) y pared interior derecha referenciada desde la entrada del Aula principal con un área de (6.90 m<sup>2</sup>).

Los materiales usados en este sistema son:

**Muro en mampostería:** muros en bloque N°5 terminados e impermeabilizados para evitar problemas de humedad, también se puede implementar en muros de superboard o Drywall impermeabilizado ya que no representa gran peso.

**Sustrato agrícola:** este sustrato es hecho a partir de una mezcla de tierra negra (40%), arena (10%), cascarilla de arroz (25%) y abono de tipo orgánico, 3kg de cal dolomita y 3 kg de fosforita (estas últimas dosis/m<sup>3</sup> de sustrato).

**Perfiles en aluminio:** para soportar el peso de la estructura y darle anclaje con la pared, fabricado a partir de láminas de Aluminio separados cada 50 cms en sentido vertical y con dimensiones especificadas en los planos.

**Geotextil:** este material es usado para retener el sustrato en su interior, luego de colocado se le hacen aperturas donde se van a colocar las plantas o pueden comprarse los bolsillos prefabricados.

**Cinta de goteo:** separada cada 50 cm en sentido vertical o a la separación de cada cubeta de plantación.

**Sistema de drenaje:** para los 3 modelos de muros verdes planteados se ubica en la parte más baja una canal de PVC hecho a partir de un tubo de 4" de diámetro cortado por la mitad y unido por tornillos a la estructura del muro.

Este sistema constructivo es empleado en algunos eventos o ferias de exposición de productos para mejorar la vista del stand en muchos sitios del mundo como se evidencia en la siguiente imagen.

**Figura 22.** Sistema bolsillos de siembra en eventos.



**Fuente:** Cuaderno del campo y taller [29]

#### 6.4 Sistema de Riego

**Cintas de goteo:** en los modelos de muros verdes se usará cinta de goteo con una separación de 50 cm o 25 cm según se especifique en el sistema constructivo del muro, aplicación de 3.10 lt/hr por sitio de goteo, este sistema de riego localizado se caracteriza por evitar aplicaciones excesivas de agua, se considera el más apto para los cultivos que presentan poca separación entre las plantas, debido a que las perforaciones se pueden hacer según la separación que se desee en caso de emplear cintas de goteo diferentes.

**Tanque de almacenamiento:** Tanque elevado de 200 litros que cumple con la función de almacenar y distribuir agua por las tuberías del sistema hidráulico de la construcción y riego de los muros verdes.

**Fertirrigación:** consiste en la aplicación de fertilizante en el sistema de riego de los muros verdes por medio de un inyector Venturi y un tanque plástico donde se diluyen los solutos.

**Inyector Venturi:** consiste fundamentalmente en un tubo por el que circula agua, provisto por un estrechamiento en el cual, por el efecto Venturi se produce una presión negativa y está conectada a una tubería cuyo otro extremo se introduce en una solución a inyectar, este modelo es usado para la aplicación de fertilizantes en el agua de riego (Fertirrigación) de sistemas de riego localizado **SCCS [30]**.

**Válvula reguladora de presión:** ubicada en la parte inicial del sistema de riego de los muros controla la presión y el caudal de flujo en la tubería, así mismo da apertura al flujo para que llegue a los muros verdes.

**Tubería sistema de riego PVC:** son tubos de plástico rígido fabricados a partir de una materia prima compuesta esencialmente de resina sintética de policloruro de vinilo (PVC) técnico **SCCS [30]**, este tipo de tubería es usado para distribuciones hidráulicas domésticas y de sistemas de riego por su importancia en el saneamiento y resistencia a la presión.

**Sistema de drenaje:** principalmente hecho a partir de un canal de recolección en material plástico fabricado o tubo de PVC de 4" cortado por la mitad anclado a la pared de cultivo, tiene como objetivo controlar los excesos de agua en los muros al momento de la aplicación.

## 6.5 Plantas Utilizadas y Recomendadas por el Jardín Botánico de Bogotá

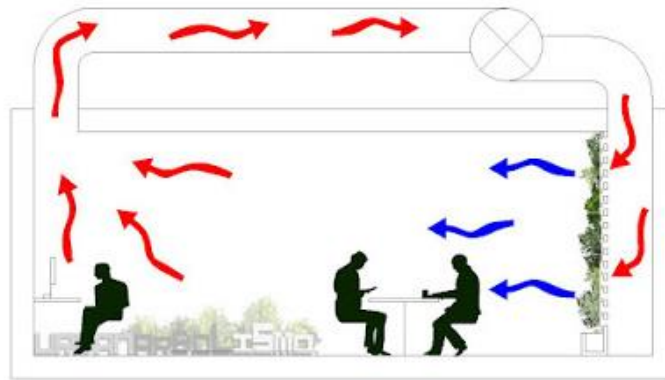
### Plantas seleccionadas

 <p>kalanchoe</p>	 <p>helecho pequeño</p>	 <p>helecho peine</p>	 <p>helecho esparrago</p>
 <p>sedum rubrotinctum</p>	 <p>clavel chino</p>	 <p>gazania</p>	 <p>poinsettia</p>
 <p>helecho nido de ave</p>	 <p>cinta</p>	 <p>tradescantia zebrina</p>	 <p>petunias</p>
 <p>croton</p>	 <p>calatea</p>	 <p>limoncillo</p>	 <p>begonia</p>
 <p>pichon</p>	 <p>afelandra</p>	 <p>vinca</p>	 <p>gazania amarilla</p>



			
<p>esparrago</p>	<p>orejas de conejo</p>	<p>azalea</p>	<p>anigozanthos flavidus</p>
			
<p>peperomia</p>	<p>rúcula</p>	<p>menta</p>	<p>cilantro</p>
			
<p>tomate</p>	<p>hierba buena</p>	<p>azulina</p>	

**Figura 23.** Sistema de Ventilación.



**Fuente:** [ecourbanita.blogspot](http://ecourbanita.blogspot) [14]

El sistema de ventilación es de forma natural debido a que Cada litro de agua evaporado por la vegetación produce 0,64Kwh de enfriamiento en el aire esta es la manera natural que utilizan las plantas para refrigerarse. Esto crea la sensación de frescor que experimentamos cuando entramos en un bosque. El aire acondicionado vegetal utiliza este potencial de refrigeración además de ofrecer otras ventajas como filtro de contaminantes del aire.

El funcionamiento del aire acondicionado vegetal es sencillo, el aire se recircula a través de un jardín vertical lo que provoca en las plantas una gran evapotranspiración, en su objetivo de enfriarse a sí misma la vegetación refrigera todo el aire necesario para mantener la estancia a una temperatura adecuada, todo este enfriamiento se realiza mediante aporte de humedad al aire por lo que se genera un ambiente saludable.

La vegetación controla la cantidad de agua que evapora en función de las condiciones ambientales: humedad y temperatura, sus necesidades de confort son muy parecidas a las nuestras. Las plantas evaporan más agua cuando hace más calor y disminuyen la evapotranspiración cuando hace más frío. Mientras un aparato

de aire acondicionado tradicional solo regula la temperatura, el aire acondicionado vegetal regula temperatura y humedad, lo que lo convierte en mucho más beneficioso para la salud y el confort [14].

## 6.6 Costo de sistemas por m2

En materia de costos, el valor está ligado a la especie utilizada y al tipo de implementación del muro. Las especies más costosas son las nativas y las endémicas vulnerables debido a su proceso de germinación. Se estima que un muro elaborado en líquenes, briofitos y musgos, puede alcanzar los \$ 300.000/m<sup>2</sup>.

En el caso de las plantas ornamentales, su costo aproximado es de \$ 150.000/m<sup>2</sup>, aunque las especies deben ser cambiadas entre 1 y 5 años, de acuerdo con el cuidado que se les tenga.

El mantenimiento tanto de las cubiertas como el de los muros verdes es sencillo, consiste en sustituir las plantas muertas o marchitas y controlar el sistema de riego, especialmente en los muros hidropónicos para mantener el pH del agua estable. **Fuente:** Construdata.com [32].

### 6.6.1 Sistema hidropónico (precio vigente diciembre de 2015)

**Tabla 6.** Análisis de precio Unitario para instalar 1 m<sup>2</sup> modelo sistema hidropónico

<b>MATERIALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/U</b>	<b>Valor Total</b>
Superboard 8mm	m2	1	\$13,700.00	\$ 13,700.00
perfiles de aluminio	m2	1	\$45,000.00	\$ 45,000.00
Viniltex impermeabilizante	gl	0.05	\$46,000.00	\$ 2,300.00
Placa galvanizada cal 34	m2	1	\$ 7,500.00	\$ 7,500.00
Cinta de Goteo separación 0.15 m	ml	2	\$ 349.00	\$ 698.00
Plantas tomate	Unidad	8	\$ 200.00	\$ 1,600.00
Cubetas siembra	Unidad	4	\$ 8,000.00	\$ 32,000.00
Cascarilla arroz	Bulto	0.01	\$ 1,000.00	\$ 10.00
Arena	kg	15	\$ 30.00	\$ 450.00
Tierra negra	Kg	15	\$ 200.00	\$ 3,000.00
Abono orgánico	Kg	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Cal dolomita	Kg	0.5	\$ 300.00	\$ 150.00
Fosforita	kg	0.5	\$ 300.00	\$ 150.00
T 1/2" PVC	Unidad	0.4	\$ 500.00	\$ 200.00
Codo 1/2" PVC	Unidad	0.2	\$ 300.00	\$ 60.00
Tubería 1/2" PVC	ml	0.6	\$ 1,000.00	\$ 600.00
Tapón 1/2" PVC	Unidad	0.5	\$ 300.00	\$ 150.00
Silleta y conector	Unidad	2	\$ 3,500.00	\$ 7,000.00
Canaleta de recolección Tubería de pvc 4"	ml	0.25	\$ 5,000.00	\$ 1,250.00
Tornillos 1-1/2"	Unidad	15	\$ 100.00	\$ 1,500.00
Ganchos para cinta de riego	m2	5	\$ 200.00	\$ 1,000.00
			<b>Subtotal</b>	\$ 120,318.00
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>VALOR</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Vr. Total (\$)</b>
Instalación de muro	día	\$40,000.00	2	\$ 20,000.00
Instalación de riego	día	\$40,000.00	4	\$ 10,000.00
Impermeabilización	día	\$40,000.00	10	\$ 4,000.00
			<b>Subtotal</b>	\$ 34,000.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 154,318.00</b>

## 6.6.2 Bolsillos de siembra (precio vigente diciembre de 2015)

**Tabla 7.** Análisis de precio Unitario para instalar 1 m<sup>2</sup> modelo bolsillos de siembra

<b>MATERIALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/U</b>	<b>Valor Total</b>
perfiles de aluminio	m2	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00
Superboard	m2	1	\$ 13,700.00	\$ 13,700.00
Viniltex impermeabilizante	gl	0.05	\$ 46,000.00	\$ 2,300.00
Geotextil interior	m2	1	\$ 1,375.00	\$ 1,375.00
Geotextil exterior	m2	1.5	\$ 1,375.00	\$ 2,062.50
Cinta de Goteo	ml	2	\$ 349.00	\$ 698.00
Silleta y conector	Unidad	2	\$ 3,500.00	\$ 7,000.00
T 1/2" PVC	Unidad	0.4	\$ 500.00	\$ 200.00
Codo 1/2" PVC	Unidad	0.2	\$ 300.00	\$ 60.00
Tubería 1/2" PVC	ml	0.6	\$ 1,000.00	\$ 600.00
Tapón 1/2" PVC	Unidad	0.5	\$ 300.00	\$ 150.00
Plantas almácigo	Unidad	100	\$ 30.00	\$ 3,000.00
Tierra Negra	Kg	15	\$ 200.00	\$ 3,000.00
Arena	Kg	15	\$ 30.00	\$ 450.00
Abono Orgánico	Kg	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Cascarilla Arroz	Bulto	0.01	\$ 1,000.00	\$ 10.00
Cal dolomita	Kg	0.5	\$ 300.00	\$ 150.00
Fosforita	kg	0.5	\$ 300.00	\$ 150.00
Tornillos 1-1/2"	Unidad	10	\$ 100.00	\$ 1,000.00
Canaleta de recolección Tubería de pvc 4"	ml	0.25	\$ 5,000.00	\$ 1,250.00
Alambre galvanizado calibre 12	Kg	0.01	\$ 3,350.00	\$ 33.50
			<b>Subtotal</b>	\$ 84,189.00
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>VALOR</b>	<b>Rendimiento/día</b>	<b>Vr. Total (\$)</b>
Instalación de muro	día	\$40,000.00	2	\$ 20,000.00
Instalación de riego	día	\$40,000.00	4	\$ 10,000.00
Impermeabilización	día	\$40,000.00	10	\$ 4,000.00
			<b>Subtotal</b>	\$ 34,000.00
			<b>TOTAL</b>	\$ <b>118,189.00</b>

