

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTO SOSTENIBLE INTEGRADO A UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR**

**Auxiliares de Investigación**

**JUAN CAMILO CORRAL ALZATE  
ANDRÉS ALEJANDRO GÓMEZ FRANCO  
FELIPE ANDRÉS JARAMILLO ÁLVAREZ**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
PEREIRA, RISARALDA  
2015**

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTO SOSTENIBLE INTEGRADO A UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR**

**Auxiliares de Investigación**

**JUAN CAMILO CORRAL ALZATE  
ANDRÉS ALEJANDRO GÓMEZ FRANCO  
FELIPE ANDRÉS JARAMILLO ÁLVAREZ**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de  
**Ingeniero Civil**

**Investigador principal**

**ING. ADÁN SILVESTRE GUTIÉRREZ**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
PEREIRA, RISARALDA  
2015**

## DEDICATORIA

*Quiero Dedicarle este proyecto a Dios primordialmente por darnos la inteligencia, sabiduría, paciencia, entendimiento y la capacidad para ejercer este proyecto.*

*A mis padres, mama (Liliana Álzate), Papa (Wilson Fabio Corral), no hay día que no le agradezca a dios el haberme colocado entre ustedes, la fortuna más grande es tenerlos conmigo y el tesoro más valioso son todos y cada uno de los valores que me inculcaron, sin ellos no hubiera sido posible este gran logro.*

*A nuestros compañeros de trabajo por el compromiso y empeño que le pusimos cada uno de nosotros para sacar a delante este proyecto y ejercer nuestra profesión.*

*Juan Camilo Corral Álzate*

*Este sueño hecho realidad se lo quiero dedicar primeramente a Dios, ya que la gloria de este proyecto, es toda de él y gracias a él, que siempre ha estado a mi lado dándome la fuerza necesaria para nunca rendirme y seguir siempre hacia delante.*

*Segundo mi familia que siempre ha estado a mi lado apoyándome y dándome motivación para luchar por lo que quiero y me gusta, haciendo una dedicatoria especial a mis padres, mamá Claudia Liliana Franco Osorio, papá Diógenes Gómez Trillos y a mi hermano Leonardo Gómez Franco. Sin ellos nada de este proceso (mi carrera) hubiera sido posible, también un reconocimiento muy especial a Laura Medina Tabares mi fiel compañera y apoyo incondicional en la culminación de este proceso.*

*Y a todos mis amigos que hicieron parte de este proceso, ya que aportaron experiencias y aprendizajes para mi vida, y de manera muy especial a mis amigos el Ing. Adán Silvestre Gutiérrez, Docente Martha Liliana Martínez Beltrán y a mis compañeros de estudio Felipe Andrés Jaramillo Álvarez y Juan Camilo Corral Álzate, ya que sin ellos este proyecto no sería realidad.*

*Andrés Alejandro Gómez Franco*

*Dedico esta tesis principalmente a mi familia por apoyarme cuando lo necesite, y que siempre estuvo ahí ante cualquier situación, a mi padre, por ayudarme económicamente para poder finalizar esta gran etapa en mi vida, a mi mamá por acompañarme en todas las madrugadas para terminar algún trabajo, dándome siempre su opinión, y aconsejándome ante cualquier problema que se generaba dentro de la universidad, a mi hermana, que me ayudó en algunas materias para decorar o hacer carteleras y a una gran persona que conocí en los últimos semestres de mi carrera, y que aun así me deslumbra con su gran amor y apoyo incondicional, gracias Merly.*

*Felipe Andrés Jaramillo Álvarez*

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios.**

*Por darnos la oportunidad de vivir y por estar a nuestro lado en cada paso que damos, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

### **A nuestros padres.**

*Por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda nuestra educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.  
Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.*

### **A nuestros amigos.**

*Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Andrés Alejandro Gómez franco, Juan Camilo Corral Alzate y nuestro amigo Felipe Andrés Jaramillo Álvarez; por habernos apoyado e impulsado a realizar este trabajo.*

### **Finalmente a nuestros maestros.**

*Aquellas fundamentales y excelentes personas que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y hacer un reconocimiento muy especial a nuestro director de proyecto el Ing. Adán Silvestre Gutiérrez, que siempre creyó en nosotros y nos apoyó simplemente mil gracias; Dios Los Bendiga.*

## TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	17
1. MARCO TEÓRICO .....	18
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	24
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	24
2.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	24
3. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	25
4. DISEÑO VIVIENDA UNIFAMILIAR PROTOTIPO .....	26
4.1 DISEÑO ARQUITECTÓNICO .....	26
4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL .....	26
4.2.1 Memorias de cálculos .....	27
4.2.1.1 Cimentación.....	27
4.2.1.2 Calculo longitud mínima de muros .....	32
4.2.1.3 Definición medida de la losa .....	33
4.2.1.4 Definición de muros .....	33
4.2.1.5 Columnas.....	34
4.2.1.6 Calculo acero columnas.....	35
4.2.1.7 Chequeo simetría de muros .....	36
4.2.1.8 Viga de confinamiento.....	37
4.2.1.9 Losa de entrepiso .....	39
4.2.1.10 Refuerzo de losa.....	39
5. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS, GRISES Y JABONOSAS .....	40
5.1 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS.....	40
5.1.1 Captación. Especificaciones Técnicas del Sistema de Agua.....	41
5.1.2 Componentes que integran el sistema para captar aguas lluvias.....	46
5.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE FILTRADO.....	47
5.3 ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.....	49
5.3.1 Tanque de almacenamiento.....	50
5.3.2 Sistema de llenado.....	50
5.3.2.1 Grifería Tanque HELBERT para evitar rebose .....	50
5.3.2.2 Válvula CHECK.....	51
5.3.3 Sistema de distribución .....	52
5.3.3.1 Motobomba.....	52
5.4 SISTEMA DE MANEJO DE AGUAS GRISES Y JABONOSAS .....	53
5.4.1 Trampa de grasas .....	54
6. SISTEMA GENERADOR DE ELECTRICIDAD POR MEDIO DEL APROVECHAMIENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR.....	57
6.1 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LOCALIZACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL SISTEMA.....	58

6.2	PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA EL CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA .....	58
6.2.1	Características técnicas de los paneles .....	58
6.2.2	Consumo eléctrico de la vivienda.....	59
6.2.3	Calculo de energía generada por unidad de panel solar .....	60
6.2.4	Calculo de número de paneles solares requeridos.....	60
6.2.5	Área que ocupan los paneles solares en la cubierta de la vivienda.....	61
6.2.5.1	Dimensiones de paneles solares de 310 w .....	61
6.2.6	Calculo de número de baterías .....	62
6.2.7	Cálculo del regulador .....	62
6.2.8	Cálculo del inversor.....	64
6.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO DEL SISTEMA.....	65
7.	DISEÑO DE UN BIO-DIGESTOR PARA LA GENERACIÓN DE BIO-GAS .....	67
7.1	BIO-DIGESTOR.....	67
7.2	TIPOS DE BIO-DIGESTORES.....	68
7.3	INFORMACIÓN TÉCNICA Y ASPECTOS PARA EL DISEÑO DE BIO-DIGESTOR QUE SE RECOMIENDA EN EL PROYECTO.....	70
7.3.1	Medidas físicas .....	71
7.3.2	Proceso de digestión.....	71
7.3.3	Propiedades del estiércol.....	72
7.3.4	Producción de biogás.....	73
7.4	EL RECICLAJE INTEGRAL COMO SOLUCIÓN PARA LA GENERACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA .....	73
7.5	CONCLUSIONES DEL OBJETIVO #4 .....	74
8.	PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.....	75
8.1	PRESUPUESTO VIVIENDA PROTOTIPO.....	75
8.2	PRESUPUESTO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS, GRISES Y JABONOSAS .....	77
8.3	PRESUPUESTO SISTEMA PANELES SOLARES .....	79
8.4	TOTAL DE PRESUPUESTOS .....	79
	CONCLUSIONES.....	81
	RECOMENDACIONES.....	82
	BIBLIOGRAFÍA.....	83
	ANEXOS .....	85

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Coeficiente Mo para longitud mínima de muros confinados* .....	33
Tabla 2. Especificaciones del refuerzo en acero, columnas de confinamiento .....	35
Tabla 3. Valores para calculo chequeo simetria en el plano X casa prototipo .....	36
Tabla 4. Valores para calculo chequeo simetria en el sentido Y casa prototipo ....	37
Tabla 5. Especificaciones del refuerzo en acero, columnas de confinamiento .....	38
Tabla 6. Condiciones de apoyo de la losa .....	39
Tabla 7. Refuerzo mínimo en losa maciza .....	39
Tabla 8. Precipitación Anual en la estación Pereira (PE) .....	41
Tabla 9. Precipitación Anual en la estación Pereira (PE) .....	42
Tabla 10. Precipitación Anual en la Estación Aeropuerto Matecaña .....	42
Tabla 11. Coeficiente de escurrimiento .....	43
Tabla 12. Ficha técnica teja termo acústica .....	43
Tabla 13. Estado actual del clima en la Ciudad Pereira-Risaralda .....	45
Tabla 14. Comparativo de precipitaciones mensuales en Pereira año 2014 -2015 .....	46
Tabla 15. Nomenclatura Tabla 12. ....	46
Tabla 16. Componentes que integran el sistema para captar aguas lluvias .....	46
Tabla 17. Materiales que componen el sistema de Filtro para potabilización ....	49
Tabla 18. Ficha técnica tanque a emplear 10000 y 250 lts .....	50
Tabla 19. Ficha Técnica Válvula Flotador .....	50
Tabla 20. Características válvulas CHECK .....	51
Tabla 21. Ficha Técnica Electrobomba Dinamo 0,5H.P .....	52
Tabla 22. Consumo zonas que proveen de aguas grises y jabonosas a la trampa de grasas .....	54
Tabla 23. Consumo zona inodoro .....	54
Tabla 24. Ficha técnica trampa de grasas .....	55

Tabla 25. Especificaciones técnicas paneles solares.....	58
Tabla 26. Consumo diario de energía.....	59
Tabla 27. Componentes del sistema paneles solares.....	66
Tabla 28. Temperaturas según el tipo de regiones.....	71
Tabla 29. Características del estiércol según el origen del estiércol.....	72
Tabla 30. Presupuesto vivienda prototipo.....	75
Tabla 31. Presupuesto sistema de tratamiento de aguas lluvias, grises y jabonosas .....	77
Tabla 32. Presupuesto sistema paneles solares.....	79
Tabla 33. Presupuestos totales.....	79

## LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafico 1. Proyección de emisión de CO2 eq en Colombia.....	20
Grafico 2. Cálculos viga de cimentación .....	27
Grafico 3. Área potencial de captación: 59 m <sup>2</sup> .....	40

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistema de cimentación .....	28
Figura 2. Ganchos de anclaje en vigas de cimentación .....	29
Figura 3. Detalle cimentacion para suelo blando, inicio de muro .....	29
Figura 4. Muro intermedio y medianero detalle cimentación suelo blando .....	30
Figura 5. Detalle cimentacion para suelo blando .....	30
Figura 6. Detalle cimentación suelo firme .....	31
Figura 7. Detalle cimentación concreto ciclópeo .....	31
Figura 8. Detalle de refuerzo viga de cimentación .....	32
Figura 9. Detalle constructivo de la columna, refuerzo de acero .....	35
Figura 10. Detalle constructivo viga confinamiento .....	38
Figura 11. Filtros para potabilización aguas pluviales .....	48
Figura 12. Válvula Flotador .....	51
Figura 13. Válvula CHECK .....	52
Figura 14. Electrobomba Dinamo 0,5H.P .....	53
Figura 15. Esquema general trampa de grasas .....	55
Figura 16. Localización de la trampa de grasas en la vivienda y esquema de recolección de aguas grises y jabonosas.....	56
Figura 17. Esquema básico del Biodigestor tubular y del inicio de la conducción del Biogás hacia la cocina .....	68

## LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Diseño arquitectónico .....	86
Anexo B. Plano detalles eléctricos de la vivienda .....	87
Anexo C. Diseño hidráulico, detalle sistema de captación de aguas lluvias .....	88
Anexo D. Plano hidro-sanitario de la vivienda.....	89
Anexo E. Corte longitudinal y transversal .....	90
Anexo F. Corte longitudinal A-A´ .....	91
Anexo G. Corte transversal B-B´ .....	92
Anexo H. Detalle viga de cimentación y amarre.....	93
Anexo I. Muros confinados .....	94
Anexo J. Diseño viga aérea de confinamiento .....	95
Anexo K. Confinamiento en fachada.....	96
Anexo L. Detalle estructura confinamiento en la fachada .....	97
Anexo M. Perfil izquierdo sistema de tratamiento aguas lluvias .....	98
Anexo N. Perfil derecho, sistema de tratamiento de agua lluvias.....	99
Anexo O. Vista trasera sistema de tratamiento aguas lluvias.....	100
Anexo P. Sistema de potabilización de aguas lluvias.....	101
Anexo Q. Detalles trampas de grasas.....	102
Anexo R. Detalle de trampa de grasas .....	103
Anexo S. Detalle de trampa de grasas.....	104
Anexo T. Detalle fachada sistema paneles solares.....	105
Anexo U. Detalles perspectiva paneles solares .....	106
Anexo V. Detalles anclajes y seguros paneles solares .....	107
Anexo W. Detalles anclajes y seguros paneles solares .....	108
Anexo X. Servicio de energía eléctrica .....	109
Anexo Y. Servicio agua potable .....	110
Anexo Z. Perspectiva sistema generador energía eléctrica .....	111

Anexo AA. Perspectiva sistema de tratamiento aguas lluvias, grises y jabonosas .....	112
Anexo BB. Perspectiva posterior .....	113
Anexo CC. Perspectiva frontal .....	114
Anexo DD. Localización cuarto de máquinas, sistema generador de energía eléctrica .....	115
Anexo EE. Panorámica.....	116

## RESUMEN

El presente trabajo aporta una propuesta de vivienda auto sostenible en la generación de energía y abastecimiento de agua a partir de la capacidad pluvial de las ciudades.

En el trabajo de investigación se logró el diseño prototipo de una vivienda unifamiliar para una familia promedio de cuatro personas, de una sola planta, ubicada en el ciudad de Pereira, que partir del empleo de un sistema de tratamiento de aguas lluvias, y reutilización de las aguas grises y jabonosas que produce la vivienda, se logra establecer un sistema integral de producción de agua y generación de energía partir de paneles solares.

Para el logro de estos objetivos se realizó el diseño de un sistema de tratamiento de aguas, lluvias, grises y jabonosas; que comprende desde las especificaciones técnicas de captación, filtración, almacenamiento y distribución del agua obtenida ya sea por las lluvias o por reutilización; que se entregan al hogar como agua potable.

Igualmente se entrega el diseño de un generador de electricidad, que aprovecha la radiación solar y que está integrado al diseño de la vivienda prototipo, a través de una unidad de almacenamiento cargada por medio de paneles solares; por último se entrega las especificaciones técnicas para el diseño de un biodigestor tubular, que permite la generación de gas, que tiene la capacidad de abastecer las necesidades básicas demandadas por la vivienda establecida como unidad de estudio.

El estudio consta de cuatro capítulos que contienen las especificaciones técnicas, desarrollo de cálculos, soportes teóricos y se complementan con los respectivos planos que se entregan como anexos integrados a este documento, a la vez que se entregan archivos digitales, que hacen parte integral del estudio.

**PALABRAS CLAVES:** Vivienda auto sostenible, tratamiento de aguas lluvias, energía solar, agua potable, biodigestor.

## ABSTRACT

This paper provides a self-sustainable housing proposal in power generation and water from the pluvial capacity of cities.

In the research prototype of a family house design was achieved for an average of four people, on one level, located in the city of Pereira, who from the use of a system of storm water treatment and reuse of gray and water with soap produced housing, is able to establish a comprehensive system of water and power generation from solar panels.

To achieve these objectives, the design of a water treatment system, rainy, gray and soap was made; ranging from technical specifications for collection, filtration, storage and distribution of water obtained either by rain or reuse; which they are delivered to the home as drinking water.

Also comes the design of a generator, which uses solar radiation and is integrated into the design of the prototype house, through a storage unit charged by solar panels; Finally the technical specifications for the design of a tubular digester, which allows the generation of gas, which has the capacity to supply the basic needs demanded by the housing established as a unit of study is delivered.

The study consists of four chapters containing the technical specifications, development of calculations, theoretical support and complement the drafts are delivered as integrated annexes to this document , as well as digital files are delivered , which are an integral part of the study .

**KEY WORDS:** Housing self-sustaining, storm water treatment, solar energy, drinking water, digester

## GLOSARIO

**BIOGÁS.** Compuesto básicamente por metano (CH<sub>4</sub>) entre un 55% - 70%, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y pequeñas proporciones de otros gases. Se produce por la fermentación de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas (ausencia de oxígeno). Tiene características similares al gas natura<sup>1</sup>

**CARGA ORGÁNICA.** Producto de la concentración de DQO ó DBO por el caudal.<sup>2</sup>

**CARGA VOLUMÉTRICA;** Caudal o masa de un parámetro por unidad de volumen y por unidad de tiempo<sup>3</sup>.

**PRECIPITACIÓN.** Es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad<sup>4</sup>.

**RECICLAJE.** Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente. La palabra "reciclado" es un adjetivo, el estado final de un material que ha sufrido el proceso de reciclaje<sup>5</sup>.

**RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU).** Son aquellos que se generan en los espacios urbanizados, como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas (viviendas), servicios (hostelería, hospitales, oficinas, mercados, etc.) y tráfico viario (papeleras y residuos viarios de pequeño y gran tamaño).

**SÓLIDOS TOTALES.** Toda sustancia o material contenida en una muestra de agua excluyendo el agua misma.<sup>6</sup>

**SUSTRATO.** Compuesto o sustancia a degradar<sup>7</sup>.

---

<sup>1</sup> ECOBIOGÁS, biogás. la nueva energía renovable,[En línea] Disponible en <[http://www.ecobiogas.es/archivos/es/biogas\\_biogasienergia.php](http://www.ecobiogas.es/archivos/es/biogas_biogasienergia.php)> [Recuperado en Septiembre 27 del 2015]

<sup>2</sup> PEREA,C.Heiler. Carga contaminantes, balance de masas. [En línea] Disponible en: <[www.academia.edu/8968216/Carga\\_Contaminante](http://www.academia.edu/8968216/Carga_Contaminante)> [Recuperado en 27 de Septiembre del 2015]

<sup>3</sup> Ídem.

<sup>4</sup> CICLO HIDROLOGICA.com, [en línea ],Disponible en: <http://www.ciclohidrologico.com/precipitacin> [Recuperado en Septiembre 18 del 2015]

<sup>5</sup> Ídem.

<sup>6</sup> Ídem.

<sup>7</sup> Ídem.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es el diseño de una solución viable de abastecimiento de energías renovables para viviendas y recintos de alojamiento temporal en la ciudad de Pereira, el objetivo se logró mediante un proceso de investigación, aplicación y optimización de conceptos de energías sostenibles y soluciones energéticas de autogeneración, ambientalmente y económicamente viables.

El resultado final es el diseño de un sistema sostenible de generación de energías integrado al interior de los hogares y construcciones como alternativa de auto suministro de: Energía eléctrica, agua potable, y generación de gas, mediante el uso de energías renovables a través de paneles solares, un sistema de recolección, almacenamiento y distribución de las aguas lluvias; que permite la obtención de agua potable, y la generación de gas empleando un biodigestor que abastece las necesidades básicas de las diferentes energías de los una vivienda básica.

Esta propuesta entrega una herramienta importante para el diseño de las futuras unidades de viviendas especialmente rurales que cuentan con los recursos para autogeneración de energías, que con la implementación de la infraestructura diseñada por esta propuesta de investigación, disminuyan sus costos básicos de servicios, a la vez que se contribuye a la disminución de los impactos negativos que genera la producción de energías con los sistemas convencionales.

El desarrollo de la propuesta de investigación estuvo enmarcado por diferentes aspectos metodológicos, contenidos en la propuesta de anteproyecto y que se resumen así:

## 1. MARCO TEÓRICO

Para entender el entorno y la situación que rodea la generación de energías renovables y su importancia; se retoma el informe realizado por FEDESARROLLO, para la WWF – Fondo Mundial para la Naturaleza – en el mes de octubre del 2013.

En este informe no solo destaca la importancia de contar con electricidad, para el diario vivir, sino que su importancia radica en la forma como aborda el tema de las implicaciones que genera tener este servicio, dado que, es necesario tener en cuenta que toda su cadena productiva desde la generación, pasando por la transmisión, distribución y uso final, tienen asociados una serie de impactos ambientales y sociales.<sup>8</sup>

### ANTECEDENTES MUNDIALES

Con el fin de mejorar el acceso de electricidad a toda la población, aumentar la eficiencia energética e incrementar la participación de energía renovable en la matriz energética mundial, la Organización de las Naciones Unidas designó el 2012 como el año oficial de las energías renovables<sup>9</sup>. Como resultado de esta designación se diseñó la iniciativa Energía Sostenible para Todos - SE4ALL, mediante la cual se plantean tres objetivos que deberán ser alcanzados con la participación y contribución de los países miembro de la ONU: 1) Acceso universal a servicios modernos de energía, 2) Mejora en eficiencia energética y 3) Duplicación de la participación de energías renovables en la matriz energética mundial.

Adicionalmente, el desarrollo y uso de energías renovables son herramientas importantes para la mitigación y adaptación al cambio climático en la medida en

---

<sup>8</sup> FEDESARROLLO, Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia, [En línea] Disponible en [http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/WWF\\_Analisis-costo-beneficio-energias-renovables-no-convencionales-en-Colombia.pdf](http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/WWF_Analisis-costo-beneficio-energias-renovables-no-convencionales-en-Colombia.pdf). Recuperado Diciembre 12 del 2014

<sup>9</sup> *Ibíd.*, p.1.

que reducen gases de efecto invernadero (GEI) y diversifican la canasta energética de los países<sup>10</sup>

## ANTECEDENTES COLOMBIA

En Colombia el tema es primordial, ya que el país y su red de generación eléctrica es altamente vulnerable al cambio climático. En 2012 el parque de generación eléctrica estaba compuesto en 67% por generación hidroeléctrica (64,88% grandes centrales y 2,12% plantas hidráulicas menores), y 32,73% por generación térmica, de la cual 27,79% es con turbinas de gas natural, 4,94% con plantas de carbón y 0,14% en cogeneración y 0,13% en generación eólica <sup>11</sup>.

El informe en mención proporciona una serie de datos estadísticos que son importantes , porque permiten conocer el potencial que tiene Colombia como generador de energía, la generación hídrica oscila entre 45% y el 95% según la disponibilidad del recurso hídrico y el resto se produce a partir de centrales térmicas<sup>12</sup> .Esta composición hace que la generación eléctrica en Colombia tenga una menor huella de carbono que otros países, pero en los años en los que la generación térmica ha tenido una alta participación por escasez hídrica, la intensidad de emisiones de carbono ha aumentado. Es así que ante escenarios de cambio climático con fenómenos más marcados del niño puede aumentarse la producción a partir de centrales térmicas que generan un mayor nivel de emisiones de GEI (Gases de efecto invernadero).

De acuerdo al Plan de Expansión de Referencia Generación- Transmisión 2011-2025, el sistema eléctrico colombiano requiere la instalación progresiva de 7,914 MW (Megawatt), un aumento de casi 60% sobre la capacidad instalada actual, para suplir la demanda futura. Esta capacidad estará conformada por 6,088 MW de proyectos hídricos, 760 MW de proyectos de gas natural, 864 MW de proyectos de carbón y 202 MW de combustibles líquidos. Con base en lo anterior, se espera que las emisiones de CO<sub>2</sub>e se dupliquen entre 2011 y 2025, como se observa en

---

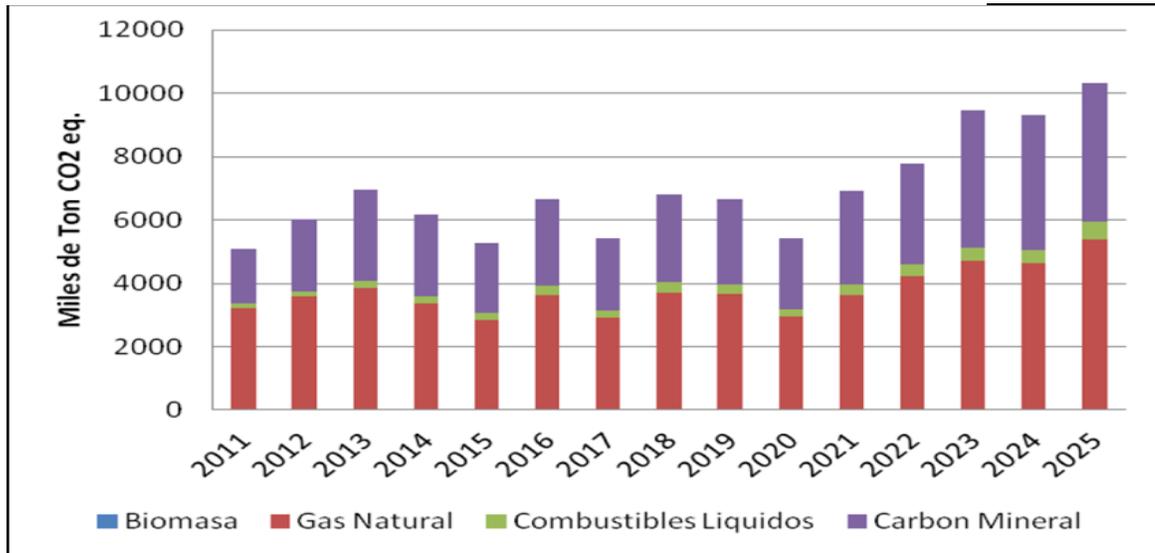
<sup>10</sup> FEDESARROLLO, Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia, [En línea] Disponible en [http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/WWF\\_Analisis-costo-beneficio-energias-renovables-no-convencionales-en-Colombia.pdf](http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/WWF_Analisis-costo-beneficio-energias-renovables-no-convencionales-en-Colombia.pdf). Recuperado Diciembre 12 del 2014

<sup>11</sup> UPME. Sistema de Información Minero Energético.[En línea] Disponible en [http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta\\_Balance.aspx?IdModulo=3](http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta_Balance.aspx?IdModulo=3) <Recuperado >el 20 de 11 de 2014

<sup>12</sup> Behrentz, E., Cadena, Á., Mutis, H., Pérez, J. F., & Rosales, R. (2012). *Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono*. Bogotá: Universidad de los Andes .[En línea] Disponible en: [http://mitigationpartnership.net/sites/default/files/u1300/060312\\_ecdbc\\_cambio\\_climatico.pdf](http://mitigationpartnership.net/sites/default/files/u1300/060312_ecdbc_cambio_climatico.pdf) <Recuperado> Diciembre 12 del 2014

el Gráfico 1. En este escenario hay un aumento importante de las emisiones generadas por el uso de carbón mineral y combustibles líquidos, que pasan de representar el 2.9% y 34.3% de las emisiones al 5.9% y 41.2% respectivamente.

Grafico 1. Proyección de emisión de CO2 eq en Colombia



Fuente: UPME. Sistema de Información Minero Energético

- El desarrollo del marco teórico permitió ahondar en teorías y conceptos necesarios para lograr el diseño propuesto:

La primera parte del desarrollo de este marco se centró en el tema de energía solar, donde se identificaron los siguientes conceptos:

**Energía solar:** La radiación solar proviene del sol que está a una distancia media de 150 millones de kilómetros de la Tierra. Los rayos de luz solar son ondas electromagnéticas que transmiten un promedio de 1353 W/m<sup>2</sup>, establecido como valor de la constante solar.

El sol es una fuente de energía extraordinaria, está formado por diversos elementos en estado gaseoso (hidrógeno principalmente). En su interior existen elevadas presiones, y temperaturas de varios millones de grados, que hace que en el seno del Sol se produzcan, de manera continua, reacciones nucleares mediante las cuales dos átomos de hidrógeno se fusionan dando lugar al átomo

de helio liberando una gran cantidad de potencia, del orden de  $389 \times 10^{24}$  W, este es el origen de la energía solar. Esta energía por encontrarse a 150 millones de Km. llega en forma de radiación a la Tierra, la potencia que llega es de unas 10.000 veces mayor que la que proporciona todas las fuentes energéticas que el hombre emplea<sup>13</sup>.

Radiación solar terrestre: Para especificar la Radiación Solar Terrestre, es necesario definir los siguientes conceptos:

- Radiación Solar Directa: Es la radiación que incide directamente del sol.
- Radiación Solar Difusa: Es la radiación dispersada por los agentes atmosféricos (nubes, polvo, etc.)
- Radiación Solar Reflejada (albedo): Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos.

Componentes de la radiación solar total:

- Coeficiente de Absorción: Es el porcentaje de la energía incidente que absorbe el cuerpo.
- Coeficiente de Reflexión: Es el porcentaje de la energía incidente que refleja el cuerpo.
- Coeficiente de Transmisión: Es el porcentaje de la energía incidente que es transmitida a través del cuerpo<sup>14</sup>.

Energía solar fotovoltaica: La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas.

Efecto fotoeléctrico: Se define como efecto fotoeléctrico a la aparición de una corriente eléctrica en ciertos materiales cuando estos se ven iluminados por radiación electromagnética, sin que sea necesario que aparezca o intervenga ningún efecto mecánico o físico.

---

<sup>13</sup> Erazo Vinueza, Carlos C. "Aplicación de energía solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar de bajo consumo energético, en el valle de Tumbaco perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador".2013 [En línea]. Disponible en: < <http://www.iifa.es>>.[Recuperado en Diciembre 10 del 2014].

<sup>14</sup> Erazo Vinueza, Carlos C. "Aplicación de energía solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar de bajo consumo energético, en el valle de Tumbaco perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador".2013 [En línea]. Disponible en: < <http://www.iifa.es>>.[Recuperado en Diciembre 10 del 2014].

Aplicaciones del efecto fotoeléctrico, El efecto fotoeléctrico es la base del proceso por el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad.

El otro elemento teórico de análisis es el de biodigestores:

El biodigestor es un tanque cerrado de forma alargada que se construye debajo de la tierra. El tanque se llena con una mezcla preparada como excrementos (animales y humanos) y desechos vegetales mezclados con agua. Se deja reposar por un tiempo y la fermentación produce un gas que se puede usar para cocinar, iluminar, o para hacer funcionar motores<sup>15</sup>.

Factores humanos

- Idiosincrasia
- Necesidad, la cual puede ser sanitaria, energía y de fertilizantes.
- Recursos disponibles de tipo económico, materiales de construcción, mano de obra, utilización del producto, área disponible.
- Disponibilidad de materia prima, si se cuentan con desechos agrícolas, desechos pecuarios, desechos domésticos, desechos urbanos, desechos industriales.

Factores biológicos

- Enfermedades y plagas tanto humanas como pecuarias y agrícolas.
- Factores físicos
- Localización, la ubicación si es en zona urbana, rural o semi-urbana y la geografía aspectos como la latitud, longitud y altitud.
- Climáticos dentro de estos aspectos están las temperaturas máximas y mínimas, la precipitación pluvial, la humedad ambiental, la intensidad solar, los vientos su intensidad y dirección.
- Vías de acceso.
- Topografía, teniendo en cuenta el declive del suelo: si es plano, ondulado, o quebrado.
- Suelos con sus características como la textura, estructura, nivel freático y capacidad agrológica.

---

<sup>15</sup> Rosselló F., Cazali R. Medio Ambiente y salud.[En Línea]. Disponible en <<http://books.google.com.co/books?id=H8yjBz6VsN0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>>Recuperado en:[ Recuperado en Diciembre 03 del 2014]

## Factores de construcción

- Técnicas de construcción si es de tierra compactada, cal y canto o ladrillo (barro cocido, suelo-cemento, sillico-cal cáreo), planchas prefabricadas, ferro cemento, concreto, módulos prefabricados.

## Factores utilitarios

- Función principal, si se construye de manera experimental, demostrativa o productiva.
- Usos, si el uso es de tipo sanitario, energético, fertilizante, integral.
- Organizativo si el biodigestor se va a construir a escala doméstica, para un grupo familiar, comunitario o empresas.
- Capacidad, pequeño de 3 a 12 m<sup>3</sup> / digestor; mediano de 12 a 45 m<sup>3</sup> digestor y grande de 45 a 100 m<sup>3</sup> / digestor.<sup>16</sup>

Digestión anaerobia. La digestión anaerobia es uno de los procesos más antiguos empleados en la estabilización de fangos. En este proceso se produce la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno molecular.

En el proceso de digestión anaerobia, la materia orgánica contenida en la mezcla de fangos primarios y biológicos se convierte biológicamente, bajo condiciones anaerobias, en metano y dióxido de carbono. El proceso se lleva a cabo en un reactor completamente cerrado. Los fangos se introducen en el reactor de forma continua o intermitente, y permanecen en su interior durante períodos de tiempo variables. El fango estabilizado, que se extrae del proceso continuo o intermitentemente tiene un bajo contenido en materia orgánica y patógena, y no es putrescible.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> TOLOSA. JEAN. diseño del sistema de gestión medioambiental basado en EMAS, para la planta productora de biogás "BIO-ENERGIE" (Bamberg - Alemania)[En línea]. Disponible en:< [http://evirtual.lasalle.edu.co/info\\_basica/nuevos/guia/GuiaClaseNo.3.pdf](http://evirtual.lasalle.edu.co/info_basica/nuevos/guia/GuiaClaseNo.3.pdf)>[Recuperado en Noviembre 14 del 2014]

<sup>17</sup> Prado, Agustin. Diseño e implementación de biodigestores en comunidades rurales de la parte alta de la subcuenca del río viejo, Jinotega, Nicaragua.[En Línea] Disponible en:< <https://es.scribd.com/doc/240198160/Pfc-Agustin-Prado>>>[Recuperado en Noviembre 24 del 2014]

## **2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema auto sostenible que abastezca las necesidades de energía eléctrica, agua potable y gas; que se puedan integrar a cualquier tipo de construcción.

### **2.2 OBJETIVO ESPECIFICO**

- Realizar el Diseño completo de una vivienda unifamiliar prototipo, teniendo en cuenta todos los aspectos legales y normativos para la construcción de esta vivienda.
- Realizar el Diseño del sistema de tratamiento de aguas lluvias grises y jabonosas.
- Realizar el Diseño del sistema generador de electricidad por medio del aprovechamiento de la radiación solar.
- Realizar el Sistema generador de gas por medio de un biodigestor.
- Determinar el presupuesto de inversión que requiere el proyecto y compararlo con un sistema tradicional.

### 3. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Fase 1: Seleccionar el terreno.

Fase 2: Estudios preliminares:

- Localización
- Oferta y demanda en infraestructura del lugar
- Estudio de suelos
- Definir el método constructivo

Fase 3: Diseños

- Cimentación
- Planos estructurales
- Planos eléctricos
- Planos hidráulicos
- Sanitarios

Fase 4: Diseños de los sistemas a emplear

- Diseño del sistema de generación de energía (solar)
- Diseño del sistema de recolección y tratamiento de aguas lluvias y grises
- Diseño del biodigestor

Fase 5: Realizar el presupuesto de inversión, comparando entre la vivienda sin el sistema propuesto y cuanto se incrementa la inversión al introducir el sistema Auto-sostenible.

## **4. DISEÑO VIVIENDA UNIFAMILIAR PROTOTIPO**

### **4.1 DISEÑO ARQUITECTÓNICO**

Para este trabajo de investigación se planteó una vivienda unifamiliar, construida bajo los cálculos estructurales de una vivienda de una planta de acuerdo a las normas existentes NSR-10 y decretos reglamentados.

Con características básicas de 52 mts<sup>2</sup>, dos habitaciones, cocina, un baño, sala comedor, zona de lavandería, patio.

La construcción se plantea a base de muros confinados de acuerdo al título E de la NSR-10 actualmente en vigencia en Colombia.

Ver diseño arquitectónico (Anexo A.), Diseño sanitario (Anexo B.), Diseño eléctrico (Anexo C), Diseño hidráulico (D).

### **4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL**

El sistema estructural de la vivienda se ajusta a los parámetros establecidos en el título E del código colombiano de construcciones sismo resistente, para lo cual se procedió a realizar el diseño de uno y dos pisos.

El caso particular de estudio es una vivienda de un piso

- Alcance del título E: Edificaciones de uno y dos pisos.
- Sistema estructural: Mampostería de muros confinados.
- Se verificaron los requisitos mínimos establecidos en este título E en cuanto a espesor de muros, tamaños y refuerzo de vigas y columnas, cantidad de muro.
- Zona de riesgo sísmico: Alto
- Grado de disipación de energía: Alto
- Grupo de uso: I
- Lote: 6 m x 10 m

- Tipo de cubierta: Cubierta en teja liviana

#### 4.2.1 Memorias de cálculos

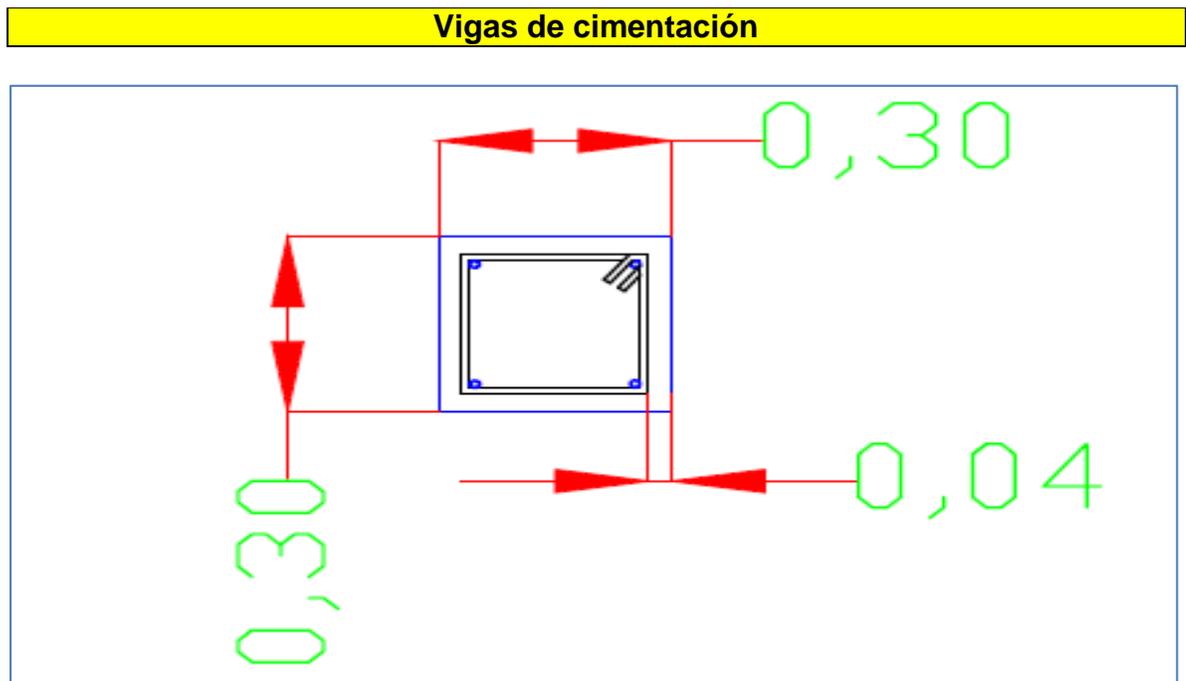
##### 4.2.1.1 Cimentación

#### Refuerzo viga de cimentación (Anexo D.)

Refuerzo longitudinal: 4 Varillas # 4

Refuerzo transversal: 1 Fleje # 2 @ 20 cm

Grafico 2. Cálculos viga de cimentación

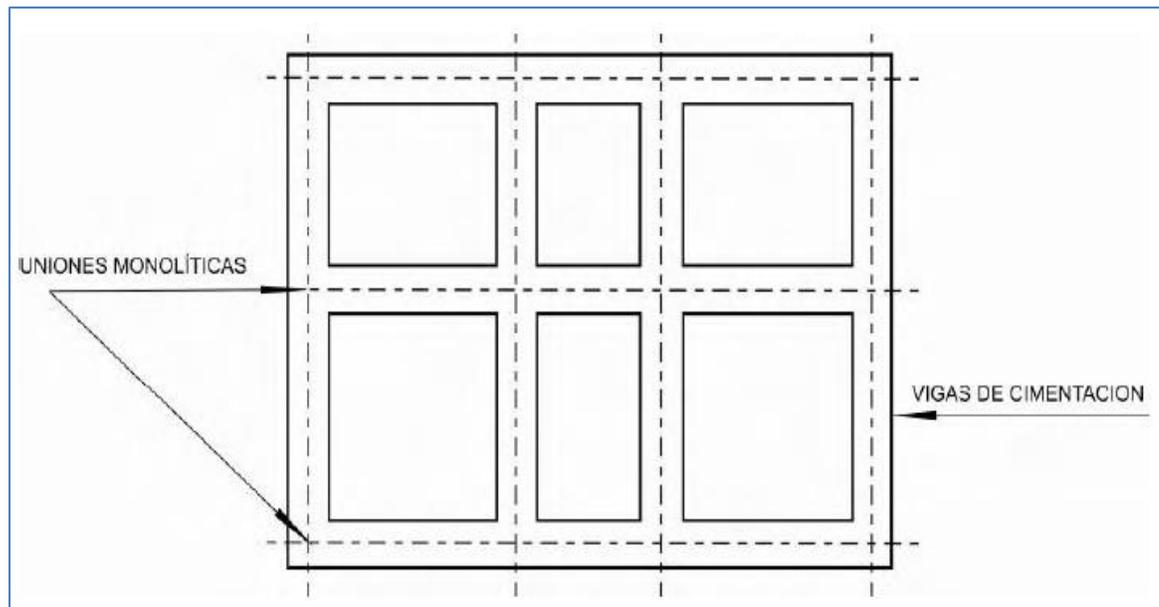


Fuente: Elaboración de los autores

**El sistema de cimentación:** Compuesto por un sistema reticular de vigas que configuraron anillos aproximadamente regulares en planta, como se presenta en la Figura 1. , y que aseguren la transmisión de las cargas de la estructura al suelo

en forma integral y equilibrada. Debe existir una viga de cimentación para cada muro estructural. Ningún elemento de cimentación puede ser discontinuo<sup>18</sup>.

Figura 1. Sistema de cimentación



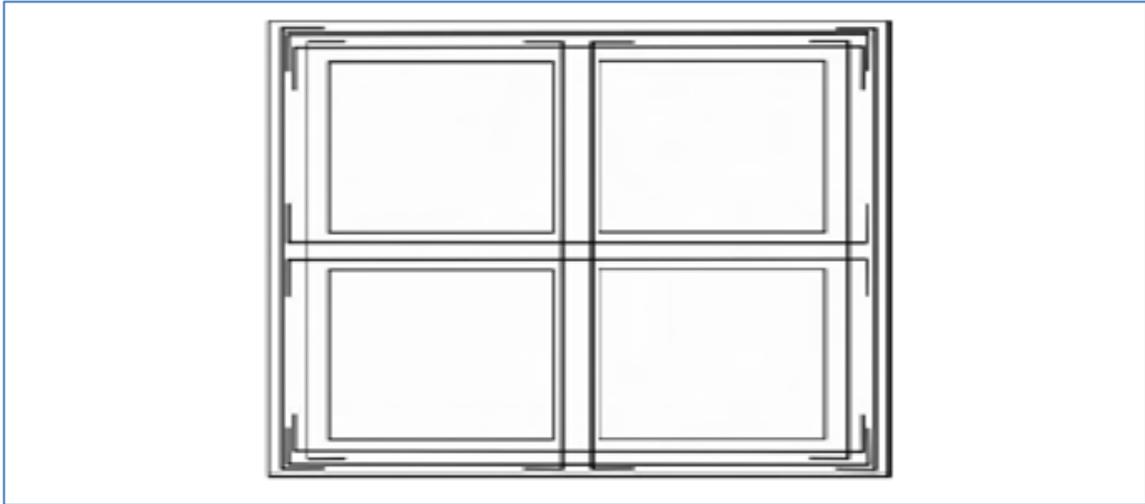
Fuente: Título E de la norma sismo resistente, 2010 p. 165

**Configuración en planta:** Si uno de los anillos del sistema de cimentación tiene una relación largo, sobre ancho mayor que dos, o si sus dimensiones interiores son mayores de 4,0 cm debe construirse una viga intermedia de cimentación, así no sirve de apoyo a ningún muro, en cuyo caso sus dimensiones mínimas pueden reducirse a 200 mm por 200 mm. La intersección de los elementos de cimentación debe ser monolítica y los refuerzos deben anclarse con ganchos estándar de 90° en la cara exterior del elemento transversal terminal. Como se muestra en la figura 2<sup>19</sup>.

<sup>18</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Norma sismo resistente, NSR- 2010

<sup>19</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Norma sismo resistente, NSR- 2010

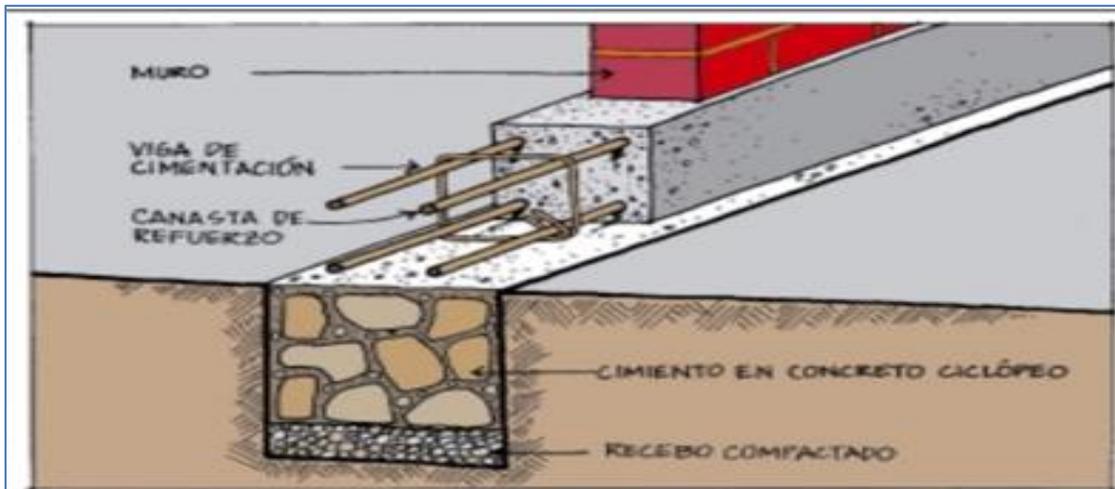
Figura 2. Ganchos de anclaje en vigas de cimentación



Fuente: Título E de la norma sismo resistente, 2010 p. 165

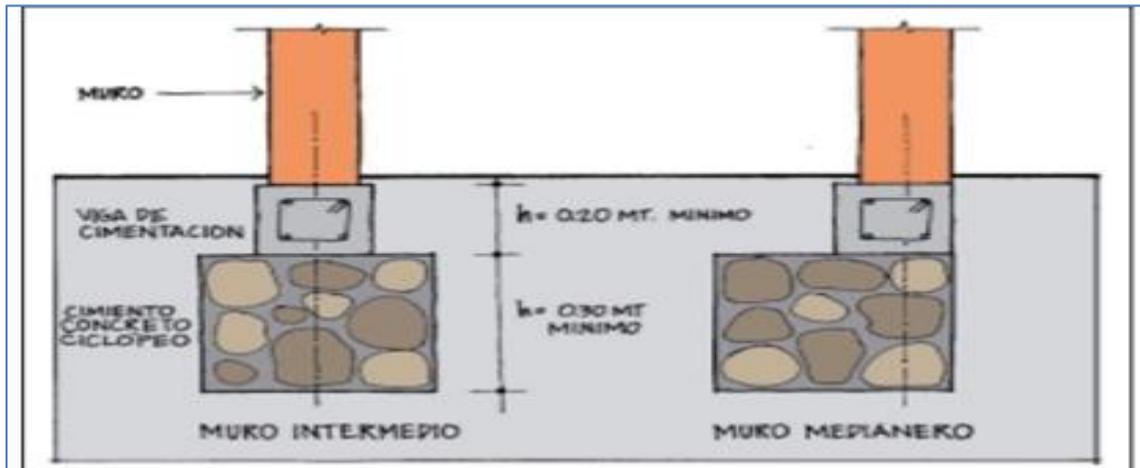
### Detalles constructivos de cimentación

Figura 3. Detalle cimentación para suelo blando, inicio de muro



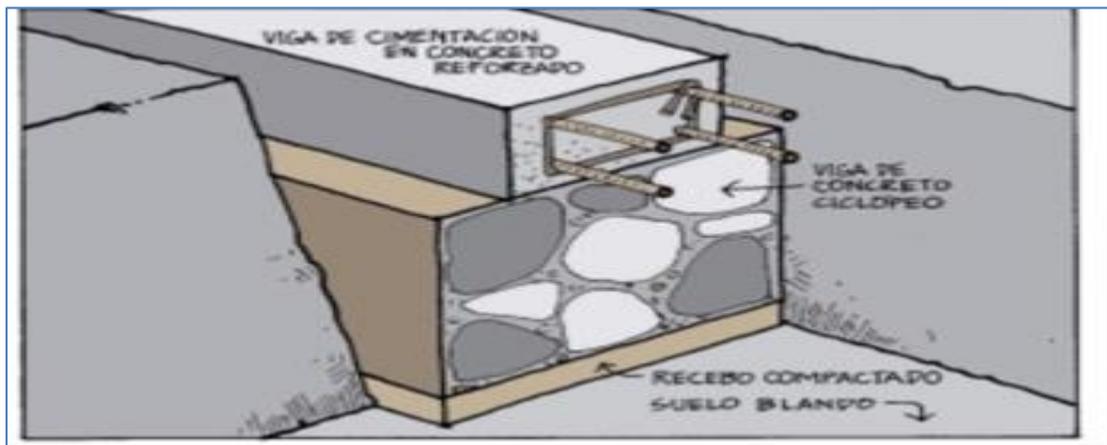
Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, p 26

Figura 4. Muro intermedio y medianero detalle cimentación suelo blando



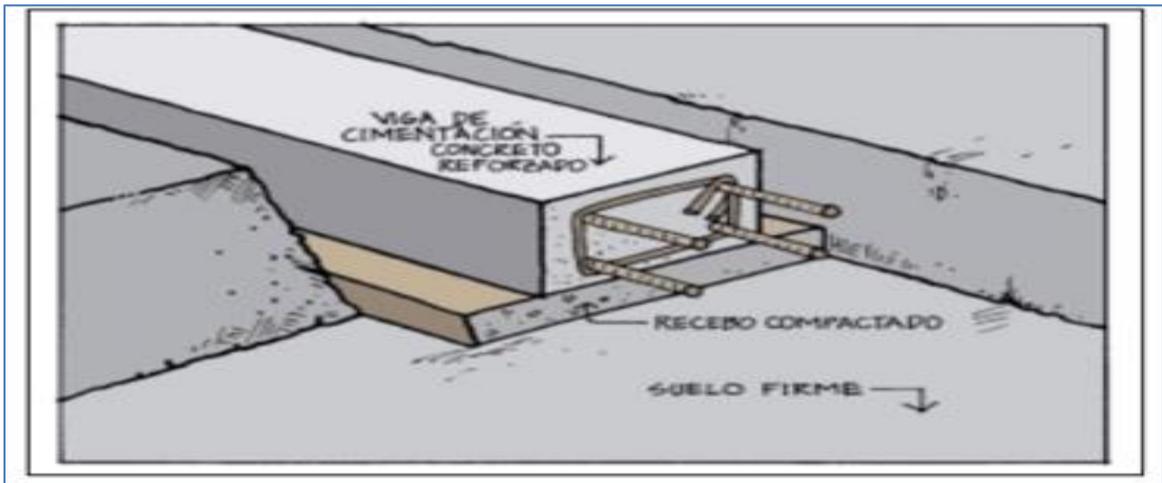
Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, p 26

Figura 5. Detalle cimentación para suelo blando



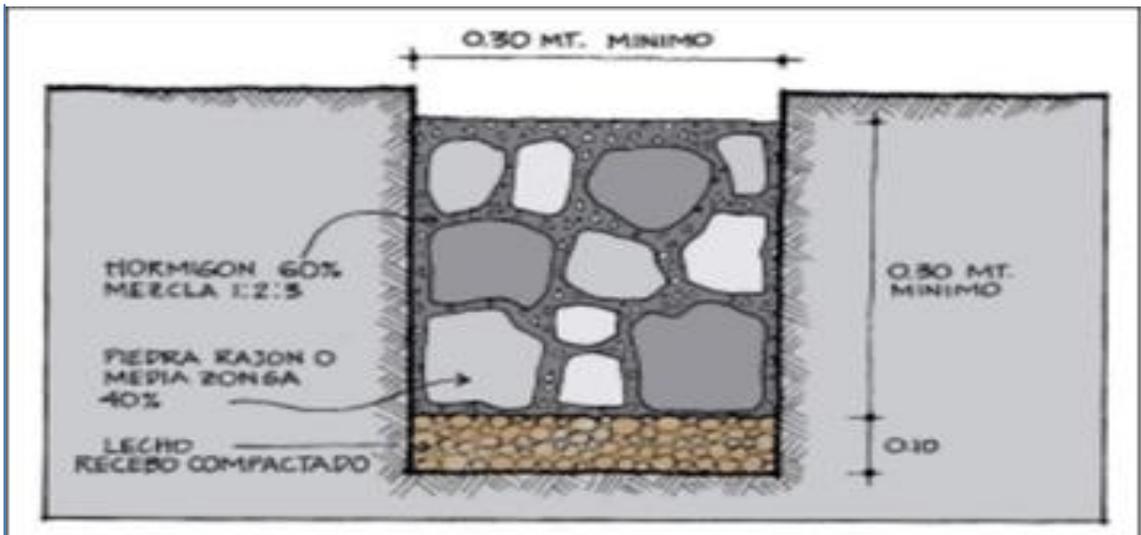
Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, p 27

Figura 6. Detalle cimentación suelo firme



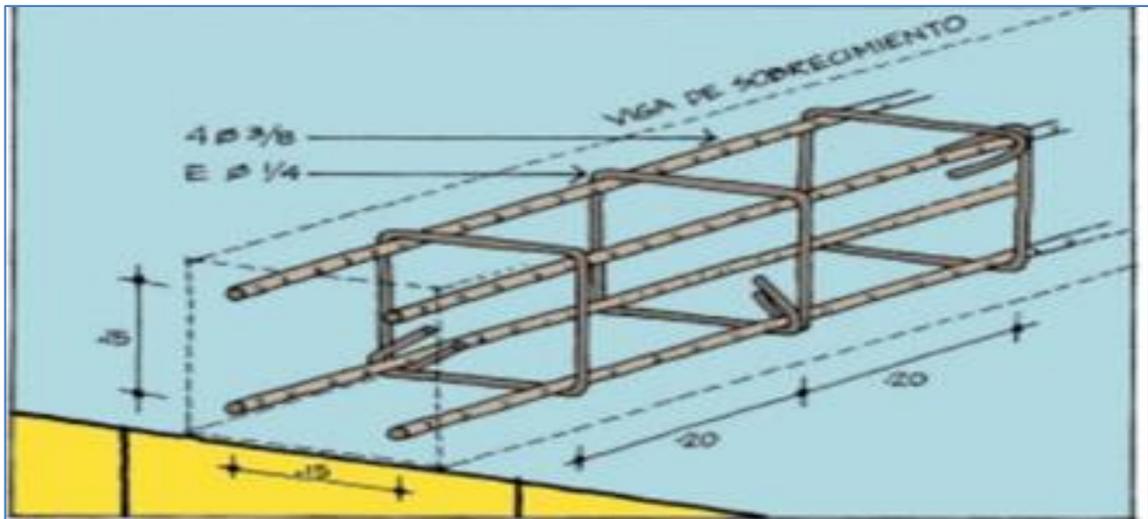
Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, p 27

Figura 7. Detalle cimentación concreto ciclópeo



Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, p 27

Figura 8. Detalle de refuerzo viga de cimentación



Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, p 28

#### 4.2.1.2 Cálculo longitud mínima de muros

El cálculo de la longitud mínima de muros se hace de acuerdo a la fórmula establecido en el título E de la norma sismo resistente 2010.

$$\text{Formula e. 3.61} \quad L_{\min} = \frac{M_o A_p}{t}$$

Dónde:

$L_{\min}$  = Longitud mínima de muros estructurales en cada dirección (m)

$M_o$  = Coeficiente que se lee en la tabla E 3.6-1

$t$  = Espesor efectivo de muros estructurales en el nivel considerado

$A_p$  = Se consideran  $m^2$  como sigue:

- Igual al área de la cubierta en construcciones de un piso en cubierta de concreto.
- Igual al área de cubierta para muros del segundo nivel en construcción de dos pisos, cuando la cubierta es en losa de concreto.
- Igual al área de cubierta, más el área de entre pisos para muros de primer nivel en construcción de dos pisos, con cubierta consistente en una losa de concreto.