### 6.6.3 Cuadros Vivos (precio vigente diciembre de 2015)

**Tabla 8.** Análisis de precio Unitario para instalar 1 m<sup>2</sup> modelo cuadros vivos

<b>MATERIALES</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/U</b>	<b>Valor Total</b>
Superboard 8mm	m2	1	\$ 13,700.00	\$ 13,700.00
perfiles de aluminio	m2	1	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00
PVC espumado	m2	1	\$ 59,150.00	\$ 59,150.00
Geotextil interior	m2	1	\$ 1,375.00	\$ 1,375.00
Geotextil exterior	m2	1.5	\$ 1,375.00	\$ 2,062.50
Cinta de Goteo	ml	5	\$ 349.00	\$ 1,745.00
T 1/2" PVC	Unidad	0.4	\$ 500.00	\$ 200.00
Codo 1/2" PVC	Unidad	0.2	\$ 300.00	\$ 60.00
Tubería 1/2" PVC	ml	0.6	\$ 1,000.00	\$ 600.00
Tapón 1/2" PVC	Unidad	0.5	\$ 300.00	\$ 150.00
Silleta y conector	Unidad	2	\$ 3,500.00	\$ 7,000.00
Tornillos 1-1/2"	Unidad	10	\$ 100.00	\$ 1,000.00
Canal de recoleccion	ml	0.25	\$ 5,000.00	\$ 1,250.00
Plantulas de flor	Unidad	100	\$ 30.00	\$ 3,000.00
Alambre galvanizado calibre 12	Kg	0.01	\$ 3,350.00	\$ 33.50
Espuma agrícola	m2	1	\$ 68,800.00	\$ 68,800.00
			<b>Subtotal</b>	\$ 205,126.00
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>VALOR</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Vr. Total (\$)</b>
Instalación de muro	día	\$40,000.00	2	\$ 20,000.00
Instalación de riego	día	\$40,000.00	4	\$ 10,000.00
Impermeabilización	día	\$40,000.00	10	\$ 4,000.00
			<b>Subtotal</b>	\$ 34,000.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 239,126.00</b>

## **6.7 Instalación de cubiertas verdes**

### **Paso 1 Elegir el tipo de cubierta verde**

El primer paso es definir el tipo cubierta verde que se va a implementar si es un muro verde o techo verde que se va a implementar según los modelos existentes teniendo en cuenta el peso que representa en la estructura, el uso que se le va a dar (si es ornamental o para la producción de alimento), el precio, espacio que se tiene en la construcción, condiciones climáticas y plantas que se quieren colocar.

### **Paso 2 Instalación de la estructura**

El aislamiento es en algunos casos opcionales y cuando se usa se aplica por encima de la barrera de vapor. Una capa de aislamiento impide que el agua almacenada en el sistema extraiga el calor del edificio durante el invierno. Además, en el verano, el aislamiento impide que el calor externo caliente el interior del edificio.

### **Paso 3 Instalación de sistema de riego**

Polietileno de alta densidad se coloca en la cubierta para que actúe como profundas capas de impermeabilización y barrera en la mayoría de las cubiertas verdes. Los sistemas de riego y drenaje se colocarán por encima de la barrera de impermeabilización y de la raíz, pero se debe tener especial cuidado de no dañar la impermeabilización.

### **PASO 4 Instalación sistema de drenaje**

En la implementación de azoteas verdes se usa una capa drenante muy porosa la cual lleva el agua de exceso a un canal de recolección, en el caso de los muros verdes verticales se usa solo el canal de recolección que puede ser fabricado a partir de un tubo de 4" cortado en la mitad y anclado al sistema de muro verde.

## **PASO 5 Instalación del filtro**

La capa de filtro es un filtro de tela, que se coloca por encima del drenaje para mantener los medios de crecimiento estacionario y evitar la obstrucción del drenaje que pueden causar retención de agua no deseada.

## **PASO 6 Instalación del sustrato**

Es esencial que el espesor sea adecuado de esta capa según los medios de cultivo para apoyar el tipo de planta elegida. El soporte debe ser colocado y nivelado para recibir las plantas.

## **PASO 7 Siembra**

Las plantas pueden ser plantadas como semillas o esquejes en función del tipo de proyecto.

Muchas soluciones de plantas están disponibles para la vegetación de cubierta y se deben seleccionar según las condiciones climáticas locales, ciclo de vida de la planta, el sistema de cubierta, el nivel deseado de mantenimiento y la disponibilidad de agua [19].

## **6.8 Mantenimiento de las cubiertas verdes**

Mantenimiento depende del tipo de vegetación, la mayoría necesitan un mantenimiento muy bajo. Las plantas se eligen entre las especies que requieren muy poca agua, atención y nutrientes. Esta vegetación está diseñada para cubiertas no accesibles porque la vegetación correspondiente es muy sensible al pisoteo. En cuanto a la semi-intensiva e intensiva ecológica, el mantenimiento durante el período inicial de crecimiento de las plantas, el apoyo es esencial (de 3 meses a 3 años, dependiendo de la modalidad y el tipo de plantación). Después del periodo de asistencia de la frecuencia es de cuatro operaciones por año. Las acciones más comunes son la eliminación de residuos, la fertilización y el riego cuando sea necesario.

Es esencial para asegurar que las siguientes condiciones se mantienen en todo momento, que los desagües permanezcan limpios y sin vegetación.



## 7. CONCLUSIONES

- Son muchos los modelos que se han patentado por diferentes autores y empresas para la construcción de muros verdes sean de origen natural o sintético debido a la importancia que se le ha dado en las construcciones urbanas como modelo para hacer frente al cambio climático por sus ventajas ecológicas en la reducción de la temperatura dentro de las construcciones.
- Algunos estudios presentados en el documento muestran de forma cualitativa y cuantitativa las ventajas que representa la implementación de muros verdes en las construcciones modernas llegando a reducir la temperatura de la superficie de las construcciones hasta en 20 °C (**Figura 4**).
- Los muros verdes representan una forma de climatizar de manera natural las estructuras, reducen la cantidad de agua que llega al sistema de alcantarillado y se puede desarrollar mediante un enfoque de paisajismo urbano, contribuyen a la seguridad alimentaria importante en el desarrollo de una nación mediante la implementación de sistemas hidropónicos en la producción de alimento fortaleciendo los sectores vulnerables y dándole participación a mujeres, niños y ancianos mediante programas de agricultura familiar.
- Entre los modelos que se recomiendan implementar en la construcción del aula múltiple de la granja experimental el que representa menos costo es el de bolsillos de siembra debido a que usa menos materiales de origen industrial.
- Aunque se plantean algunos materiales en la construcción de los muros verdes, estos pueden ser reemplazados por materiales que se tengan en la zona y sean más económicos un ejemplo claro se ve en los muros hidropónicos donde las materas de siembra se pueden reemplazar por botellas plásticas u otros recipientes de almacenamiento, reduciendo el costo del muro ecológico.

## 8. RECOMENDACIONES

- Las ciudades de clima cálido de Colombia al igual que en algunos países de Europa que cuentan con estructuras ecológicas de bioclimatización, requiere de la implementación de los muros verdes y demás estructuras ecológicas para mejorar el entorno paisajístico de la ciudad, reducir de manera natural las elevadas temperaturas que se presentan debido al calentamiento por fenómenos del niño y generar un entorno más agradable para los habitantes.
- Con la implementación de muros verdes se pueden adelantar prácticas de agricultura urbana mediante la implementación de modelos hidropónicos de producción, así mismo se contribuye a la mitigación del hambre y se asegura la calidad de los productos debido a que son sistemas de producción limpios y agradables con el medio ambiente, generan un microclima agradable para el ser humano
- Las políticas de gobierno de países europeos fomentan la participación de la comunidad en la reducción del consumo de energía para la climatización de sus viviendas mediante programas de reducción en el impuesto de las mismas y valorización de sus construcciones, si esta estrategia es implementada en Colombia se garantiza la reducción en el consumo de energía empleado para la refrigeración de las viviendas y demás sitios de reunión.
- La Agricultura Urbana es apta para la participación de toda la comunidad, no hace discriminación de género, edad, raza, contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas, los ingresos, es por ello que es indispensable que sea incluida en el plan de desarrollo municipal, además que se establezcan leyes de uso rural del suelo, crear campañas de capacitación para todos los productores no solo los de A.U si no también los campesinos que actualmente desarrollan agricultura sin contar con paquetes tecnológicos, capacitaciones, educación ambiental, a pesar de que Colombia cuenta con recursos de agua, suelo, clima y localización tropical.
- Los precios que se presentan en las tablas (6, 7 y 8), corresponde al valor de la instalación de 1 m<sup>2</sup> de muro verde bajo cada sistema en la pared y no se tiene en cuenta el valor total del sistema de suministro ya que este puede variar si se instalan sistemas automatizados tales como válvulas solenoide, programadores de riego o instrumentos de inyección de fertilizante.