(d) Cuando se emplea una cubierta liviana, los valores del área determinados para cubiertas de losa de concreto según (a) (b) o (c), pueden multiplicarse por 2/3.<sup>20</sup>

#### 4.2.1.3 Definición medida de la losa

$$\text{Área losa (m}^2\text{)} = (3,14 \times 9,64) + (3 \times 7,14) = 51.6896 \text{ m}^2$$

$$\text{Área cubierta (m}^2\text{)} = (3,14 \times 9,64) + (3 \times 7,14) = 51.6896 \text{ m}^2 \times 2/3 = 34.45 \text{ m}^2$$

#### 4.2.1.4 Definición de muros

Los valores seleccionados están en el rango de zona sísmica alta, correspondientes a la ciudad de Pereira, estas variables se seleccionan para el cálculo de longitud mínima de muros estructurales. (Tabla 1.)  $A_a = 0,25$   $M_o = 21$

Tabla 1. Coeficiente  $M_o$  para longitud mínima de muros confinados\*

Zona de amenaza sísmica	Valores $A_a$	Valores $M_o$
Alta	0,40	33,0
	0,35	30,0
	0,30	25,0
	0,25	21,0
Intermedia	0,20	17,0
	0,15	13,0
	0,10	8,0
Baja	0,10	8,0
	0,05	4,0

(\*) Los valores de  $A_a$  dependen de la zona sísmica en donde se construye el proyecto.

Fuente: Título E de la Norma Sismo Resistente, NSR 2010 p. 32

$$M_o \text{ (para } A_a = 0.25) = 21$$

Longitudes mínimas en sentido X, Y

Se reemplaza en la fórmula:

$$L_{min} = \frac{M_o \times (A_{losa} + A_{cubierta})}{t \text{ muros piso 1}}$$

<sup>20</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Norma sismo resistente, NSR- 2010, p.19

$$L_{\min} = \frac{21 \times (51.6896 + 34.45)}{120} = 15.07 \text{ m}$$

#### **4.2.1.5 Columnas**

##### **Criterios para la luz entre columnas**

a.  $3.5 \text{ t (muro)} = 3.5 \times 12 \text{ cm} = 420 \text{ cm}$

b.  $1.5 \times h$

h piso 1 = 3 m

$1.5 \times h = 1.5 \times 300 \text{ cm} = 450 \text{ cm}$

h: Altura entrepiso.

c.  $4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$

Se utiliza el criterio (b) ya que es el mayor valor para ubicar las columnas en los muros más largos.

La casa prototipo del estudio, de acuerdo a los cálculos y siguiendo la norma NSR-10, adopta una ubicación entre columnas de confinamiento de 4,5 mts.

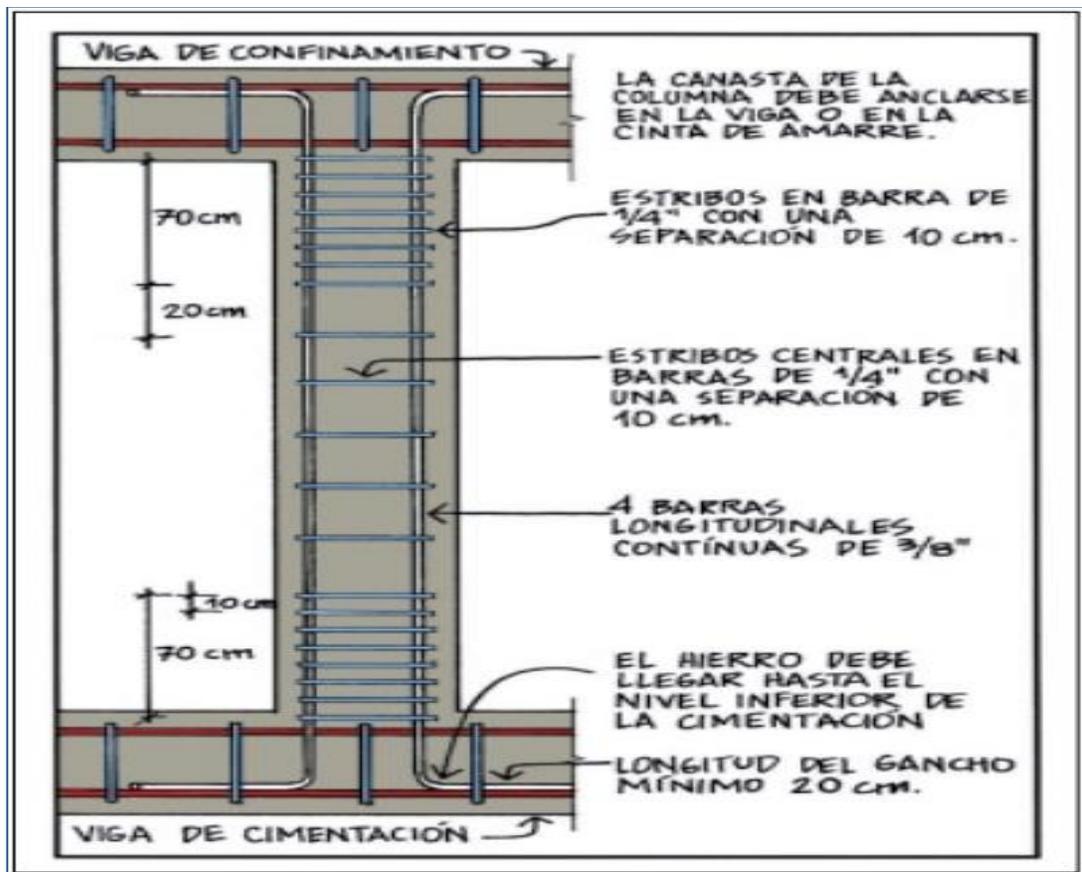
#### 4.2.1.6 Cálculo acero columnas

Tabla 2. Especificaciones del refuerzo en acero, columnas de confinamiento

<b>Refuerzo mínimo</b>	Refuerzo longitudinal	No debe ser menor de 4 barras N° 3 o 3 barras N° 4
	Refuerzo transversal	Estribos cerrados de barras N° 2, espaciados a 20 cm. Los primeros seis estribos se deben espaciar a 10 cm.

Fuente: Elaboración de los autores, a partir del título E norma NSR-10

Figura 9. Detalle constructivo de la columna, refuerzo de acero



Fuente: Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de Mampostería, p 43

#### 4.2.1.7 Chequeo simetría de muros

Los muros deben estar aproximadamente simétricos, y deben cumplir los requisitos establecidos por la normas sismo resistente del capítulo E, de acuerdo a las exigencias y los parámetros de la casa prototipo se hacen los cálculos de chequeo de simetría de acuerdo a la siguiente formula.

$$D = \frac{\frac{\sum(L_{min} \times b)}{\sum(L_{min})} - \frac{B}{2}}{B}$$

- **Muros en sentido X**

Tabla 3. Valores para calculo chequeo simetria en el plano X casa prototipo

<b>Chequeo en x</b>				
<b>Muro</b>	<b>L (m)</b>	<b>b</b>	<b>L*b</b>	
<b>1</b>	3.14	0.00	0.00	
<b>2</b>	3.12	1.50	4.68	
<b>3</b>	3.12	4.95	15.44	
<b>4</b>	3.12	3.92	12.23	
<b>5</b>	3.14	9.52	29.89	
<b>Σ</b>	15.64		62.25	
<b>D =</b>	0.102	≤	<b>0.15</b>	<b>O.K.</b>

Fuente: Elaboración de los autores

Remplazando en la fórmula:

$$D = \frac{\frac{62.25}{15.64} - \frac{10}{2}}{10}$$

$$D = 0.102 < 0.15 \text{ OK}$$

De acuerdo a los resultados arrojados en el chequeo de simetría en el plano X, se encuentran dentro del parámetro permitido de simetría de muros, la casa propuesta para este estudio cumple con el parámetro.

- **Muros en sentido Y**

Tabla 4. Valores para calculo chequeo simetria en el sentido Y casa prototipo

<b>Segundo Piso</b>					
<b>b + voladizo</b>	<b>Chequeo en x</b>				
10.76	<b>Muro</b>	<b>L (m)</b>	<b>b</b>	<b>L*b</b>	
	1	9.64	0.00	0.00	
	2	3.07	6.57	20.17	
	3	1.07	4.50	4.82	
	4	2.04	1.50	3.06	
	5	7.17	1.50	10.76	
	6			0.00	
	<b>Σ</b>	22.99		38.80	
	<b>D =</b>	0.343	≤	<b>0.15</b>	O.K.

Fuente: Elaboración de los autores

Reemplazando en la fórmula:

$$D = \frac{\frac{38.80}{22.99} - \frac{6}{2}}{6}$$

$$D = 0.343 < 0.15 \text{ OK}$$

De acuerdo a los resultados arrojados en el chequeo de simetría en el plano Y, que se encuentran dentro del parámetro permitido de simetría de muros, la casa propuesta para este estudio cumple con el parámetro.

#### 4.2.1.8 Viga de confinamiento

Según el manual de construcción sísmo resistente de viviendas de uno y dos pisos en mampostería, todos los muros deben amarrarse entre sí mediante una viga de corona en la parte superior de los mismos y embebida en la losa de entre piso la viga de amarre debe ser al menos del mismo espesor del muro y mínimo de 15 cm de altura.

Sección de viga de confinamiento para la vivienda prototipo:

b: 12 cm  
h: 17 cm

El refuerzo para la viga de confinamiento según el manual de construcciones sismo resistentes de viviendas de uno y dos pisos dice que no debe ser menor al utilizado en las columnas, para el caso de la vivienda prototipo se utilizará el mismo refuerzo de acero, como se especifica a continuación.

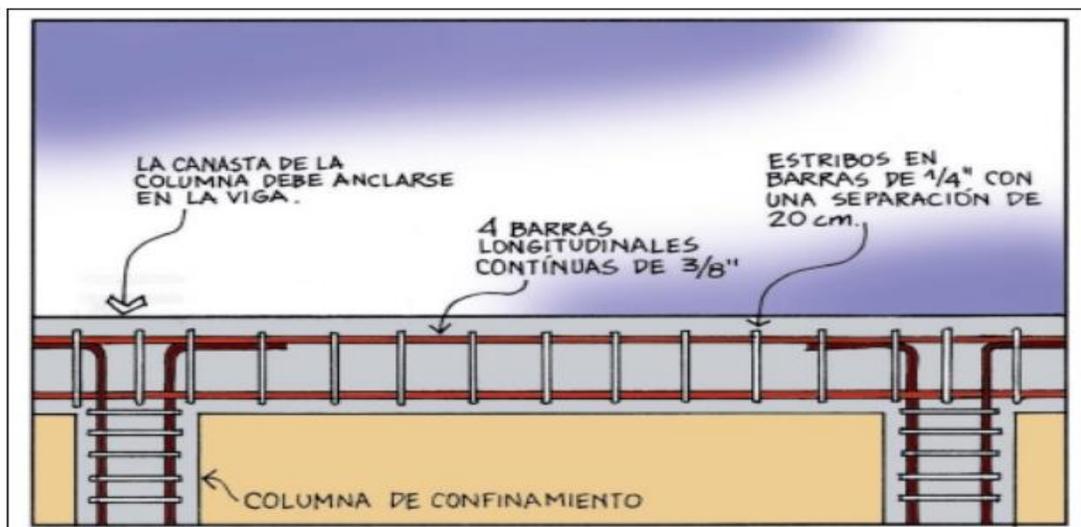
Tabla 5. Especificaciones del refuerzo en acero, columnas de confinamiento

<b>Refuerzo mínimo</b>	Refuerzo longitudinal	No debe ser menor de 4 barras N° 3 o 3 barras N° 4
	Refuerzo transversal	Estribos cerrados de barras N° 2, espaciados a 20 cm. Los primeros seis estribos se deben espaciar a 10 cm.

Fuente: Elaboración de los autores

Los flejes del refuerzo transversal para el caso de las vigas de confinamiento se ubicaran todos cada 20 cm.

Figura 10. Detalle constructivo viga confinamiento



Fuente: Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistentes de viviendas de mampostería.

#### 4.2.1.9 Losa de entrepiso

Tabla 6. Condiciones de apoyo de la losa

<b>Losa</b>		
Condición de apoyo: Losa máxima		
Simplemente apoyada	Un apoyo continuo	Continuo con voladizo
<b>L/24</b>	L/24	L/10

Fuente: Elaboración de los autores, a partir de título E, norma NSR-10, p.23

Se selecciona L/24 debido a que nuestra losa tiene un apoyo continuo

Se reemplaza en la formula

$$L/24 = 3.5/24 = 14.5 \text{ cm}$$

#### 4.2.1.10 Refuerzo de losa

El refuerzo de la losa se define de acuerdo a la norma NSR -10, título E, establecido en el capítulo 5, y para esto se debe tener en cuenta la luz de diseño.

Tabla 7. Refuerzo mínimo en losa maciza

Luz de diseño (m)	Espesor mínimo	Refuerzo mínimo	
		Principal	Secundario
1.0 - 2.0	80	1 N°4 cada 300 mm	1 N°2 cada 200 mm
2.1 -2.5	100	1 N°4 cada 300 mm	1 N°2 cada 150 mm
2.6 -3.0	120	1 N°4 cada 250 mm	1 N°3 cada 250 mm
3.1 -3.5	150	1 N°4 cada 250 mm	1 N°3 cada 200 mm
3.6 -4.0	180	1 N°4 cada 200 mm	1 N°2 cada 150 mm arriba y abajo

Fuente: Título E, norma NSR-10, p.24

Las especificaciones del refuerzo en acero de la casa prototipo de este estudio se resalta en la tabla 7. Referenciarse en anexos de la A a la L.

## 5. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS, GRISES Y JABONOSAS

El sistema de tratamiento de aguas lluvias, grises y jabonosas diseñado para esta propuesta de investigación y que hace parte integral de la vivienda expuesta en el Capítulo 1, contribuye positivamente al uso racional y sostenible de los recursos naturales, impactando específicamente en los que son generadores de energías; el sistema planteado permite la generación de energías sin necesidad de explotar las reservas ni extraerla de los cauces para suplir el servicio de agua y energía, la fuente principal de los requerimientos de aguas son las precipitaciones de la zona donde se construya la vivienda, contando con un área potencial de captación de 59 m<sup>2</sup>.

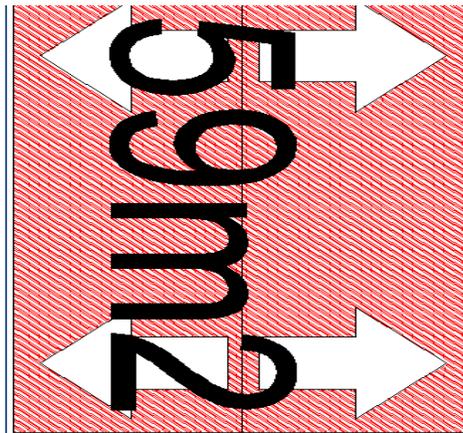
La implementación de este tipo de sistema de tratamiento de aguas lluvias en beneficio de la generación de energía y agua potable es un aporte a la búsqueda de alternativas sostenibles en la construcción de las viviendas; que se deben convertir en proyectos que logren un equilibrio entre los beneficios ambientales y las retribuciones a los usuarios de este tipo de alternativas de casas.

Este sistema compone básicamente de dos partes, el sistema donde se recoge el agua lluvia y el sistema de filtrado.

### 5.1 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS

El área potencial de captación de la vivienda prototipo diseñada para este estudio es de 59 m<sup>2</sup>

Grafico 3. Área potencial de captación: 59 m<sup>2</sup>



Fuente: Elaboración de los autores

### 5.1.1 Captación. Especificaciones Técnicas del Sistema de Agua

Para calcular la recolección total de agua captada en litros al año es necesario aplicar la siguiente formula:<sup>21</sup>

$$S=10 \times P_{(A)} \times A \times C_e$$

Dónde:

S: total de agua captada en litros al año

PA: Precipitación Anual (cm)

A: Área potencial de captación

Ce: Coeficiente de escurrimiento

Los parámetros de estas variables se obtienen a partir de las siguientes tablas:

Tabla 8. Precipitación Anual en la estación Pereira (PE)

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES															
** IDEAM **															
GRUPO METEOROLOGÍA AERONÁUTICA															
PROMEDIO ANUAL MULTIANUAL Y PROMEDIOS MENSUALES MULTIANUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)															
ESTACIÓN PEREIRA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ACUM.	PROMEDIO QUE VIENEN	
		132,7	132,6	220,2	249,3	257,4	196,1	133,5	124,9	195,9	288,7	287,9	199,4	ANO 2418,6	2300,8

Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales "IDEAM"

<sup>21</sup>ELKE, Matthew y SETTY, Karen. Sf.. Proyecto Experimental: Una Sistema para Captar Aguas Pluviales y filtración para. [En línea] Disponible en <[http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP\\_reports/Diseno\\_CaptacionPluvial\\_edificio.pdf](http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_CaptacionPluvial_edificio.pdf)>. [Citado el: 25 de Agosto de 2015.] p. 2

Tabla 9. Precipitación Anual en la estación Pereira (PE)

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES														
** I D E A M **														
GRUPO METEOROLOGÍA AERONÁUTICA														
PROMEDIO ANUAL MULTIANUAL Y PROMEDIOS MENSUALES MULTIANUALES DÍAS CON PRECIPITACIÓN														
ESTACIÓN PEREIRA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ACUMUL AÑO	PROMEDIOS QUE VIENEN
	16	15	20	23	24	21	20	18	21	24	23	20		

Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales "IDEAM"

Tabla 10 Precipitación Anual en la Estación Aeropuerto Matecaña

REPÚBLICA DE COLOMBIA									
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL							AÑO:	2015	
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES ** I D E A M **							MES:	ABRIL	
GRUPO DE METEOROLOGÍA AERONÁUTICA							DÍA:	15	
BOLETÍN DIARIO DEL ESTADO DEL TIEMPO							TEMP. (°C)		
ESTACIÓN AEROPUERTO PEREIRA	PRECIPITACIÓN (mm) DÍA	ACUMULADO EN EL MES	PROMEDIO MENSUAL	DÍAS CON LLUVIA ACUMULADO EN EL MES	PROMEDIO MENSUAL	FENÓMENO METEOROLÓGICO RELEVANTE	MED DÍA	MAX	MIN
	15						DÍA	DÍA	
	29,3	135,0	249,3	11	23	Tormenta y Lluvias	20,7	27,6	17,4

Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales "IDEAM"

De acuerdo a la revisión bibliográfica, se compararon diferentes índices pluviométricos de ciudades cercanas obteniendo los siguientes resultados:

Cali: 894,8 mm  
 Medellín: 1.754,9 mm  
 Armenia: 2.182,4 mm  
 Ibagué: 1.691,6 mm  
 Pereira: 2.418,6 mm

Se puede notar que Pereira es una zona en la cual se registran buenas lluvias arrojando una precipitación anual de 2.418,6 mm  $\approx$  241,86 cm.

Tabla 11. Coeficiente de escurrimiento

TIPO DE CAPTACIÓN	Ce
Cubiertas superficiales	
Concreto	0,6 -0,8
Pavimento	0,5 -0,6
Geomembrana de PVC	0,85 -0,90
Azotea	
Azulejos, teja	0,8 -0,9
Hojas de metal acanaladas	0,7 -0,9
Orgánicos (Hojas con barro)	<0,2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0,0 -0,3
Superficies naturales rocosas	0,2 -0,5

Fuente: Sistema Universitario de Investigación SUI Universidad de Antioquia

**Tipo de Cubierta:** Se emplea una cubierta tipo Geo membrana de PVC Termo acústico Impermeabilizada la cual tiene un coeficiente de escurrimiento alto que permite maximizar el aprovechamiento de las aguas lluvias en el momento de su captación.

Tabla 12. Ficha técnica teja termo acústica

Perfil	Rojo
Color	0.95 m
Ancho Total	0.85 m
Ancho Útil	2.00 m
Largo Total	1.83 m
Largo Útil	1.58 m <sup>2</sup>
Peso x Unidad de área	3.36 kg/m <sup>2</sup>
Peso Total	6.40 kg

Traslapo Lateral	10 cm o 1 onda
Traslapo Longitudinal	17 cm
Altura de Onda	38 mm
Total Ondas	10 unid
Voladizo Frontal Max	7 cm
Voladizo Lateral Max	0 cm

Fuente: Elaboración de los autores

Retomando la fórmula para hallar el volumen de agua captada anual se tiene:

$$S = 10 \times P_A \times A \times C_e$$

$$S = 10 \times 241,86 \text{ cm} \times 59 \text{ m}^2 \times 0,9$$

$$S = 128.427 \text{ litros} \approx 128,427 \text{ m}^3$$

Volumen mensual:

$$128,427/12 = 10,7 \text{ m}^3 \text{ mensuales}$$

El consumo promedio en Pereira por suscriptor es de 17,39 m<sup>3</sup><sup>22</sup> al mes de acuerdo al Sistema Universitario de Investigación SUI Universidad de Antioquia; Así se tiene que el gasto promedio diario por persona de la vivienda es:

$$Gpd = \frac{\frac{17,39}{30}}{4} * 1000 = 144,91 \text{ litros}$$

Dónde:

Gpd: Gasto Promedio Diario (Its)

- La cubierta de una vivienda con un área de 59 m<sup>2</sup> proporciona la superficie para la recolección
- Sistema de canaletas con un acople para tubería en PVC la cual transporta el agua al tanque de almacenamiento de 10 m<sup>3</sup> después de pasar por un sistema de filtrado utilizando solo la gravedad para mover todo el agua.
- Bomba marca “Dinamo” capaz de trasladar cantidades de agua en poco tiempo, la cantidad de agua necesaria para mover es 10.000 litros la cual esta almacenada en el tanque, cuenta con un pre filtro desmontable para retener hojas, pelos y otros elementos.

<sup>22</sup> Sistema Universitario de Investigación SUI Universidad de Antioquia

- Flotador utilizado para llenar el tanque de almacenamiento en el momento en que este se encuentre por debajo del nivel establecido, es un flotador que aplica el mismo principio de los flotadores utilizados para los sanitarios.

Tabla 13. Estado actual del clima en la Ciudad Pereira-Risaralda

Día	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM	VG	RA	SN	TS	FG
1	22.5	27	17.4	-	72	2.03	10.8	8.1	18.3	-				
2	23.3	28	18	-	69	0	10.9	8.5	14.8	-				
3	24.9	31	17.4	-	61	0	11.9	10.6	18.3	-				
4	25.9	32	17.9	-	52	0	11.4	12.4	22.2	-				
5	25.9	32.2	18.7	-	55	0	11.9	12	22.2	-			o	
6	25.3	31.8	18.4	-	59	0	12.2	11.3	16.5	-				
7	23.7	31.4	19.2	-	70	0	10.9	8.7	14.8	-				
8	22.1	26.8	19.6	-	79	0	10	8.3	18.3	-	o			
9	21.1	24.8	18	-	85	7.11	8.2	6.7	14.8	-	o			O
10	22.9	29	17.6	-	71	0	11.4	7	11.1	-				
11	23.8	28.9	18.5	-	70	5.08	11.3	6.9	13	-				
12	23.9	29	18	-	66	0	11.3	8.9	14.4	-				
13	23.3	29.4	17.8	-	69	0	10.9	8	18.3	-				
14	22.3	27.8	19	-	76	0	10.6	9.3	22.2	-	o		o	
15	22.5	27.2	18.4	-	77	11.94	10.3	7	14.8	-	o			
16	23.2	28	18.6	-	76	0.25	10.9	8	18.3	-	o			
17	22.9	28	19	-	74	1.02	11.3	7.8	13	-	o			
18	23.8	30	19	-	69	7.11	11.7	8.1	14.8	-				
19	24.8	30	18.8	-	63	0	11.7	8.5	18	-				
20	24.8	31	19.2	-	67	0	10.9	8.1	14.4	-			o	
21	23.4	30.9	19	-	73	0	10.6	7.4	14.8	-			o	O
22	23.7	28.4	19.3	-	72	0	11.3	7.2	16.5	-				
23	24.1	29	19	-	69	0	10	7	11.1	-			o	
24	22.4	28.7	18.7	-	79	50.04	9.3	9.6	14.8	-	o		o	
<b>Continuación Tabla 13.</b>														
Día	T	TM	Tm	SLP	H	PP	VV	V	VM	VG	RA	SN	TS	FG
25	23.1	27	19	-	73	8.89	10.8	7.8	14.8	-	o			
26	22.8	27.4	18.8	-	75	1.02	10.5	7.2	11.1	-	o		o	
27	23.7	28	19	-	68	0	10.9	8.9	14.8	-				
28	23.7	29	18.5	-	71	0	10.8	8.3	14.8	-	o		o	
29	24.8	31.2	18.6	-	64	6.1	10.9	9.8	22.2	-				
30	23.9	31.4	18	-	65	0	10.9	8	14.8	-				
31	23.3	28.6	18	-	72	0	10.9	8.3	14.8	-			o	
Medias y totales mensuales														
*	23.6	29.1	18.5	-	69.7	100.59	10.9	8.5	16		10	0	9	2

\*Valores históricos Agosto, 2015

Datos reportados por la estación meteorológica: 802100 (SKPE) | Registros horarios Latitud: 4.81 | Longitud: -75.8 | Altitud: 1342

Fuente: Estación meteorológica aeropuerto Matecaña Pereira (PE)

Tabla 14. Comparativo de precipitaciones mensuales en Pereira año 2014 -2015

PERIODO	PP (mm)
MAYO DE 2014	140.47
MAYO DE 2015	132.83
JUNIO DE 2014	33.02
JUNIO DE 2015	34.81
JULIO DE 2014	92.19
JULIO DE 2015	23.37
AGOSTO DE 2014	25.14
AGOSTO DE 2015	100.59

Fuente: Elaboración de los autores, con base en cifras Tabla 12.

Tabla 15. Nomenclatura Tabla 12.

<b>T</b>	<b>Temperatura media (°C)</b>
<b>TM</b>	Temperatura máxima (°C)
<b>Tm</b>	Temperatura mínima (°C)
<b>SLP</b>	Presión atmosférica a nivel del mar (hPa)
<b>H</b>	Humedad relativa media (%)
<b>PP</b>	Precipitación total de lluvia y/o nieve derretida (mm)
<b>VV</b>	Visibilidad media (Km)
<b>V</b>	Velocidad media del viento (Km/h)
<b>VM</b>	Velocidad máxima sostenida del viento (Km/h)
<b>VG</b>	Velocidad de ráfagas máximas de viento (Km/h)
<b>RA</b>	Índica si hubo lluvia o llovizna (En la media mensual, total días que llovió)
<b>SN</b>	Índica si nevó (En la media mensual, total días que nevó)
<b>TS</b>	Indica si hubo tormenta (En la media mensual, total días con tormenta)
<b>FG</b>	Indica si hubo niebla (En la media mensual, total días con niebla)

Fuente: Estación meteorológica aeropuerto Matecaña Pereira (PE)

### 5.1.2 Componentes que integran el sistema para captar aguas lluvias

Tabla 16. Componentes que integran el sistema para captar aguas lluvias

	PRODUCTO	CANT
<b>1</b>	CANAL AMAZON 3M BLANCA PAVCO	6
<b>2</b>	TAPA EXTERNA DERECHA AMAZON PAVCO	2
<b>3</b>	TAPA EXTERNA IZQUIERDA AMAZON PAVCO	2
<b>4</b>	CODO 90 X 2 CXC SANITARIA PAVCO	10
<b>5</b>	CODO 90 X 3 CXC SANITARIA PAVCO	10
<b>6</b>	FIJACIÓN CUBIERTA FORTE ROJO	1
<b>7</b>	GRIFERÍA TANQUE 3/4 HELBERT	1
<b>8</b>	SOPORTE CANAL METAL AMAZONAS PAVCO	20
<b>9</b>	SOPORTE CANAL PVC AMAZONAS PAVCO	18

<b>10</b>	TANQUE 10000 LTS COLEMPAQUES	1
<b>11</b>	TANQUE 250 LTS COLEMPAQUES	2
<b>12</b>	TEE 3 SANITARIA DURMAN	4
<b>13</b>	TUBO 3X6 VENTILACIÓN PAVCO	5
<b>14</b>	UNIÓN BAJANTE CANAL AMAZONAS PAVCO	6
<b>15</b>	UNIÓN CANAL AMAZONAS PAVCO	6
<b>16</b>	ADAPTADOR MACHO 3/4 PRESIÓN PAVCO	1
<b>17</b>	CHEQUE 1/2 X 125 PSI HORIZONTAL HELBERT	1
<b>18</b>	VÁLVULA CORTINA 1/2 X 2000 PSI R-White HELBERT	1

Fuente: Elaboración de los autores

## 5.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE FILTRADO

Se emplea un filtro que consta de 3 tanques por los cuales circula el agua de manera vertical, permite que el agua que entra por un costado del filtro en la parte inferior salga por el otro costado en la parte superior y de igual manera en sentido contrario en el filtro posterior de este, los tres tanques tienen un sistema que permiten la circulación del agua por todo el sistema pasando por cada capa de material que realiza el filtrado. Cada tanque consta de las siguientes características: 0,74m de altura. El primero contiene grava menuda, grava, piedra grande; el segundo contiene grava menuda, grava gruesa, piedra, arena y el tercer filtro está compuesto por grava, grava menudo, arena, carbón activado y piedra grande.

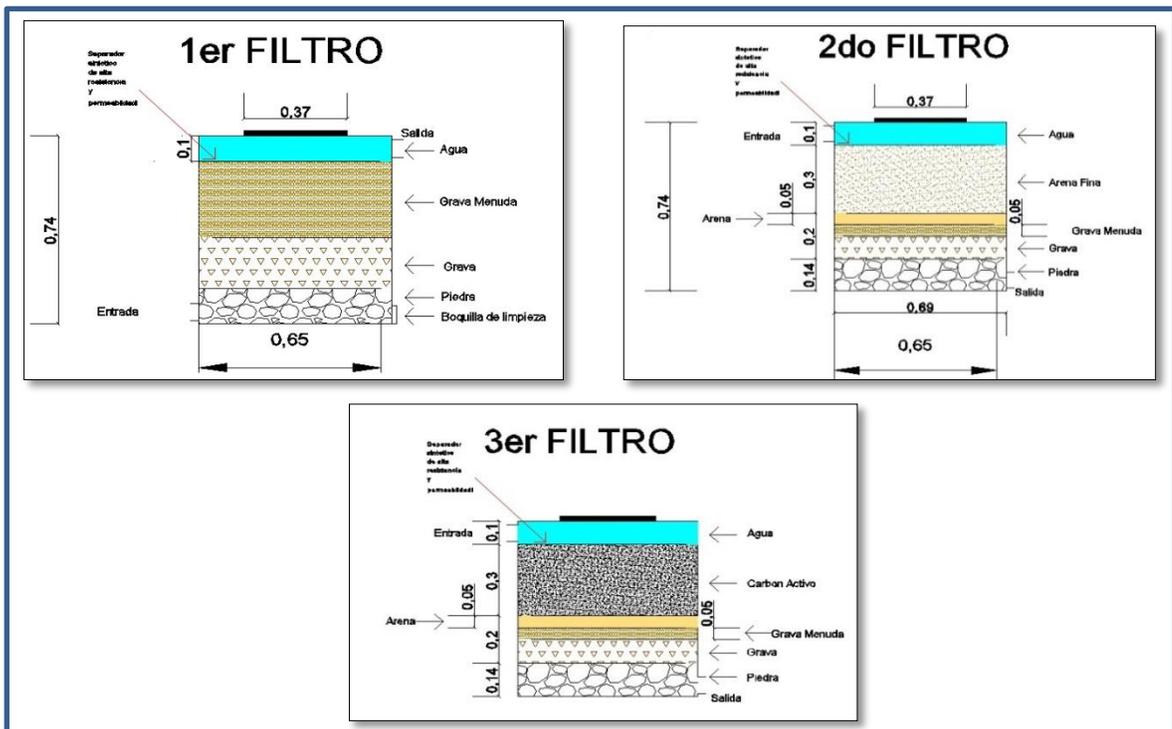
La porosidad y el área superficial grande de carbón proporcionan una multitud de sitios reactivos para la unión de compuestos disueltos. En estos sitios reactivos se pueden unir los compuestos orgánicos disueltos no problemáticos, así como dirigidos contaminantes peligrosos. Un poco de materia orgánica disuelta, presente en todas las aguas naturales y puede ocupar lugares en las superficies de carbón y con ello excluir los contaminantes de interés. Este problema en filtros de carbón es mitigado en nuestro caso por los procesos unitarios de la grava y filtro de arena - que actúan para eliminar una parte sustancial de materia orgánica disuelta en el agua de la fuente antes de que se encuentre con el carbón<sup>23</sup>.

El principio es lograr un alto nivel de tratamiento antes del filtro de carbón, con el fin de "salvar el carbón" para la eliminación de compuestos problemáticos

<sup>23</sup> AQSOLUTIONS. 2013. La Construcción de un Sistema de Tratamiento de Agua Portátil Usan Materiales Locales . [En línea]. Disponible en <<http://www.aqsolutions.org/images/2013/03/portable-water-system-handbook-spanish.pdf>>. [Citado el: 2015 de 14 de Agosto.] p.11

disueltos que pasan a través de las etapas de tratamiento anteriores. Renovación del filtro de carbón: El tiempo de vida efectivo del carbón en el filtro depende de la calidad del carbón, así como las características de la fuente de agua y la eficacia de las etapas del tratamiento de las aguas que entran en el filtro. En el contexto de una comunidad rural en vías de desarrollo, estos factores se caracterizan por un alto grado de variabilidad e incertidumbre. Como el carbón puede ser generado localmente a bajo costo, se recomienda un enfoque conservador, diseñando para una cantidad de carbón mucho mayor que la tasa de utilización que se emplea en sistemas avanzados de CAG (Carbón Activado Granulado). Un filtro de carbón construido de acuerdo con las especificaciones descritas en el proyecto, que suministra 300 L / día debe ser renovado por lo menos una vez por año. Este sistema ira escalonado ubicando a un nivel superior el primer filtro seguido del segundo filtro y a continuación el tercero, éste hace todo su proceso en un movimiento vertical aplicando solo la gravedad, pasando por cada capa del filtro por medio de un orificio siempre con una abertura opuesta a la anterior llegando hasta el último nivel, potabilizando completamente el agua de tal manera que se pueda almacenar en la cisterna definida. Está compuesto básicamente por Arena, Grava y Carbón Activo<sup>24</sup>.

Figura 11. Filtros para potabilización aguas pluviales



Fuente: Elaboración de los autores

<sup>24</sup> Ibíd. P 15

Tabla 17 . Materiales que componen el sistema de Filtro para potabilización

<b>PRODUCTO</b>	<b>CANT</b>
SEPARADOR CON Ø 0,69 M Y ESPESOR 2 CM EN MATERIAL PASTA Y ACRÍLICO DE ALTA RESISTENCIA	10
TANQUE 250 lts.	2
ARENA FINA	
ARENA GRUESA	
GRAVA FINA	
GRAVA GRUESA	
PIEDRA	
CARBÓN ACTIVO	

Fuente: Elaboración de los autores

### 5.3 ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

El agua potable se almacena en condiciones adecuadas para que se conserve de igual manera a cómo llega del proceso de potabilización, la idea principal del sistema es ser auto sostenible, por esta razón, el almacenamiento del agua potable lleva un sistema hidráulico conformado por Grifería (Flotador, válvulas, válvula check) con el fin de evitar rebosamientos, manipulación de válvulas para paso de agua y escasez de agua en la vivienda.

La distribución es operada por dos motobombas, una distribuye el agua potable y la otra las aguas grises y jabonosas tratadas dirigidas solo al sanitario de la vivienda; están dos bombas toman la energía del sistema de paneles solares y están ubicadas bajo tierra en una caja de inspección donde están conectadas siempre al sistema eléctrico de la vivienda para que su funcionamiento sea autónomo.

Se diseña un sistema de almacenamiento para una cantidad de 10m<sup>3</sup> de acuerdo a la cantidad de precipitación recogida en el mes, empleando un tanque prefabricado en material sintético especializado para depositar agua potable y conservarla en ese estado.

Este sistema es híbrido ya que en el momento de escasez de agua lluvia, se conecta una tubería del tanque a la acometida de la red pública permutando el sistema diseñado con esta red por medio de una válvula de paso y un sistema check (sistema de válvula) que permite el llenado desde la acometida al tanque de almacenamiento en tiempo de sequía, Es sistema se describe a continuación.

### 5.3.1 Tanque de almacenamiento

Tabla 18. Ficha técnica tanque a emplear 10000 y 250 lts

Atributos	Detalle
Tipo	Tanques
Características	Fácil instalación, con aletas que permite que la tapa permanezca, con aditivo u.v que bloquea los rayos ultravioleta, más resistente a la intemperie.
Capacidad	10000 litros
Material	PVC
Uso	Para almacenamiento de agua
Color	Negro

Fuente: Elaboración de los autores

### 5.3.2 Sistema de llenado

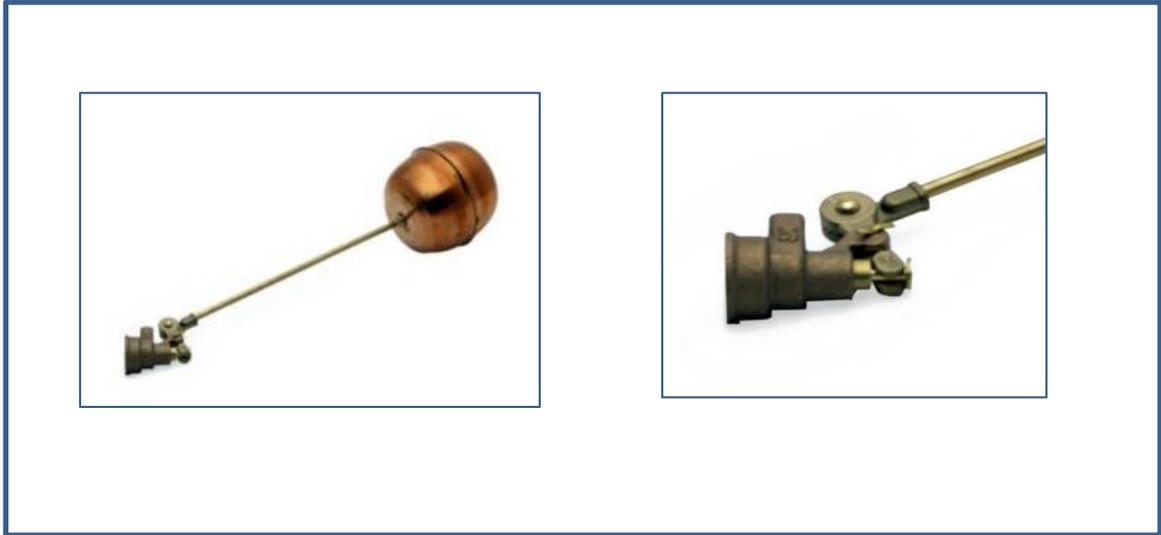
#### 5.3.2.1 Grifería Tanque HELBERT para evitar rebose

Tabla 19. Ficha Técnica Válvula Flotador

Ficha Técnica Válvula Flotador	
Atributos	Detalle
Tipo	Válvula Flotador
Características	Mantiene un nivel constante en el tanque de almacenamiento admitiendo flujo de entrada hacia el tanque en proporción directa al flujo de salida al sistema, con un diámetro en el extremo de la entrada de agua de 3/4"
Uso	Evitar rebosamiento en el tanque.

Fuente: Elaboración de los autores

Figura 12. Válvula Flotador



Fuente: Catalogo HOME CENTER, grifería

Esta válvula mantiene un nivel constante en el tanque de almacenamiento admitiendo flujo de entrada hacia el tanque en proporción directa al flujo de salida al sistema. La válvula de diafragma es operada hidráulicamente. El control piloto de operador tipo disco rotatorio es instalado en el nivel de agua más alto dentro del tanque y conectado con la tubería saliente del filtro. Con los cambios de nivel, el control flotador abre o cierra proporcionalmente la válvula principal, manteniendo el nivel prácticamente constante.

### 5.3.2.2 Válvula CHECK.

Una válvula CHECK es un tipo de válvula que permite fluir en una dirección pero cierra automáticamente para prevenir flujo en la dirección opuesta (contra flujo). Las válvulas CHECK se usan en una gran variedad de locaciones.

Tabla 20. Características válvulas CHECK

**Ficha Técnica Válvula Cheque Hydro Helbert**

Atributos	Detalle
Tipo	Válvula Cheque Hydro Helbert de 1/2"

Características	Válvula cheque hydro cuerpo en bronce, con rosca NPT, sistema de bombeo, tuercas y resortes en Acero Inoxidable
Uso	Proveer agua de la acometida de la red pública al tanque de almacenamiento en caso de poca precipitación.
Aplicación	Instalaciones Hidráulicas, Instalaciones Domiciliarias.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13. Válvula CHECK



Fuente: Catalogo HOME CENTER, grifería

### 5.3.3 Sistema de distribución

#### 5.3.3.1 Motobomba

Se emplean 2 electrobombas de superficie

Tabla 21 . Ficha Técnica Electrobomba Dinamo 0,5H.P

Atributos	Detalle
Tipo	Electrobomba de superficie 0,5H.P
Características	LIMITES DE UTILIZACION: Altura de aspiración manométrica hasta 8 m - Temperatura del fluido hasta + 60°C - Máxima temperatura ambiente hasta + 40°C
Potencia	0.5 H.P

Consumo	220 Volt
Diámetro de succión	1/2"
Diámetro de descarga	1/2"
Alcance máximo	38 m
Alcance mínimo	5 m
Caudal	40 L/min

Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Electrobomba Dinamo 0,5H.P



Fuente: Catalogo HOME CENTER, moto bombas

#### 5.4 SISTEMA DE MANEJO DE AGUAS GRISES Y JABONOSAS

Este sistema realiza un proceso de tratamiento y reutilización de las aguas grises y jabonosas que produce la vivienda, y de esta manera mostrar la importancia de actividades similares para cuidar el agua potable.

Esto ayuda al sistema en su propuesta de ser auto-sostenible, teniendo en cuenta que el volumen del agua potable depende de la precipitación de la zona o posibles sequías inesperadas que se presenten.

Por esta razón se realiza un tratamiento a las aguas grises y jabonosas provenientes del lavadero, lavadora, lava platos y ducha que generan la vivienda en estas zonas por medio de una trampa de grasas cuyo diseño y funcionamiento se especifica a continuación.

#### 5.4.1 Trampa de grasas

La trampa de grasas está diseñada para almacenar la cantidad de litros de agua grises y jabonosas que genera la vivienda, se realiza el cálculo del agua que debe almacenar la trampa de grasas con el consumo promedio de las zonas que van a la trampa (lavadero, lavadora, lava platos y ducha), también se calcula la cantidad de agua que utiliza el inodoro de la vivienda ya que es el único aparato que utiliza el agua saliente de la trampa de grasas.

Tabla 22. Consumo zonas que proveen de aguas grises y jabonosas a la trampa de grasas

<b>APARATO</b>	<b>CONSUMO POR PERSONA/DIA (Lts)</b>	<b>CONSUMO VIVIENDA UNIFAMILIAR 4 PERSONAS/DIA (Lts)</b>
DUCHA	20	80
LAVAPLATOS	4	16
LAVADERO	11	44
LAVADORA	9	36
	TOTAL (Lts)	176
	Total (m <sup>3</sup> )	0,176

Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 23. Consumo zona inodoro

<b>APARATO</b>	<b>CONSUMO POR PERSONA/DÍA (Lts)</b>	<b>CONSUMO VIVIENDA UNIFAMILIAR 4 PERSONAS/DÍA (Lts)</b>
<b>INODORO</b>	28	112
	TOTAL (Lts)	112
	Total (m <sup>3</sup> )	0,112

Fuente: Elaboración de los autores

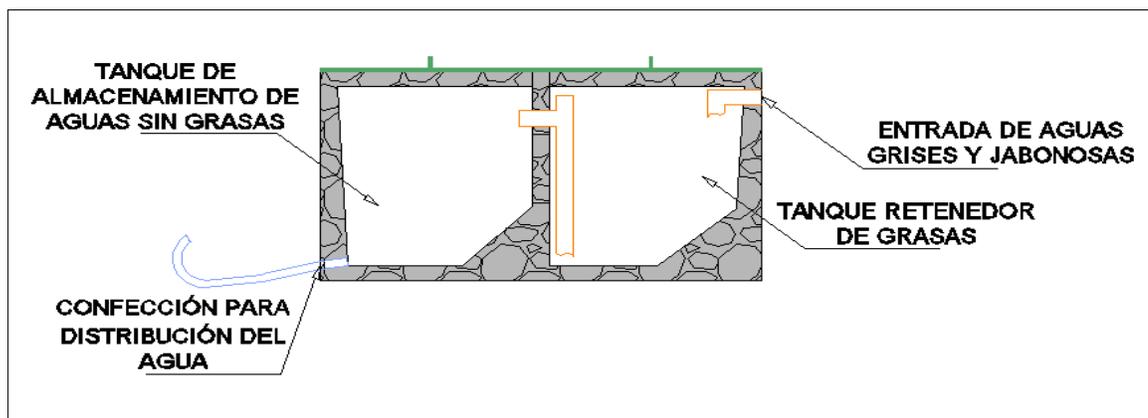
Con los anteriores cálculos se determinan las dimensiones y capacidad del sistema de trampa de grasas

Tabla 24. Ficha técnica trampa de grasas

ÍTEM	DIMENSIÓN UNIDAD DE MEDIDA
ALTO 1	0,70 m
ALTO 2	0,60 m
ANCHO 1	0,72 m
ANCHO 2	0,62 m
LARGO 1	1,28 m
LARGO 2	0,57 m
CAPACIDAD APROX. DE ALMACENAMIENTO	0,212 m <sup>3</sup> y/o 212 Lts
CAPACIDAD APROX. DE AGUA EN TRATAMIENTO	0,212 m <sup>3</sup> y/o 212 Lts

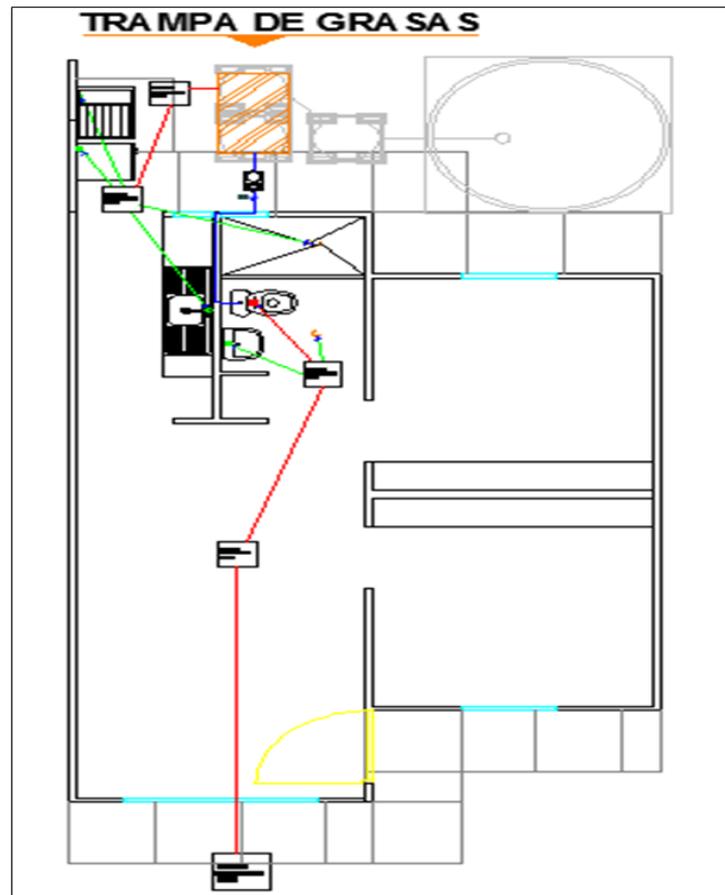
Fuente: Elaboración de los autores

Figura 15. Esquema general trampa de grasas



Fuente: Elaboración de los autores

Figura 16. Localización de la trampa de grasas en la vivienda y esquema de recolección de aguas grises y jabonosas.



Fuente: Elaboración de los autores

Referenciarse en los Anexos del M al S

## 6.SISTEMA GENERADOR DE ELECTRICIDAD POR MEDIO DEL APROVECHAMIENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR.

La producción de energía a través de fuentes renovables contribuye a desarrollar un planeta limpio y sostenible. La sociedad cada vez toma más conciencia de los beneficios tanto medioambientales como económicos que supone la generación de energía limpia.

- Proviene de una fuente inagotable, el sol
- No contamina, no produce emisiones de CO<sub>2</sub> u otros gases
- No precisa de un suministro exterior, no consume combustible, ni necesita presencia de otros recursos como el agua o el viento
- No produce ruidos
- Reduce la dependencia energética de los países
- La mayor producción coincide con las horas de mayor consumo
- Los sistemas son sencillos y fáciles de instalar
- Elevada versatilidad, los sistemas pueden instalarse en casi cualquier lugar y las instalaciones pueden ser de cualquier tamaño
- Las instalaciones son fácilmente modulables, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada fácilmente según las necesidades
- Las plantas apenas requieren mantenimiento y tienen un riesgo de avería muy bajo
- Los módulos tienen larga vida
- Los sistemas resisten condiciones climáticas extremas: granizo, viento, frío.
- Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el sistema de distribución eléctrico no llega o es dificultoso y costoso.
- Fomenta la creación de empleo local
- Atrae inversores
- Mejora su imagen al generar energía no contaminante
- El coste de los componentes disminuye a medida que avanza la tecnología
- Proporciona ahorros económicos<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> SUNEDISON, Ventajas de la energía solar fotovoltaica. [En línea]. Disponible en:<<http://www.sunedison.com.mx/energia-solar-fotovoltaica/ventajas.html>> [Recuperado en agosto 13]

## 6.1 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LOCALIZACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL SISTEMA

Área de la vivienda: 50 m<sup>2</sup>

Ubicación del sistema: Pereira – Risaralda

Radiación solar en Pereira: 4.0 – 4.5 KW/h/m<sup>2</sup>

Horas pico para caso crítico: 5 horas

Consumo de la vivienda prototipo en W/día: 4200 W/día

## 6.2 PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA EL CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

### 6.2.1 Características técnicas de los paneles

Tabla 25. Especificaciones técnicas paneles solares

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Potencia en Watios	(W) 310W
Tensión Máxima potencia Vmp	Vmp 36,91 V
Potencia nominal entre	300W – 350W Eficiencia del Módulo 15,94%
Tipo de Célula del Panel	Mono cristalino
Tensión Circuito Abierto	Voc 45,15 V
Tensión Circuito Abierto	Entre 300W – 350W Voltaje del Panel Solar 24V
C Rígido	
Color del Panel Solar	Blanco y Gris
Dimensiones Panel Solar	Largo x Ancho x Grueso (mm)
Medidas panel solar	1965 x 990 x 40 mm
Peso del Panel solar	24 Kg

Fuente: AUTO SOLAR, especificaciones técnicas

## 6.2.2 Consumo eléctrico de la vivienda

Para definir el área requerida de paneles fotovoltaicos es necesario definir el consumo eléctrico diario en la vivienda prototipo, para esto se tiene en cuenta los aparatos eléctricos que se utilizarán diariamente y un factor de seguridad del 5%; la potencia se obtiene consultando las especificaciones de cada aparato electrónico.

Tabla 26. Consumo diario de energía

ARTEFATOS ELECTRICOS UTILIZADOS	POTENCIA ELECTRICA		CANTIDAD DE ARTEFACTOS	HORAS DE CONSUMO DIARIOS	DIAS DE CONSUMO EN UN MES	CONSUMO AL MES W/h	CONSUMO DIARIO EN W/dia
	Watt	Kw					
Luminarias tipo LED	20	0.02	8	2	30	9600	320
Plancha eléctrica	1000	1	1	0.2	8	1600	200
TV de 20"	100	0.1	1	3	30	9000	300
Tv de 14"	70	0.07	1	3	30	6300	210
DVD	20	0.02	1	2	4	160	40
Equipo de sonido	80	0.08	1	2	15	2400	160
Refrigerador	130	0.13	1	24	30	93600	3120
Licuada	300	0.3	1	0.2	20	1200	60
Horno microondas	1100	1.1	1	0.1	15	1650	110
Bomba empleada en sistema de recolección de aguas	200	0.2	1	3.5	30	21000	700
Computador	300	0.3	1	2	30	18000	600
<b>CONSUMO TOTAL POR MES Y DIARIO</b>						<b>164510</b>	<b>5820</b>

Fuente: Elaboración de los autores

**Consumo total:**

$$CT = CDV + FS$$

Dónde:

CT: Consumo total

CDV: Consumo diario de la vivienda

FS: Factor de seguridad del 5 %

$$CT = 5820 + 291 = 6111w /día = 254 w/h$$

### 6.2.3 Cálculo de energía generada por unidad de panel solar

Se emplearán paneles solares que producen 310 W por hora, para este caso se supone una radiación crítica de 5 horas por día, este dato se toma de acuerdo al criterio del diseñador.

**Producción diaria:**

$$PD = EPP * HR$$

Dónde:

PD: Producción diaria

EPP: Energía producida por los paneles solares

HR: horas diarias de radiación solar

$$PD = 310 w \times 6 h = 1860 w/día \text{ energía alterna}$$

### 6.2.4 Cálculo de número de paneles solares requeridos

El cálculo de unidades requeridas de paneles solares se hace teniendo en cuenta el consumo diario de la vivienda y la producción diaria de energía de los paneles de 310 w

**Número de paneles solares:**

$$NPS = CDV / PD$$

Dónde:

NPS: número de paneles solares

CDV: consumo diario de la vivienda

PD: energía diaria producida

$$NPS = (5820 \text{ w/día}) / (1860 \text{ w/día}) = 4 \text{ paneles solares de } 310 \text{ w}$$

## 6.2.5 Área que ocupan los paneles solares en la cubierta de la vivienda

### 6.2.5.1 Dimensiones de paneles solares de 310 w

Estas dimensiones fueron tomadas de la empresa española Auto solar

Largo: 1.95 m

Ancho: 0.99 m

Peso: 24 kg

Área: 1.93 m<sup>2</sup>

Instalación y localización de los paneles solares

Los paneles solares están ubicados en la cubierta de la vivienda, anclados a la estructura de esta, y se instalan con una pendiente del 4 % y una orientación de oriente a occidente, para mejorar su eficiencia.

**Área total de los paneles solares:**

$$ATP = NPS * AUP$$

Dónde:

ATP: Área total de los paneles solares

NPS: Número de paneles solares

AUP: Área por unidad de panel solar

$$ATP = 4 * 1.93 \text{ m}^2 = 7.72 \text{ m}^2$$

Con lo anterior se puede definir que el peso total de los paneles solares es de 72 Kg

### 6.2.6 Cálculo de número de baterías

Para el cálculo del número de baterías necesarias para el sistema de paneles de energía fotovoltaica se tiene en cuenta baterías de 24 V, 300 A/h y un factor de seguridad de autonomía de 4 días.

**Numero de baterías:**

$$NB = (CT \cdot FS) / (VB \cdot AB)$$

Dónde:

NB: Numero de baterías

CT: Consumo total de la vivienda

FS: Factor de seguridad (días de autonomía)

VB: Voltaje de la batería

AB: Amperios de la batería

$$NB = (5820 \cdot 4) / (24 \cdot 300) = 3.23 = 4 \text{ Baterías de 24 V 300 A/h}$$

- Si en el mercado no se encuentran disponibles las baterías de 24 V se pueden utilizar 6 de 12 V.

### 6.2.7 Cálculo del regulador

Para la selección del regulador de carga es necesario calcular cuál es la máxima corriente que debe soportar, tanto en la entrada como en su salida.

Para el cálculo de la máxima corriente de entrada al regulador ( $I_{Re}$ ), que proviene de los módulos fotovoltaicos, se emplea la siguiente expresión:

$$I_{Re} = 1,25 \cdot I_{SC} \cdot N_{paralelo}$$

Dónde

$I_{SC}$ : intensidad de cortocircuito del módulo fotovoltaico seleccionado ISF-255, de valor  $I_{SC} = 8,92 \text{ A}$  (CEM).

Nparalelo: número de ramales de paneles solares dispuestos en paralelo del generador fotovoltaico que se va a instalar, siendo en este caso, 5.

1,25: es un factor de seguridad para evitar daños ocasionales al regulador. Sustituyendo en la expresión del cálculo de la intensidad de entrada al regulador (IRE) los valores anteriores, resulta el siguiente resultado:

$$IRE = 1,25 \cdot ISC \cdot Nparalelo = 1,25 \cdot 8,92A \cdot 4 = 44.6 A$$

Por otro lado, para el cálculo de la máxima corriente esperada a la salida del regulador (IRs), es decir, del lado del consumo de la instalación interior de la vivienda, se emplea la siguiente expresión:

$$IRs = \frac{1,25 \cdot (PDC + PAC / \eta_{inv})}{V_{BAT}}$$

Dónde:

PDC: potencia de las cargas en corriente continua (o corriente directa) que haya que alimentar.

PAC: es la potencia de las cargas en alterna.

$\eta_{inv}$ : rendimiento del inversor, en torno al 96%.

$V_{BAT}$ : tensión de trabajo de la batería de acumulación (24V).