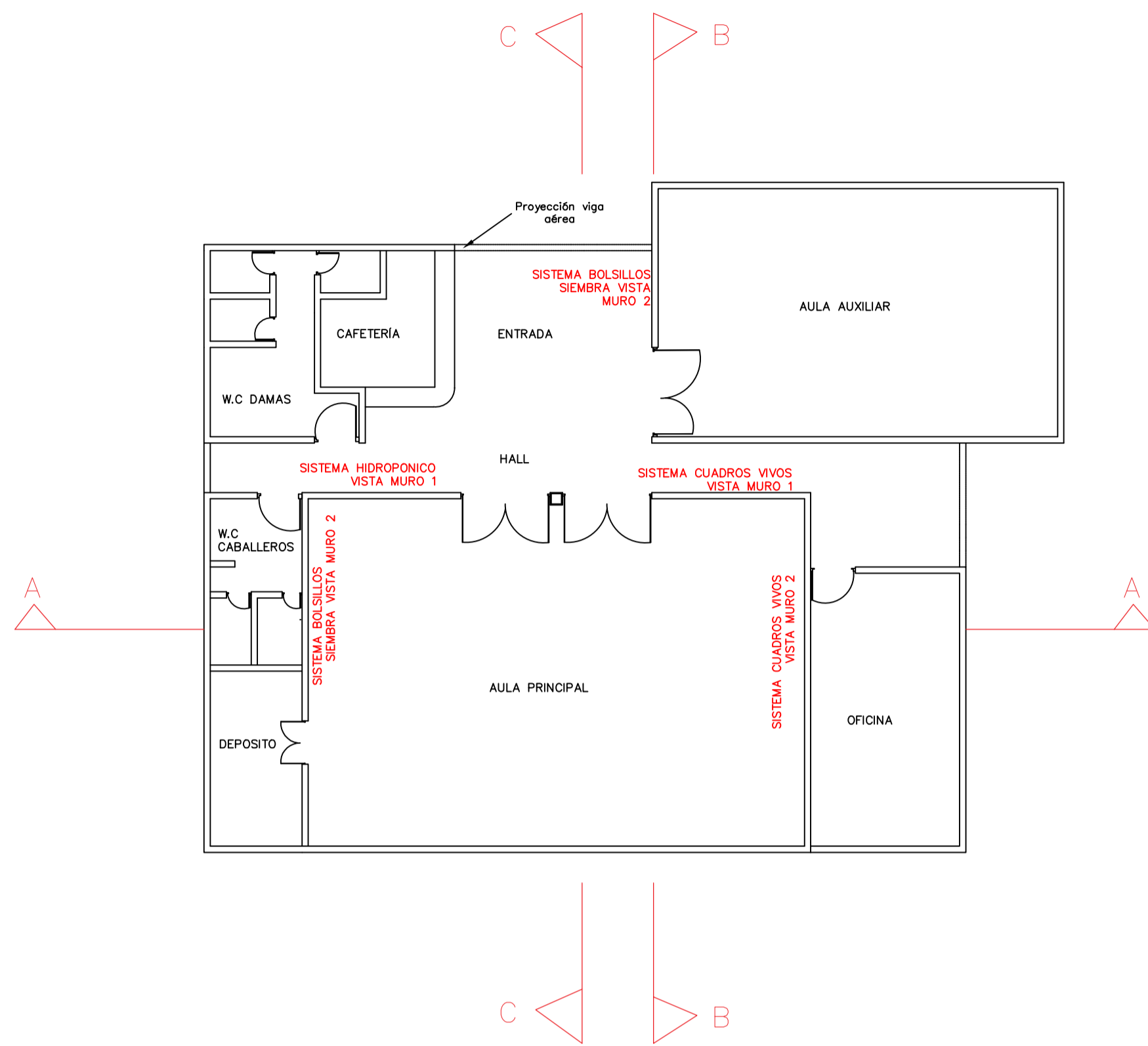
## 9. BIBLIOGRAFIA

1. Página web mediambiente.es. Construcciones ecológicas. Consultado el 10 de noviembre del 2015. <http://www.medioambiente.net/construcciones-ecologicas/>
2. (Artículo 30. Ley 99 de 1,993). Consultado el 8 de noviembre del 2015.
3. Página web Construible.es. Consultado 18 de mayo del 2015.
4. Página web Urbanismo y transporte. Consultado el 13-10-2015. <http://urbanismoytransporte.com/la-isla-de-calor-2a-parte-de-la-serie-cubiertas-vegetales/>
5. Pablo Sarricolea E. la isla de calor urbana, ¿un indicador de la sostenibilidad ambiental de las ciudades?, consultado 13-10-2015 [http://www.ub.edu/medame/foro\\_ptdr/m4/psarricolea.pdf](http://www.ub.edu/medame/foro_ptdr/m4/psarricolea.pdf)
6. Página web Nergiza. Consultado el 8 de noviembre del 2015. <http://nergiza.com/como-conocer-el-consumo-del-aire-acondicionado/>
7. Página web Erga Noticias. Confort térmico ERGA-Noticias/4. Consultado el 13 de octubre del 2015. [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np\\_enot\\_99.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np_enot_99.pdf)
8. Agricultura Urbana y periurbana. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Consultado el 18 de Mayo del 2015.
9. Página web Perfiles a la vanguardia. Muros verdes más que un adorno. Consultado el 22 de Mayo del 2015. <http://perfilesalavanguardia.com/2015/06/11/muros-verdes-mas-que-un-adorno/>
10. Página web ECOOSFERA: Beneficio de los muros verdes. Consultado el 18 de mayo del 2015. <http://www.ecoosfera.com/2014/11/te-fascinan-los-muros-verdes-una-guia-para-conocer-espacios-dedicados-a-ellos-en-mexico/>
11. blog zenambient. Los muros verdes y sus beneficios Consultado el 18 de mayo del 2015. <http://zenambient.blogspot.com.co/p/jardines-verticales-muros-verdes.html>
12. blog Yves Bernard. Ingeniería natural; beneficios de tener un jardín vertical. Consultado el 22 de mayo del 2015.

13. Construcciones de casas en Barcelona. Consultado el 05 de octubre del 2015.  
<https://construccioncasasbarcelona.wordpress.com/construccion-casas-piedra-barcelona/>
14. Ecourbanita Blog spot. Consultado el 13 de Octubre del 2015.  
<http://ecourbanita.blogspot.com.co/2013/10/aislamiento-vegetal-muros-verdes.html>
15. De la botánica al mundo. Consultado el 18 de mayo del 2015..página web  
<http://blog.polinter.com.mx/de-la-botanica-al-mundo-muros-verdes/>
16. Proyecto de acuerdo No 386 DE 2009. Consultado el 22 de mayo del 2015.  
Pagina web:  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37533>
17. Eroski consumer el gran muro verde africano pagina web:  
[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/naturaleza/2011/04/28/199967.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2011/04/28/199967.php)
18. Agricultura Urbana en Bogotá. Una evaluación externa participativa. Laura Mercedes Barriga Valencia y Diana Carolina Leal Celis. Año 2011
19. Anthos jardines verticales y jardinería consultado el 05 de Octubre del 2015.  
<http://jardinesverticalesanthos.es/fachadas-verdes-y-jardines-verticales/>
20. Allium by Olimpia. Consultado el 11 de noviembre del 2015.  
<http://www.alliumbyolympia.com/#!proyectos-verdes/clim>
21. Grupo Xaxeni S. de R.L de C.V. Cosechando Natural. Consultado el 11 de noviembre. del 2015.  
[https://www.cosechandonatural.com.mx/que\\_son\\_los\\_muros\\_verdes\\_articulo49.html](https://www.cosechandonatural.com.mx/que_son_los_muros_verdes_articulo49.html)
22. Jardines Verticales en tu casa. Consultado el 11 de noviembre del 2015.  
<http://www.decoraciondesalas.com/Jardines-verticales-en-tu-casa/824>.
23. Página Max Kaiser. Consultado el 05 de Octubre del 2015. <http://www.max-kaiser.com/index.php?qt=abead8641ba0b2094ffa56a70196dfda|23>
24. Página web: habitecmexico.com. Consultada el 05 de Octubre del 2015.  
<http://habitecmexico.com/tecnologia-sustentable/>
25. Página web: homesupply.com. Consultada el 05 de Octubre del 2015.  
<http://homesupply.com.mx/beneficios-de-los-muros-verdes/>
26. Cáceres, W y Castañeda, J 2014. Consultado el 11 de noviembre del 2015.  
Agricultura de precisión: variabilidad espacial de propiedades edáficas en un aridic lithic ustorthents de la granja experimental Universidad Surcolombiana.
27. Página web de Asojuncal. Consultado el 05 de diciembre del 2015.  
<http://asojuncal.blogspot.com.co/>.

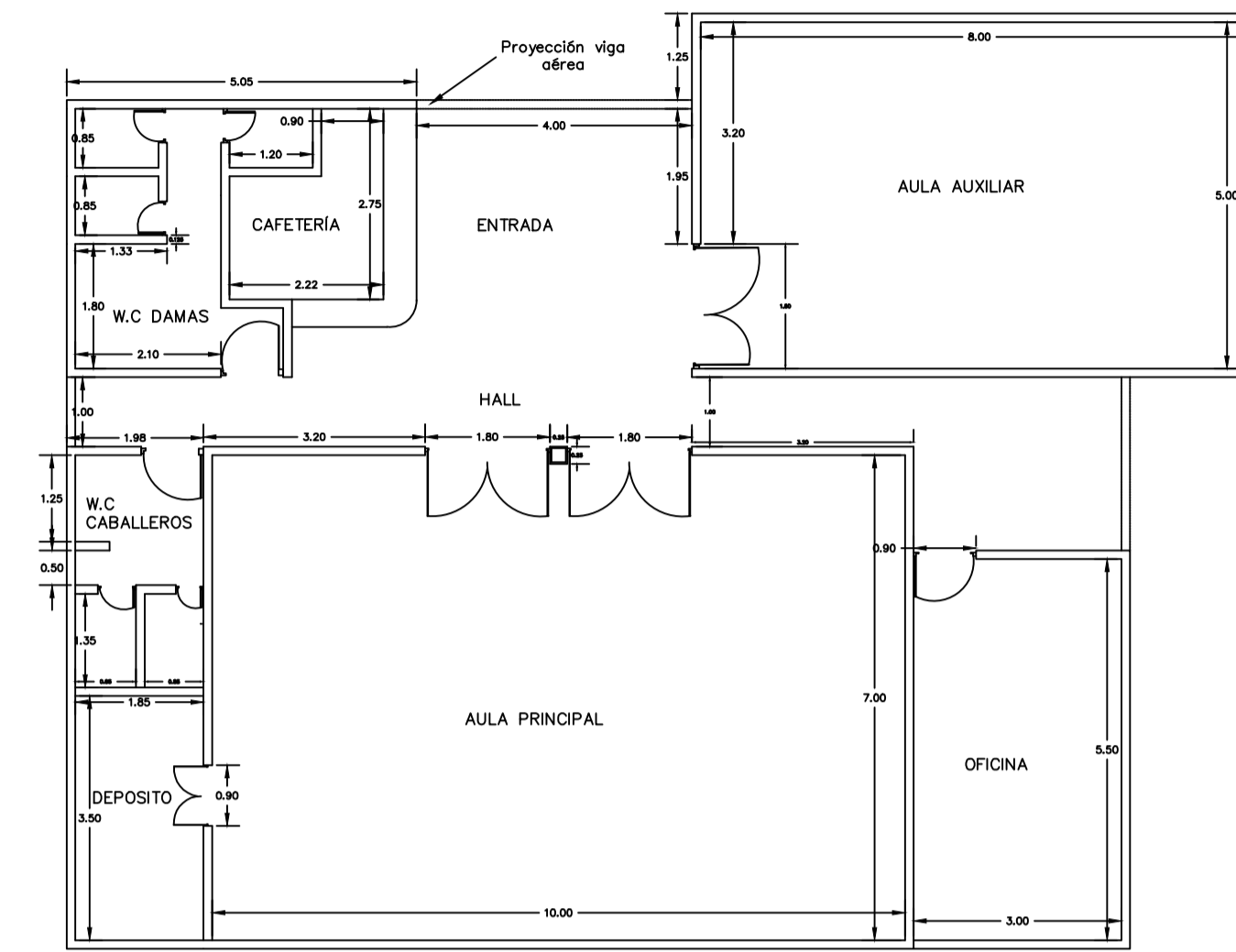
28. Página web: Climate Data. Consultado el 13-10-2015.  
<http://es.climate-data.org/location/688581/>
29. Febrero Angel. Blog: Cuaderno del campo y taller. Consultado el 05 de diciembre del 2015.  
<http://angelfebrero.blogspot.com.co/2008/01/inauguracin-stand-y-muros-verdes.html>
30. SCCS. FERTIRRIGACION Publicación de la SCCS
31. Efficient building system . Marzo de 2013. Cubiertas verdes. España. Editorial LAFARGE. Consultado el 22 de Mayo del 2015. Página web:  
<http://www.lafarge.com.es/2.3.5 ESP concrete green roofs corp.pdf>
32. Publicación Construdata.com fecha de publicación 28 de enero del 2013. Consultado el 18 de Mayo del 2015. Página Web  
[http://www.construdata.com/Bc/Otros/Documentos/plantas\\_mas\\_utilizadas.asp](http://www.construdata.com/Bc/Otros/Documentos/plantas_mas_utilizadas.asp)
33. FAO en su IV Congreso de Agricultura Tropical hecho en la Habana Cuba en el año 2012.
34. (MEP) Ministerio de educación pública julio de 2010 Dirección de infraestructura y equipamiento educativo.