En esta ocasión, el consumo eléctrico de la vivienda se realiza sólo en corriente alterna, siendo la potencia máxima prevista de consumo (PAC) de 1550 W, por lo que la corriente de salida del regulador a calcular:<sup>26</sup>

$$IRs = \frac{1,25 \cdot (1.860 / 0,96)}{24}$$

---

<sup>26</sup> INGEMECANICA, 2011 Tutorial No 192 Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda. [En línea], Disponible en <<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>>[Recuperado el 26 de agosto del 2015]

$$I_{Rs} = 100.9 \text{ A}$$

De acuerdo a los resultados, el regulador que se seleccione deberá soportar una corriente, como mínimo de 56 Amperios en su entrada y 78 Amperios en su salida.

### 6.2.8 Cálculo del inversor

A la hora de dimensionar el inversor adecuado, además de conocer la tensión de servicio de la batería, como tensión de entrada en corriente continua y de la potencia demandada por las cargas, se hace necesario calcular también la tensión y corriente generada en el punto de máxima potencia de funcionamiento de los paneles solares.

Para el cálculo de la tensión de máxima potencia que ofrece el generador fotovoltaico (VMP total), ésta se obtiene multiplicando el valor de la tensión de máxima potencia (VMP) de cada panel por el número de paneles conectados en serie (Nserie) en cada ramal del generador:

$$VMP_{total} = VMP \cdot N_{serie}$$

Dónde:

$$VMP = 36,91 \text{ V (ver ficha técnica del panel solar)}$$

Nserie = 1 panel por ramal, para la configuración obtenida, por lo que resulta:

$$VMP_{total} = 36,91 \cdot 1 = 36,91 \text{ V}$$

Por otro lado, para el cálculo de la corriente que suministra el generador fotovoltaico cuando proporciona la máxima potencia (IMPtotal), ésta vendrá dada al multiplicar la intensidad de corriente máxima (IMP) en el punto de máxima potencia o potencia pico del módulo instalado por el número de paneles colocados en paralelo (Nparalelo) o ramales, es decir,

$$IMP_{total} = IMP \cdot N_{paralelo}$$

Dónde

$$IMP = 8,92 \text{ A (ver ficha técnica del panel solar)}$$

Nparalelo = 4 paneles o ramales, para la configuración obtenida, por lo que la anterior expresión resulta:

$$IMP_{total} = 8.92 \cdot 4 = 35.68 \text{ A}$$

En cuanto a la potencia nominal del inversor, se tiene en cuenta que éste debe satisfacer la potencia máxima prevista de consumo instantáneo (PAC) de 1550 W, que constituye el consumo de la vivienda, incrementado al menos un 35% para contabilizar los "picos de arranque" que generan algunos electrodomésticos, como frigoríficos o lavadoras, que hacen aumentar su potencia nominal durante su puesta en marcha. En este caso la potencia nominal del inversor ( $P_{inv}$ ) debe ser la calculada por la siguiente expresión:

$$P_{inv} = 1,35 \cdot PAC$$

Para el caso que nos ocupa la potencia máxima prevista en corriente alterna de las cargas de consumo instantáneo de la vivienda es de 1860 W, por lo que la potencia nominal del inversor deberá ser de:

$$P_{inv} = 1,35 \cdot 1860 = 2511 \text{ W (2511 VA)}$$

El inversor seleccionado que cumple con los condicionantes anteriores pertenece a la gama Tauro, de la marca ATERSA, concretamente el modelo 3024/V.<sup>27</sup>

### **6.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DISEÑO DEL SISTEMA**

Después de calcular los anteriores parámetros del sistema, este se encuentra listo para ser integrado a la vivienda y tendrá los siguientes componentes técnicos.

---

<sup>27</sup> INGEMECANICA, 2011 Tutorial No 192 Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda. [En línea], Disponible en <<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorial192.html>>[Recueprado en 26 de agosto del 2015]

Tabla 27. Componentes del sistema paneles solares

<b>COMPONENTE DEL SISTEMA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>ESPECIFICACIONES DE INSTALACIÓN</b>
<b>PANELES</b>	4	Estarán ubicadas en la cubierta con una pendiente del 4%
<b>BATERÍAS</b>	4	Ubicados entre el cielo falso y la cubierta en el cuarto de maquinas
<b>REGULADORES 26.8 A</b>	1	Ubicados entre el cielo falso y la cubierta en el cuarto de maquinas
<b>INVERSOR 2137 VA</b>	1	Ubicados entre el cielo falso y la cubierta en el cuarto de maquinas

Fuente: INGEMECÁNICA, 2011

- El sistema debe estar conectado a toda la red eléctrica de la vivienda.
- El sistema está diseñado para suplir la demanda de energía eléctrica de los aparatos contemplados en el cuadro de consumo, por lo tanto se pueden efectuar las actividades de consumo eléctrico del hogar.
- El sistema es 100 % auto sostenible, esto permite que no se genere consumo de la red pública de energía.
- Como un plus de este sistema, aquellos excedentes de energía se pueden vender al sistema normal de energía

Referenciarse en los Anexos. T al W

## **7. DISEÑO DE UN BIO-DIGESTOR PARA LA GENERACIÓN DE BIO-GAS**

Se realiza en este apartado, una descripción general de lo que es y cómo funciona un Bio-digestor, las características que debe tener en cuenta según la zona de localización del proyecto y todos los aspectos técnicos fundamentales para que el diseño de este sea correcto y funcional.

Se cita una serie de recomendaciones, datos y experiencias que sirven para el diseño de un Bio-digestor cuando este proyecto se estructure en conjunto con varias viviendas auto-sostenibles, ya que solo así es sustentable, ya no es viable realizar un bio-digestor para una sola vivienda.

A continuación se describen todas las características técnicas y físicas que se deben tener en cuenta para el diseño de un Bio-digestor, aprovechamiento de la materia orgánica y lo más importante que el Bio-gas producido sea inflamable, y pueda suplir las necesidades en un 100% de los hogares y comunidad.

### **7.1 BIO-DIGESTOR**

De acuerdo a la zona y localización (Pereira-Risaralda-Colombia) se establece y recomienda que el mejor tipo de Bio-digestor es el tubular de plástico, las razones son su economía en inversión, su flexibilidad y resistencia a los movimientos sísmicos muy amenazantes y constantes en nuestra zona, estas son las razones más relevantes por el cual se determina este tipo de reactor para el bio-digestor que se plantea en el proyecto.

Un bio-digestor tubular de plástico funciona con un desplazamiento horizontal de la carga introducida, esto quiere decir que tiene una forma alargada de tubo como su nombre lo indica en una relación más largo que ancho, cuenta con una entrada de carga y en el extremo opuesto una bocatoma de salida de materia orgánica digerida y estable, que sirve de abono para trabajos en el campo (tierra), y en el centro y parte superior del reactor una válvula de seguridad la que permite tener una presión más o menos constante dentro del reactor para evitar la entrada de oxígeno cuando el gas no está siendo utilizado, el reactor funciona de manera ANAERÓBICA para realizar el proceso de digestión y fermentación esto quiere

decir que se debe garantizar la ausencia del oxígeno dentro del bio-digestor siempre<sup>28</sup>.

## 7.2 TIPOS DE BIO-DIGESTORES

BIO-DIGESTOR TIPO CHINO O DE CÚPULA FIJA

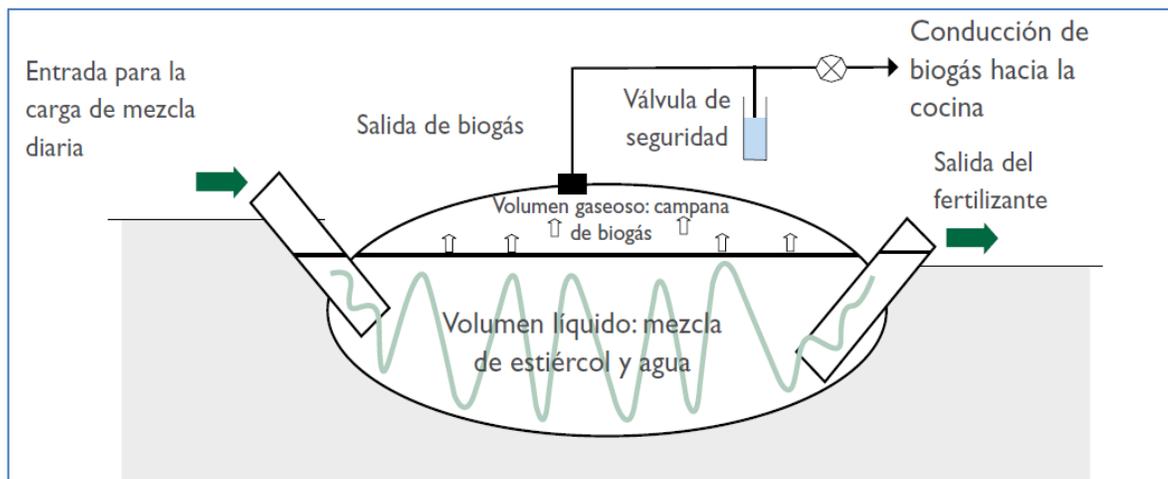
BIO-DIGESTOR TIPO INDÚ O DE CÚPULA FLOTANTE

BIO-DIGESTOR TIPO MEDIA BOLSA

BIO-DIGESTOR TIPO TAIWÁN O TUBULAR O “SALCHICHA”

Este biodigestor (véase figura 17.) de material sintético como polietileno (PE) o geo membrana de PVC tiene una forma tubular horizontal y está semienterrado, es decir que está colocado en una zanja. El flujo de materia es horizontal: la mezcla se desplaza horizontalmente de la entrada de la carga a la salida de biol. Es apreciado por su facilidad de operación y su bajo costo, pero su vida útil es más corta que la de los biodigestores de ladrillas o concreto: hasta 5 años en el caso de plástico PE y 10 años con geomembrana de PVC (la geomembrana es más costosa que el PE)<sup>29</sup>.

Figura 17. Esquema básico del Biodigestor tubular y del inicio de la conducción del Biogás hacia la cocina



Fuente: Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares.

<sup>28</sup> FORGET, Astrid. 2011. Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares. [En línea]. Disponible en <<http://www.astridforget.com/wp-content/uploads/2015/01/Manual-t%C3%A9cnico-y-difusi%C3%B3n-AF-biodigestores-VF-110617.pdf>>.

[Citado el: 13 de Mayo de 2015.] p. 13

<sup>29</sup> Ibid. p.12

Un bio digestor es un depósito que permite la fermentación de la materia orgánica de manera anaerobia produciendo biogás y estabilizando la materia procesada biológicamente; tiene varias zonas, a saber: a) zona de retención de materia orgánica; b) zona de almacenamiento del biogás generado; c) zonas de cargue y descargue<sup>30</sup>.

El biogás es un gas combustible producido por bacterias en el proceso de biodegradación de material orgánico en condiciones anaeróbicas, es decir, sin oxígeno. Es una mezcla de gases en donde predomina el metano y el dióxido de carbono. La producción de biogás a través de la digestión anaeróbica depende de las características y tipo de la materia orgánica, así como de la cantidad de la misma. En términos generales, el biogás puede ser obtenido de las aguas residuales orgánicas y de residuos orgánicos sólidos, como el estiércol, desechos de pastos o desechos rurales y urbanos (basura). La tecnología utilizada para convertir los residuos sólidos y líquidos en biogás es el biodigestor, que es donde ocurren los procesos de fermentación anaeróbica referidos arriba. Las variables más importantes en la producción de biogás, son el tipo de sustrato o nutrientes disponibles, la temperatura del sustrato, la carga volumétrica, el tiempo de retención, el grado de mezclado y la presencia de inhibidores del proceso<sup>31</sup>.

---

<sup>30</sup> LÓPEZ, M. German, biodigestión anaerobia de residuos sólidos urbanos: Alternativa energética y fuente de trabajo. [En línea]. Disponible en <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/6187/7711>. [Recuperado en [ Julio 18 del 2015]

<sup>31</sup> HURIEL, Jorge y otros, 2011, Proyecto sobre comercialización y producción de biodigestores para su implementación en el sector agrícola de la provincia del Guayas[En línea] Disponible en < <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16117>> Recuperado en [Agosto 13 del 2015]

### 7.3 INFORMACIÓN TÉCNICA Y ASPECTOS PARA EL DISEÑO DE BIO-DIGESTOR QUE SE RECOMIENDA EN EL PROYECTO.

Cuadro 1. Componentes del biodigestor tubular

componente	Opcional	Definición y/o uso
<b>Reactor</b>	No	Es sencillamente una bolsa de plástico, donde se desarrolla el proceso de digestión, que suele ser de PE o geomembrana de PVC; esta es más sólida y por tanto más cara que el PE
<b>Invernadero</b>	Si	En regiones frías (sierra alta y altiplano) es imprescindible ponerlo para aumentar la temperatura del reactor y garantizar que su interior no hele. Además el invernadero, o carpa solar, protege el plástico del reactor de los dañinos rayos solares UV. Se sujeta el plástico a tapiales mediante palos y ligas.
<b>Tuberías</b>	No	De PVC, conducen el gas del reactor a la cocina o a la instalación que usa el gas.
<b>Válvulas</b>	No	En varios sitios de tuberías se ponen válvulas. La más importante es la válvula de seguridad, que garantiza una presión más o menos constante en el reactor, impidiendo así que se dañe si el biogás no es utilizado durante un cierto tiempo, y que impide que el aire entre al biogás
<b>Reservatorio</b>	No	Almacena el biogás producido. Se encuentra cerca de la cocina (o de cualquier instalación que hace uso del biogás) y se debe poder de tal manera que sea fácil ponerle presión
<b>Cocina</b>	Si	Si el biogás es utilizado para cocinar, hay que instalar una cocina, que pueda ser de metano (en general una cocina a gas de bombona adaptada al biogás) o de arcilla con un quemador metálico.
<b>Manómetro</b>	Si	Puede ser construido artesanalmente, sirve para controlar la producción de biogás

Fuente: Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares. p.14

En la anterior tabla se presentan los componentes del **biodigestor** tubular, adicional a esto para la recomendación y mayor eficiencia del **biodigestor** se

recomienda instalar este en una zanja con un aislante térmico para evitar la humedad y cambios de temperatura de la tierra, también para generar mayor temperatura construir un invernadero o similar esto ayuda con una fermentación más rápida del lodo dentro del reactor.

### 7.3.1 Medidas físicas

No hay muchas medidas físicas que hacer. Sólo se debe conocer la temperatura del medio ambiente, o sea el tipo de región donde se instalará el biodigestor (sierra alta o altiplano, valle, trópico). El trópico es el medio natural del biodigestor, ya que la temperatura de trabajo ideal puede ser alcanzada fácilmente en esas regiones. La difusión de los biodigestores empezó en países tropicales; la mayor temperatura implica menor tiempo de retención, por tanto menor tamaño del biodigestor y menores costos.

Tabla 28. Temperaturas según el tipo de regiones

REGIÓN	TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA DE TRABAJO	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)
<b>Altiplano o sierra alta</b>	-12 a 20 C	6 -16 C (Con invernadero)	2900-4500
<b>Valle</b>	5 -30 C	15-30 C	1800-2900
<b>Trópico</b>	13-38 C	25-30 C	0-1800

Fuente: Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares. p.15

### 7.3.2 Proceso de digestión

Durante una digestión anaerobia, las bacterias digieren la materia orgánica (estiércol o residuos vegetales). De esta digestión, que se hace en 3 etapas (como 3 pequeñas digestiones), salen 2 productos interés que son:

- El biogás: gas compuesto de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S y otros. El metano (CH<sub>4</sub>) se puede quemar y por tanto el biogás se puede utilizar para cocinar.
- El biol: es un fertilizante orgánico líquido, con muy buenas propiedades para los cultivos.

Condiciones para que se desarrolle la digestión anaerobia:

- Ausencia de aire
- Temperatura elevada (mayor eficiencia en rangos de 30-40°C y 50-70°C)
- PH entre 6.5 y 7.5
- Buena proporción de carbono y de nitrógeno en la materia a digerir<sup>32</sup>

### 7.3.3 Propiedades del estiércol

El estiércol de cerdo y el humano son los que producen más biogás, pero como no son herbívoros el biol que producen es muy ácido, y en el caso humano tiene patógenos (coliformes), lo que limita su uso.

El estiércol de vaca es el más equilibrado, con todas las bacterias necesarias al proceso de digestión; además es el animal que produce las cantidades más grandes, lo que da más facilidad para hacer la recogida.

El estiércol de cuy parece también ser una buena posibilidad, porque el biogás generado contiene más metano que con el estiércol de vaca, o sea más horas de cocina; pero como es un estiércol duro que no se mezcla bien con el agua, es recomendable preparar un pre compost para aumentar la humedad.

Tabla 29. Características del estiércol según el origen del estiércol

Origen del estiércol	kg estiércol /día*	Características cualitativas
Cerdo	4	Produce mucho biogás
		Biol muy alto
		Digestión demora más que para el estiércol de vaca (9)
Vacuno	8	Estiércol equilibrado
		Cada animal produce mucho estiércol: más fácil recogerlo
		Proporción de CH, en el biogás: 45-55% (10)
Caprino, Ovino	4	
Conejo, Cuy	3	Produce biogás con gran proporción de CH <sub>4</sub> (60-70%) (10)

<sup>32</sup>FORGET, Astrid. 2011. Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares. [En línea]. Disponible en <<http://www.astridforget.com/wp-content/uploads/2015/01/Manual-t%C3%A9cnico-y-difusi%C3%B3n-AF-biodigestores-VF-110617.pdf>>. [Citado el: 13 de Mayo de 2015.] p. 10

Origen del estiércol	kg estiércol /día*	Características cualitativas
		Se recomienda preparar compost con el estiércol para que sea más fácil de utilizar
Equino	7	
Humano Adulto	0,4 Kg por adulto	Produce mucho biogás Biol muy ácido y con coliformes
Humano Niño	0,2 Kg por niño	Produce mucho biogás Biol muy ácido y con coliformes

Fuente: Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares. p.16

\*producido por cada 100 Kg de peso animal

### 7.3.4 Producción de biogás

El estiércol fresco de cualquier ser vivo contiene una proporción de sólidos volátiles y sólidos totales, se define a sólidos volátiles todos aquellos que a una temperatura de 100°C a 105°C pasan a estado gaseoso y sólidos totales los que necesitan de 600°C para pasar a este estado, en el caso del estiércol por lo general se conforma en un 17% de sólidos totales y en un 77% de sólidos volátiles.

Entonces si conocemos el volumen de estiércol introducido al reactor podremos calcular el volumen de biogás que produce el biodigestor.

## 7.4 EL RECICLAJE INTEGRAL COMO SOLUCIÓN PARA LA GENERACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

Algunos expertos en el tema proponen soluciones acordes con el nivel de desarrollo de países como los latinoamericanos; una de ellas es el reciclaje integral, el cual consiste en la recuperación de cada uno de los diferentes tipos de residuos, estimando que entre el 70% al 90% de los materiales desechados son recuperables.

Los diferentes compuestos de los RSU se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Materia orgánica, representada en los desechos de alimentos y parte de los desechos de jardín, los cuales se consideran material biodegradable a corto plazo, porque la naturaleza “puede asimilarlos” rápidamente Plásticos y caucho, o material biodegradable a largo plazo.
- Papel, cartón, madera y cueros, o material biodegradable a mediano plazo. Textiles, desechos de construcción (vidrio, cerámica, ladrillo, cenizas y minerales) y otros como huesos, material inerte, metales, etc.

La materia orgánica biodegradable a corto plazo puede ser transformada por la naturaleza, pero también aprovecharse como generadora de biogás, o como biomasa para gasificación<sup>33</sup>.

## 7.5 CONCLUSIONES DEL OBJETIVO #4

Anteriormente se relacionaron y explicaron todas las características técnicas y conceptuales que se deben tener en cuenta para el diseño y puesta en marcha de un biodigestor.

Se concluye que si se trata del diseño de una sola vivienda es imposible aplicarlo para nuestro proyecto, desde el punto de vista de carga orgánica y producción de biogás que es el producto que necesita del biodigestor para continuar con la propuesta de una vivienda AUTO-SOSTENIBLE.

La propuesta del biodigestor es realizarlo en un proyecto multifamiliar es decir un conjunto de varias viviendas auto-sostenibles y con esto aplicar un plan de manejo del reciclaje integral en el proyecto.

Adicionalmente con la materia orgánica separada y seleccionada en la actividad del reciclaje integral se sumaría la carga de los desechos orgánicos humanos manejados para llevarlos al biodigestor y con todo esto realizar el cálculo de cuantas viviendas se necesitan para producir suficiente biogás y de esta manera generar un proyecto multifamiliar AUTO-SOSTENIBLE.

---

<sup>33</sup> LÓPEZ, M. German, biodigestión anaerobia de residuos sólidos urbanos: Alternativa energética y fuente de trabajo. [En línea]. Disponible en <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/6187/7711>. [Recuperado en [ Julio 18 del 2015]

## 8. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

### 8.1 PRESUPUESTO VIVIENDA PROTOTIPO

Presupuestos preliminares que incluyen estudios previos, cimentación y estructuras

Tabla 30. Presupuesto vivienda prototipo

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	VR. UNIT	VR. TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				<b>159.000,00</b>
1.1	Revisión de diseño y localización replanteo de la vivienda	M <sup>2</sup>	53	640	33.920,00
1,2	Desmante y descapote del área	M <sup>2</sup>	53	2.360	125.080,00
<b>SUBTOTAL PRELIMINARES</b>					<b>159.000,00</b>
<b>2</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>				<b>5.210.804,00</b>
2.1	Exacciones para viga de cimentación	M <sup>3</sup>	10,938	10.112	110.605,00
2.2	Viga de cimentación 0.3 m x 0.3 m	M <sup>3</sup>	5,47	253.354	1.385.846,00
2.3	Solado de limpieza	M <sup>2</sup>	18,23	22.299	406.511,00
2.4	Acero de refuerzo	KLS	1143	2.894	3.307.842,00
<b>SUBTOTAL CIMENTACIÓN</b>					<b>5.210.804,00</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURA</b>				<b>37.849.807,52</b>
3.1	concreto viga de amarre	M <sup>3</sup>	1,904	253.354	482.386,02
3.2	Concreto columnas	M <sup>3</sup>	2,04	253.354	516.842,16
3.3	Concreto losa	M <sup>3</sup>	5,484	253.354	1.389.393,34
3.4	Malla electro soldada	KLS	680	3.379	2.297.720,00
3.5	Acero de refuerzo	KLS	859	2.894	2.485.946,00
3,6	Ladrillo farol estructural	M <sup>2</sup>	1020	30.076	30.677.520,00
<b>SUBTOTAL ESTRUCTURA</b>					<b>37.849.807,52</b>
<b>4</b>	<b>CUBIERTA</b>				<b>2.520.580,00</b>
4.1	PERFIL ABIERTO HR C100 x 50 mm -2,0 MM C.16	ML	42	16.282	683.844,00
4.2	TEJA SÚPER TERMO ACÚSTICA TECHO-LINE	UND	34	19.959	678.606,00
1.1	CANAL AMAZON 3M BLANCA PAVCO	UND	6	34.829	208.974,00
4.4	FLANCHE LAMINA ALUMINIO .7 MM	ML	10	32.424	324.240,00
4,5	ALFAJÍA CONCRETO A=8-10 CM	ML	32	18.149	580.768,00
4.5	CAPACETE GALV 1"	UND	13	3.396	44.148,00

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	VR. UNIT	VR. TOTAL
<b>SUBTOTAL CUBIERTA</b>					<b>2.520.580,00</b>
<b>5</b>	<b>APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS</b>				<b>2.518.498,00</b>
5,1	LAVAMANOS COLGAR PEDESTAL LÍNEA ECONÓMICA	UND	1	78.754	78.754,00
5.2	SANITARIO LÍNEA ECONÓMICA [ACUACER]	JGO	1	189.943	189.943,00
5.3	DUCHA MEZCLADORA L. PISCIS (E)	UND	1	69.196	69.196,00
5.4	GRIFO MEZCLA. LAVAPLATOS 8" L. PISCIS (E)	UND	1	150.331	150.331,00
5.5	LLAVE TERMINAL CROMADA LIVIANA	UND	1	31.544	31.544,00
5.6	REJILLA SOSCO 3"X 2" ALUMINIO	UND	1	11.651	11.651,00
5.7	LAVADERO PREF GRANITO PULIDO 100 X 60 CM	UND	1	64.314	64.314,00
5.8	ENCHAPE CERÁMICA SUP COCINA, LAVADERO Y DUCHA	M <sup>2</sup>	22	34.503	759.066,00
5.9	TUBERÍA SANITARIA 4"	ML	8,84	22.127	195.603,00
5.10	TUBERÍA SANITARIA 2"	ML	7,21	18.456	133.068,00
5.11	CAJAS DE PASO 40 CM * 40 CM	UND	4	100.540	402.160,00
5.12	CAJA DE PASO CONCRETO 60 X60 CM	UND	1	135.318	135.318,00
5.13	LAVAPLATOS A. INOX. 50 X 100 CM ESCURRIDERO	UND	1	153.634	153.634,00
5.14	BAJANTE AGUAS LLUVIAS PVC 3"	ML	13,43	10.716	143.916,00
<b>SUBTOTAL APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS</b>					<b>2.518.498,00</b>
<b>6</b>	<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>				<b>306.040,00</b>
6,1	TUBERIA DE 1/2 "	ML	18,6	3.627	67.462,00
6,2	CODO 90 PRESION PVC ,1/2"	UND	4	705	2.820,00
6,3	TEE PRESION PVC ,1/2"	UND	8	809	6.472,00
6,4	SOPORTE CANAL METAL AMAZONAS PAVCO	UND	20	3.973	79.460,00
6,5	UNION BAJANTE CANAL AMAZONAS PAVCO	UND	6	12.820	76.920,00
6,6	UNION CANAL AMAZONAS PAVCO	UND	6	12.151	72.906,00
<b>SUBTOTAL SISTEMA HIDRÁULICO</b>					<b>306.040,00</b>
<b>7</b>	<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>				<b>3.903.397,00</b>
7,1	CABLE COBRE THWN # 4	ML	112,385	14.094	1.583.954,00
7,2	TUBO PVC ,3/4"	ML	60,52	3.882	234.939,00
7,3	ACOM.E. 2F(2# 10+1#10) ,3/4"	ML	1	17.307	17.307,00
7,4	SAL LAMP (C/T/A:2#12+1#14 +PLAFON+LAMP LED)	UND	10	52.059	520.590,00

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	VR. UNIT	VR. TOTAL
7,5	SAL SWITCHE SENCILLO	UND	5	34.012	170.060,00
7,6	SAL SWITCHE (A:2#12/ST)	UND	3	39.270	117.810,00
7,7	SAL TOMA 2F DOBLE	UND	13	27.876	362.388,00
7,8	BREAKER 2F DESDE 70 HASTA 100 AMP	UND	8	86.433	691.464,00
7,9	TABLERO 2F 8 CTOS TQCP	UND	1	163.853	163.853,00
7,10	CABLE COBRE DESNUDO #2/0	ML	1	41.032	41.032,00
<b>SUBTOTAL SISTEMA ELÉCTRICO</b>					<b>3.903.397,00</b>
<b>8</b>	<b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>				<b>1.251.613,00</b>
8,1	PUERTAS	UND	3	197.867	593.601,00
8,2	VENTANAS	UND	4	164.503	658.012,00
<b>SUBTOTAL CARPINTERÍA METÁLICA</b>					<b>1.251.613,00</b>
<b>VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>53.719.739</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>53.719.739</b>
ADMINISTRACIÓN				12,00%	6.446.369
IMPREVISTOS				3,00%	1.611.592
UTILIDAD				10,00%	5.371.974
<b>TOTAL AIU</b>				<b>25,00%</b>	<b>13.429.935</b>
<b>IVA SOBRE LA UTILIDAD</b>				<b>16,00%</b>	<b>859.516</b>
<b>VALOR TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>68.009.190</b>

Fuente: Elaboración de los autores

## 8.2 PRESUPUESTO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS, GRISES Y JABONOSAS

Tabla 31. Presupuesto sistema de tratamiento de aguas lluvias, grises y jabonosas

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
<b>1</b>	<b>SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS</b>				<b>907.976,00</b>
1.3	TAPA EXTERNA DERECHA AMAZON PAVCO	UND	2	5.703	11.406,00
1.4	TAPA EXTERNA IZQUIERDA AMAZON PAVCO	UND	2	5.703	11.406,00
1.5	CODO 90 X 2 CXC SANITARIA PAVCO	UND	10	19.177	191.770,00
1.6	CODO 90 X 3 CXC SANITARIA PAVCO	UND	10	46.356	463.560,00
1.7	FIJACIÓN CUBIERTA FORTE ROJO	UND	1	12.820	12.820,00
1.8	TEE 3 SANITARIA DURMAN	UND	4	53.598	214.392,00
1.11	ADAPTADOR MACHO 3/4 PRESIÓN PAVCO	UND	1	2.622	2.622,00
<b>SUBTOTAL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS</b>					<b>907.976,00</b>

ÍTE M	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
<b>2</b>	<b>SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS</b>				<b>2.935.765,00</b>
2.1	TANQUE 250 LTS COLEMPAQUES	UND	3	518.804	1.556.412,00
2.2	MURO BLOQUE CEMENTO 12 x19x 25	M²	4,72	29.399	138.763,00
2.3	ACERO REFUERZO LONGITUDINAL F'y 420 3/8"	KGS	158,4	2.894	458.410,00
2.4	MALLA ELECTRO SOLDADA F'y 420 PARA ANCLAJE DE COLUMNAS SOPORTE FILTROS	KGS	120	3.379	405.480,00
2.5	CARBÓN ACTIVADO	KGS	50	7.534	376.700,00
	<b>SUBTOTAL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS</b>				<b>2.935.765,00</b>
<b>3</b>	<b>SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN AGUAS LLUVIAS</b>				<b>2.527.120,00</b>
3.1	TANQUE COLEMPAQUES CAP. 10 m³	UND	1	582.194	582.194,00
3.2	ELECTROBOMBA DINAMO 0,5HP	UND	2	874.809	1.749.618,00
3.3	ADAPTADOR MACHO 1 PRESIÓN PAVCO	UND	3	2.622	7.866,00
3.4	ADAPTADOR MACHO 1/2 PRESIÓN PAVCO	UND	2	2.622	5.244,00
3.5	CHEQUE 1/2 x 125 Psi HORIZONTAL HELBERT	UND	1	30.294	30.294,00
3.6	GRIFERÍA TAQUE 3/4 HELBERT	UND	2	34.220	68.440,00
3.7	VÁLVULA CORTINA 1/2 x 200 Psi R-White HELBERT	UND	2	41.732	83.464,00
	<b>SUBTOTAL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN AGUAS LLUVIAS</b>				<b>2.527.120,00</b>
<b>4</b>	<b>SISTEMA TRATAMIENTO AGUAS GRISES Y JABONOSAS</b>				<b>456.882,00</b>
-	TRAMPA GRASAS CONCRETO 3.100 PSI	UND	1	456.882	456.882,00
	<b>SUBTOTAL SISTEMA TRATAMIENTO AGUAS GRISES Y JABONOSAS</b>				<b>456.882,00</b>
	<b>VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>6.827.743</b>
	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>6.827.743</b>
	ADMINISTRACIÓN			15,00%	1.024.161
	IMPREVISTOS			3,00%	204.832
	UTILIDAD			10,00%	682.774
	<b>TOTAL AIU</b>			<b>28,00%</b>	<b>1.911.767</b>
	<b>IVA SOBRE LA UTILIDAD</b>			<b>16,00%</b>	<b>109.244</b>
	<b>VALOR TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>8.848.754</b>

Fuente: Elaboración de los autores

### 8.3 PRESUPUESTO SISTEMA PANELES SOLARES

Tabla 32. Presupuesto sistema paneles solares

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
<b>1,1</b>	<b>SISTEMA PANELES SOLARES</b>				<b>15.181.119,00</b>
1,1	PANELES SOLARES 310 W	UND	4	1.094.745	4.378.980,00
1,2	BATERÍAS 24 V 310 A/h	UND	4	1.522.362	6.089.448,00
1,3	INVERSOR 2137 VA	UND	1	7.314.745	7.314.745,00
1,4	REGULADOR 26.8	UND	1	15.053	15.053,00
	<b>SUBTOTAL SISTEMA PANELES SOLARES</b>				<b>17.798.226,00</b>
	<b>VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>17.798.226</b>
	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>17.798.226</b>
	ADMINISTRACIÓN			15,00%	2.669.734
	IMPREVISTOS			8,00%	1.423.358
	UTILIDAD			3,00%	533.947
	TOTAL AIU			26,00%	4.627.539
	IVA SOBRE LA UTILIDAD			16,00%	85.432
	<b>VALOR TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>22.511.197</b>

Fuente: Elaboración de los autores

### 8.4 TOTAL DE PRESUPUESTOS

Tabla 33. Presupuestos totales

DESCRIPCIÓN	VALORES
VALOR TOTAL VIVIENDA UNIFAMILIAR PROTOTIPO	\$ 64.561.978,00
VALOR SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS, GRISES Y JABONOSAS	\$ 8.848.754,00
VALOR SISTEMA GENERADOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 22.511.197,00
<b>VALOR TOTAL SISTEMAS</b>	<b>\$ 31.359.951,00</b>
<b>VALOR TOTAL DE LA INVERSIÓN</b>	<b>\$ 95.921.938,00</b>

Fuente: Elaboración de los autores

La inversión requerida para la puesta en marcha de un sistema integral de autogeneración de energía y sistema de tratamiento de agua; en beneficio de los hogares tiene un costo de \$31.359.951; Inversión que si se compara en términos de cancelación de servicios públicos domiciliarios, mensuales se calcula que con lo que se cancela en un hogar promedio mensual por agua y energía de \$200.000, esta inversión sería recuperada en un periodo entre 10 y 13 años.

Si se piensa que estos sistemas sean integrados en procesos de construcción en planes de vivienda este costo podría incluirse en el costo de la vivienda, siendo parte integral de la oferta, en este sentido se lograrían costos inferiores por fabricación en escala y negociación de materiales; así en una financiación de una vivienda a 15 años, de una vivienda en precio promedio de \$95.000.000, tendría un plus de no asumir costos de los servicios domiciliarios básicos como el agua, la energía y el gas combustible.

Desde esta visión esta propuesta es viable no solo desde el aporte ambiental; sino que se logra una propuesta viable financiera para los inversionistas del sector de la construcción.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron identificar beneficios concretos como:

- Suficiente ahorro de litros de agua y energía al año.
- Alargar las reservas de agua potable.
- Ahorro energético en potabilización, desalinización, transporte del agua y consumo de energía.
- Sistema de filtrado de agua que puede ser potable, y de alta calidad al no contener cal, cloro ni otros productos químicos.
- Ahorro, empleando este sistema se logra abastecer los m<sup>3</sup> de agua para cubrir la necesidades de consumo promedio
- Ahorro substancial en la factura mensual de agua, energía y gas de la vivienda.
- Mas viabilidad y sustentabilidad al presupuestar un proyecto de varias viviendas

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda generar más proyectos de investigación de este tipo, para que futuras generaciones profundicen en los temas propuestos, que se puede resumir en estudiar bajo una ingeniería sostenible, funcional y amigable con el medio ambiente, y provocar así el manejo y creación de nuevas tecnologías, nuevos elementos y sistemas constructivos.
- Se recomienda continuar con este proyecto y ampliar sus dimensiones realizando el estudio para generar un proyecto de varias viviendas para en este introducir el diseño del sistema de biodigestor, establecer nuevas ideas para producción de energía y crear más áreas pgbnm ara la captación de aguas lluvias.
- Plantear un proyecto de administración pos-construcción del proyecto para manejar de manera correcta los activos que se generen, en pro de la auto-sostenibilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

AQSOLUTIONS. 2013. La Construcción de un Sistema de Tratamiento de Agua Portátil Usan Materiales Loca . [En línea] 2013. [Citado el: 2015 de 14 de Agosto.] <http://www.aqsolutions.org/images/2013/03/portable-water-system-handbook-spanish.pdf>.

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SIMICA. 2001. Manual de construccion, evauacion y rehabilitacion sismo resistente de viviendas de mamposteria. *La red de estudios en prevencion de desastres en America Latina - LA RED*. Bogotá : s.n., 2001. pág. 173.

ELKE, Matthew y SETTY, Karen. Sf.. Proyecto Experimental: Una Sistema para Captar Aguas Pluviales y filtracion para . [En línea] Sf. [Citado el: 25 de Agosto de 2015.] [http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP\\_reports/Diseno\\_CaptacionPluvial\\_e\\_dificio.pdf](http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_CaptacionPluvial_e_dificio.pdf).

Erazo Vinueza, Carlos C. 2013. “Aplicación de energía solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar de bajo consumo energético, en el valle de Tumbaco perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador. [En línea] 2013. [Citado el: 10 de Diciembre de 2014.] <http://www.iifa.es>.

FORGET, Astrid. 2011. Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares. [En línea] 16 de Junio de 2011. [Citado el: 13 de Mayo de 2015.] <http://www.astridforget.com/wp-content/uploads/2015/01/Manual-t%C3%A9cnico-y-difusi%C3%B3n-AF-biodigestores-VF-110617.pdf>.

HURIEL, Jorge, y otros. 2011. Proyecto sobre comercialización y producción de biodigestores para su implementación en el sector agrícola de la provincia del Guayas. [En línea] 16 de Mayo de 2011. [Citado el: 26 de Agosto de 2015.] <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16117>.

INGEMECANICA. Sf. Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda. [En línea] Sf. [Citado el: 26 de Agosto de 2015.] <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>. Ingemecanica. 2011. Tutorial Instalación Solar Fotovoltaica. 2011.

LÓPEZ M., German. Sf. biodigestión anaerobia de residuos sólidos urbanos: Alternativa energética y fuente de trabajo. [En línea] Sf. [Citado el: 18 de Julio de 2015.] <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/6187/7711>.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2010. *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-210*. Bogotá : s.n., 2010. pág. 440.

PRADO, Agustin. Sf. Diseño e implementación de biodigestores en comunidades rurales de la parte alta de la subcuenca del río viejo, Jinotega. [En línea] Sf. [Citado el: 24 de Noviembre de 2014.] <https://es.scribd.com/doc/240198160/Pfc-Agustin-Prado>>.

Rosselló F, Cazali R. Sf. Medio Ambiente y salud. [En línea] Sf. [Citado el: 03 de Diciembre de 2014.] <http://books.google.com.co/books?id=H8yjBz6VsN0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.

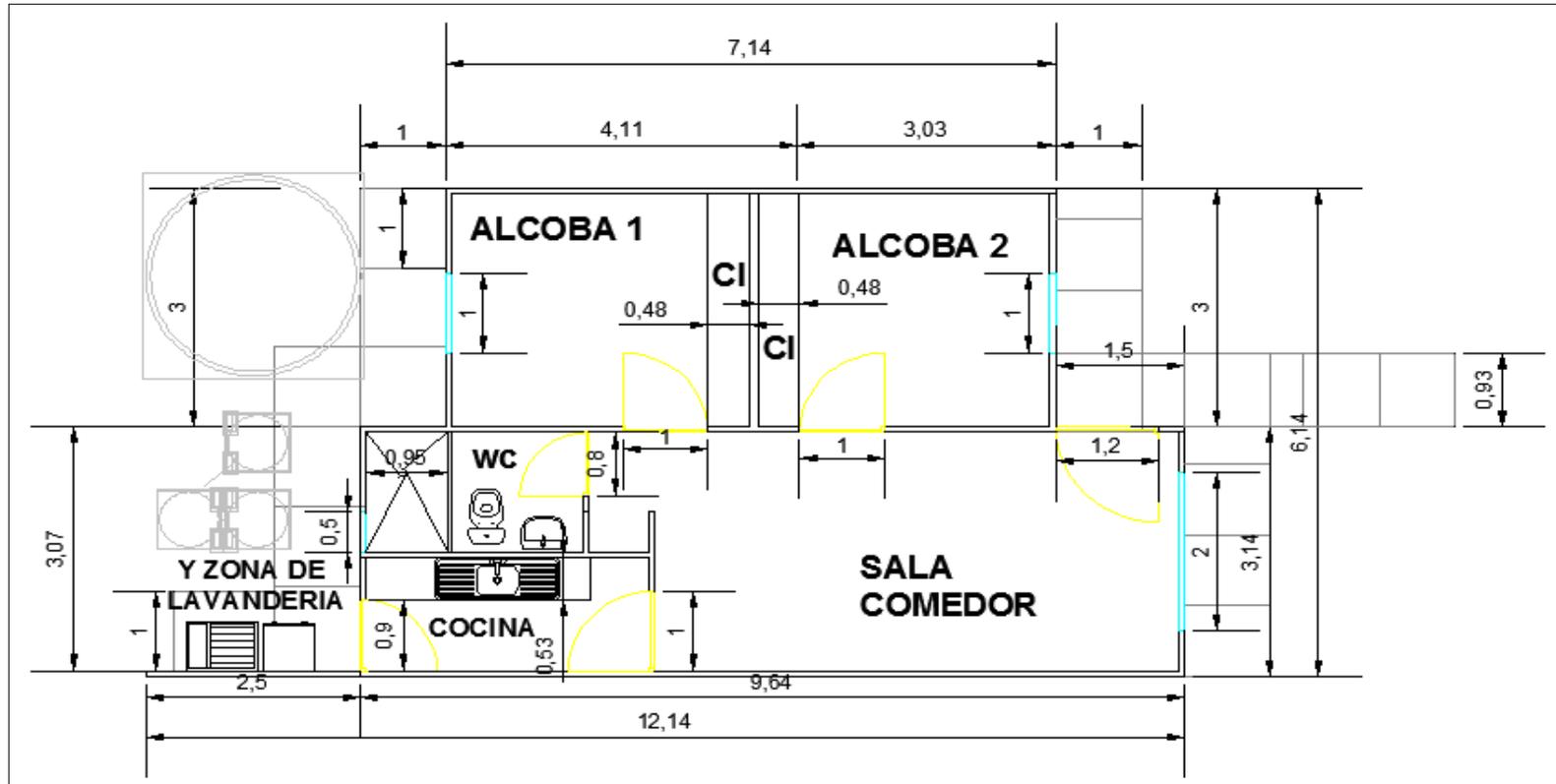
Solutions, Aqueous. 2010. *Construccion de un sistema de tratamiento de agua portatil* . Mexico : s.n., 2010.

SUNEDISON. Sf.. Ventajas de la energía solar fotovoltaica. [En línea] Sf. [Citado el: 13 de Agosto de 2015.] <http://www.sunedison.com.mx/energia-solar-fotovoltaica/ventajas.html>.

TOLOSA, Jean. Sf. Diseño del sistema de gestión medioambiental basado en EMAS, para la planta productora de biogás "BIO-ENERGIE. [En línea] Sf. [Citado el: 24 de Noviembre de 2014.] [http://evirtual.lasalle.edu.co/info\\_basica/nuevos/guia/GuiaClaseNo.3.pdf](http://evirtual.lasalle.edu.co/info_basica/nuevos/guia/GuiaClaseNo.3.pdf).

## **ANEXOS**

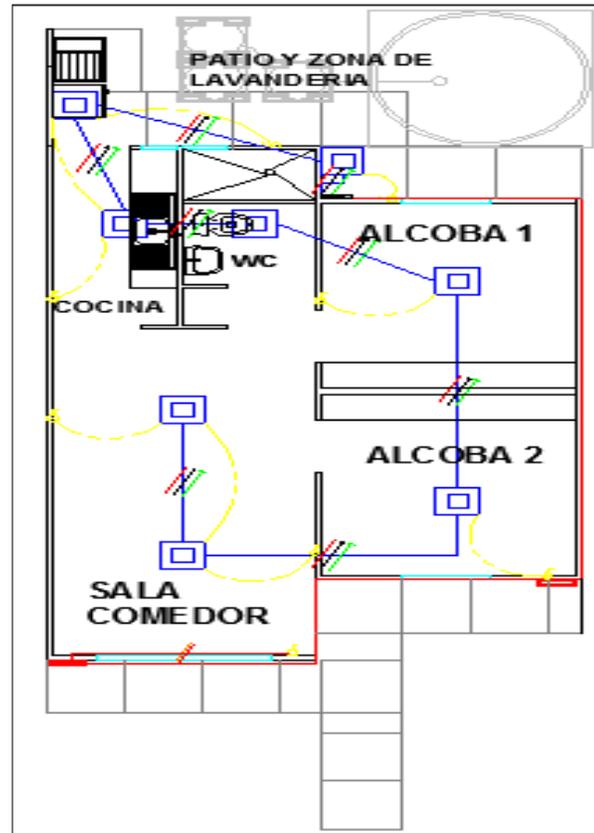
Anexo A. Diseño arquitectónico



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO A. DISEÑO ARQUITECTONICO	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

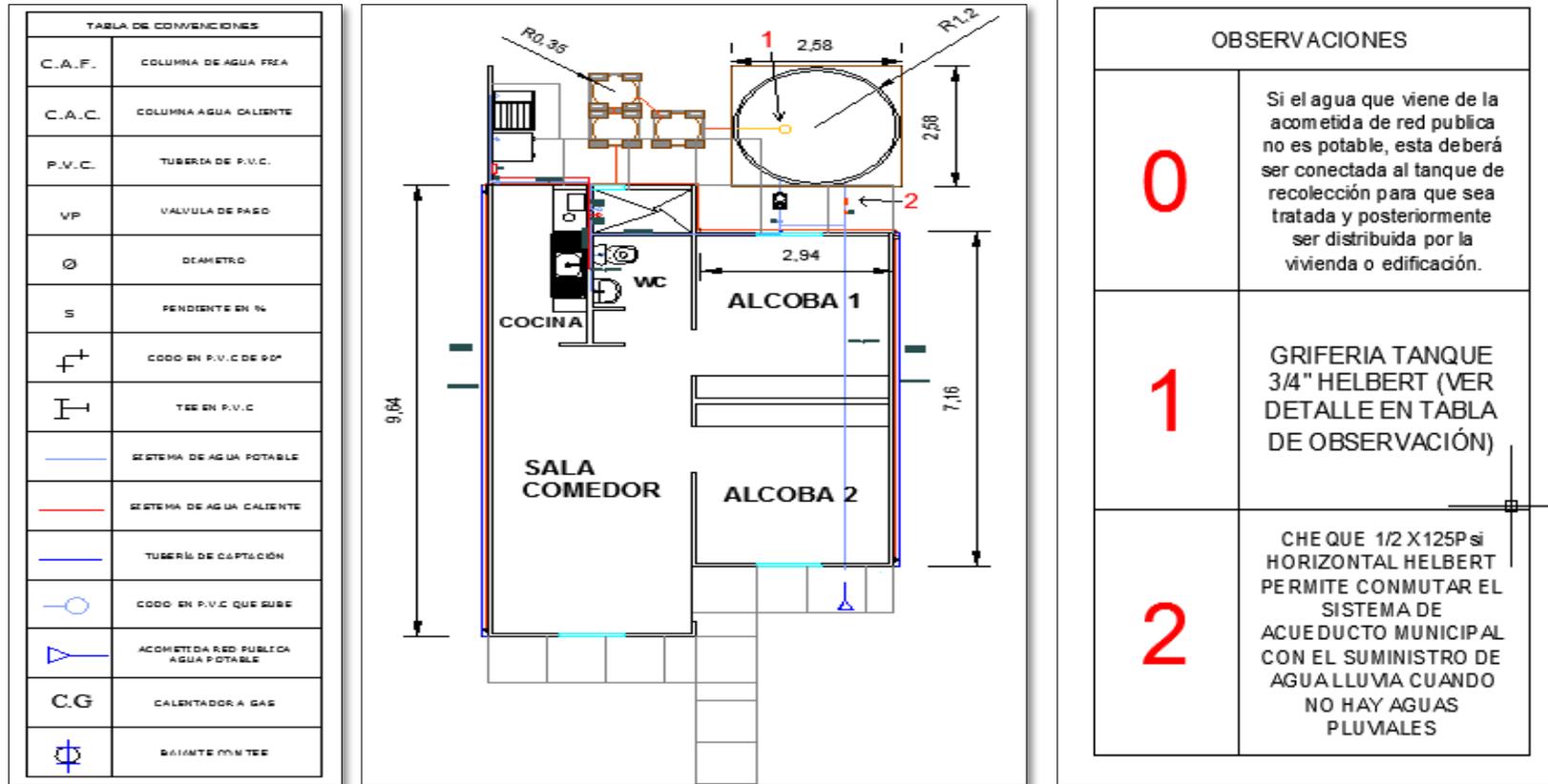
Anexo B. Plano detalles eléctricos de la vivienda

TABLA DE CONVENCIONES	
	TUBERIA 2"
	TUBERIA 4"
	(Y) 2" ENTREGA A 4"
	SEMICODO 2"
	SEMICODO 4"
	CODO 2"
	CODO 4"
	SIFON 2"
	SAJANTE 2"
	SAJANTE 4"
	TAPON PARA MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO B. PLANO DETALLES ELECTRICOS DE LA VIVIENDA	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

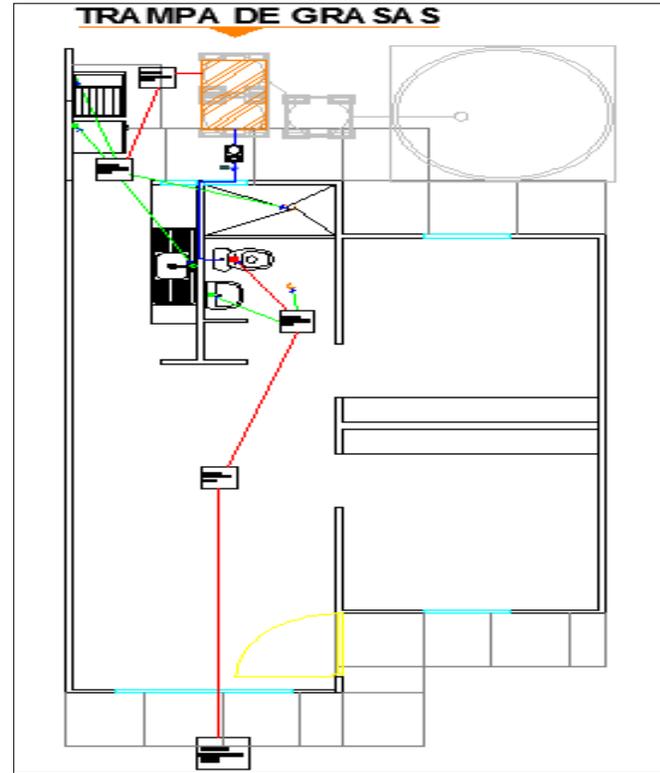
Anexo C. Diseño hidráulico, detalle sistema de captación de aguas lluvias



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO C. DISEÑO HIDRAULICO, DETALLE SISTEMA DE CAPTACION DE AGUAS LLUVIAS	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

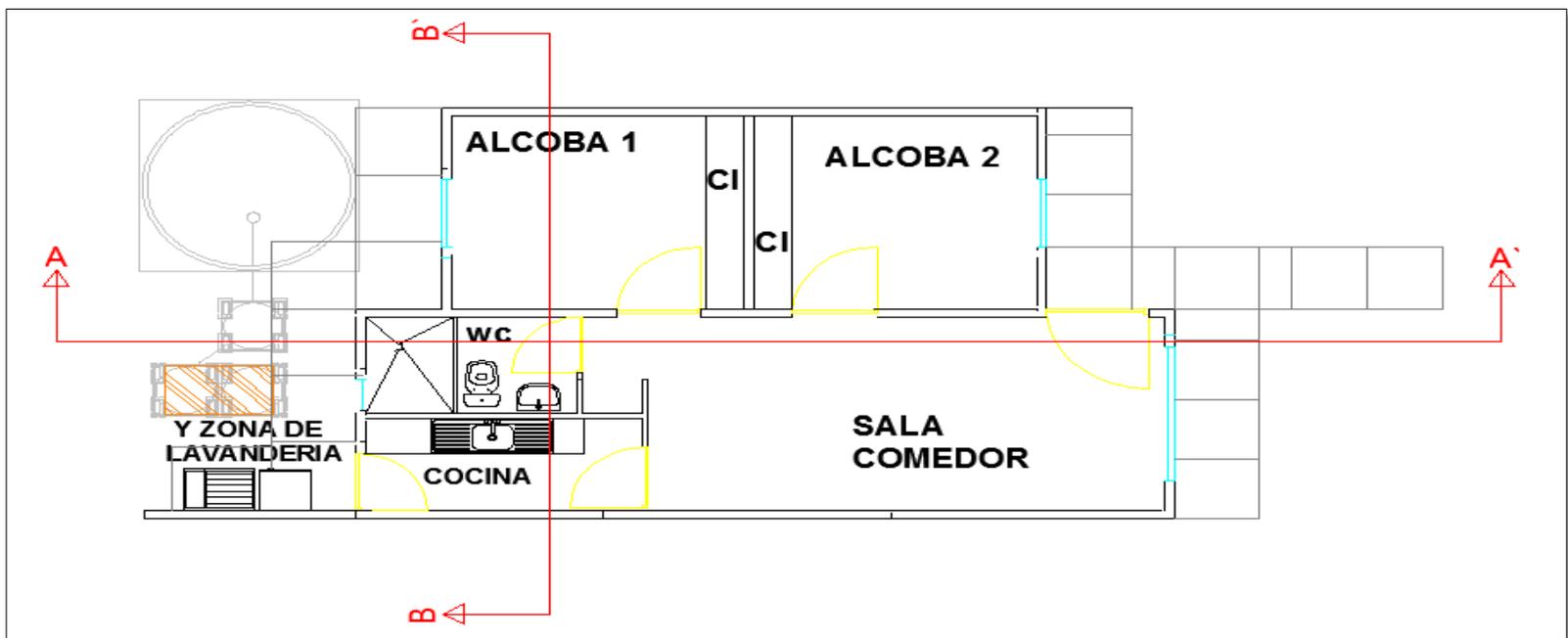
Anexo D. Plano hidro-sanitario de la vivienda

TABLA DE CONVENCIONES	
	TUBERIA 2"
	TUBERIA 4"
	(Y) 2" ENTREGA A 4"
	SEMICODO 2"
	SEMICODO 4"
	CODO 2"
	CODO 4"
	SIFON 2"
	SAJANTE 2"
	SAJANTE 4"
	TAPON PARA MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA



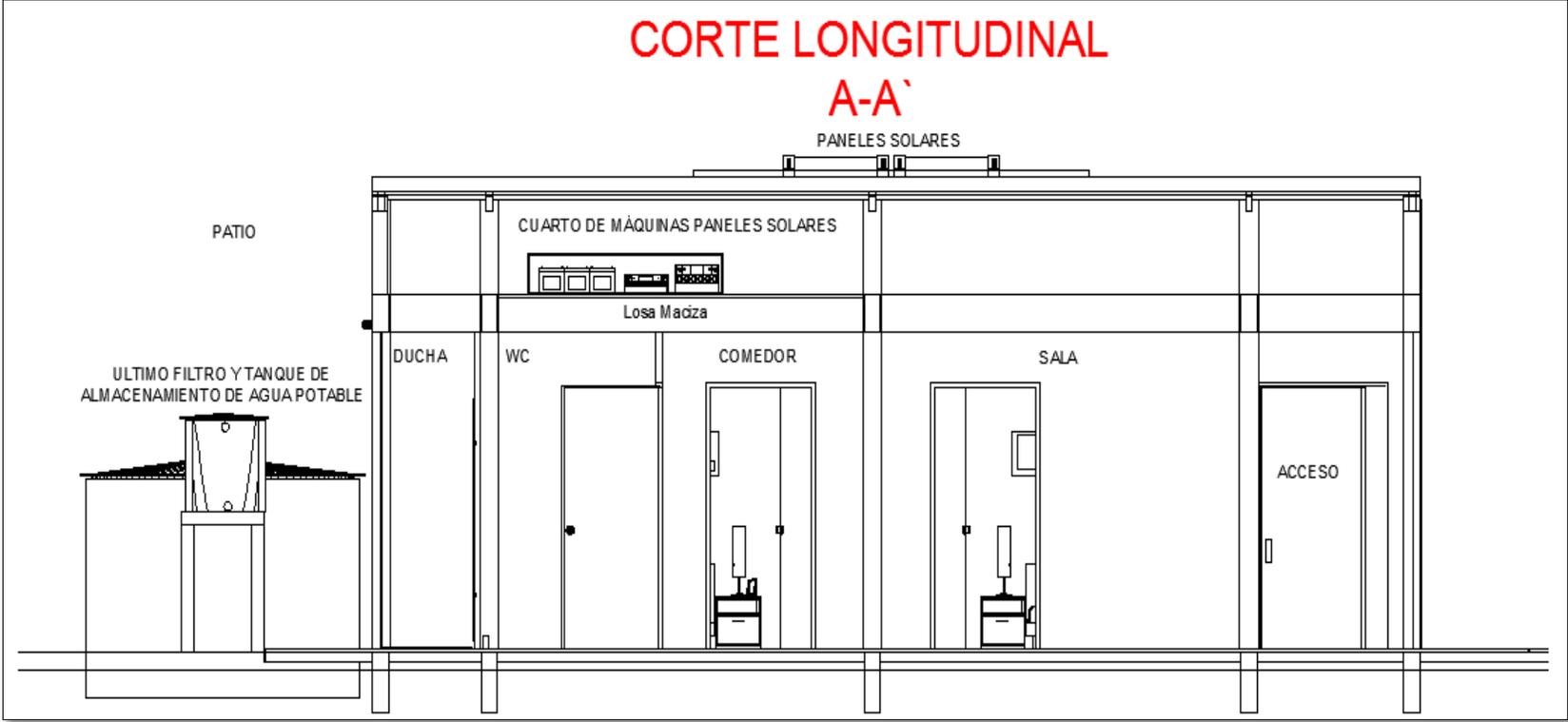
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO D. PLANO HIDRO-SANITARIO DE LA VIVIENDA	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo E. Corte longitudinal y transversal