# Distribución



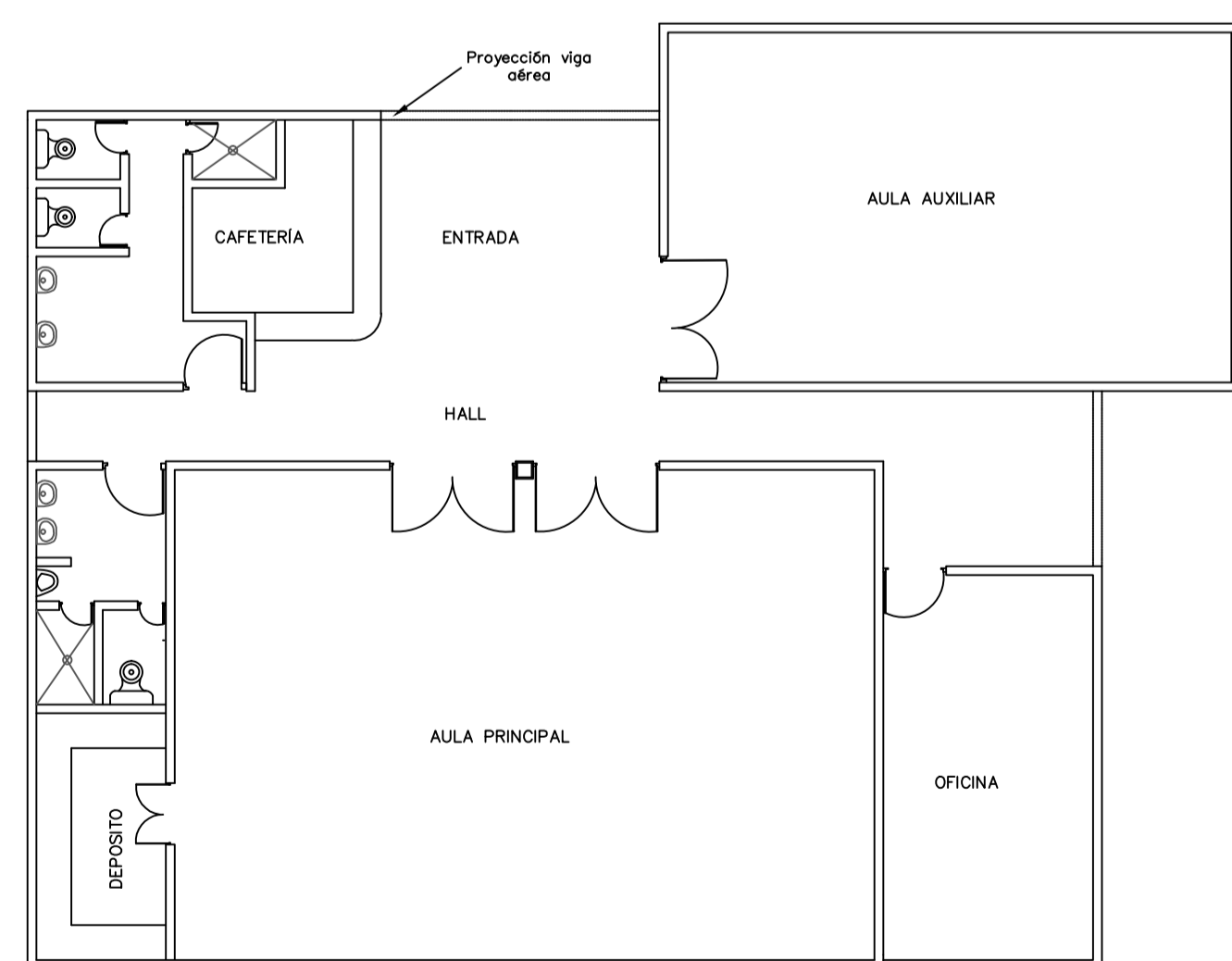
ESCALA 1:100

# Medidas



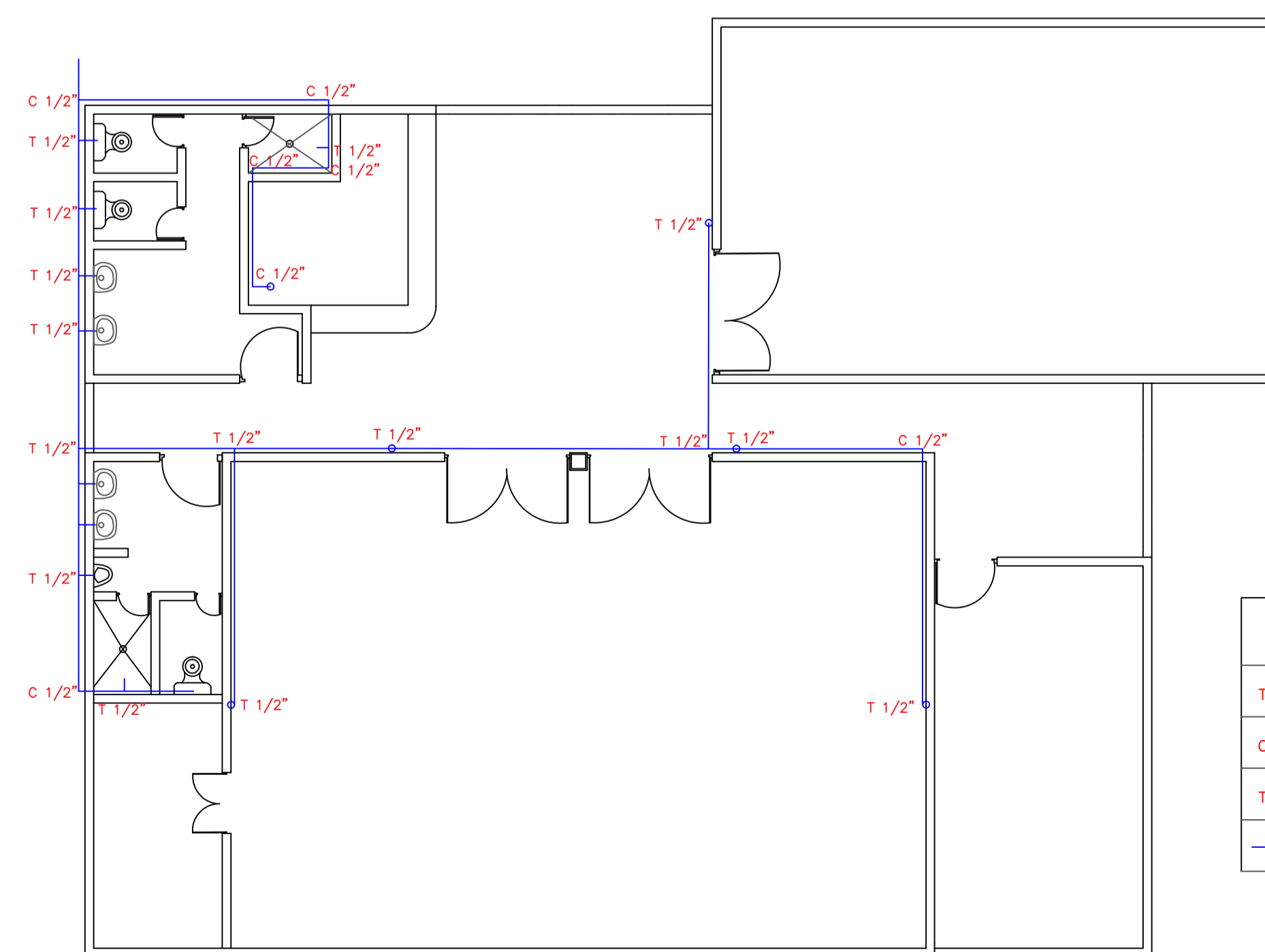
ESCALA 1:100

# Vistas planta



ESCALA 1:100

# Sistema hidráulico



CONVENCIONES	
T 1/2"	T EN PVC DE 1/2"
C 1/2"	CODO EN PVC DE 1/2"
T 1/2"	T EN PVC DE 1/2"
—	TUBERÍA EN PVC DE 1/2"

SIN ESCALA



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA  
AGRÍCOLA  
NEIVA

PROYECTO:  
DISEÑO DE AUDITORIO ECOAMBIENTAL  
EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

DIRECTOR:  
Ing. MYRIAM ROCÍO PALLARES  
MUÑOZ

DISEÑO:  
LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

DIBUJO:  
LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

CONTIENE:  
VISTA EN PLANTA Y  
DISTRIBUCIÓN CONSTRUCCIÓN

LOCALIZACIÓN:  
GRANJA EXPERIMENTAL  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

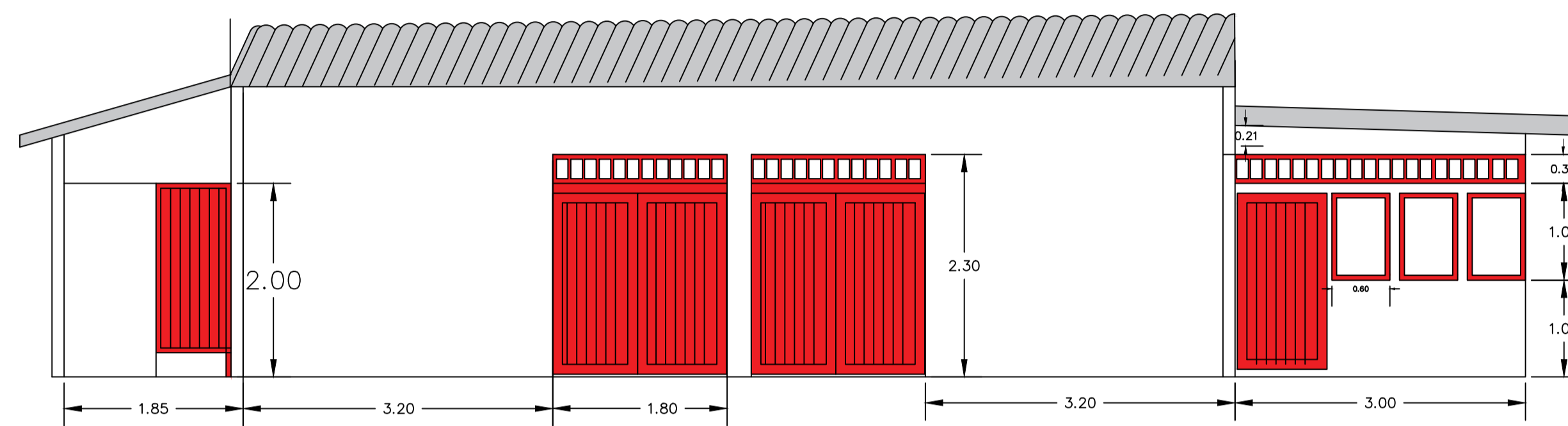
ESCALA:  
ESPECIFICADAS EN EL PLANO

PLANO NÚMERO:  
1/5

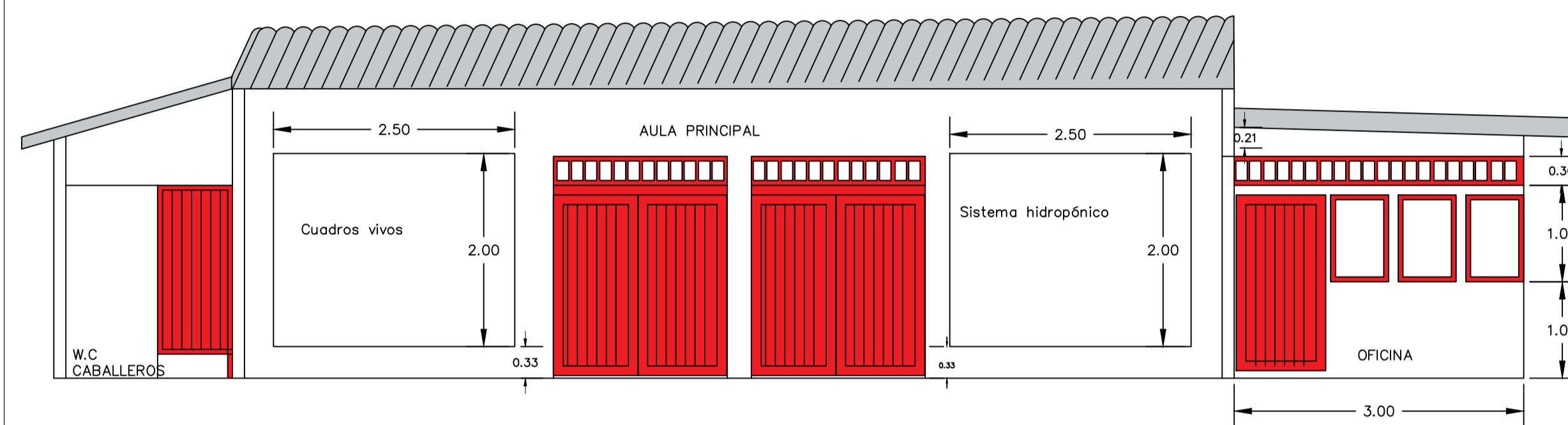
FECHA:  
DICIEMBRE 2015

VISTO BUENO REVISOR:

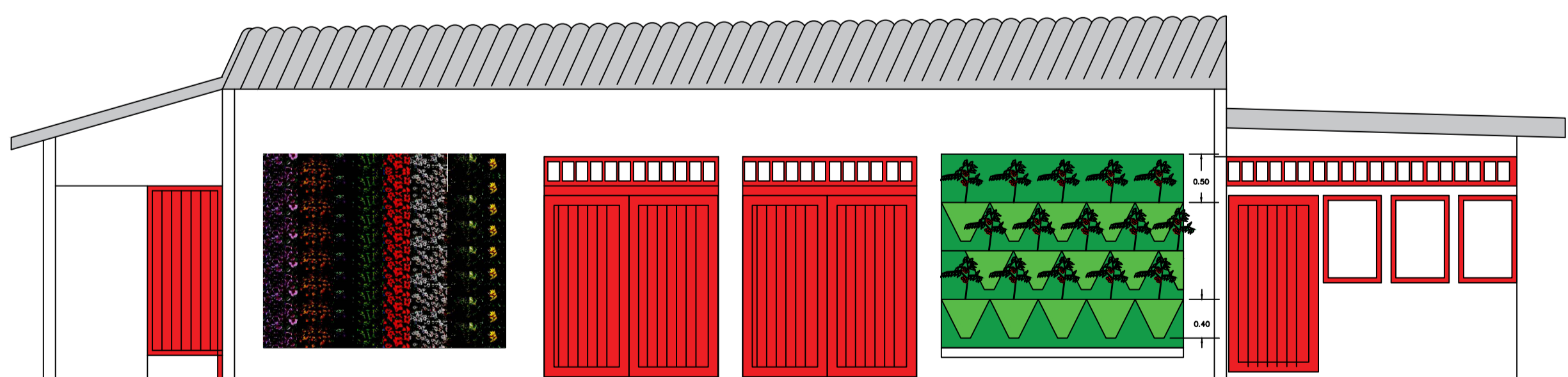
# VISTA FRONTAL MURO 1



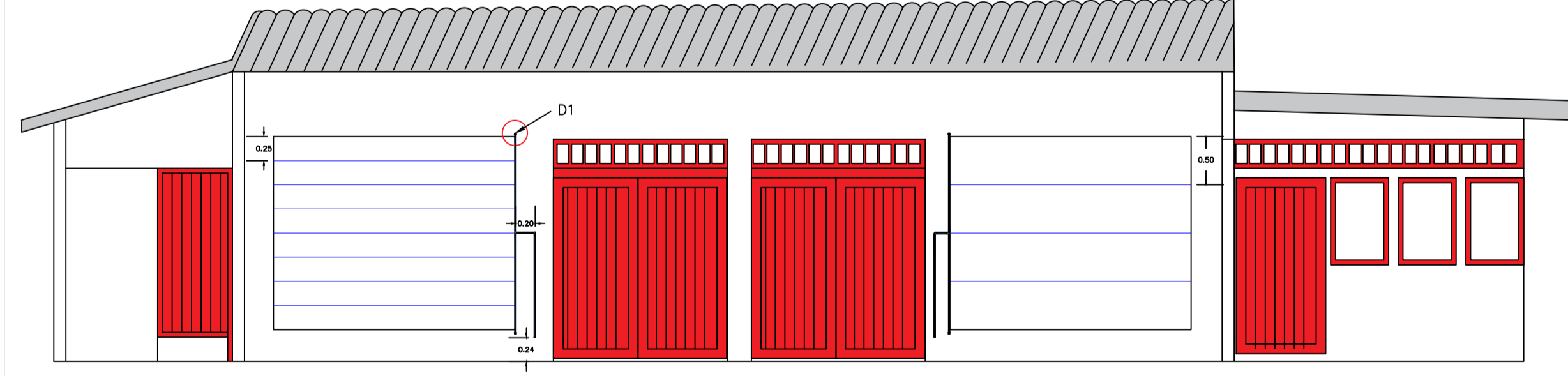
# SISTEMAS USADOS



# VISTA FINAL



# CONEXIÓN HIDRÁULICA



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA  
AGRÍCOLA  
NEIVA

PROYECTO:  
DISEÑO DE AUDITORIO ECOAMBIENTAL  
EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

DIRECTOR:  
Ing. MYRIAM ROCÍO PALLARES  
MUÑOZ

DISEÑO:  
LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

DIBUJO:  
LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

CONTIENE:  
VISTA DE MURO NÚMERO 1  
CORTE A-A

LOCALIZACIÓN:  
GRANJA EXPERIMENTAL  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

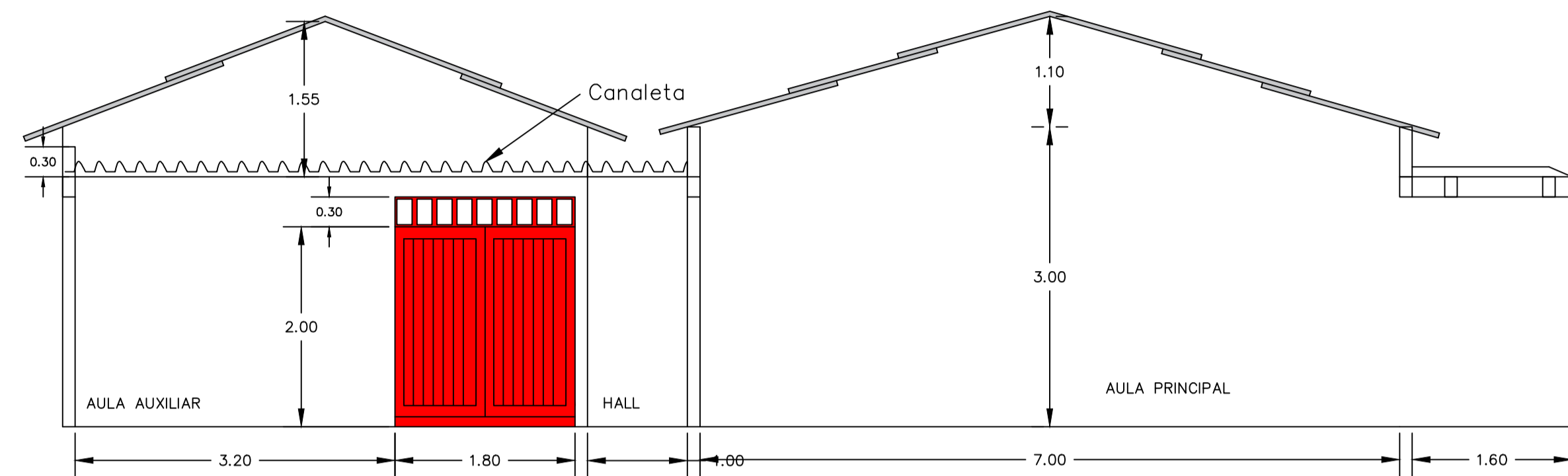
ESCALA:  
0 2 4 Metros  
1:50

PLANO NÚMERO:  
2/5

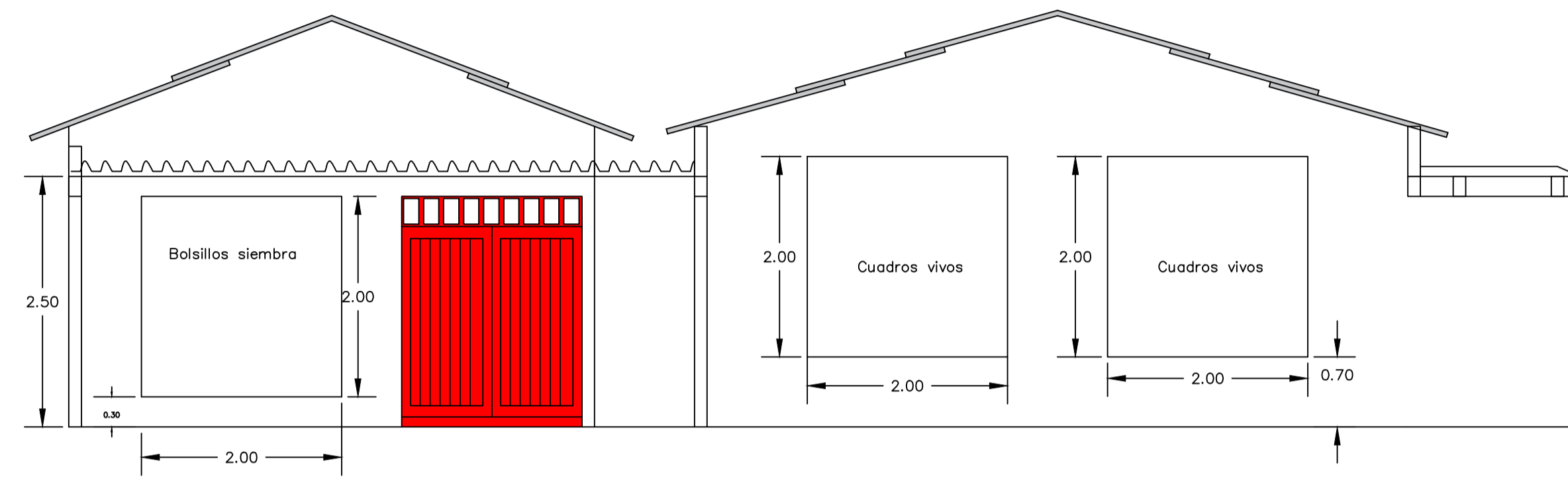
FECHA:  
DICIEMBRE 2015

VISTO BUENO REVISOR:

# VISTA FRONTAL MURO 2



# SISTEMAS USADOS



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA  
AGRÍCOLA  
NEIVA

PROYECTO:  
DISEÑO DE AUDITORIO ECOAMBIENTAL  
EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA


DIRECTOR:  
Ing. MYRIAM ROCÍO PALLARES  
MUÑOZ

DISEÑO:  
LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

DIBUJO:  
LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

CONTIENE:  
VISTA DE MURO NÚMERO 2  
CORTE B-B

LOCALIZACIÓN:  
GRANJA EXPERIMENTAL  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

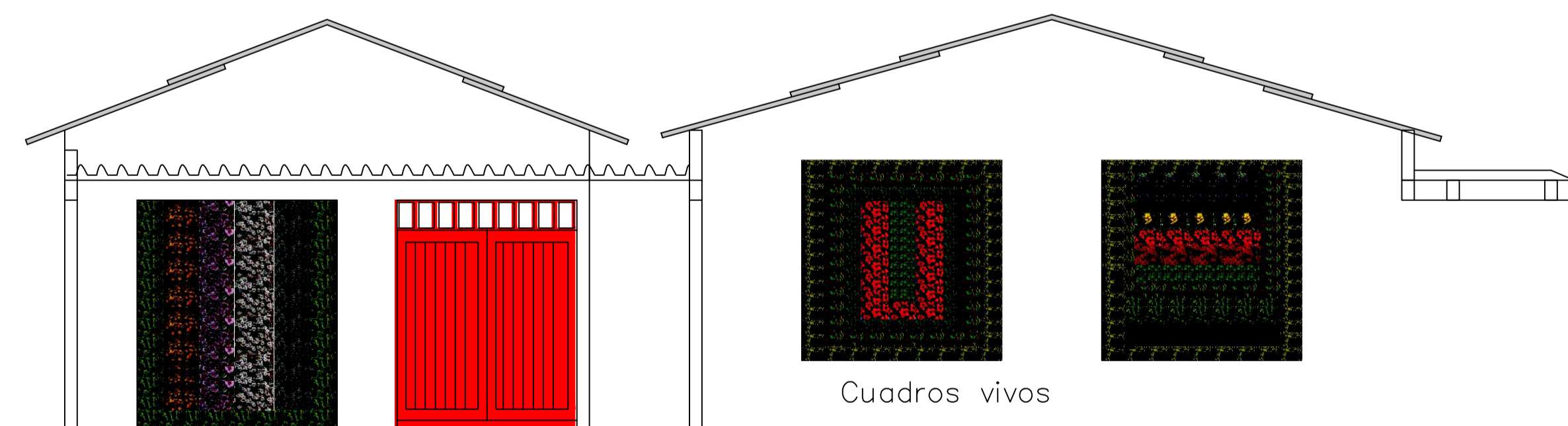
ESCALA:  
  
1: 50

PLANO NÚMERO:  
3/5

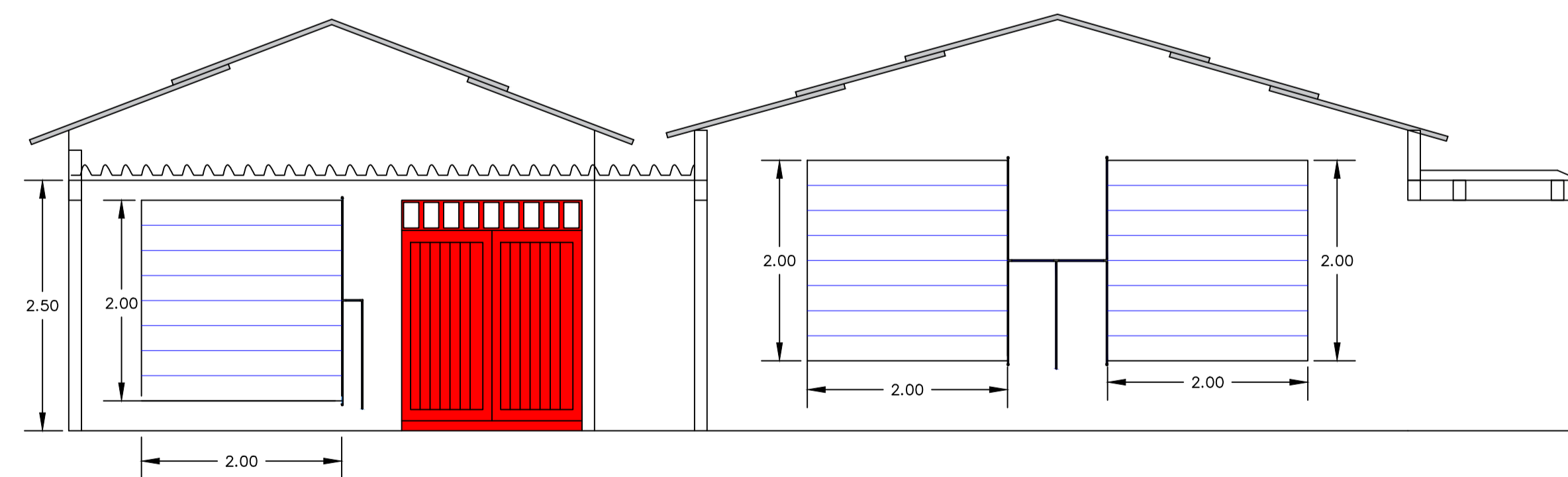
FECHA:  
DICIEMBRE 2015

VISTO BUENO REVISOR:

# VISTA FINAL

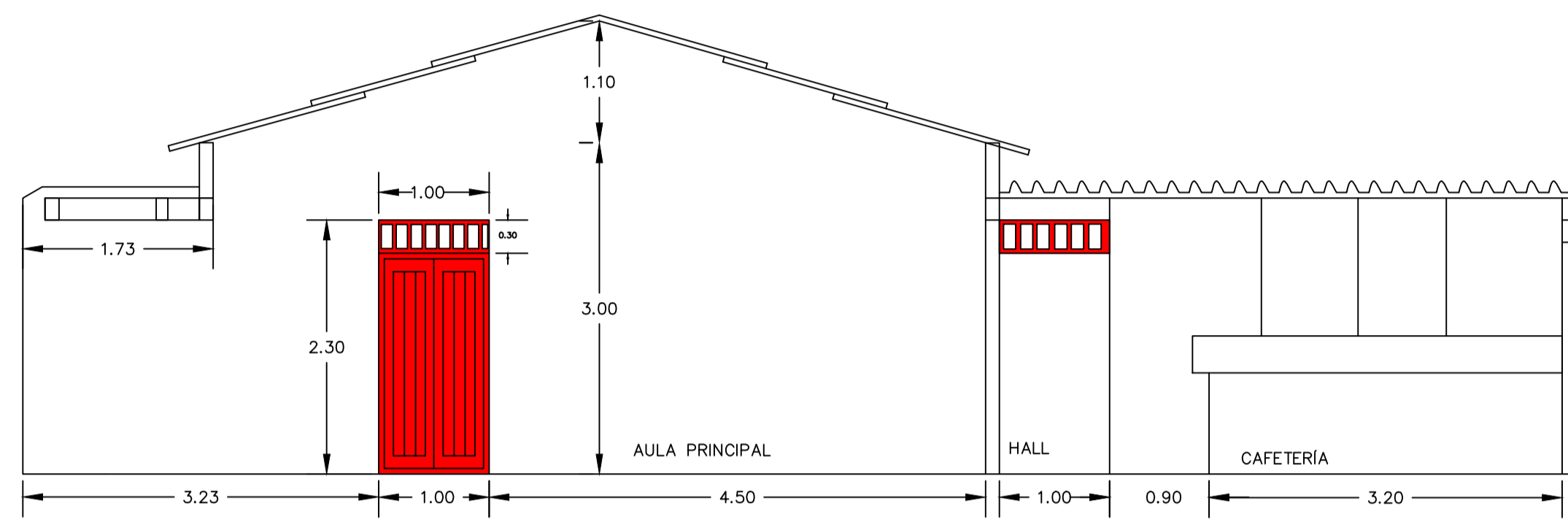


# CONEXIÓN HIDRÁULICA

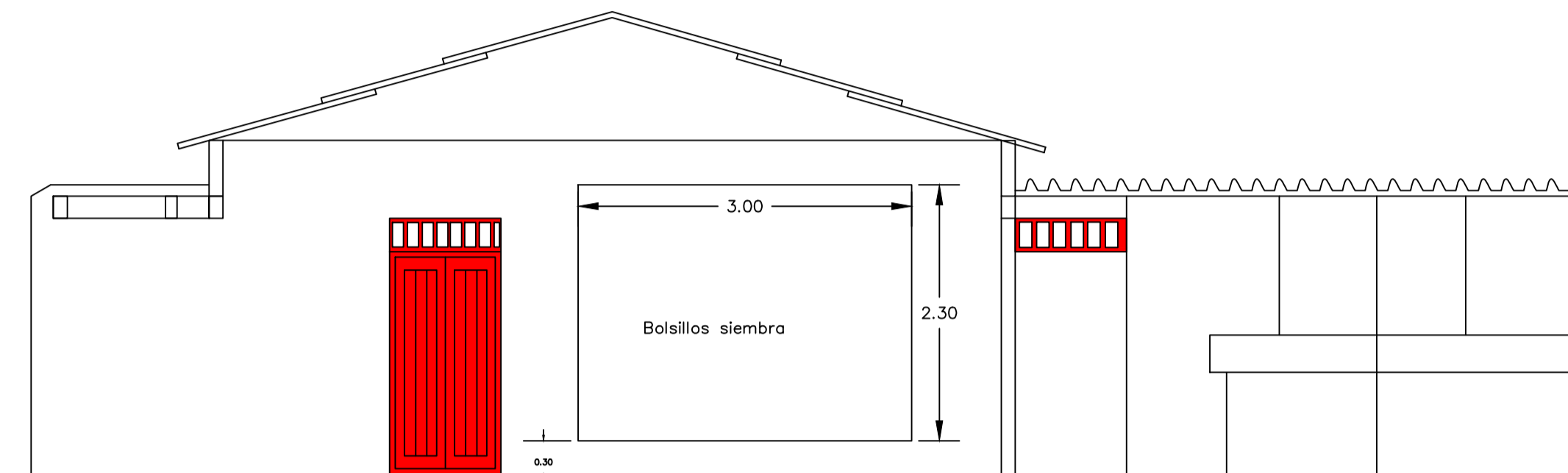




# VISTA FRONTAL MURO 1



# SISTEMAS USADOS



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 PROGRAMA DE INGENIERÍA  
 AGRÍCOLA  
 NEIVA

PROYECTO:  
 DISEÑO DE AUDITORIO ECOAMBIENTAL  
 EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA  
 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

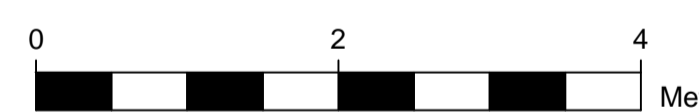
DIRECTOR:  
 Ing. MYRIAM ROCÍO PALLARES  
 MUÑOZ

DISEÑO:  
 LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

DIBUJO:  
 LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

CONTIENE:  
 VISTA DE MURO NÚMERO 3  
 CORTE C-C

LOCALIZACIÓN:  
 GRANJA EXPERIMENTAL  
 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

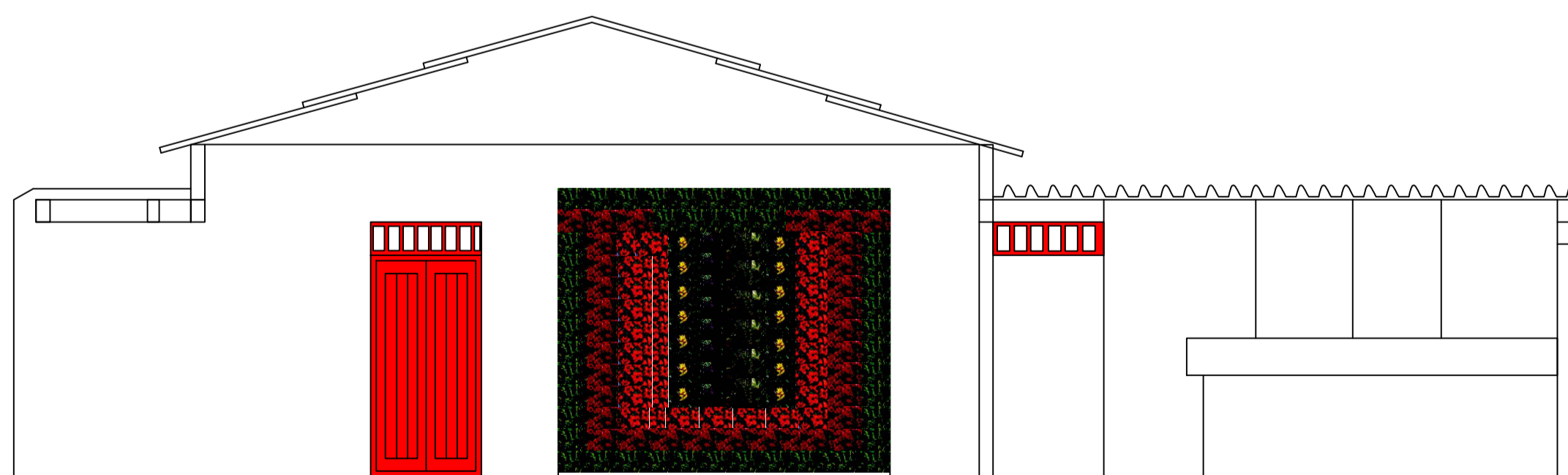
ESCALA:  
  
 1:50

PLANO NÚMERO:  
 4/5

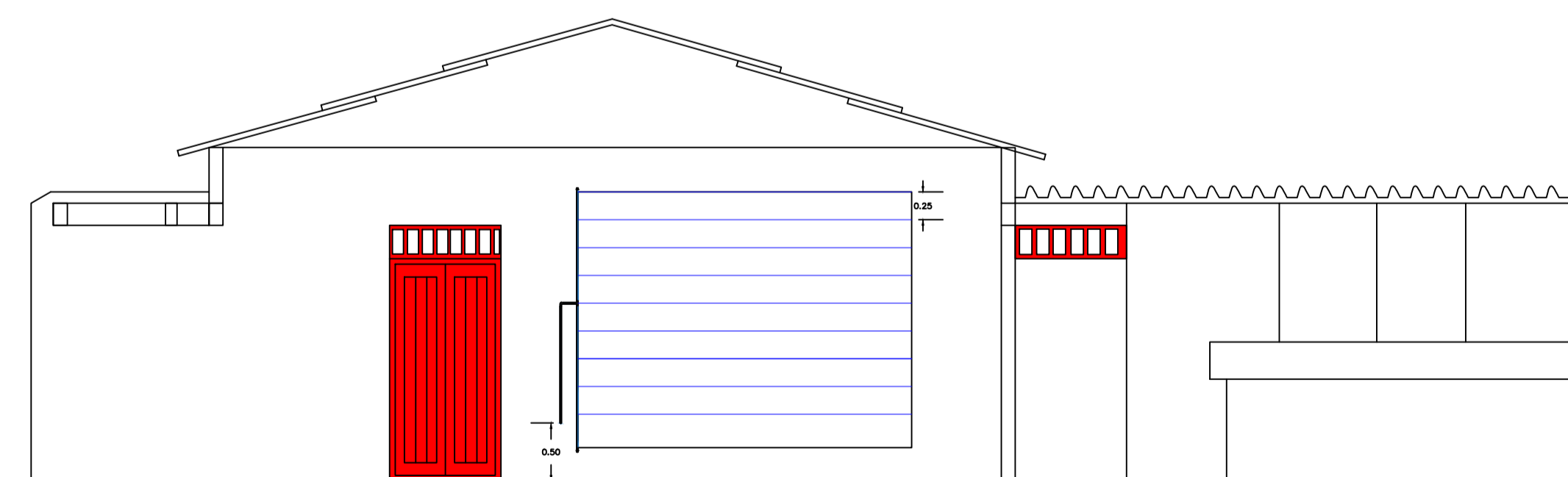
FECHA:  
 DICIEMBRE 2015

VISTO BUENO REVISOR:

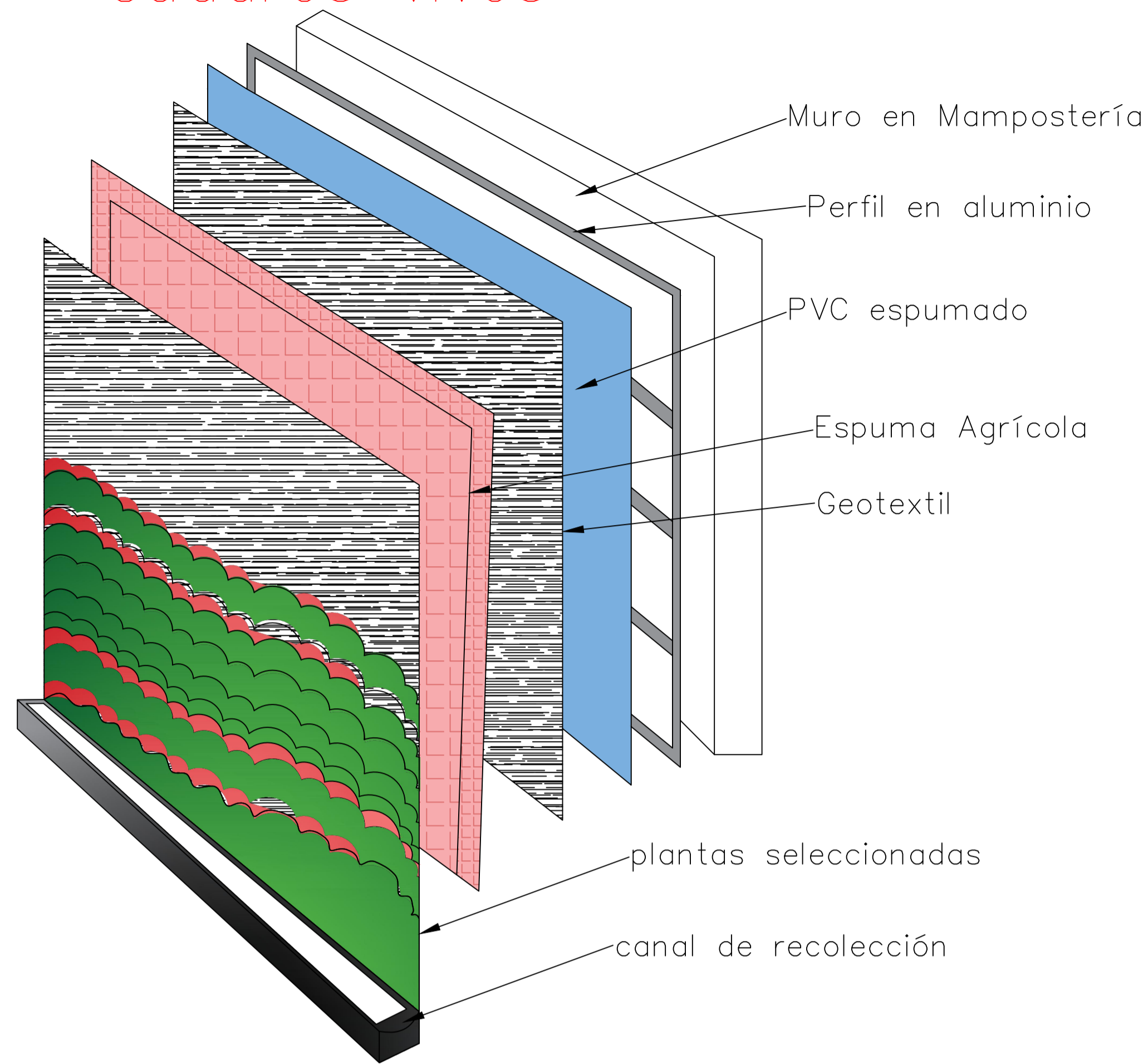
# VISTA FINAL



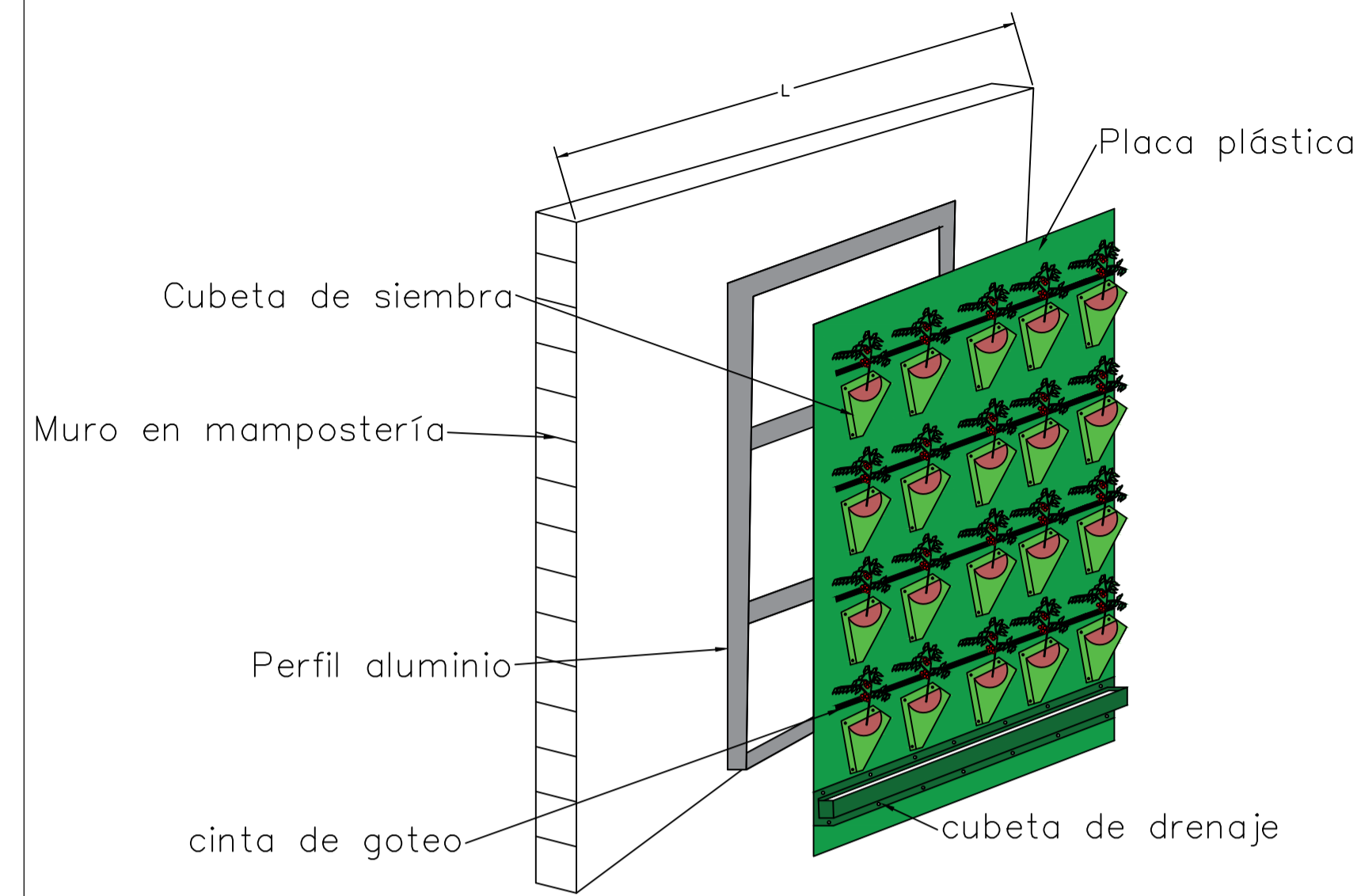
# CONEXIÓN HIDRÁULICA



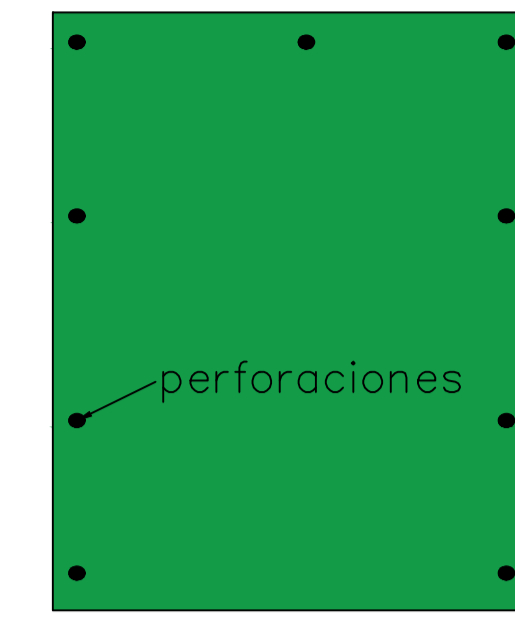
### Cuadros vivos



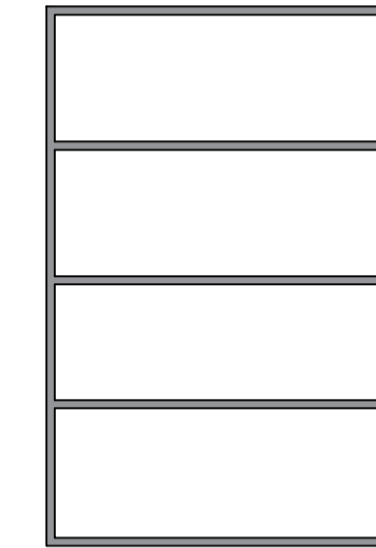
### sistema hidropónico



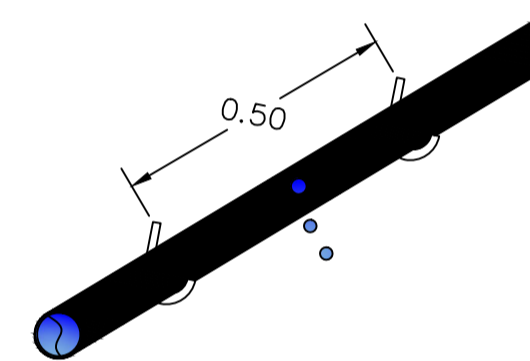
#### placa plástica



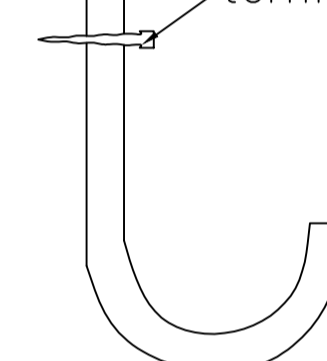
#### perfil en aluminio



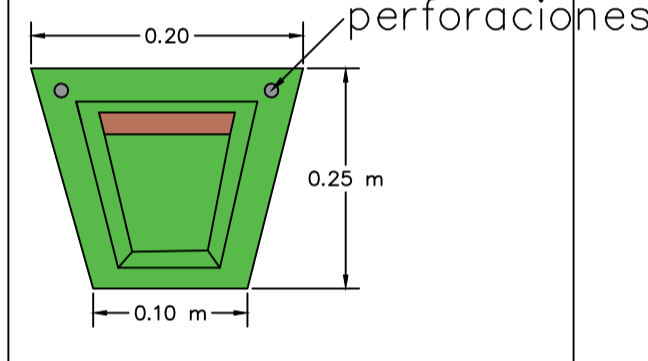
#### cinta de goteo



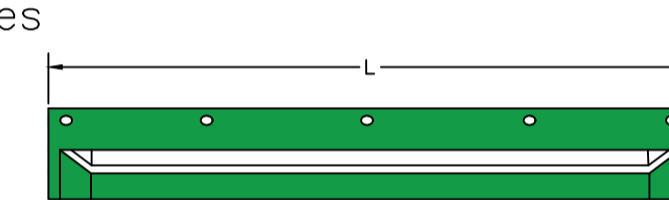
#### gancho plástico tornillo



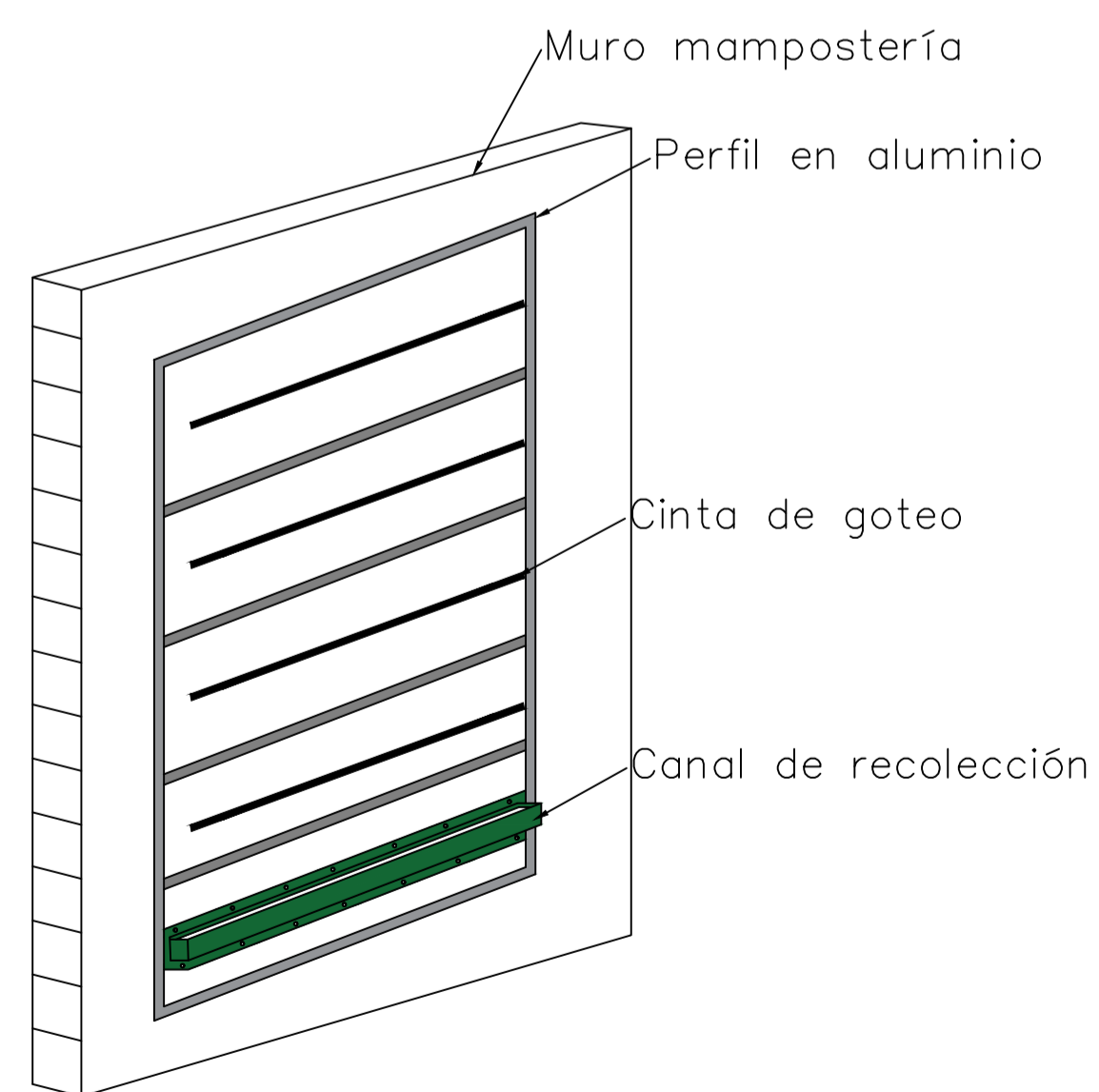
#### cubeta de siembra



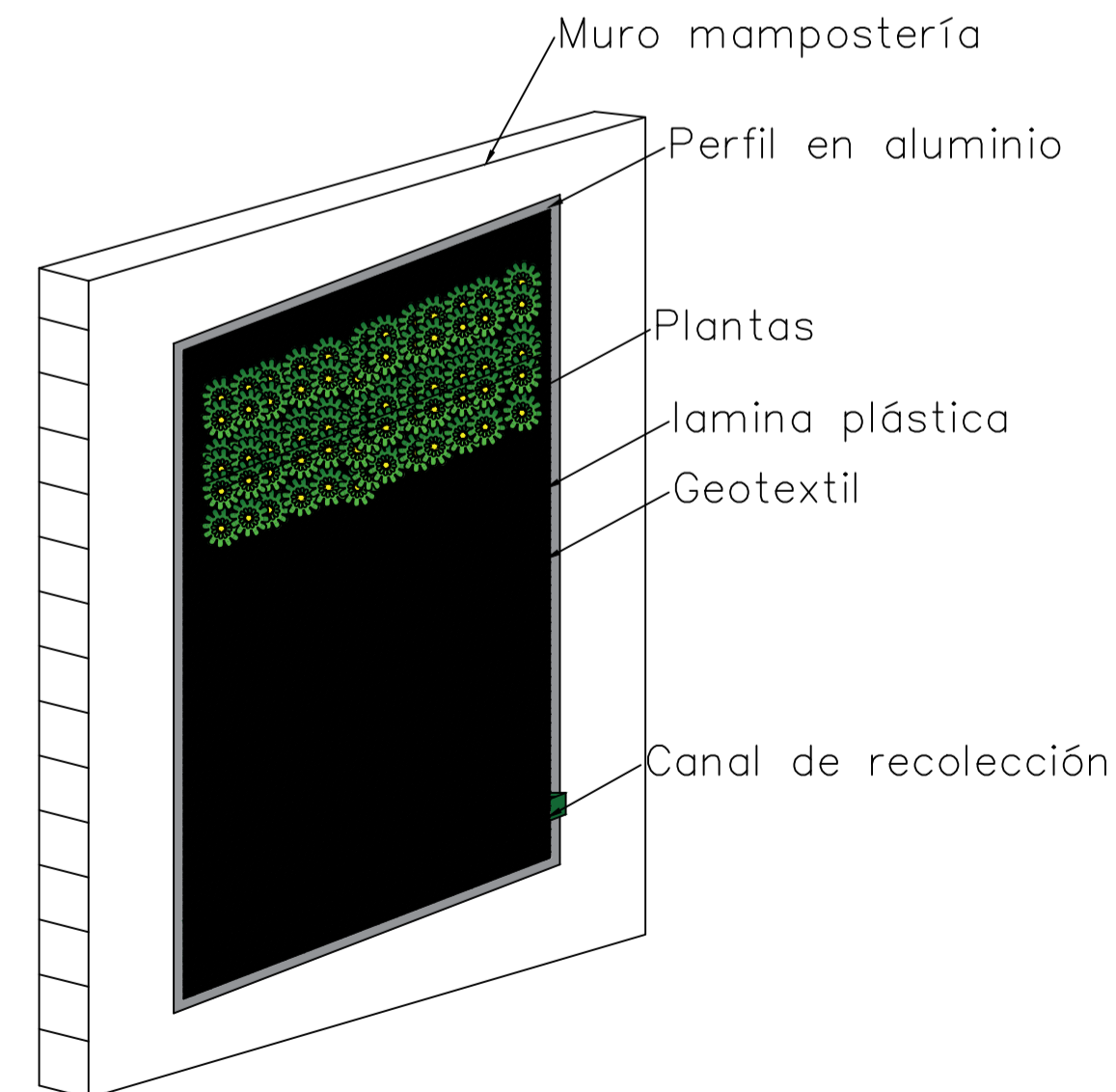
#### cubeta de drenaje



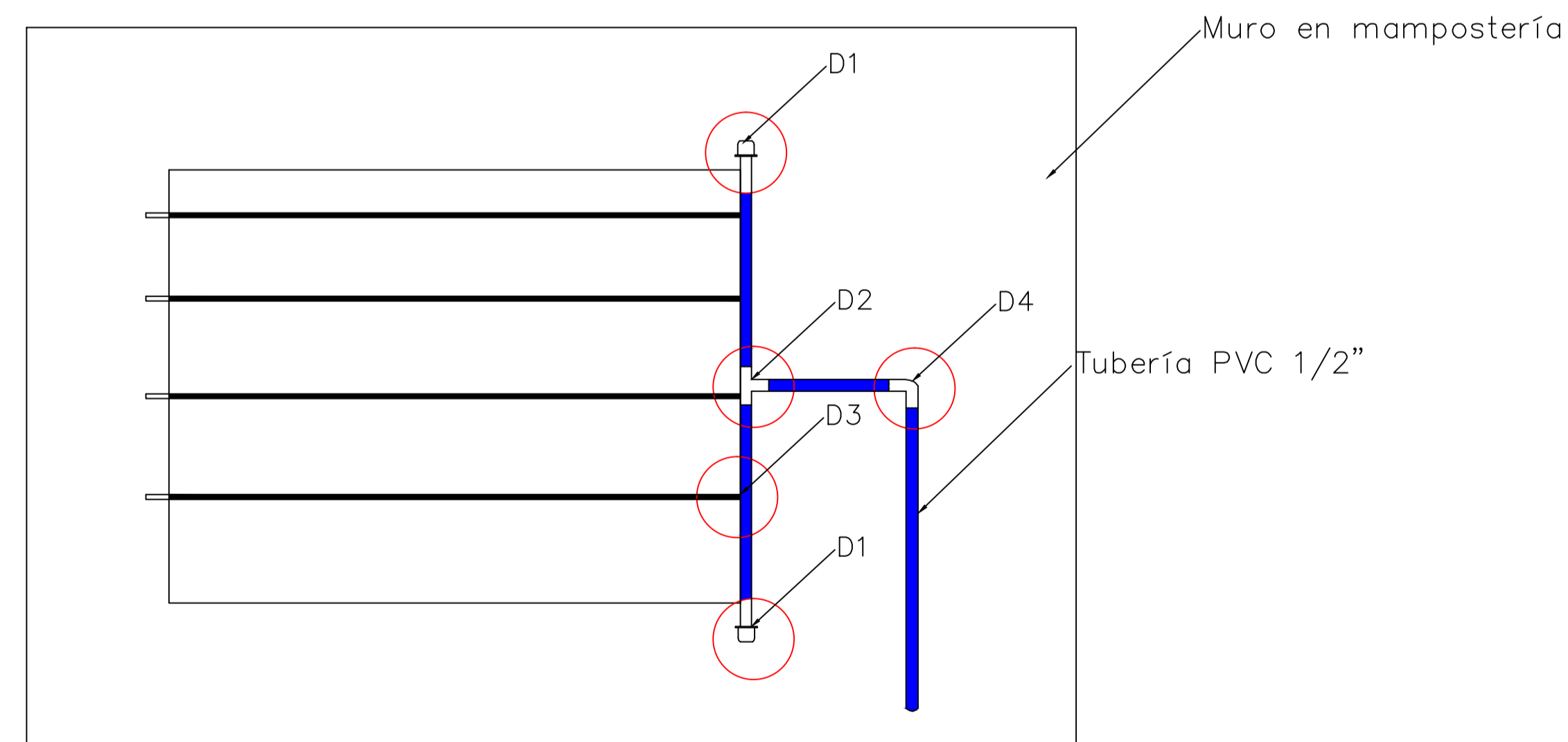
### Bolsillos de siembra estructura



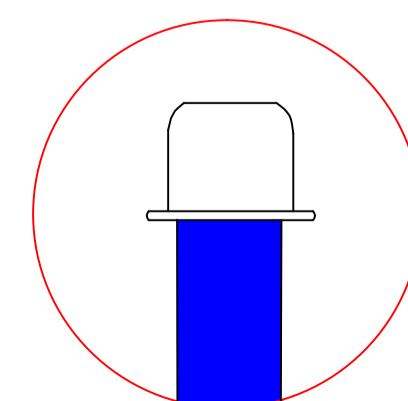
### Bolsillos de siembra plantación



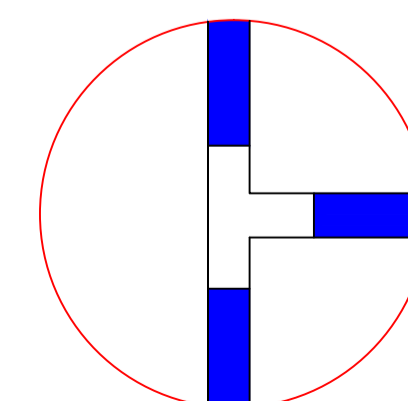