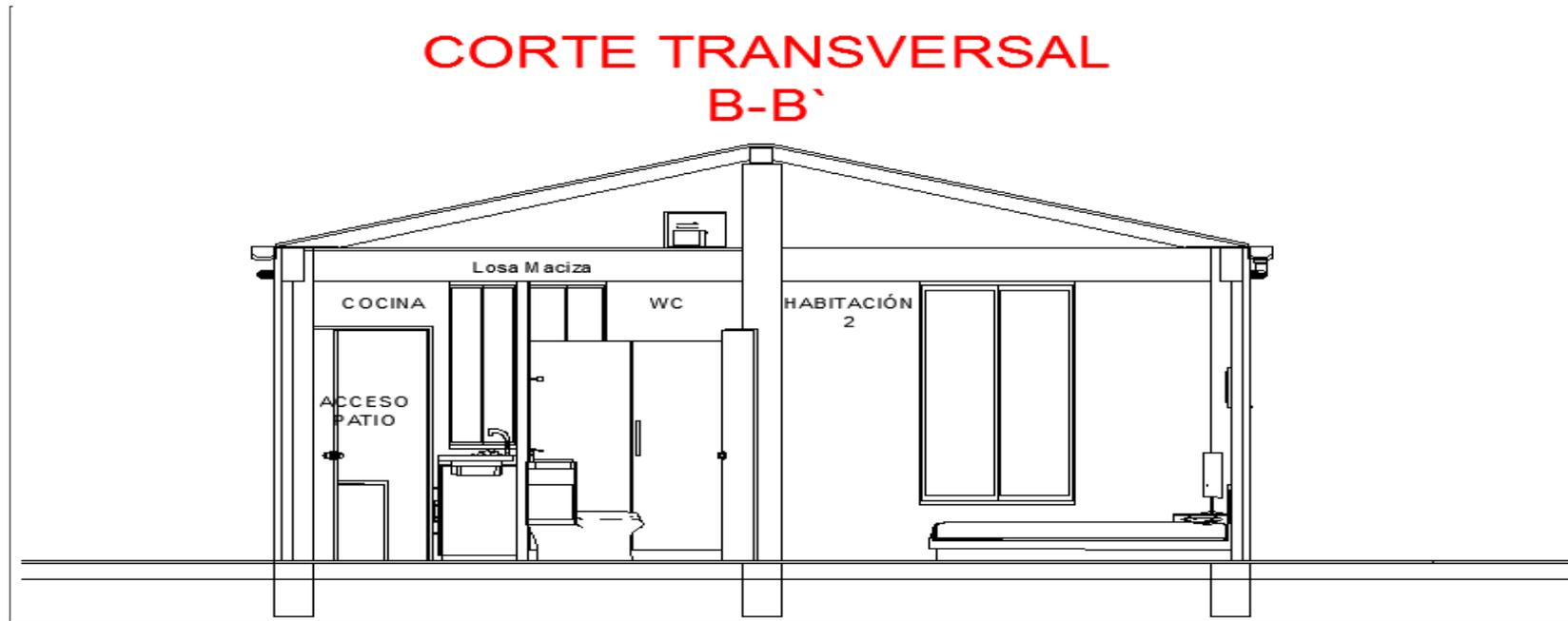
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO E. CORTE LONGITUDINAL Y TRANSVERAL	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo F. Corte longitudinal A-A´



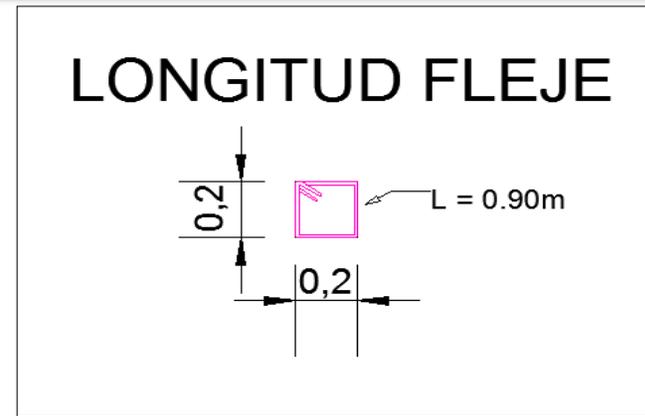
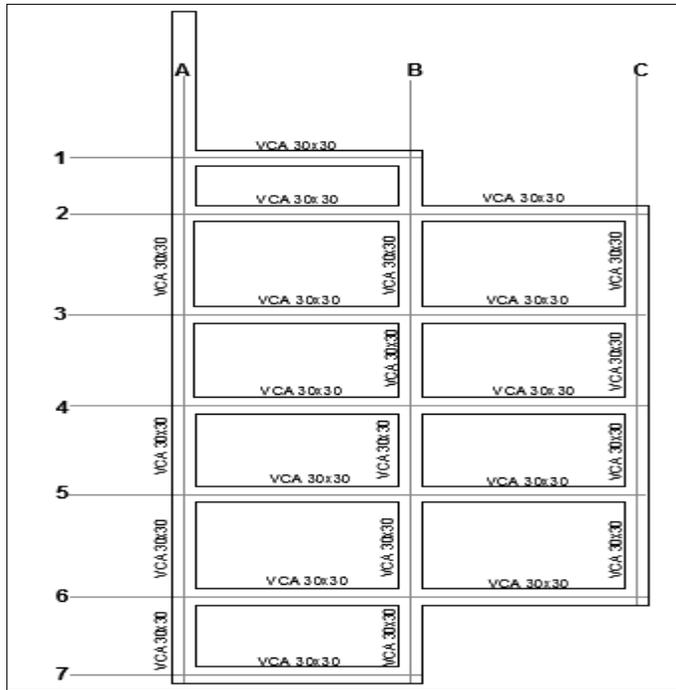
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO F. CORTE LONGITUDINAL A - A´	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo G. Corte transversal B-B´



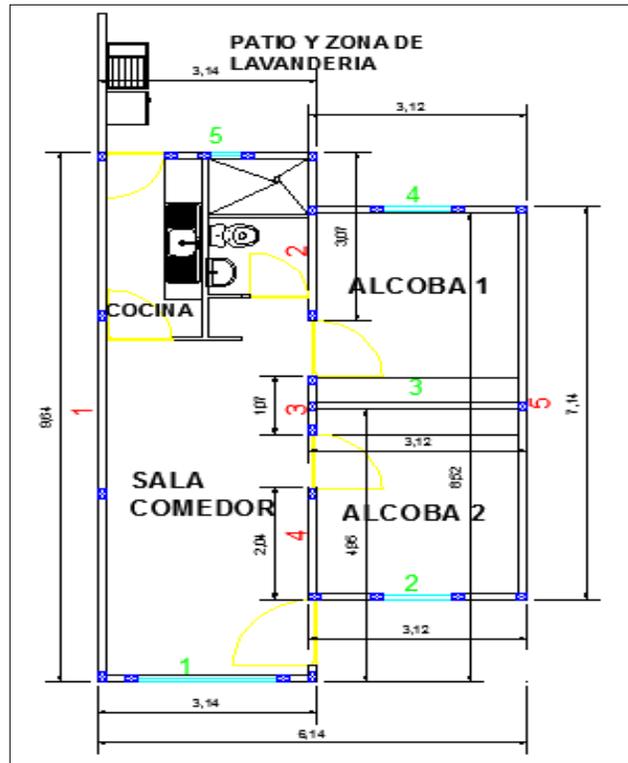
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO G. CORTE TRANSVERSAL B-B	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

## Anexo H. Detalle viga de cimentación y amarre



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO H. DISEÑO VIDA DE CIMENTACION Y AMARRE	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

# Anexo I. Muros confinados



### DISTRIBUCIÓN DE MUROS CONFINADOS Y COLUMNAS

TABLA DE CONVENCIONES	
#	MUROS EN Y
#	MUROS EN X

**DETALLE REFUERZO EN COLUMNA**

Recubrimiento 0.04m  
F #2 — 4 #3

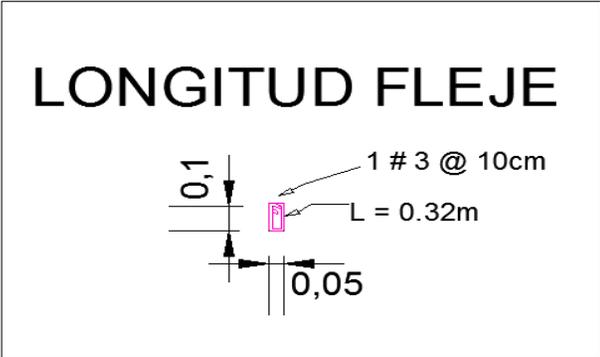
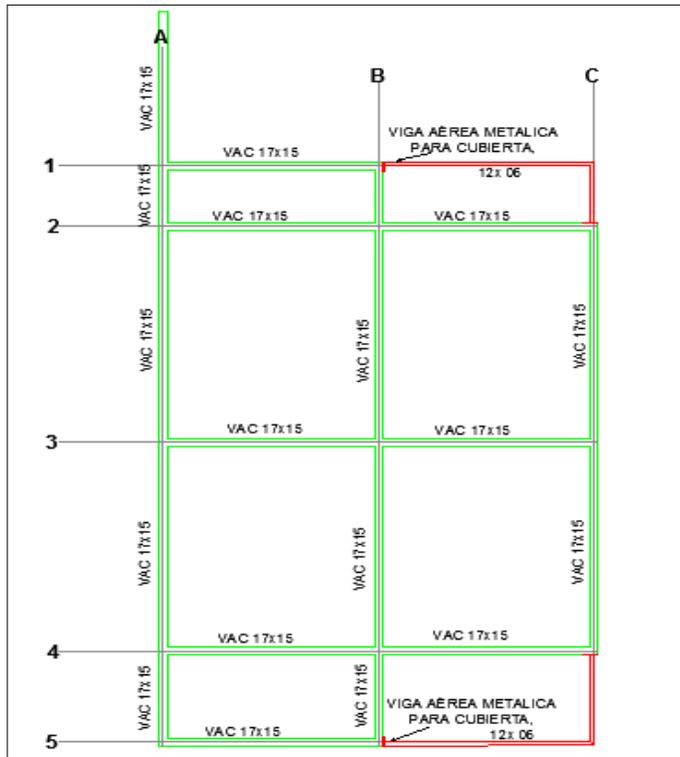
**LONGITUD DE FLEJE**

- Primeros 6 flejes de la zona confinada cada 10cm
- Seguido los sets (8) primeros flejes, instalamos estos cada 20cm

L = 0.55m  
0.04  
0.09

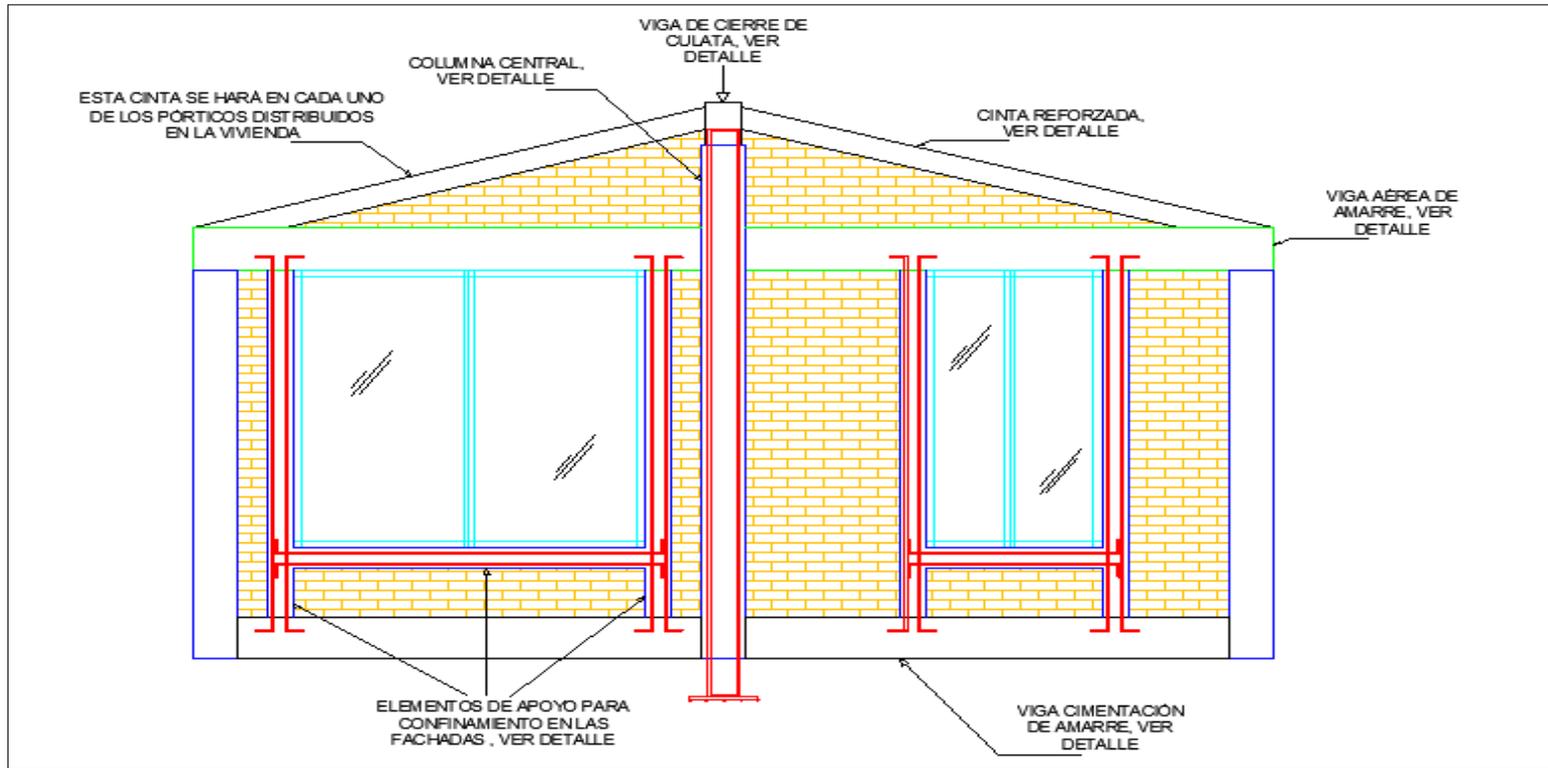
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO I. MUROS CONFINADOS	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo J. Diseño viga aérea de confinamiento



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO J. DISEÑO VIGA AEREA DE CONFINAMIENTO	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

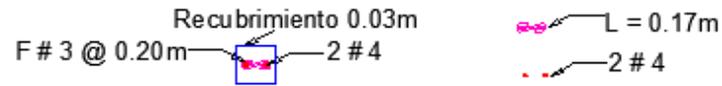
## Anexo K. Confinamiento en fachada



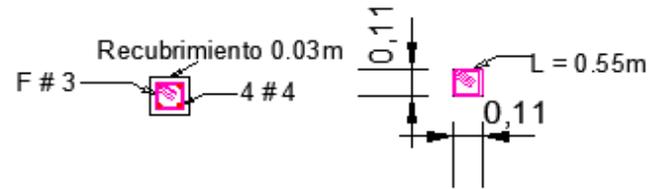
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO K. CONFINAMIENTO EN FACHADA	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo L. Detalle estructura confinamiento en la fachada

## DETALLE ELEMENTOS DE APOYO PARA CONFINAMIENTO EN LAS FACHADAS (Puertas y Ventanas)

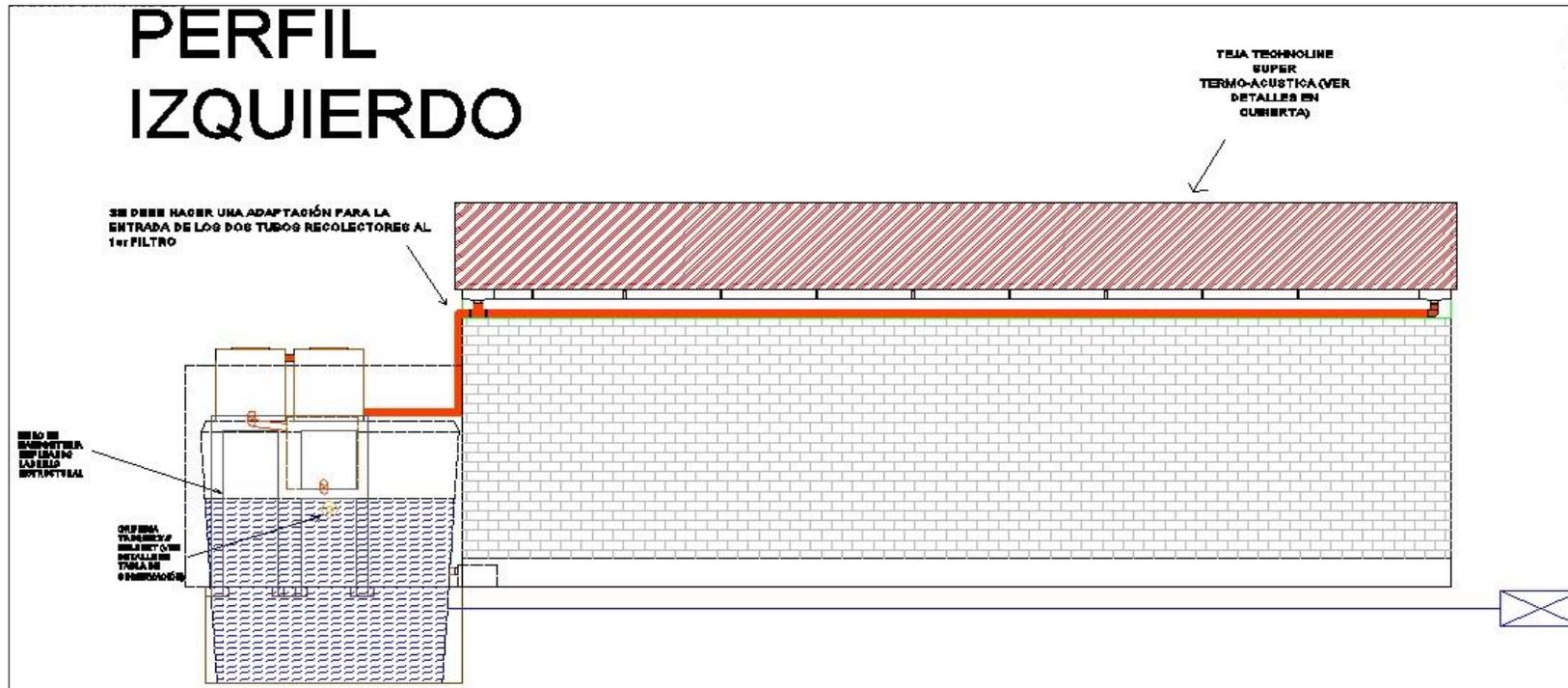


## DETALLE CINTA DE AMARRE PARA LAS CULATAS



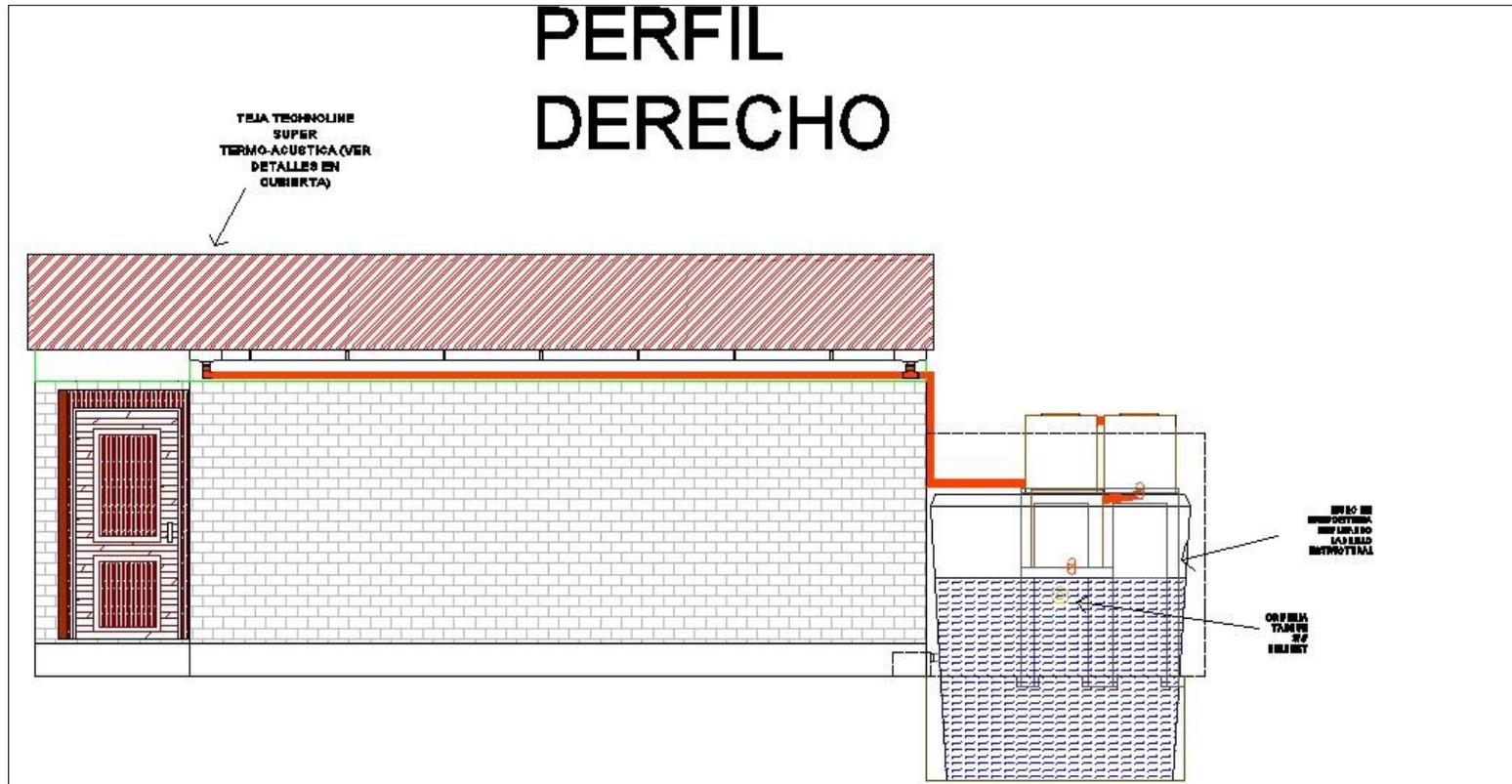
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO L. DETALLES ESTRUCTURA CONFINAMIENTO EN LAS FACHADAS	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo M. Perfil izquierdo sistema de tratamiento aguas lluvias



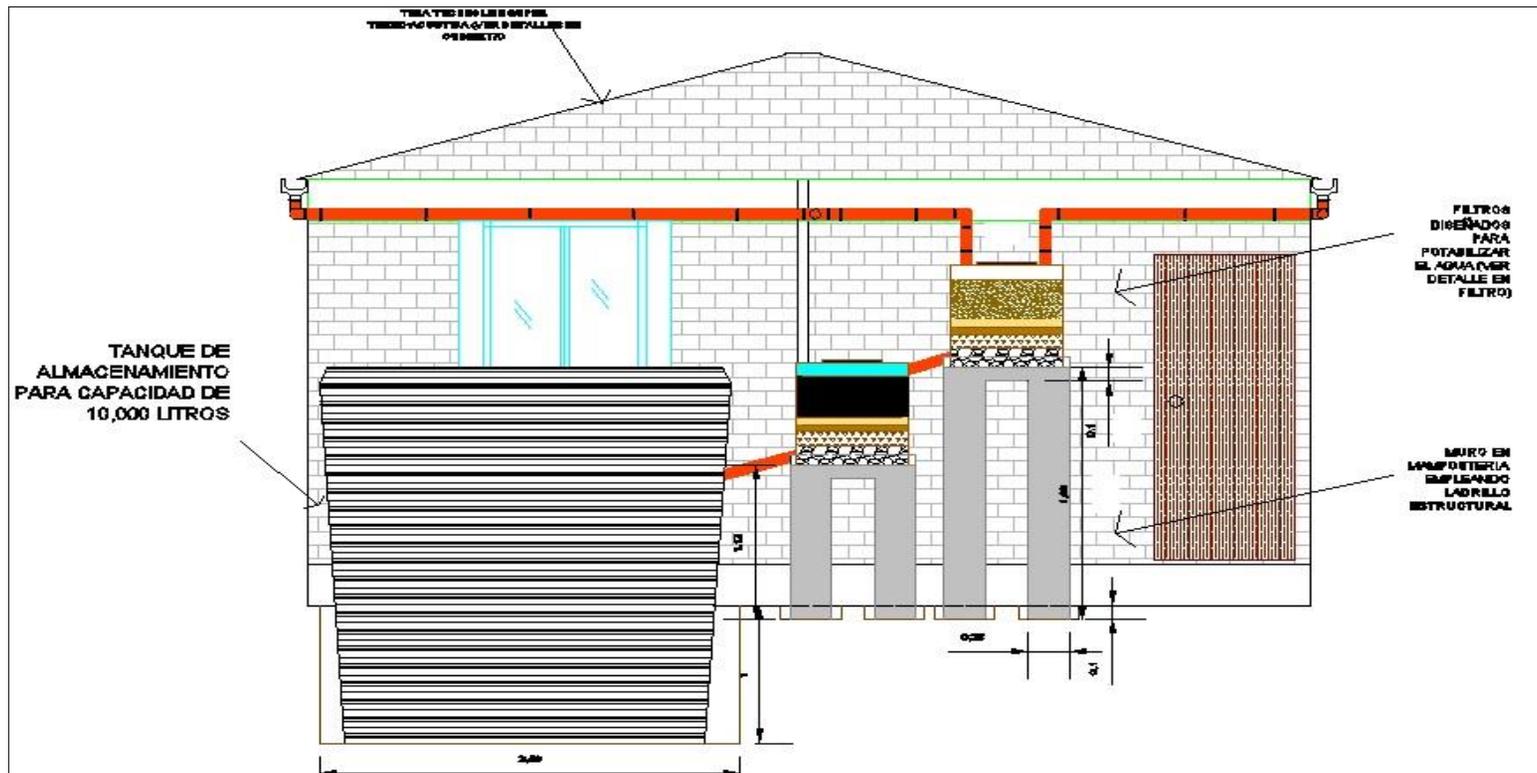
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO M. PERFIL IZQUIERDO, SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo N. Perfil derecho, sistema de tratamiento de agua lluvias



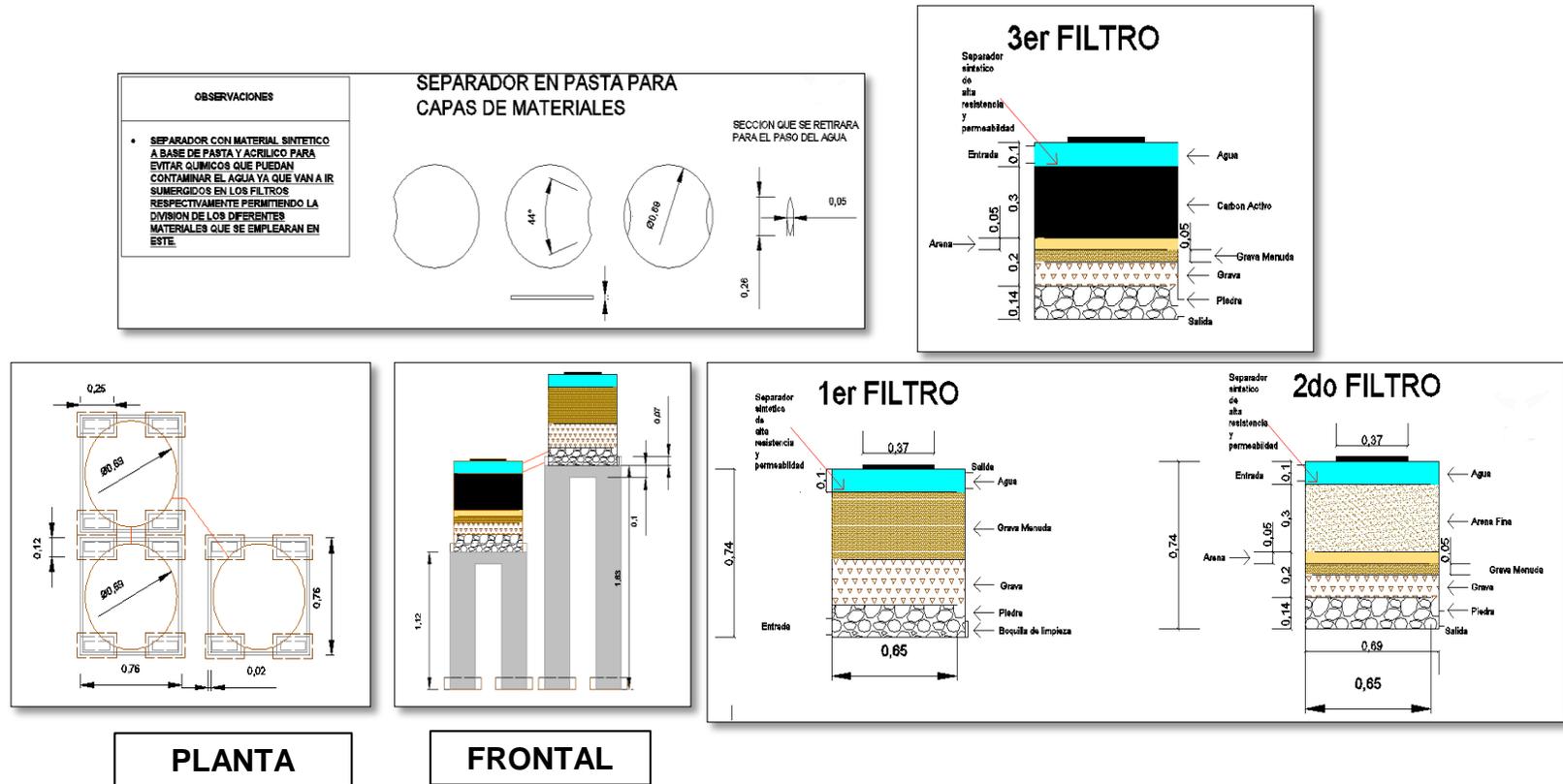
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO N. PERFIL DERECHO, SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo O. Vista trasera sistema de tratamiento aguas lluvias



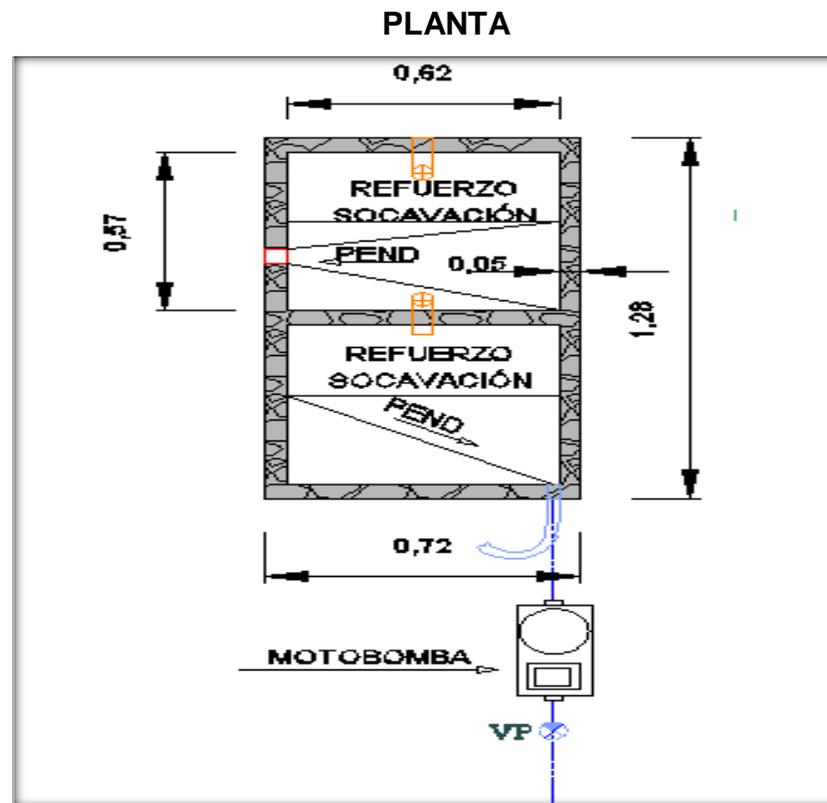
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO O. VISTA TRASERA, SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

## Anexo P. Sistema de potabilización de aguas lluvias



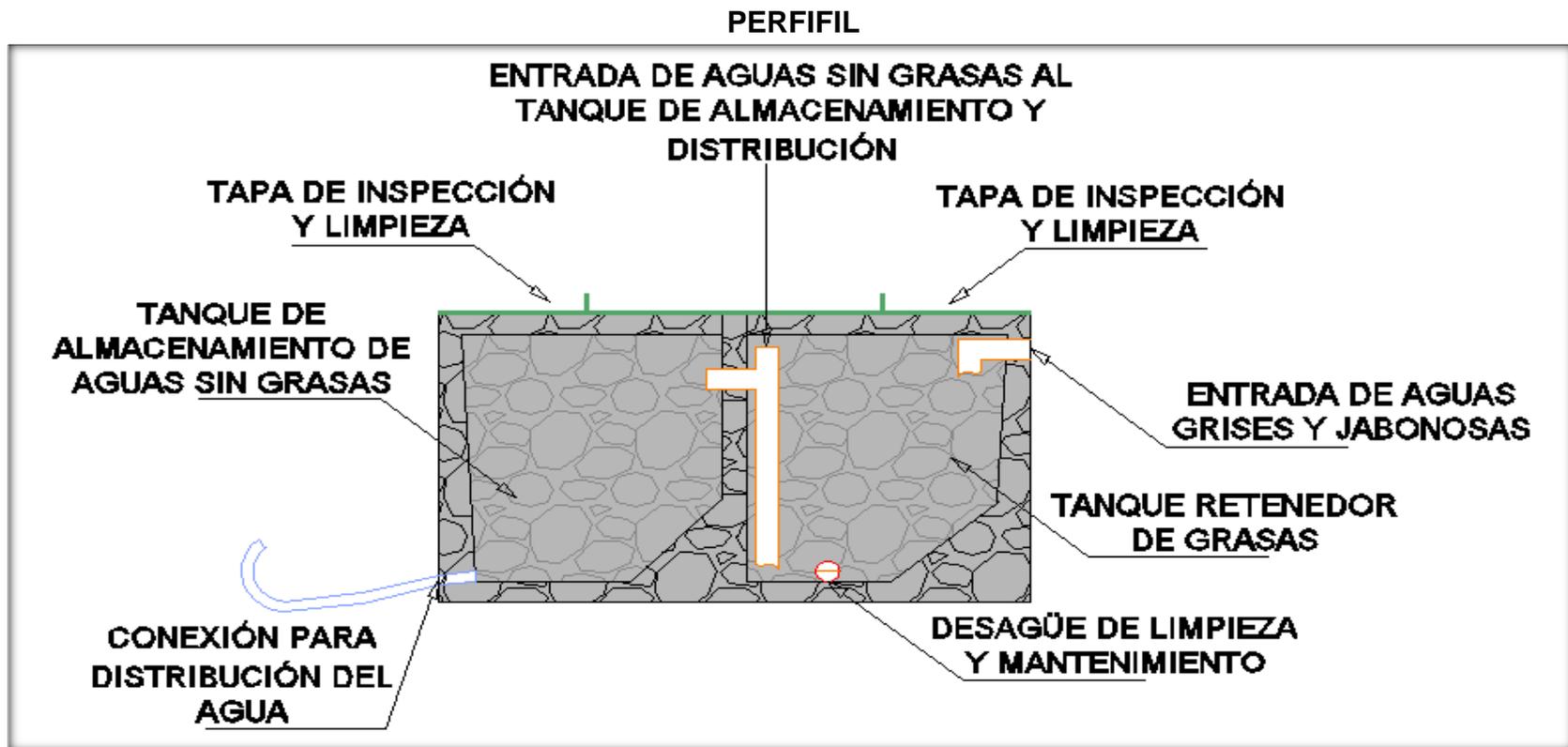
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO P. SISTEMA DE POTABILIZACION DE AGUAS LLUVIAS	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo Q. Detalles trampas de grasas



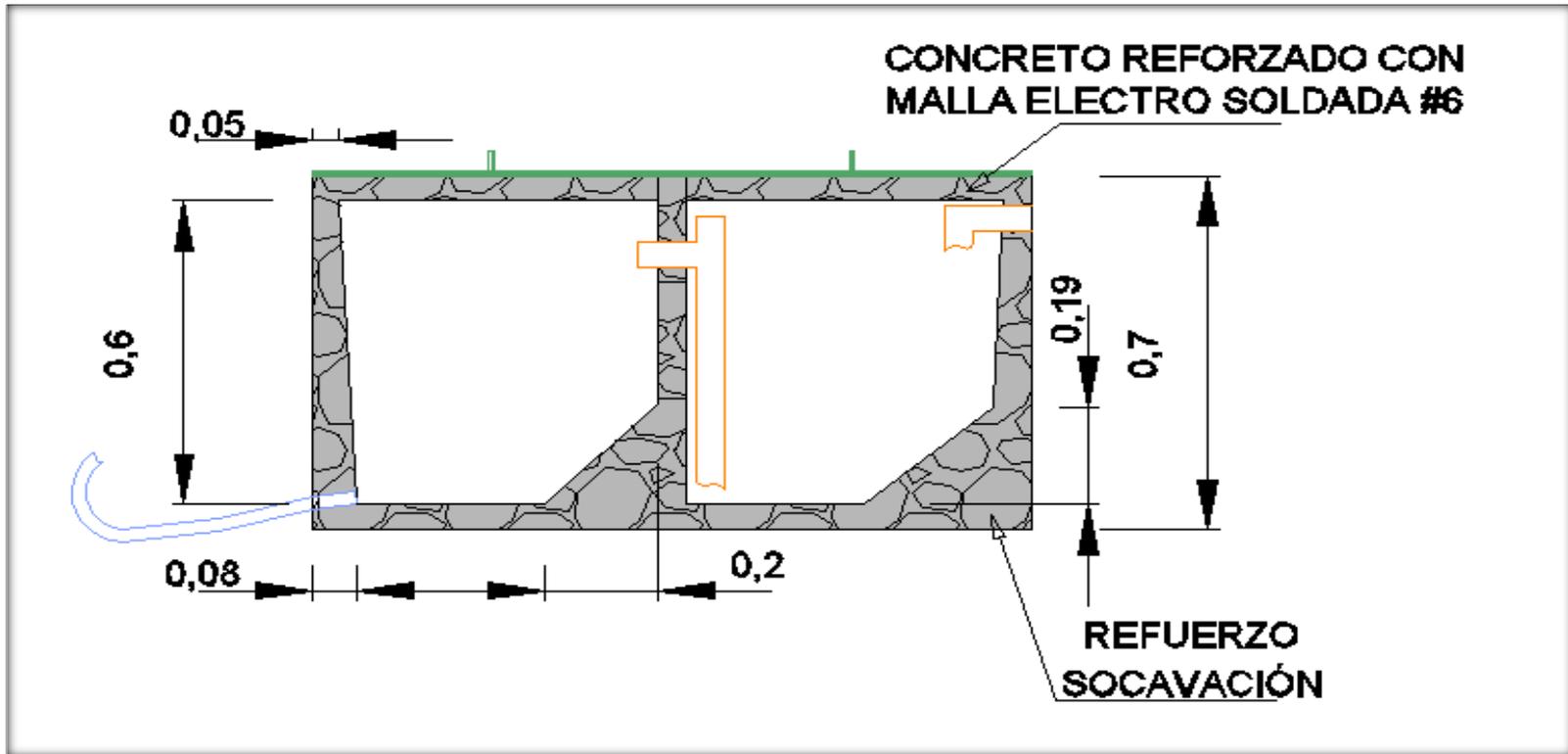
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO Q. DETALLES TRAMPAS DE GRASAS	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo R. Detalle de trampa de grasas



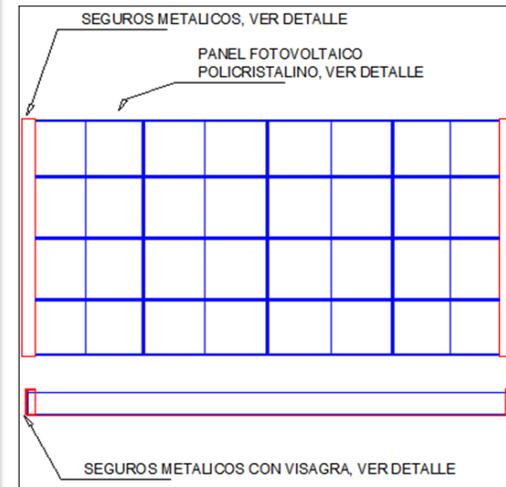
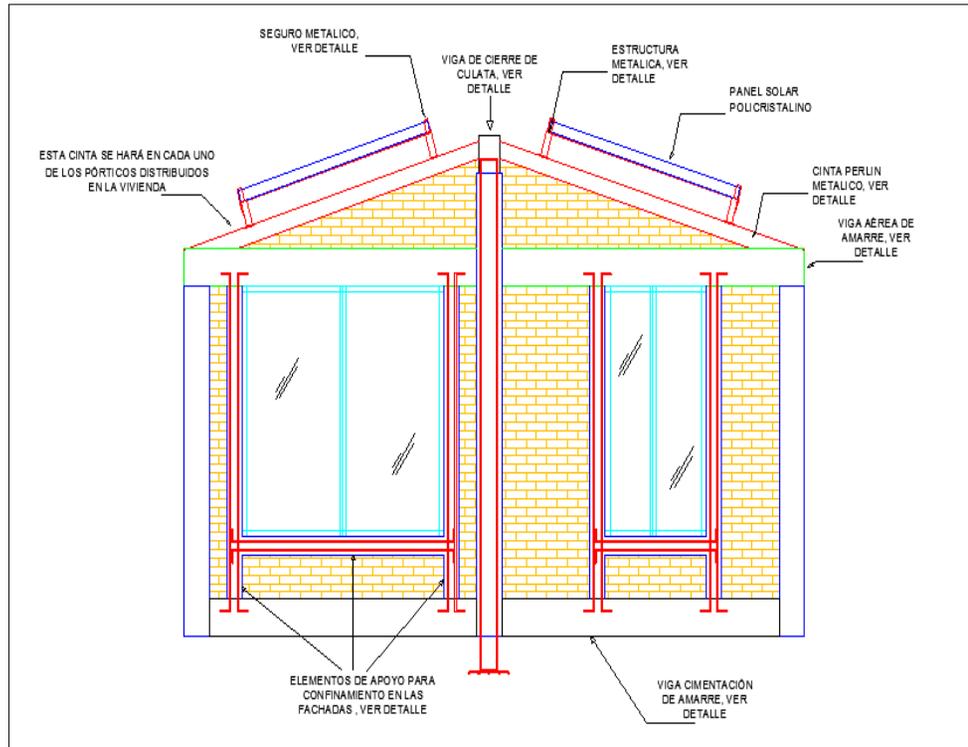
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO R. DETALLES TRAMPAS DE GRASAS	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo S. Detalle de trampa de grasas



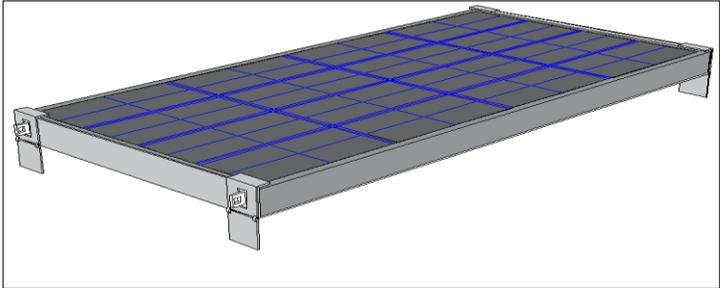
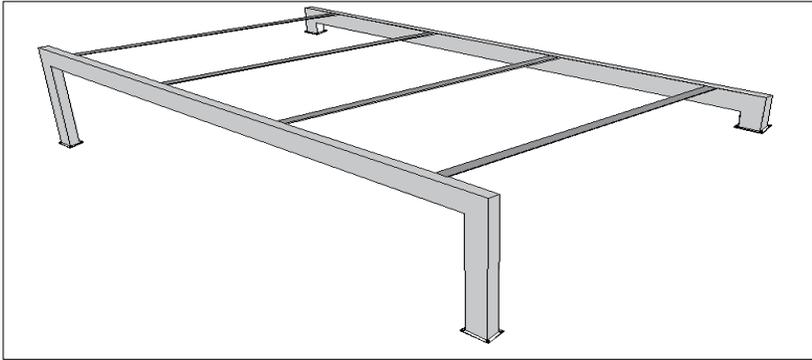
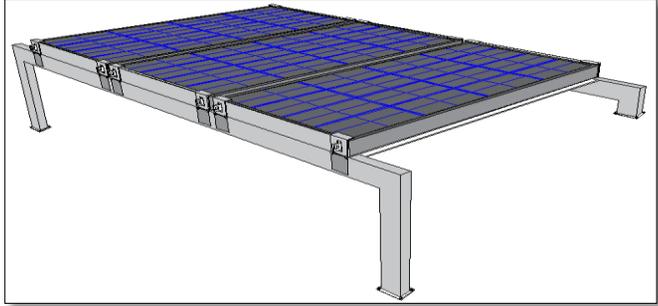
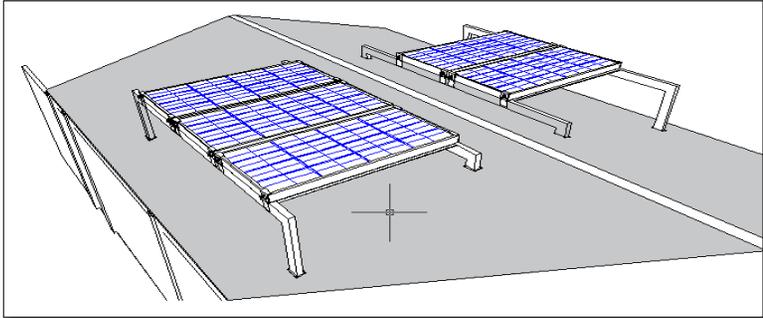
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO S. DETALLES TRAMPAS DE GRASAS	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

## Anexo T. Detalle fachada sistema paneles solares



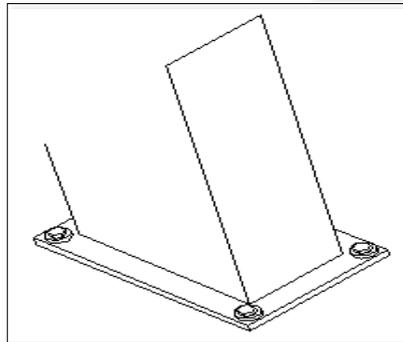
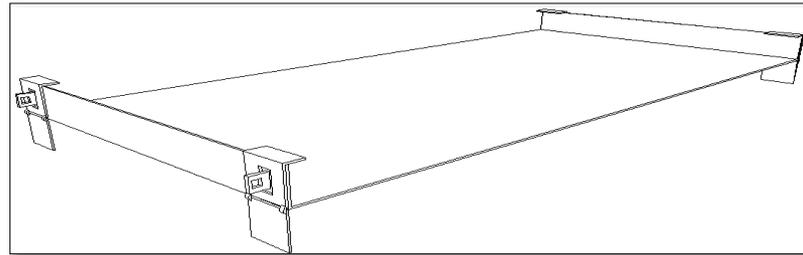
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO T. DETALLE FACHADA SISTEMA PANELES SOLARES	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo U. Detalles perspectiva paneles solares

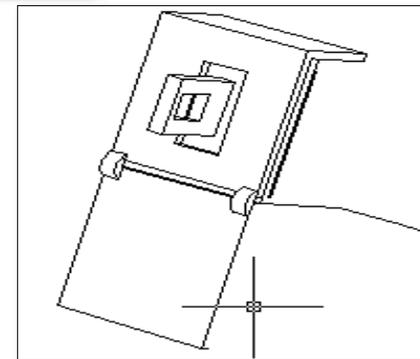


DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO U. DETALLES PERSPECTIVA PANELES SOLARES	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo V. Detalles anclajes y seguros paneles solares



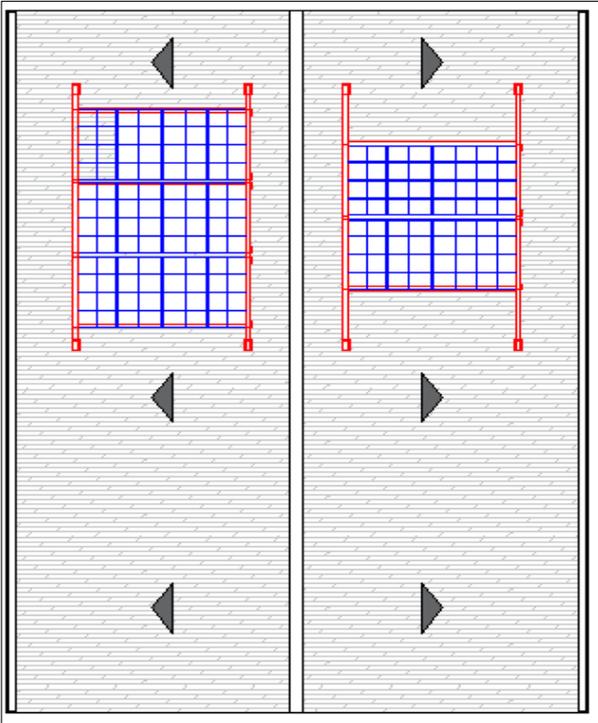
Detalle anclaje de la estructura, paneles solares



Detalle seguro metalico con visagra, panel solar

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO V. DETALLES ANCLAJES Y SEGUROS PANELES SOLARES	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo W. Detalles anclajes y seguros paneles solares



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOSUFICIENTE INTEGRADO A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	INGENIERO ADÁN SILVESTRE GUTIERREZ	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
ANEXO W. PLANTA CUBIERTA CON PANELES SOLARES	OBSERVACIONES:	PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
ELABORACIÓN DE LOS AUTORES		FECHA: 15 de Octubre de 2015

Anexo X. Servicio de energía eléctrica



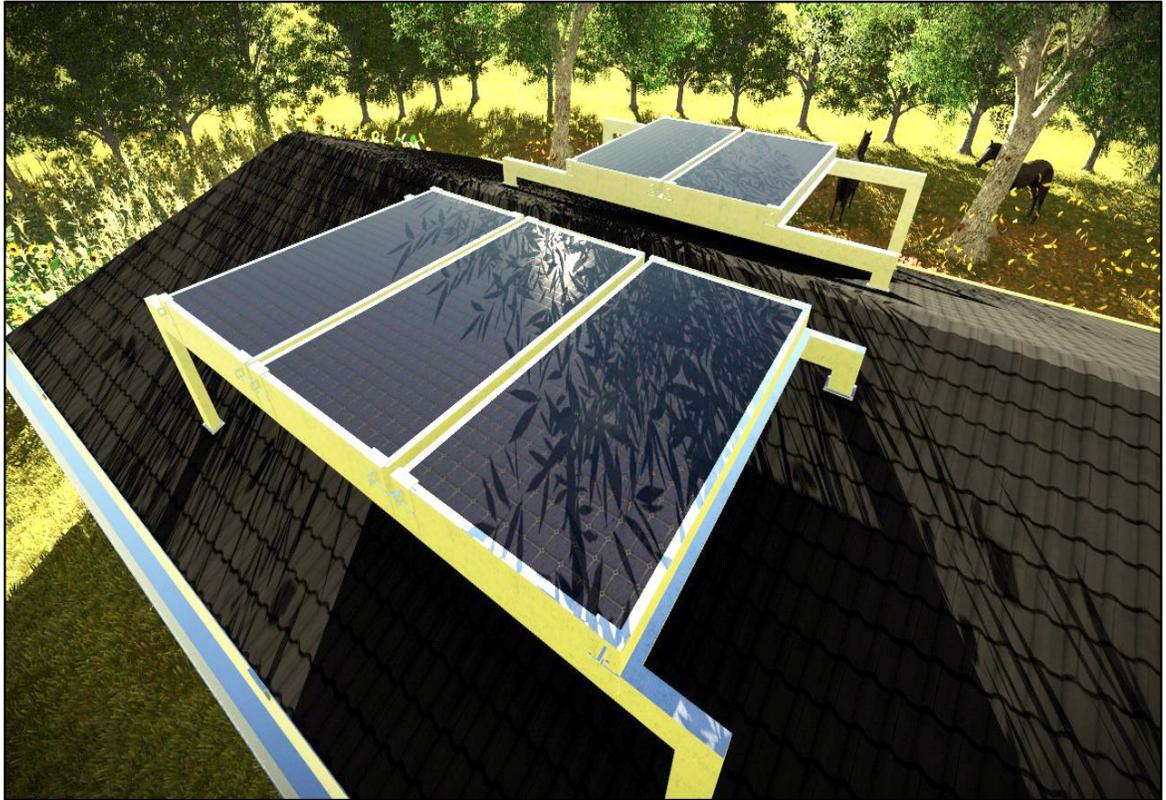
Fuente: Elaboración de los autores

Anexo Y. Servicio agua potable



Fuente: Elaboración de los autores

Anexo Z. Perspectiva sistema generador energía eléctrica



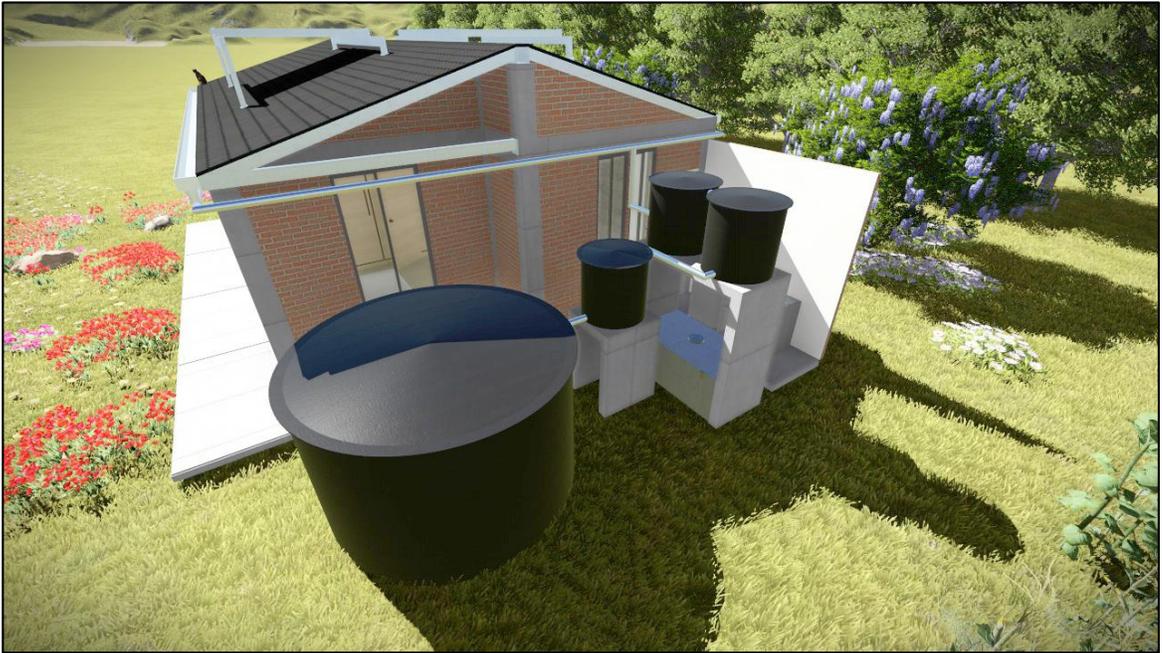
Fuente: Elaboración de los autores

Anexo AA. Perspectiva sistema de tratamiento aguas lluvias, grises y jabonosas



Fuente: Elaboración de los autores

Anexo BB. Perspectiva posterior



Fuente: Elaboración de los autores

Anexo CC. Perspectiva frontal



Fuente: Elaboración de los autores

Anexo DD. Localización cuarto de máquinas, sistema generador de energía eléctrica



Fuente: Elaboración de los autores

Anexo EE. Panorámica



Fuente: Elaboración de los autores