### Sistema de riego muros verdes



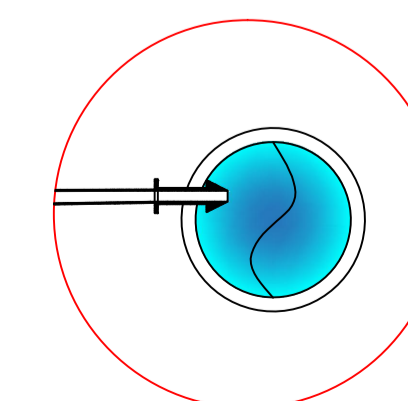
#### D1 TAPÓN DE PVC 1/2"



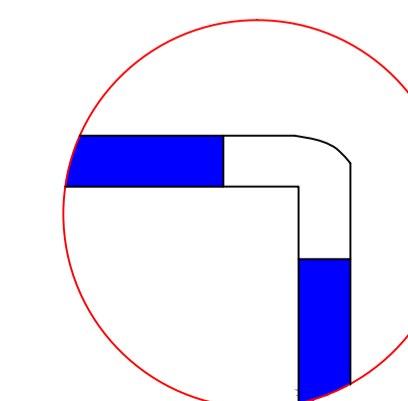
#### D2 T DE PVC 1/2"



#### D3 CONEXIÓN LATERAL DE RIEGO



#### D4 CODO 1/2" PVC 90'



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA  
AGRÍCOLA  
NEIVA

PROYECTO:  
DISEÑO DE AUDITORIO ECOAMBIENTAL  
EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

DIRECTOR:  
Ing. MYRIAM ROCÍO PALLARES  
MUÑOZ

DISEÑO:  
LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

DIBUJO:  
LUIS ALBERTO LISCANO SOLANO

CONTIENE:  
DETALLE DE MUROS VERDES

LOCALIZACIÓN:  
GRANJA EXPERIMENTAL  
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

ESCALA:  
SIN ESCALA

PLANO NÚMERO:  
5/5

FECHA:  
DICIEMBRE 2015

VISTO BUENO REVISOR: