

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
LA SALLE

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

PROYECTO INTEGRADO DE ARQUITECTURA

LA CASA ECOLÓGICA

ENTENDER LA SOSTENIBILIDAD EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

JUAN CAMILO MORENO PAEZ

---

ALUMNO

FABIAN LÓPEZ

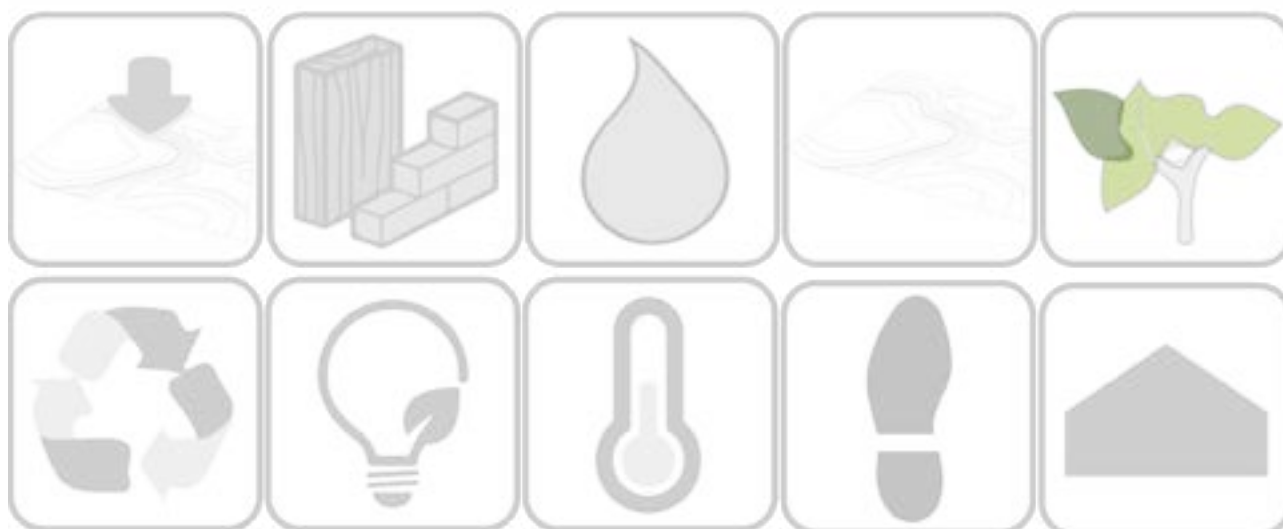
---

DIRECTOR



## LA CASA ECOLÓGICA

Entender la sostenibilidad en la vivienda unifamiliar aislada





# ***INDICE.***

• Introducción	5
• Conceptos y Definiciones.	8
- Sostenibilidad.	10
- Ciclo Industrial.	14
• Metodología.	17
- Fases.	18
- REFERENCIAS MÉTODOS DE EVALUACIÓN.	22
- Aplicación.	25
- Criterios de selección de los proyectos	26
• Casos de estudio	27
- Entorno Climático.	34
- Datos Socio - Económicos.	40
• Evaluación de la calidad ambiental	41
- 1. Reducir Demandas.	44
- 1.1 Estudio cuantitativo.	57
- 2. Aumentar Eficiencia	78
- 3. Aprovechar los recursos locales.	81
- 4. Reciclar	88
- 5. Rescatar el impacto	103
• Conclusiones	105
• Bibliografía.	113
• Anexos	117





# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN.

La presente investigación expone la sostenibilidad aplicada a las viviendas unifamiliares aisladas, y la repercusión que tienen las acciones o estrategias que muestran responsabilidad frente a el consumo de recursos.

A pesar de no ser un experto en el tema, a lo largo del ejercicio profesional siempre he tenido especial interés en el tema de la sostenibilidad, y que procesos o metodologías son necesarias para consolidar el desarrollo de un proyecto de vivienda unifamiliar aislada.

Ademas uno de los objetivos del documento es presentar una manera organizada de observar las variables que influyen en el desarrollo de un proyecto sostenible.

Porque una vivienda unifamiliar aislada?

La respuesta a esta pregunta es porque en todas las categorías de proyectos, la vivienda unifamiliar es la que mayor versatilidad presenta y en la cual se pueden aplicar un mayor numero de estrategias para mejorar condiciones y el uso de los recursos para satisfacer las necesidades de el usuario final y plantear la posibilidad de hacer una vivienda autónoma.

Por otro lado la sostenibilidad es un tema de actualidad en la arquitectura, ya que la construcción es la actividad que mayor numero de recursos consume y de igual manera es la actividad que mayor cantidad de residuos genera y la finalidad de este trabajo es determinar como se puede hacer un uso responsable de los materiales y materias primas.

Para esto es importante entender algunos conceptos y definiciones que facilitan al lector entender la necesidad de cambiar el modelo de consumo tanto en la arquitectura como en la vida diaria, para esto se habla de la sostenibilidad y que es la sostenibilidad ya que es un termino con un listado amplio de definiciones, de donde viene el termino y a que hace referencia. Adicionalmente se presenta la definición del termino "Mochila Ecológica" y su aplicación a la hora de la evaluación de los casos de estudio.

Por otra parte también hago referencia a términos como la economía ambiental y la economía ecológica. Y señalo como están relacionadas con la sostenibilidad. También se mencionan los ciclos y ciclos materiales y el modelo productivo para empezar a introducir a lector al tema del modelo alternativo de consumo y producción.

Ademas de mencionar algunos de los métodos de valoración de la sostenibilidad y como funcionan en la arquitectura y la construcción, e indico método utilizado para la evaluación de la calidad ambiental y el consumo de recursos en los casos de estudio

También se indican las fases que hacen parte de la evaluación y como se presentaran para facilitar su lectura a lo largo del desarrollo del documento.

Para generar una forma de entender las aplicaciones en la arquitectura, presento dos proyectos que contrastaran en cuanto a sus condiciones ambientales, la materialidad aplicada y su localización. Para entender las diferentes aplicacio-





nes de la sostenibilidad en distintos escenarios.

Durante el desarrollo se hace un paralelo de cada uno de los casos de estudio y de la forma en que estos responden a las condiciones ambientales o a las estrategias aplicadas para reducir el consumo de recursos o la generación de residuos, siguiendo el orden establecido en la metodología de evaluación.

Cada una de las variables de los proyectos serán tratadas comparativamente y al final de cada paso de la metodología se hará una gráfica de síntesis con las características o resultados comparados con los datos de referencia para cada caso.

Así mismo en el método de evaluación es el que prima sobre el orden y la disposición de la información estudiada de cada uno de los casos de estudio, y finalmente se consolidan todos los resultados en una ficha de conclusiones cualitativas y cuantitativas arrojadas por los proyectos.

Estos incluyen los valores obtenidos en las características cuantitativas de los proyectos y son comparados con los datos de referencia que se ajustan a las condiciones ambientales y de ubicación de los dos casos de estudio.

Luego se indican las conclusiones obtenidas tanto en el cuadro de conclusiones ya mencionado como las conclusiones acerca del contenido de la investigación.

Finalmente se enseña a modo de anexos un consolidado de la información relevante en el desarrollo del documento como son tablas de

referencia y valores utilizados tanto como para obtener valores como los valores de referencia con los que permanentemente se hacen las comparaciones de cada uno de los casos.





**CONCEPTOS Y DEFINICIONES.**

## 10 **SOSTENIBILIDAD.**

Durante los últimos años el concepto de sostenibilidad ha tenido largas discusiones sobre las diversas variables que hay en sus significados y aplicaciones. La real academia de la lengua española lo define como un adjetivo que expresa la capacidad de sostenerse, en especial señala a la economía y la ecología, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente.

El termino desarrollo sostenible y el significado que conlleva se debe a que en el año de 1987 en el informe Brundtland<sup>1</sup>, originalmente llamado **“Our Common Future”** lo define como: *aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras.*

Los resultados de este informe dejaron claro que nosotros como especie estamos consumiendo recursos y generando residuos a una velocidad mucho mayor a la que la tierra puede depurar y producir nuevos recursos.

En la arquitectura la aplicación de este concepto conlleva, entender cada una de las variables que están relacionadas con el, y para esto también es importante conocer algunas definiciones por parte de otros profesionales expertos en el tema.

“La arquitectura ecológica tan solo es eficaz si se inscribe en el marco de una planificación urbana fundada en los principios del desarrollo

sostenible.”

Dominique Gauzin-Muller.<sup>2</sup>

La sostenibilidad es como la arquitectura puede dar respuestas eficientes en mundo globalizado.<sup>3</sup>

“La arquitectura sustentable está definida por pilares que se retro - alimentan: el social, el económico, los materiales de construcción y el ambiental. Cada uno de estos pilares debe estar bien fundamentado y deben resguardar los recursos naturales.”

Carlos Arnaiz.

Algunas de las estrategias de la sostenibilidad son tomadas de la arquitectura **bioclimática**.<sup>4</sup> Estas tienen en cuenta los factores climáticos (la región) Los materiales y sus propiedades. La tipología en referencia a la distribución interior, el tamaño, etc. En función de la radiación solar y del aprovechamiento de los vientos. Finalmente habla de las pautas de proyecto en referencia a la adaptación al sitio su orientación.

Cabe resaltar que esta no fue la única fuente que trabajo en estos aspectos ya que anteriormente se había trabajado en proyectos para es estudio de viviendas eficientes experimentales que tenían en cuenta factores como el confort y el aprovechamiento de las características del

<sup>1</sup> Informe Brundtland, presentado a las naciones unidas y discutido en 1987 en este documento se introdujo por primera vez el concepto de “Desarrollo Sostenible”

<sup>2</sup> Arquitectura Ecológica. 2002 Dominique Gauzin - Muller.

<sup>3</sup> Joseph Maria Minguet. Houses Think Green

<sup>4</sup> En 1953 Viktor Olekay propuso la carta bioclimática.

lugar<sup>5</sup>.

Al igual que se hace un acercamiento a los métodos construcción que hacen parte del conocimiento colectivo o la arquitectura vernácula, que en la vivienda unifamiliar aislada ha tenido avances y re descubrimientos que a hoy se están aplicando a la arquitectura con muy buenos resultados.

“ La condición de sostenibilidad, desde el punto de vista físico, se define como el cierre de los ciclos materiales.”<sup>6</sup>

La sostenibilidad aplicada en la arquitectura tiene cuatro pilares que son los que contienen las actuaciones para determinar los alcances de los proyectos, estos pilares son:

- La Energía
- Los Materiales
- El agua
- Los residuos

Todos estos conceptos están relacionados a diferentes actuaciones que están planteadas en la búsqueda de la reducción del consumo de los recursos.

El informe brundtland tuvo una amplia repercusión en el campo de la economía, creando dos campos de trabajo economía ecológica y la economía ambiental.

## **MOCHILA ECOLÓGICA.** <sup>11</sup>

Este termino esta relacionado a la huella ecológica. La huella ecológica es el impacto que genera una población sobre su entorno, es un termino muy amplio que acotaremos con el termino de la mochila ecológica.

La mochila ecológica es el impacto que genera a lo largo de su ciclo de vida un material o un producto, desde su extracción, fabricación, transportes usos y finalmente en los residuos que este genere.

Esto se mide mediante el calculo de la energía necesaria para producir cierta cantidad de un producto, las cantidades de materias primas necesarias, el agua que se consume en la producción y finalmente la cantidad de emisiones generada en este proceso.

La única opción para reducir la mochila ecológica es cambiar el modelo de producción actual por un modelo sostenible, que procure el cierre de los ciclos de los materiales.

---

5 *Atkinson Willian construyo en 1912 la “casa solar” la fachada sur era acristalada y en invierno podía alcanzar al interior 35° mientras que en el exterior la temperatura era inferior a 0°.*

6 *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. la construccion modular aplicada a la vivienda. Gerardo Wadel.*

## 12 **ECONOMÍA AMBIENTAL.**

Según la investigación del arquitecto. Gerardo Wadel *“La economía ambiental es conocida como la sostenibilidad débil. Esta se centra en la racionalidad de la economía estándar, lo que quiere decir que al estar basada en la economía estándar prioriza el consumo y la producción de bienes y servicios asumiendo que los recursos naturales se pueden sustituir por otros elementos producidos por el hombre, y que el capital natural del planeta es degradado por el sistema productivo.,*

*Este tipo de economía propone afrontar la disminución de materias primas con la inyección de grandes capitales para que la producción pueda mantenerse en forma constante y pueda mantener las demandas de la sociedad.”<sup>1</sup>*

Esto se puede entender como si se asignara un valor monetario a el impacto que se esta generando al planeta en cada una de las actividades de la sociedad.

*“Para que este planteamiento de la sostenibilidad débil pueda ser llevado a la práctica sería necesario detectar y conservar los servicios ambientales que se consideren esenciales para la vida y para la continuidad de la producción, establecer cuáles serían los valores monetarios que compensarían la disminución de las materias primas o recursos extraídos de la corteza de la tierra y definir la gestión que debería desplegarse sobre los recursos no renovables utilizando*

*esa inversión de capital sin que se produzcan pérdidas de productividad. El paradigma del desarrollo sostenible de la economía ambiental, en forma resumida, puede ser entendido como la capacidad de desconectar el crecimiento económico y la afectación de los recursos naturales.”*

Se entiende que los procesos industriales y de consumo son un proceso de transformación de recursos naturales y energéticos en residuos y que finalmente en el planteamiento que tiene la economía ambiental lo que se busca es asignarle un valor económico a los recursos afectados que dejan de ser renovables para reemplazarlos por productos hechos por el hombre. Sin comprometer los recursos naturales para las generaciones futuras como se menciona en informe [Brundtland]<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular aplicada a la vivienda. Gerardo Wadel. Tesis doctoral 2009

<sup>2</sup> Informe Brundtland, presentado a las naciones unidas y discutido en 1987 en este documento se introdujo por primera vez el concepto de “Desarrollo Sostenible”

## ECONOMÍA ECOLÓGICA

Según Gerardo Wadel: *“La economía ecológica es conocida como la sostenibilidad fuerte. Esta se centra en la racionalidad de la termodinámica considerada como la economía de la física y en la ecología es considerada como la economía de la naturaleza.*

*La economía ecológica asume que la economía es un subconjunto de la ecología, La sostenibilidad fuerte, como ya se ha avanzado, sostiene que el capital natural no es sustituible indefinidamente por los otros factores de la producción y que, por tanto, debe ser conservado. En tal sentido el capital humano es complementario al capital, natural -en vez de intercambiable- ya que de una u otra forma siempre proviene de la apropiación y utilización del primero. A partir de estas consideraciones, resulta muy difícil poder establecer un valor monetario para la sustitución de capital que supone el deterioro ecológico.*

*Es sabido cuánto cuesta acceder al derecho de explotación de un determinado recurso, una cantera de áridos por ejemplo, y también cuánto cuesta extraer, procesar y transportar la sustancia mineral para que tenga utilidad industrial. Pero todo ello no tiene relación alguna con el valor del recurso, el material que se extrae, creado por la naturaleza durante miles de años de acción de los ciclos geológicos sobre la formación y la transformación de materiales.*

*Una posible forma de estimar el valor monetario de la reposición del capital natural podría obtenerse a partir de calcular cuánta energía sería necesaria para re-establecer un determinado re-*

*curso natural una vez ha sido utilizado”<sup>1</sup>*

*La industria utiliza materiales y energía, que como se ha comentado también proviene mayoritariamente de los materiales, en la fabricación de productos concebidos para la prestación de un servicio determinado. Cumplido éste, en plazos que pueden variar entre días y años contados a partir de la extracción de las materias primas, se produce la pérdida de la utilidad y por tanto los materiales invertidos -que en muchos casos no ha sufrido ningún cambio en su composición- se convierten en residuos.*

La diferencia entre la economía ambiental y la economía ecológica puede entenderse como un cambio en el funcionamiento de los procesos y de la industria en lugar de producir materiales que luego se convertirán en residuos plantea un sistema continuo en los recursos, se establecería en el cierre de los ciclos como una condición necesaria de la sostenibilidad.

---

<sup>1</sup> La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular aplicada a la vivienda. Gerardo Wadel. Tesis doctoral 2009

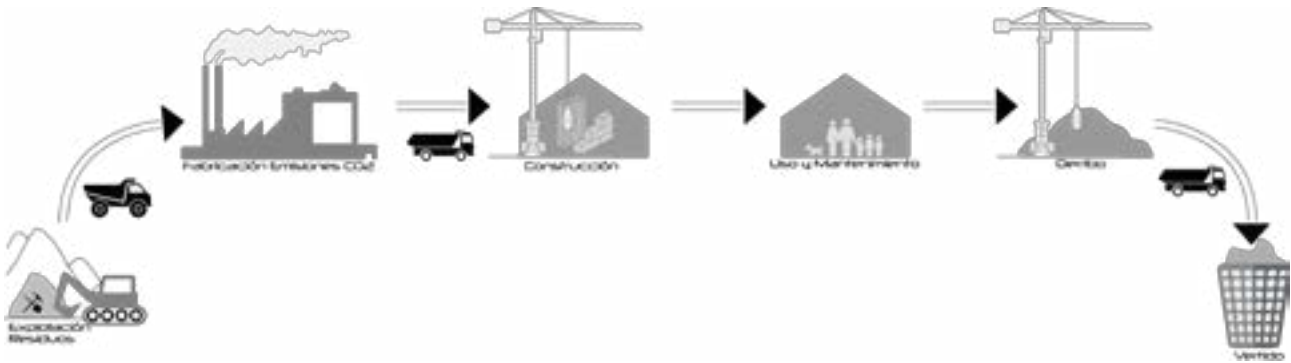


Imagen1– Gráfica ciclo industrial. Fuente: Elaboración propia.

## 14 CICLO ABIERTO, CICLO CERRADO.

“El ciclo de materiales, generalmente, es visualizado como un sistema de compartimentos que contiene stocks de uno o más nutrientes enlazados a través de ciertos flujos. El sistema es cerrado cuando no necesita de un suministro externo, por ejemplo como ocurre con la tierra en su conjunto, una situación casi imposible en el entorno industrial. El sistema comienza a ser de ciclo cerrado cuando los stocks de cada componente son constantes o no varían significativamente. La condición del balance de materiales, indispensable en los sistemas cerrados, implica que los ingresos y egresos de cada compartimiento deben estar equilibrados”<sup>1</sup>

El ciclo abierto. Industrial es quizá el problema más grave con respecto al consumo de los recursos naturales, como anteriormente se menciona este ciclo está basado en la economía estándar. Teniendo como único fin la generación de un proceso lineal de *extracción - fabricación - uso - residuo*. Este ciclo nace en la revolución industrial y ha tenido muy pocos cambios en la forma en que se están consumiendo las materias primas.

Como se ve en la imagen [ ] el ciclo anteriormente descrito inicia con un fase de extracción, fabricación, consumo y residuos. Cada una de estas fases afecta el medio ambiente ya sea por su impacto directo como por las emisiones que luego proyecta, esto en a una velocidad superior a la que la tierra con su ciclo biosférico puede

procesar todos estos impactos.

Ciclo cerrado en oposición al ciclo que nació con la revolución industrial, se presenta el ciclo de la ecología industrial, y se basa en los procesos que realiza la biosfera para procesar los residuos y convertirlos nuevamente en recursos.

El método biosférico para procesar los residuos se da mediante la degradación entrópica, que es un proceso natural y lento que provoca la dispersión de los materiales para introducirlos nuevamente como parte de los recursos.

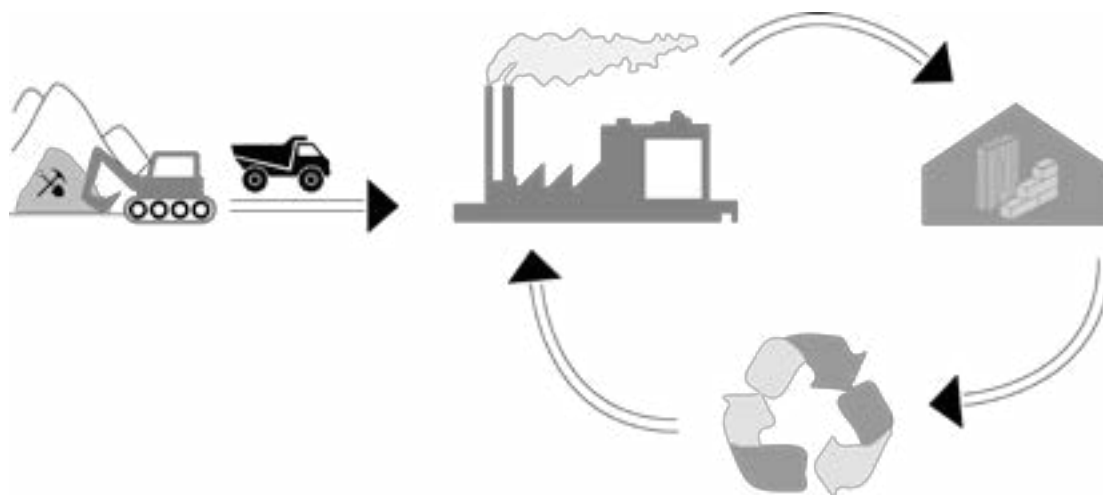
El principal reto que tiene la ecología industriales el de lograr la cambiar el sistema de extracción y de consumo que tenemos, y logre convertir los residuos en recursos, al conseguir esto los materiales nunca cambiaran su condición de recursos.

Como lo menciona el arquitecto Gerardo Wadel. “ *El gran desafío de la industria, en el que esta investigación intenta hacer una aportación concreta, es cerrar los ciclos materiales en todos los procesos técnicos. Esa exigencia de sostenibilidad requiere reciclar todos los residuos hasta devolverles la calidad de recursos, y hacerlo en un ritmo adecuado [Cuchi 2005] y ello tiene al menos tres condicionantes:*

- *Un uso de la energía que sea capaz de cerrar sus propios ciclos materiales.*
- *Una tecnología para recuperar, concentrar y reorganizar los residuos dispersos.*
- *Una organización social que mantenga el interés económico sobre este proceso.*

<sup>1</sup> La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular aplicada a la vivienda. Gerardo Wadel. Tesis doctoral 2009





**Imagen2**– Gráfica ciclo técnico cerrado. Fuente: Elaboración propia.

*En efecto, la biosfera es el ejemplo y es el modelo de tecnología de que se dispone para cerrar el ciclo de los materiales. La tierra no intercambia materiales con su entorno ni genera residuos, sino que recicla la materia constantemente, empleando en ello energía también renovable”<sup>2</sup>*

El cierre de los ciclos materiales se pueden gestionar a través de la biosfera para los materiales renovables, o mediante el ciclo técnico, utilizado en materiales no renovables como es en el caso del aluminio.

## **CICLO BIOSFERICO.**

El ciclo biosferico puede tomarse como una analogía a los ciclos naturales que como se puede ver cierran los ciclos mediante procesos de intercambios de energía ya sea aprovechando las energías renovables como la solar, la de la gravedad o de la geotermia. Tal y como sucede con los ecosistemas plantas y los animales.

Este ciclo puede ser relacionado como *reciclaje - fabricación - uso reciclaje*. Algunos de los materiales que cumplen con este que son los materiales renovables que pueden ser reciclados o constituidos en otros, también puede encontrarse la madera como uno de estos ya que la naturaleza en un periodo relativamente corto puede volver a producirla por acción propia o con intervención del hombre.

## **CICLO TÉCNICO.**

El cierre de ciclo técnico de los materiales es utilizado con los materiales de fuentes no renovables y son los que requieren un proceso de transformación que permita cambiar el estado de estos materiales de residuos a materias primas.

El ciclo técnico se define mediante ciertas estrategias o métodos aplicándolos como en el caso del aluminio el proceso realizado de reciclaje no afecta la calidad final del material. Estos procesos son aplicables a materiales como los metales, las piedras de cantera como los mármoles. Estas acciones evitan que estos materiales se dispersen como residuos y se conviertan en materias primas nuevamente sin tener la necesidad de nuevas explotaciones.

Otra de las opciones que ofrece este método es crear una cadena de custodia de los materiales finales por parte de los fabricantes y durante el proceso de uso el usuario paga por el servicio y cuando llega su final de ciclo el producto es recogido por el fabricante y procesado nuevamente para crear materias primas totalmente recicladas.

<sup>2</sup> La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular aplicada a la vivienda. Gerardo Wadel. Tesis doctoral 2009

## CALIDAD AMBIENTAL.

La calidad ambiental se puede entender de diferentes maneras. Según el libro Vitruvio Ecológico *“La calidad de la arquitectura por lo que ha instalaciones y accesorios se refiere concierne a la adecuación a su uso, a la durabilidad en su funcionamiento y al deleite visual que proporcionan. la adecuación a su uso implica consideraciones ergonómicas, especialmente para las personas discapacitadas o dependientes, y una correcta selección de materiales en relación con las funciones que deban desempeñar.[...] Que tenga habitaciones de un tamaño y escala apropiados para el uso individual o de grupo, un lugar tranquilo que sea cálido o fresco dependiendo de lo que convenga en la época del año, con aire, luz y sombra, forma y perfil”*<sup>1</sup>

Esta definición es abordada en un carácter general se resumiría en la calidad del servicio que se ofrece al cliente o al usuario que habita la arquitectura.

En este punto se tienen en cuenta factores de calidad de los materiales y se plantea el alcance de calidad que se quiere lograr para optimizar los sistemas de las condiciones interiores, teniendo en cuenta que los máximos no siempre se pueden alcanzar, ya sea por las características ambientales del lugar, como lo son las variables climáticas, con respecto a esto se plantean las estrategias ideales para el proyecto y que garantice la calidad de las condiciones internas en cualquier época del año.

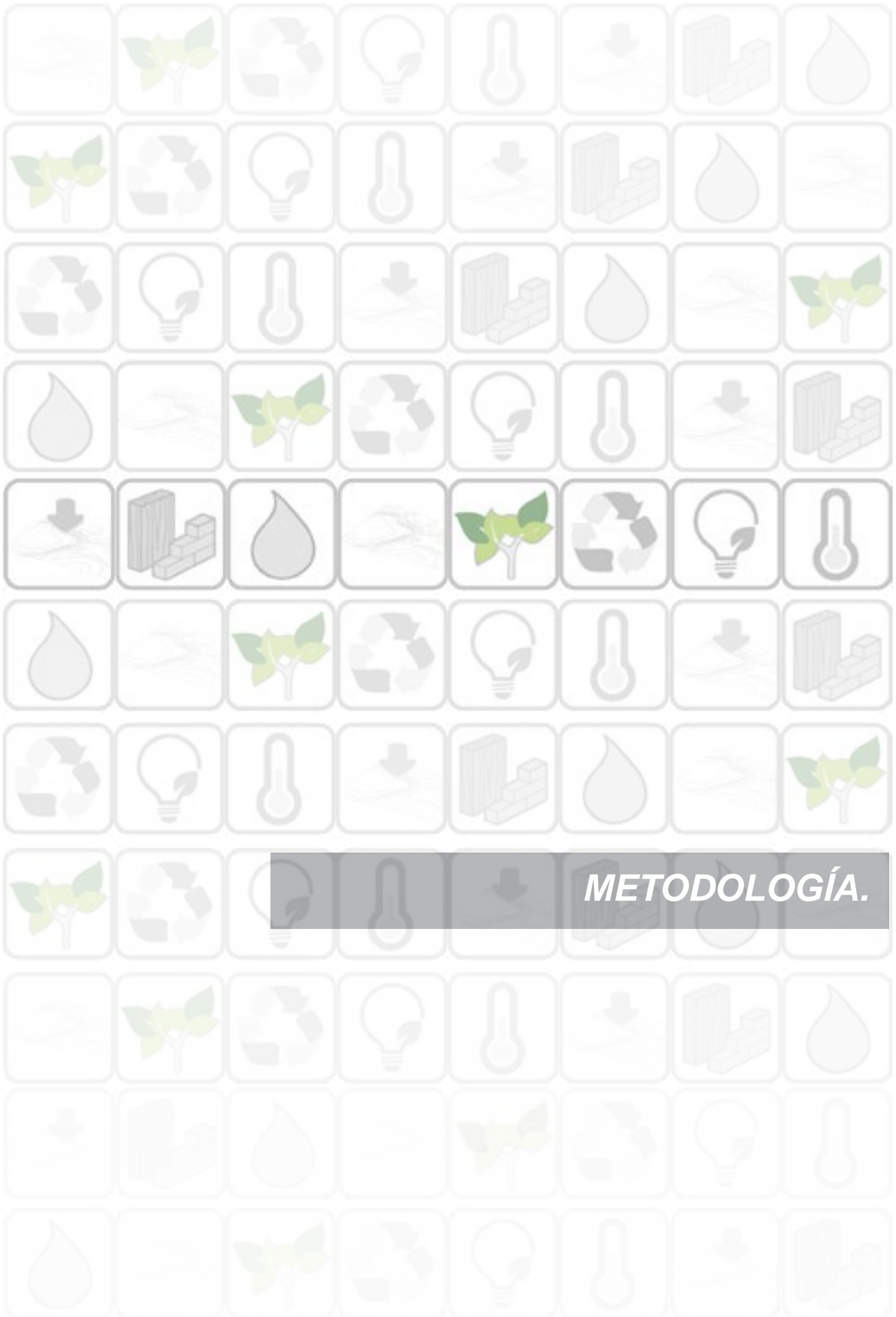
La calidad ambiental asumible como anteriormente lo menciono es establecida por una parte por el cliente y por otra por el alcance que se le quiera dar al proyecto,

Para esto hay que tener en cuenta la cantidad de energía que se pretende asumir para mantener las condiciones al interior. En este sentido intervienen las características de los materiales de la envolvente y su capacidad de evitar la pérdida térmica al interior, también como los materiales adicionales que se necesiten para garantizarlo, así como también los sistemas de mejoramiento de las condiciones térmicas.

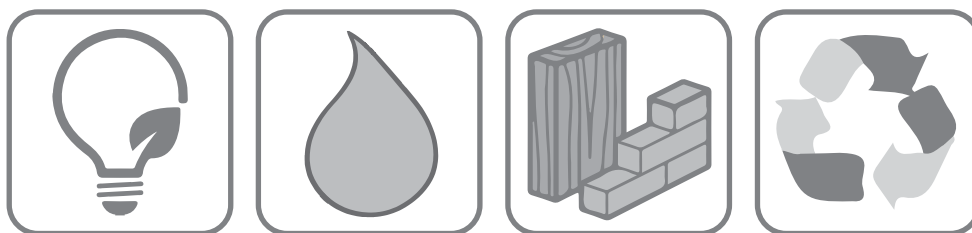
Por otra parte también influyen el consumo de recursos y la optimización que se quiere dar a estos como los sistemas de energía, el uso de energías renovables, la captación de aguas. Este tipo de estrategias en busca de reducir las demandas de recursos del proyecto.

---

<sup>1</sup> Un vitruvio ecológico. Principios y practicas del proyecto arquitectónico sostenible.2012.



***METODOLOGÍA.***



18



El objetivo de esta investigación es identificar las estrategias aplicadas en los casos de estudio para generar la calidad ambiental, estrategias aplicadas en el diseño, y hacer un acercamiento a los parámetros de sostenibilidad de las viviendas desde una visual cuantitativa que me permita evaluar y concluir si las viviendas están aportando o no a la reducción del impacto ambiental.

También quiero identificar si los proyectos utilizan métodos, estrategias y materiales que permitan cerrar los ciclos de estos.

Así mismo determinar si el cierre de los ciclos materiales es tenido en cuenta en las consideraciones de los proyectos a estudiar.

Por otra parte el objetivo de esta valoración de los proyectos es mostrar como se pueden interpretar y apreciar este tipo de proyectos sin ser un especialista en el tema a modo de guía o introducción.

## ***Método de estudio de los proyectos:***

Existen varios tipos de metodologías para valorar y para elaborar un proyecto sostenible, entre algunos de estos, cabe resaltar el método propuesto en el libro *Un Vitruvio Ecológico*<sup>1</sup>. en

<sup>1</sup> *Un vitruvio ecológico. Principios y practicas del proyecto arquitectónico sostenible.2012.*

el se plantean una serie de características y de métodos desde los procesos hasta las posibilidades de manejo de la construcción. Por otra parte existen mas métodos de evaluación y certificación de la sostenibilidad, a nivel internacional o local algunos de ellos son Leed<sup>2</sup>, Bream 98<sup>3</sup> y Verde<sup>4</sup> en España que evidencian que no hay un método único de hacer una valoración de los factores que caracterizan los proyectos sostenibles.

El método para la valoración seleccionado para realizar la categorización de las variables es el método creado por Societat Organica<sup>5</sup> que consiste en seguir una serie de estrategias ambientales para la definición de un proyecto, en este caso aplicada para el estudio, identificación y valoración de dos proyectos de estudio. Consiste en 5 pasos y cada uno de estos pasos esta relacionado con los 4 vectores de la sostenibilidad:

- Energía.
- Materiales.
- Agua.
- Residuos.

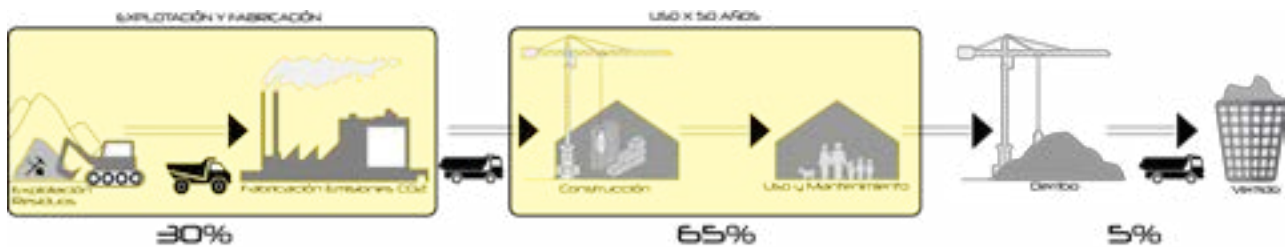
Cada uno estos va implícito en el desarrollo de cada una de una serie de estrategias o pasos a seguir dentro de la valoración que son los siguientes:

<sup>2</sup> *Leadership in energy & enviromental desing. USGBC*

<sup>3</sup> *Building research establishment enviromental assesment method.*

<sup>4</sup> *Verde. Green counsil España.*

<sup>5</sup> *Método de estrategias ambientales en proyectos sostenibles, Formulado por Societat Organica, Gerardo Wadel, Fabian López.*



**Imagen3**– Fases de estudio. Fuente: Elaboración propia.

- La reducción de las demandas.
- La eficiencia en los sistemas.
- El aprovechamiento de los recursos.
- El reciclaje
- Rescate del impacto generado.

Para tener una secuencia de los pasos presentados utilizaremos una matriz que con el fin de valorar las actuaciones de los proyectistas para cada una de las estrategias valoradas se dividirá marcando cada uno de los pasos a seguir y cada uno de los vectores de la sostenibilidad.

Los valores a estudiar en esta investigación son los de la explotación y fabricación que son el 30%. La construcción y el uso por 50 años son equivalentes al 65% del consumo de recursos consumo de energía y emisiones. Esta decisión responde a que juntos son equivalentes a el 95% del total del problema del modelo industrial. Como se puede ver en la gráfica [Imagen3]

En este punto se mostrara a modo de síntesis o conclusión las actuaciones que cumplen los proyectos en cada uno de los vectores de evaluación y en la parte inferior se dará una valoración cualitativa acerca de las actuaciones y cuantitativa generada por esta investigación.

## FASES.

Las fases a seguir están relacionadas directamente con la metodología para hacer la valoración de los proyectos. Teniendo en cuenta los pasos a seguir y en cada uno de ellos los vectores de la sostenibilidad como se puede ver en la matriz generada para esta investigación [Imagen4], y los pasos a seguir son los siguientes:

### PASO 1.

Acorde con lo escrito anteriormente vemos en la siguiente tabla de manera mas clara como estos pasos relacionan cada uno de los vectores de la sostenibilidad.



Dadas estas condiciones el paso que consiste en la reducción de las demandas, se abordaran en cada uno de estos vectores.

Para el caso de la energía se valorara la aplicación de estrategias bioclimaticas en el diseño respondiendo a los factores naturales presentes en el área donde se han construido, Cual es el aprovechamiento real que hay de estos factores como el aprovechamiento del sol para reducir el uso de sistemas de calefacción y potenciar el funcionamiento pasivo de la vivienda. Por otra parte también se tiene en cuenta la calidad de los cerramientos, la protección solar y la ventilación natural.

En esta sección de energía también se aborda el tema de los materiales desde el punto de vista de las cargas que generan al proyecto dependiendo del tipo de material, su peso, el coste energético de producción y emisiones que genera (Carga de CO2)

Finalmente se hace un consolidado en el cual se puede obtener la repercusión de cada una de las partes que componen la vivienda.

En el caso de los materiales en este paso se tiene en cuenta, la selección y características de estos, también y con mayor repercusión en el

	PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4	PASO 5
VECTORES	REDUCIR DEMANDA	EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS	APROVECHAMIENTO DE RECURSOS LOCALES	RECICLAJE - RESIDUOS	RESCATE DEL IMPACTO GENERADO
ENERGIA					
MATERIALES					
AGUA					
RESIDUOS					
CUALITATIVAMENTE					
CUANTITATIVAMENTE					

**Imagen4**– Pasos para la valoración de los proyectos Fuente: Elaboración propia

20

Proyecto es la definición de los sistemas constructivos a utilizar. El peso, la dimensión de la estructura las distancias entre pilares todo esto en busca de reducir la cantidad de material que necesita la vivienda.

Para el agua hay que tener en cuenta el uso y la demanda que tiene la vivienda así como el numero de habitantes o usuarios que esta tiene que cantidad se requiere para cocinar lavar los platos lavar ropa y otras actividades que se realizan diariamente en la vivienda, esto con el fin de definir estrategias y tener claridad sobre la cantidad necesaria de la calidad hídrica para reducir la demanda del recurso.

Por ultimo para los residuos es una resultante de los anteriores de como con la correcta aplicación de estrategias se reduce la emisión de todos los tipos de residuos al medio.

estrategias que reduzcan la demanda de estos como los son la calefacción o el aire acondicionado.

Para el caso de los materiales se valora la utilización de estos dependiendo de las dimensiones que tenga para evitar desperdicios y que tengan un buen manejo del mantenimiento.

En el caso del agua la estrategia se centra en los baños, en optimizar los aparatos y las griferías para reducir la demanda, y también la opción del reciclaje de agua para actividades que no requieran que el recurso sea la mejor calidad.

Por ultimo el reciclaje en este paso esta relacionado con el planteamiento desde la fase de diseño de dar la posibilidad de la separación selectiva de los materiales para su posterior uso.



**PASO 2.**

El paso 2 nos habla sobre la eficiencia de los sistemas, y como la implementación de sistemas con características mejoradas ayuda a reducir la demanda ya sea en la construcción o en las definiciones de acabados como las griferías, aparatos sanitarios, aparatos eléctricos que en definitiva son un aporte a la reducción del consumo de recursos.

En el caso de la energía se tendrá en cuenta la eficiencia en el uso de los recursos, esta se da con la optimización de los sistemas que tienen demanda de energía así como la aplicación de

**PASO 3**

El tercer paso habla del aprovechamiento de los recursos locales.

En primer lugar expone el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, como lo es la captación de energía solar fotovoltaica o térmica. la inercia de los materiales para mantener condiciones térmicas, y la explotación de otras fuentes de energía ya sean hídricas o eólicas según sea el caso.

A continuación para los materiales se tendrá en cuenta el sistema constructivo técnicas y mate-





riales locales, también se tiene en cuenta si hay preexistencia de un edificio y este se adapta para una nueva función.

Por ultimo los residuos se enfocan en la posibilidad de que se reduzcan al máximo los desperdicios y que los elementos de la construcción puedan ser aprovechados nuevamente.



#### **PASO 4.**

Reciclar, Este paso una suma de todas las estrategias anteriores.

En el caso esta relacionado con la utilización de energía solares o el aprovechamiento de la energía renovable que no este siendo utilizada por otro edificio con la misma función o con otra diferente.

En cuanto a los materiales esta relacionado con la utilización de materiales reciclados o materiales procedentes de fuentes renovables.

En el caso del agua esta relacionado con el aprovechamiento de las aguas que salen contaminadas de la misma vivienda con el uso de técnicas de depuración y tratamiento que permitan reutilizar el agua en otra tarea que no exija la potabilidad del agua.

Para los residuos se enfoca en minimizar y recuperar los desperdicios de la obra y es posible derribo.

#### **PASO 5.**

El ultimo paso es el rescate del impacto generado, en el caso del vector energía esta relacionado con el ahorro que se pueda lograr de las fuentes existentes y en mantener fijas las emisiones de CO2. En el caso de los materiales esta dirigido a los materiales que garantizan la neutralización del impacto que generan ( mochila ecológica).



En el caso del agua se centra en los sistemas de pre tratamiento de aguas residuales para devolverlas al medio ya tratadas, y en la aplicación de instalaciones independientes de manejo de aguas residuales, aguas lluvias o aguas grises.

Por ultimo para los residuos se centra en el caso de la utilización de residuos materiales y la posibilidad de tener un centro de residuos para su reciclaje a nivel comunitario.



## REFERENCIAS MÉTODOS DE EVALUACIÓN.

22

### Métodos de evaluación y certificación de la sostenibilidad en la arquitectura.

A continuación se presentaran los principales métodos de evaluación de la sostenibilidad que actualmente son mas reconocidos en el mundo.

- Leed (Leadership in Energy & Environmental Design)
- Breeam 98 (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).
- Verde ( Green building council España )

Leed <sup>1</sup>es un sistema de evaluación desarrollado por el USGBC para fomentar el desarrollo construcciones con parámetros de sostenibilidad y alta eficiencia.

Leed tiene diferentes tipos de posibles certificaciones a las cuales se puede optar dependiendo de las características del proyecto y estos son. Construcción nueva, leed para colegios, núcleo y envolvente, retail, Interiores comerciales, Edificaciones existentes operaciones y mantenimiento, desarrollo de barrios, y viviendas.

La idea de Leed es que los procesos de sostenibilidad estén controlados, definidos y registrados desde la fase inicial del proyecto, para esto el proceso tiene que estar controlado por un profesional asociado el cual da las directrices del proyecto y lleva un checklist que se muestra en la imagen [Imagen6] y a su vez registra el proyecto en cada una de sus fases

En el momento de registrar el proyecto hay que pagar unas tasas definidas por el USGBC y unos honorarios de un profesional asociado que va te-

ner el asesoramiento en cada una de las fases del proyecto y va reportar esta información mediante la pagina del USGBC.

En la fase inicial el proyectista debe determinar el alcance o las posibilidades que tendrá la construcción en cuanto a la certificación que se desea obtener. Las calificaciones están dadas sobre 100 puntos mas 6 por innovación en diseño y 4 por prioridad regional, Leed concede puntuaciones si el proyecto cumple con determinadas características se paradas en los siguientes grupos; sitios sostenibles, eficiencia en el manejo del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental al interior, innovación en operaciones y prioridad regional.

Las certificaciones son 4 que dependen la puntuación alcanzada por el proyecto sobre los 100 puntos que anteriormente se mencionan, y son 1 certificación Leed, 2 certificación plata, 3 certificación oro y finalmente la mas alta que es la leed platino.



Imagen5— Parámetros Leed. Fuente: [www.usgbc.com](http://www.usgbc.com)



LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Project Checklist				Project Name Date			
<b>Sustainable Sites</b>			Possible Points: 26	<b>Materials and Resources, Continued</b>			
Y ? N	Prereq 1	Construction Activity Pollution Prevention		Y ? N	Credit 4	Recycled Content	1 to 2
Y	Credit 1	Site Selection	1		Credit 5	Regional Materials	1 to 2
	Credit 2	Development Density and Community Connectivity	5		Credit 6	Rapidly Renewable Materials	1
	Credit 3	Brownfield Redevelopment	1		Credit 7	Certified Wood	1
	Credit 4.1	Alternative Transportation—Public Transportation Access	6	<b>Indoor Environmental Quality</b>			Possible Points: 15
	Credit 4.2	Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing Rooms	1	Y ? N	Prereq 1	Minimum Indoor Air Quality Performance	
	Credit 4.3	Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles	3	Y	Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	
	Credit 4.4	Alternative Transportation—Parking Capacity	2		Credit 1	Outdoor Air Delivery Monitoring	1
	Credit 5.1	Site Development—Protect or Restore Habitat	1		Credit 2	Increased Ventilation	1
	Credit 5.2	Site Development—Maximize Open Space	1		Credit 3.1	Construction IAQ Management Plan—During Construction	1
	Credit 6.1	Stormwater Design—Quantity Control	1		Credit 3.2	Construction IAQ Management Plan—Before Occupancy	1
	Credit 6.2	Stormwater Design—Quality Control	1		Credit 4.1	Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants	1
	Credit 7.1	Heat Island Effect—Non-roof	1		Credit 4.2	Low-Emitting Materials—Paints and Coatings	1
	Credit 7.2	Heat Island Effect—Roof	1		Credit 4.3	Low-Emitting Materials—Flooring Systems	1
	Credit 8	Light Pollution Reduction	1		Credit 4.4	Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products	1
<b>Water Efficiency</b>			Possible Points: 10		Credit 5	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	1
Y	Prereq 1	Water Use Reduction—20% Reduction			Credit 6.1	Controllability of Systems—Lighting	1
	Credit 1	Water Efficient Landscaping	2 to 4		Credit 6.2	Controllability of Systems—Thermal Comfort	1
	Credit 2	Innovative Wastewater Technologies	2		Credit 7.1	Thermal Comfort—Design	1
	Credit 3	Water Use Reduction	2 to 4		Credit 7.2	Thermal Comfort—Verification	1
<b>Energy and Atmosphere</b>			Possible Points: 35		Credit 8.1	Daylight and Views—Daylight	1
Y	Prereq 1	Fundamental Commissioning of Building Energy Systems			Credit 8.2	Daylight and Views—Views	1
Y	Prereq 2	Minimum Energy Performance		<b>Innovation and Design Process</b>			Possible Points: 6
Y	Prereq 3	Fundamental Refrigerant Management			Credit 1.1	Innovation in Design: Specific Title	1
	Credit 1	Optimize Energy Performance	1 to 19		Credit 1.2	Innovation in Design: Specific Title	1
	Credit 2	On-Site Renewable Energy	1 to 7		Credit 1.3	Innovation in Design: Specific Title	1
	Credit 3	Enhanced Commissioning	2		Credit 1.4	Innovation in Design: Specific Title	1
	Credit 4	Enhanced Refrigerant Management	2		Credit 1.5	Innovation in Design: Specific Title	1
	Credit 5	Measurement and Verification	3		Credit 2	LEED Accredited Professional	1
	Credit 6	Green Power	2	<b>Regional Priority Credits</b>			Possible Points: 4
<b>Materials and Resources</b>			Possible Points: 14		Credit 1.1	Regional Priority: Specific Credit	1
Y	Prereq 1	Storage and Collection of Recyclables			Credit 1.2	Regional Priority: Specific Credit	1
	Credit 1.1	Building Reuse—Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	1 to 3		Credit 1.3	Regional Priority: Specific Credit	1
	Credit 1.2	Building Reuse—Maintain 50% of Interior Non-Structural Elements	1		Credit 1.4	Regional Priority: Specific Credit	1
	Credit 2	Construction Waste Management	1 to 2	<b>Total</b>			Possible Points: 110
	Credit 3	Materials Reuse	1 to 2	Certified 40 to 49 points Silver 50 to 59 points Gold 60 to 79 points Platinum 80 to 110			

Imagen6— Check list de proyecto. Fuente: www.usgbc.com

Los créditos de certificación están distribuidos de la siguiente forma.

- |                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| 1. Ubicación y transporte        | (16 puntos)        |
| 2. Sitios sustentables           | (10 puntos)        |
| 3. Uso eficiente del agua        | (11 puntos)        |
| 4. Energía y Atmósfera.          | (33 puntos)        |
| 5. Materiales y recursos.        | (13 puntos)        |
| 6. Calidad del ambiente interior | (16 puntos)        |
| 7. Innovación en el diseño.      | (6 puntos)         |
| 8. Prioridad regional.           | (4 puntos)         |
| <b>Total.</b>                    | <b>110 puntos.</b> |

### Certificación Bream.

Breem<sup>1</sup> según información este es un sistema de evaluación y certificación de la sostenibilidad que tiene 20 años de presencia en el mercado. El Building Research Establishment (BRE<sup>2</sup>) es la entidad que lo gestiona. Fundada en 1921, fue la primera organización orientada a la investigación en el sector de la edificación en el mundo. Independiente y sin ánimo de lucro, actualmente lleva a cabo la investigación, asesoramiento y pruebas para los sectores de la construcción y el entorno construido en el Reino Unido y participa en la elaboración de normas nacionales e internacionales y códigos de construcción.

Evalúa impactos en 10 categorías (Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso ecológico del suelo,

Contaminación, Innovación) y otorga una puntuación final tras aplicar un factor de ponderación ambiental que tiene en cuenta la importancia relativa de cada área de impacto. Comprende las distintas fases de diseño, construcción y uso de los edificios y dispone de esquemas de evaluación y certificación en función de la tipología y uso del edificio.

El proceso de evaluación y certificación de la sostenibilidad de una construcción con la metodología BREEAM® comienza siempre por la elección de un Asesor reconocido. Son técnicos independientes en la relación con sus clientes y los únicos reconocidos para realizar procesos de consultoría y auditoría desde la fase de proyecto hasta su ejecución y posterior mantenimiento. Son el único interlocutor válido para el organismo certificador BREEAM® ES y la mayor garantía del rigor e independencia del proceso.



Imagen7— Parámetros Bream. Fuente: www.bream.es

1 [www.bream.es](http://www.bream.es)

2 Building research Establishment entidad que gestiona el metodo de certificacion .[www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk)



## APLICACIÓN.

En desarrollo de la aplicación de la metodología a los proyectos seleccionados, se plantea una maquetación del documento en paralelo, lo que quiere decir es que en cada uno de los criterios de evaluación sera estudiado en ambos casos teniendo siempre en el lado izquierdo el caso de estudio numero1 y en el lado derecho el caso de estudio numero2. Como se puede ver en la gráfica de referencia [Imagen10]

De esta forma se tocara cada uno de las fases de la metodología anteriormente descritas y al final de cada sección se incluirá una ficha a modo de síntesis, con las valoraciones de los proyectos y sus comparaciones con las respectivas referencias para cada caso.

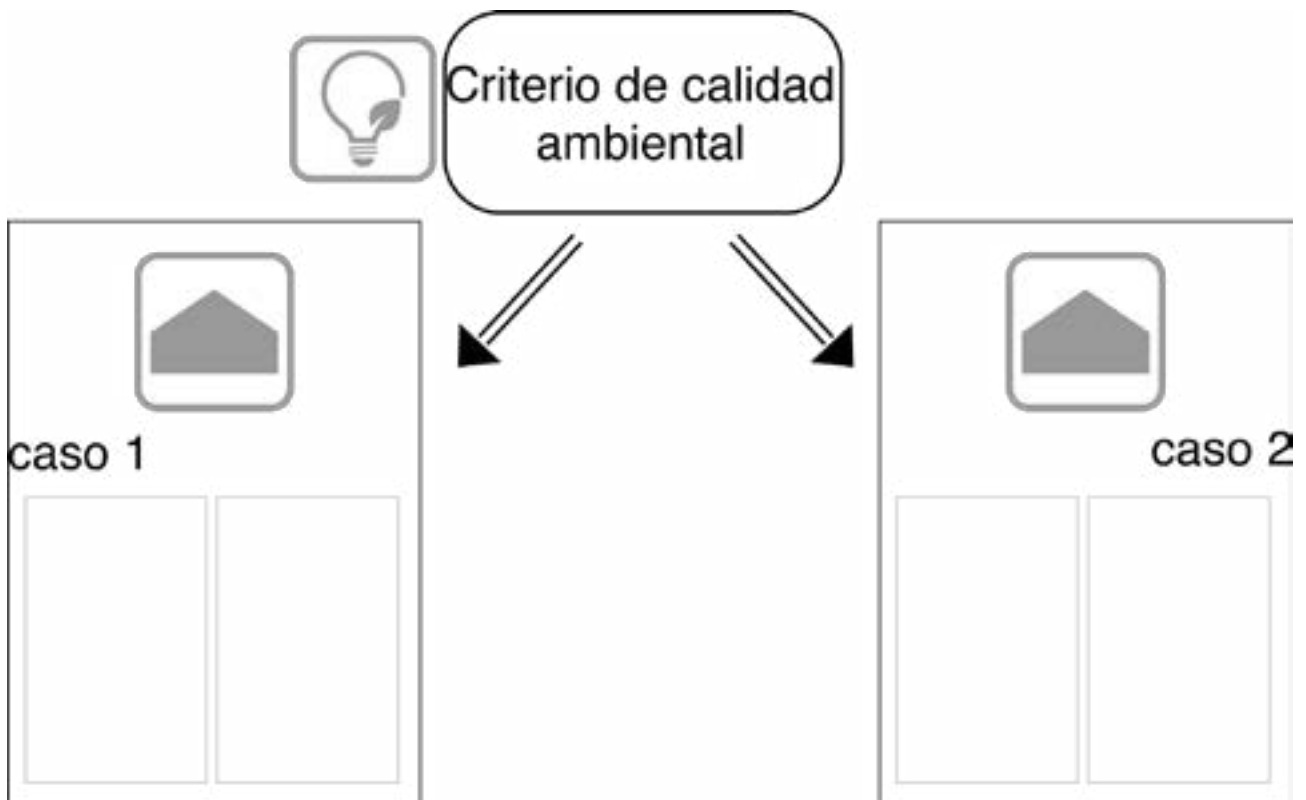
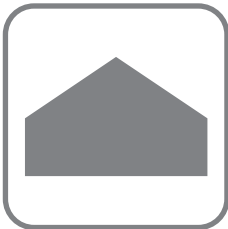


Imagen10– Aplicación del método de evaluación. Fuente: Elaboración propia.



### **Criterios de selección de los proyectos.**

Con respecto a la selección de cada uno de los proyectos me base en los dos criterios del método alternativo que propone la sostenibilidad,

que se tratan en este documento y son el cierre de ciclo de los materiales, apuntando a los dos vectores principales, el ciclo biosférico y el ciclo técnico.

Para cualquiera de los dos casos se buscara una vivienda unifamiliar aislada, Debido a que en cuanto a los modelos de ciudad convencionales es el modelo que mayor grado de optimización tiene debido a que en ella se pueden aplicar distintas estrategias para reducir la demanda de los recursos que necesitaría una vivienda para su construcción y para su funcionamiento.

Por otra parte buscaba distintas características para contrastar situaciones, como en la localización estudiar las opciones de orientación teniendo en cuenta los factores climáticos y las características propias de cada lugar. También estudiar si es correcta o no la posición de las ventanas y las distintas características en las distribuciones en las plantas arquitectónicas.

Contrastes de clima, como en dos escenarios diferentes se presentan variables en las soluciones para aislar o mantener la temperatura interior, para permitir o limitar la entrada de aire. De la misma manera buscaba un contraste en materialidad y técnicas constructivas, que soluciones surgían con técnicas constructivas actuales

y que tipos de soluciones se dan con la adaptación o la aplicación de técnicas constructivas vernáculas.

Todo esto para ver diferencias entre las soluciones planteadas y cual de ellas podría entenderse como una buena intervención en términos cualitativos y cuantitativos que arroje el estudio.

En cuanto al cierre de ciclo mediante el método biosférico, se estudiara un proyecto que aplique técnicas de construcción que sean regionales y que a su vez entreguen altas prestaciones para que se puedan garantizar condiciones de confort al interior de la vivienda. Igualmente saber que geometría presenta el proyecto y con que fin, además saber como aprovechan las condiciones presentes en el lugar para sacar provecho de estas y suplir algunas necesidades.

Por otra parte estudiare un proyecto que de soluciones al cierre de los materiales desde un enfoque técnico. Como plantean sus aislamientos o como se dirigen sus estrategias frente a diferentes condiciones climáticas para mantener una temperatura ideal al interior de la vivienda.

Como es la geometría aplicada a este tipo de proyectos, como se proyectan las dimensiones de la estructura con estas características, aplican estrategias de control climático o como sacan provecho de ciertas condiciones para facilitar y amortiguar el consumo de energía de las viviendas unifamiliares.

Para esto cabe presentar el método de estudio por el cual se determinarían las valoraciones que tendrá cada proyecto.



***CASOS DE ESTUDIO***







**Imagen11**—Fuente: Alfonso Arango Fotografía nocturna - Alfonso Arango, Casa de tierra.

28

## CASA DE TIERRA.

Arquitecto: Alfonso Arango.  
 Ubicación: Colombia – Villa de Leyva  
 5.65°N 73.57°O 2072m  
 Área: 186.9 m<sup>2</sup>  
 Costo: 96.875 € (2016)

Temperatura promedio entre 17 – 18 grados.  
 Lluvias de 1400 – 1700 mm por año.

Suelos predominantemente secos alimentados por cuerpos de agua reposados. Del páramo de Iguaque a zonas desérticas distanciadas por unos pocos kilómetros. Un lugar que ha sufrido interesantes cambios geográficos a lo largo del tiempo, pasando del océano primitivo en el cretácico a zonas desérticas y montañosas en tiempos más actuales, haciendo de este un lugar cargado de magnificas características y de múltiples posibilidades.

De una manera más específica, la Casa de tierra está implantada en un lugar con una topografía de pendientes leves, de suelos predominantemente secos y rodeada de una vegetación resistente a la falta de lluvias. Sin embargo, hay gran cantidad de pequeños lagos naturales distribuidos a lo largo y ancho de la zona acompañados por importantes y abundantes formaciones rocosas.

La Casa de tierra está orientada por un eje horizontal que conecta la casa con el lago, y un eje vertical que conecta el centro de la casa con el cielo. Compuesta por una planta cuadrada subdividida en nueve cuadrados más pequeños, donde el centro es un patio que reparte a las dis-

tintas dependencias de la casa a modo de claustro tipológico. Estrategia arquitectónica utilizada desde las viviendas arcaicas griegas, chinas, romanas, árabes y por supuesto, Españolas. También, se busca una claridad constructiva que responda a lógicas distintas: una cubierta en concreto ocre a la vista inclinada a cuatro aguas dirigidas al centro, apoyada por 16 columnas, también en concreto ocre a la vista, que responde a un carácter francamente tectónico. Por otro lado, la masividad y espesor de los muros perimetrales en bloques de adobe, prensados a mano y colocados en tizón, responden a una naturaleza estereotómica, cuyas cuidadosas perforaciones, rugosidad y cromática material, además del comportamiento térmico, buscan potenciar el carácter doméstico de la casa.

Dentro de los objetivos de la casa de tierra esta lograr identificarse con su entorno y con la herencia de la arquitectura vernácula que se desarrollo en la zona y que a hoy es factor de identidad del pueblo.





**Imagen12**—Fuente: *lacatonvassal.com*. Casa en dordoña.

## CASA EN DORDOÑA

Arquitectos: Lacaton & Vassal

Ubicación: Saint Pardoux la Rivie Dordogne -France

45.49°N 0.75°E 144m

Área: 242 M2

Costo: 115.000 € (1997)

La casa esta ubicada cerca al pueblo de Sant Pardoux la Riverie. Cuya principal actividad económica es la agricultura, el territorio esta plagado de construcciones relacionadas a esta actividad.

Esta en un solar alargado junto a una pequeña carretera, la casa es baja estrecha y alargada. Siguiendo la forma del solar y paralela a la carretera. Con una disposición norte -sur que le permite beneficiarse de las condiciones presentes y ademas aprovecha las vistas hacia los campos.

La casa consta de dos partes independientes comunicadas por un espacio central de estar o invernadero que participa en el confort climático. En la primera parte se encuentra la habitación principal, la sala de estar, cocina y servicios. en la segunda parte están otras dos habitaciones mas y un garaje.

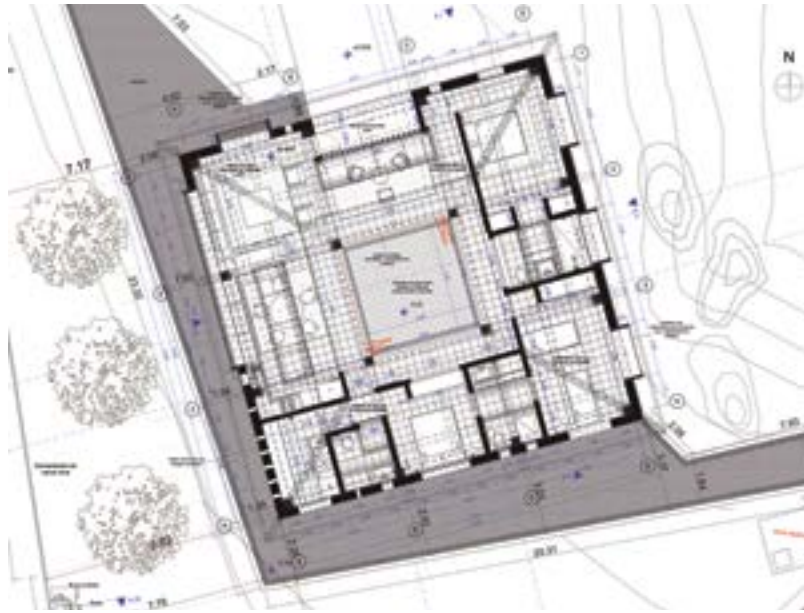
La alternancia del cerramiento en las fachadas oeste y sur este permiten gran transparencia y la lectura continua del paisaje.

Lacaton & Vassal propusieron para este proyecto un desplazamiento desde la industria hasta la vivienda. De tal resultado la casa parece mas un cobertizo agrícola, una granja o una pequeña nave industrial. El punto de partida en este caso

es la construcción de un nuevo paisaje donde pueden habitar infraestructuras reconocibles y pertenecientes al entorno. Esto plantea dos grandes ventajas por un lado la tecnología es bastante conocida y esta ampliamente probada in situ y el éxito de la construcción esta prácticamente garantizado y no existe la necesidad de utilizar detalles constructivos específicos, puesto que se conocen. Por otra parte la hibridación de una tipología industrial como esta para ser ocupada con otro uso no esperado. Generando que el usuario pueda experimentar de los espacios dependiendo de las condiciones climáticas o de sus necesidades.

Temperatura media anual de 12 grados. Lluvias de aproximadamente 825 mm al año.





**Imagen13– Planta arquitectónica casa de tierra Fuente: Alfonso Arango.**

30

El proyecto esta desarrollado alrededor de un patio interior y una circulación perimetral que conecta cada uno de los espacios, en el costado norte de la vivienda se encuentra el acceso principal, este tiene un retroceso hacia el interior del edificio para generar un acceso protegido, este acceso tiene la característica de estar resaltado por la presencia de una celosía en hormigón prefabricada que permite la ventilación continua, y en las noches se cubre mediante un blackout que se ancla a paredes y suelo para bloquear la entrada de aire.

Todos los muros son en bloques de adobe compactados a mano fabricados en la región. Para el cerramiento de la fachada el aparejo de los bloques están dispuestos en “tizón” es decir están pegados por su lado mas largo. en los muros interiores la disposición de los aparejos son en “soga” es decir tienen una disposición horizontal en su lado mas largo.

Los marcos que dan hacia la fachada oeste son en hormigón prefabricado y tienen una dimensión de 2 metros por 2 metros estos marcos están anclados a los muros de adobe mediante una viga de confinamiento de 20 cm por 20 cm, los marcos de todas las ventanas son en madera de cedro amargo inmunizado, también de procedencia local.

La estructura es en hormigón fundida in situ, y esta envuelta por los muros de fachada, la losa de suelo es en hormigón aligerado y tiene un grosor de 40 cm. El acabado de suelo en todos los espacios interiores es en material cerámico procedente de una fabrica local al igual que la teja de barro utilizada en la cubierta.

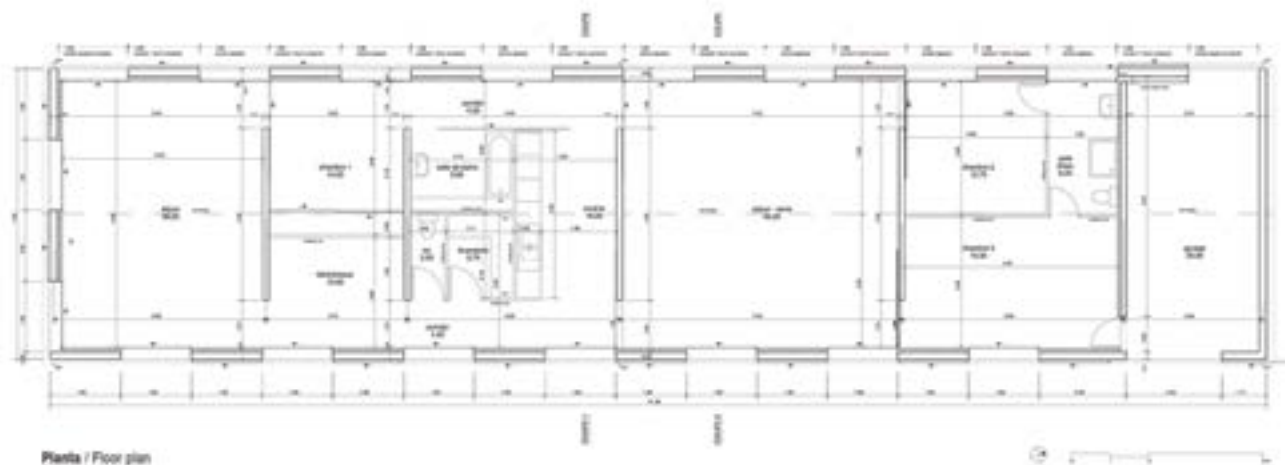
La cubierta es una losa de hormigón pendiente hacia el interior para la captación de aguas lluvias y tiene un grosor de 30 centímetros.

Al costado este se encuentran: la habitación principal y baño, y otra habitación, hacia el costado sur están ubicados dos baños, 2 habitaciones y una zona de lavandería, en el costado oeste están localizadas la cocina, el comedor y el salón.

El cerramiento en el patio central consiste en una puerta ventana en acordeón en vidrio laminado de 8mm con carpinterías en madera selladas termo acústicamente.

Los espacios exteriores tienen unos caminos en tierra compactada algunos de ellos necesitaron un muro de contención, construido en piedra “labor” que es una piedra del lugar.





**Imagen14**– Planta arquitectónica casa en Dordña. Fuente: Lacaton & Vassal.

31

El proyecto esta distribuido en una planta rectangular de 7.6 metros hasta 31,85 metros divididos en tres áreas. El espacio central o llamado patio invernadero, al costado sur están ubicadas la habitación principal, baño, cocina y salón principal. Al costado norte están ubicadas dos espacios habitaciones mas un baño y el parqueadero. Las características de la casa y de las fachadas hacen que tenga una gran permeabilidad y variación dependiendo de las condiciones climáticas. Abriéndose para las temporadas cálidas y cerrándose en las temporadas frías.

de vidrio y el acabado interior es en un contra chapado de madera de 1cm.

La composición para todos los muros de cerramiento es la siguiente: un muro de agglo que son unos bloques similares a los bloques de hormigón de 20 cm mas un aislamiento de 8cm y un contrachapado de madera hacia el interior.

Los marcos de la ventanería son carpinterías en aluminio sellada térmicamente y la ventanería doble con cámara, Los paneles móviles exteriores son en chapa de aluminio y rieles y carpinterías en aluminio.

La losa de suelo es una losa de hormigón de un grosor de 15 centímetros con un sistema de calefacción integrado, a su vez la losa es el único material para acabado de suelos.

Los muros divisorios al interior son en agglo como antes se describe y con acabado en laminas de yeso y contrachapados de madera

La estructura de la cubierta es en madera y consiste en 6 vigas de madera que reciben una chapa de aluminio ondulada hacia el exterior, al interior una capa de aislamiento de 20cm de lana



**Imagen15**– Fotografía exterior casa de tierra. Fuente: Alfonso Arango

32



**Imagen16**– Fotografía interior casa de tierra Fuente: Alfonso Arango



**Imagen17**– Fotografía Exterior fachada este. Fuente: Lacatonvassal.com



**Imagen18**– Fotografía interior patio invernadero, casa en Dordoña. Fuente: El Croquis #177-178 Lacaton & Vassal



## CONDICIONES CLIMÁTICAS

34

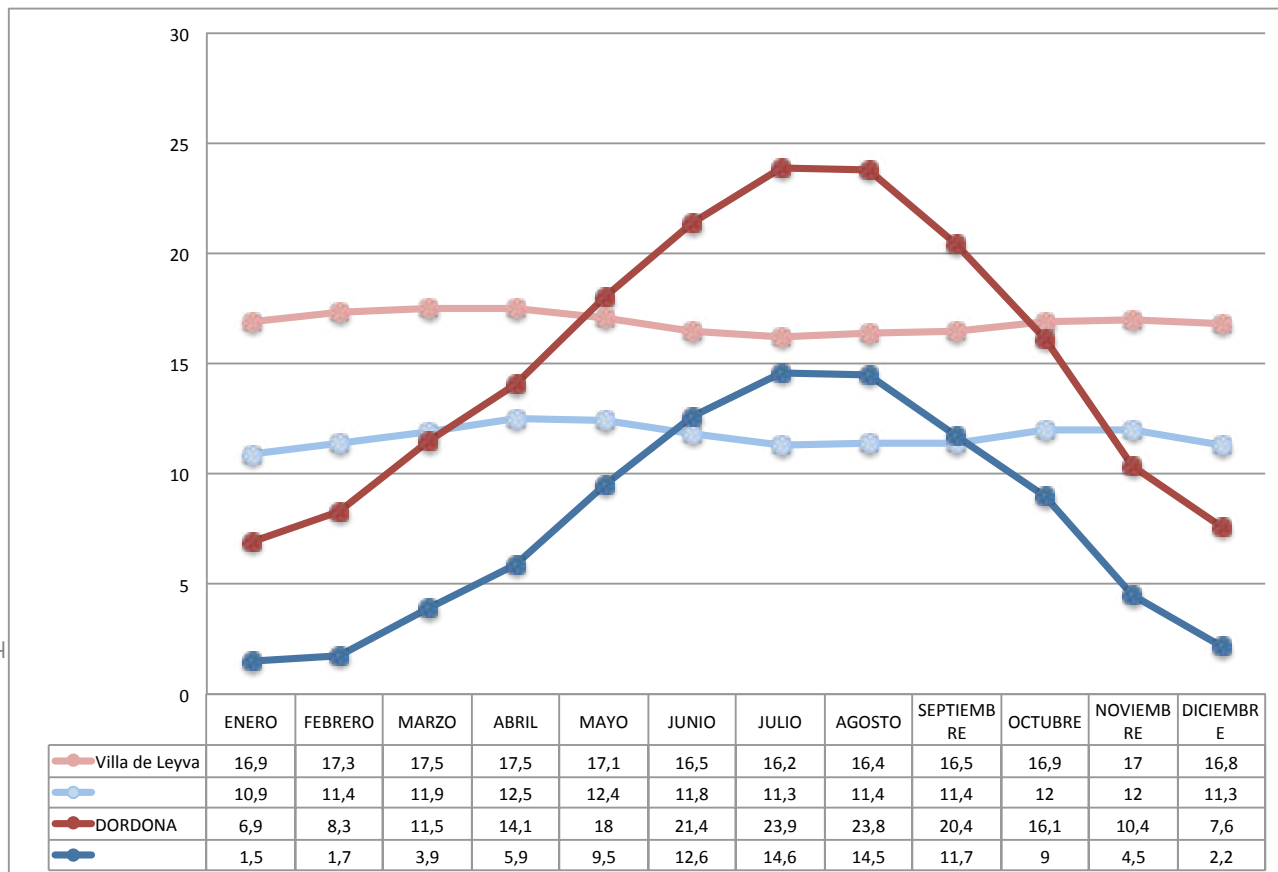
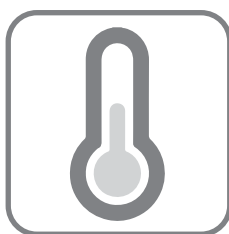


Imagen19—Gráfica de temperaturas mínimas y máximas promedio por año. Fuente Elaboración propia / Datos tomados de IDEAM Colombia /Meteofrance.com.



Las condiciones de temperatura de los proyectos a estudiar presentan un contraste en el sentido que un proyecto tiene mas variación en las condiciones térmicas en cambio el otro tiene una dinámica mas estable.

Es decir que para el proyecto de la casa de tierra en Villa de Leyva. Colombia. Las variables de temperatura son constantes, y presenta entre sus temperaturas mínimas entre los 10.9° Grados llegando hasta los 12.5° Grados, siendo esta la línea en color azul oscuro (imagen 4)

Por otra parte las temperaturas máximas que presenta están en rango de los 16.2° Grados hasta alcanzar los 17.5° Grados como temperatura máxima siendo para esta la línea mas oscura (Imagen 4)

Las condiciones de temperatura en esta casa tiene una exigencia intermedia, si bien no suben mucho las temperaturas durante el día, en la noche el cambio alcanza a ser relevante.

Mientras que para el proyecto de la casa en

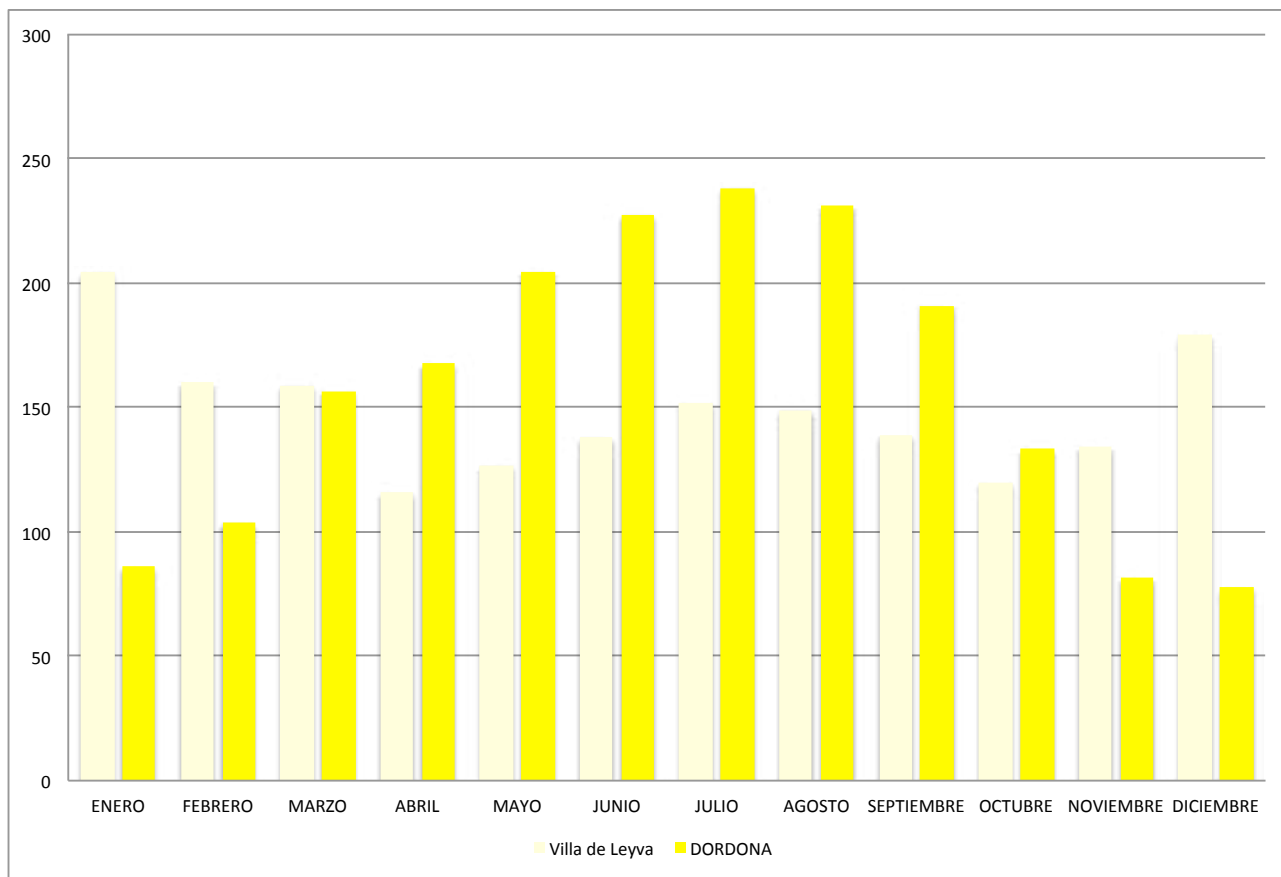
Dordoña, presenta condiciones de clima continental, tiene variables de temperaturas mínimas que van desde 1.5° Grados hasta los 14.5° Grados, como lo traza la línea clara (Imagen 4).

En el otro extremo están las condiciones de temperatura máximas que a lo largo del año tienen un cambio que va desde los 6.9° Grados hasta los 23.9° Grados que alcanza en verano. Como se puede ver en la línea clara (Imagen 4)

Con esto es evidente que las condiciones de temperatura son bastante exigentes para la vivienda, ya que tiene que aplicar mas estrategias y elementos de mitigación para evitar las pérdidas o incrementos fuertes de temperatura.

Cabe resaltar que debido a las condiciones climáticas en Colombia el puente térmico no es un problema porque las variaciones de temperatura no son tan altas ni tan bajas.

## CONDICIONES CLIMÁTICAS SOL



35

**Imagen20– Gráfico de promedio de horas sol año/ Fuente Elaboración propia / Datos tomados de IDEAM Colombia, Meteo-france.com.**

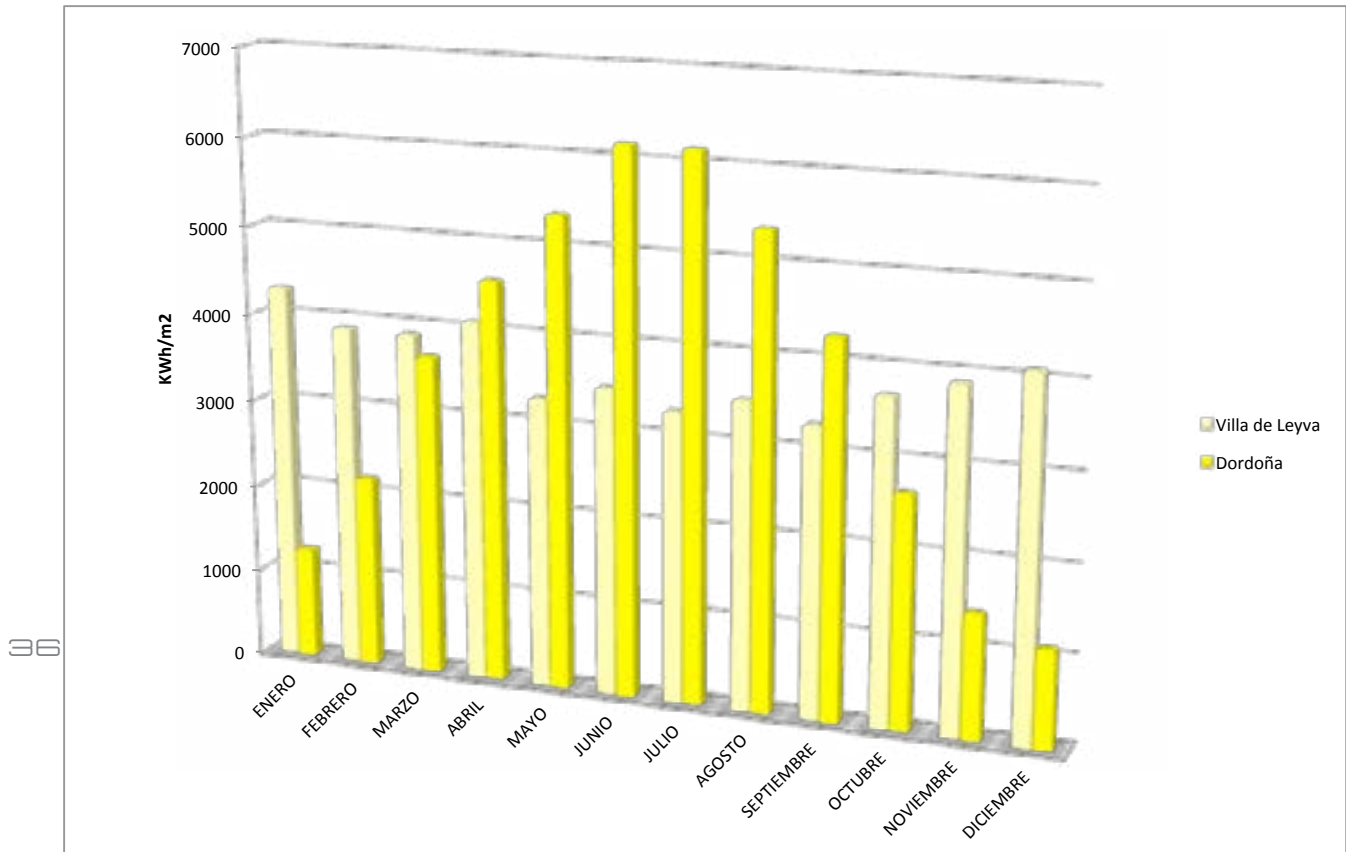
Radiación solar.

Esta medición esta hecha basándose en el índice de horas de radiación solar por mes que presentan las dos situaciones.

La primera para Villa de Leyva presenta una condición constante para todo el año que van desde 116 horas en abril siendo este el mes con el menor pico del año, y 204 horas en el mes de enero siendo el pico mas alto en el año.

Para Dordoña la situación es mas variable y las máximas y las mínimas están determinadas por las estaciones. En los meses que van de junio hasta agosto las horas de sol van desde 227 hasta 238 como pico mas alto. Para los mínimos están en los meses de noviembre a enero. y van desde 77 horas hasta 86 horas de radiación solar promedio.

## CONDICIONES CLIMÁTICAS RADIACIÓN SOLAR



**Imagen21**– Gráfico de Kw /hora promedio mes/ Fuente Datos: Atlas de radiación solar para la región cundí boyaca cense.(Laccei.org)/ re.jrc.ec.europa.eu/ Gráfico: Elaboración propia

En esta imagen se muestra el promedio de energía solar en kWh/m<sup>2</sup> para cada uno de los dos casos de estudio haciendo una comparación de las características de la cantidad de kWh mes por cada uno.

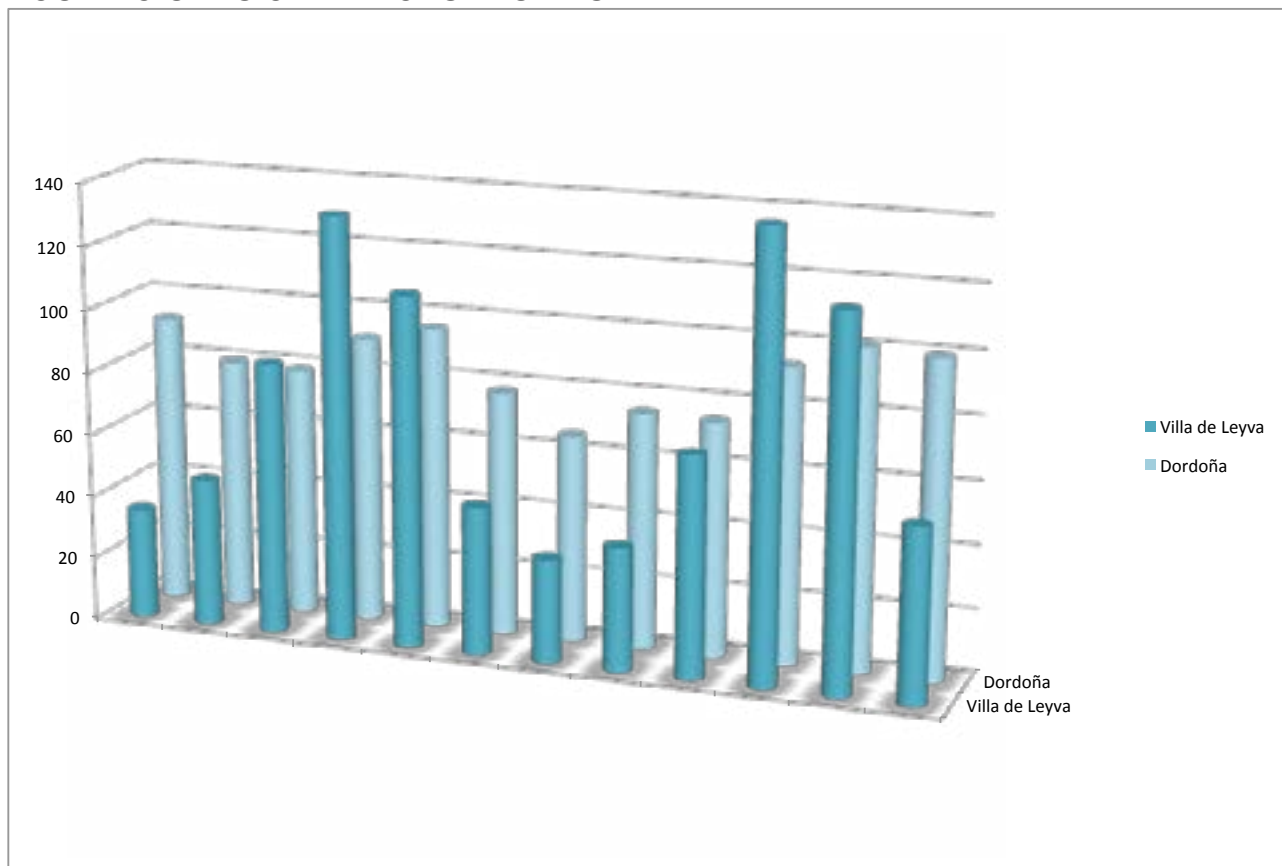
En el caso de Villa de Leyva se encuentra que los meses de mayor radiación solar recibida es entre noviembre y enero donde se llega a tener un impacto que va desde los 3900 kWh / m<sup>2</sup> hasta un tope de 4300 kWh / m<sup>2</sup>.

Pero en los meses de mayo a septiembre esta estadística baja, se ubica casi sin variar entre los 3300 kWh / m<sup>2</sup> hasta los 3500 kWh / m<sup>2</sup>.

Por otra parte en el caso de Dordoña tiene dos extremos muy marcados, el primero y el mas bajo que se ubica entre los meses de diciembre y enero con un índice que va desde 1120 kWh / m<sup>2</sup> hasta los 1270 kWh / m<sup>2</sup>.

Para los meses de mayor radiación el promedio sube considerablemente y se ubica entre los 6160 kWh / m<sup>2</sup> hasta 6170 Kw /m<sup>2</sup> en los meses de junio y julio.

## CONDICIONES CLIMÁTICAS LLUVIAS

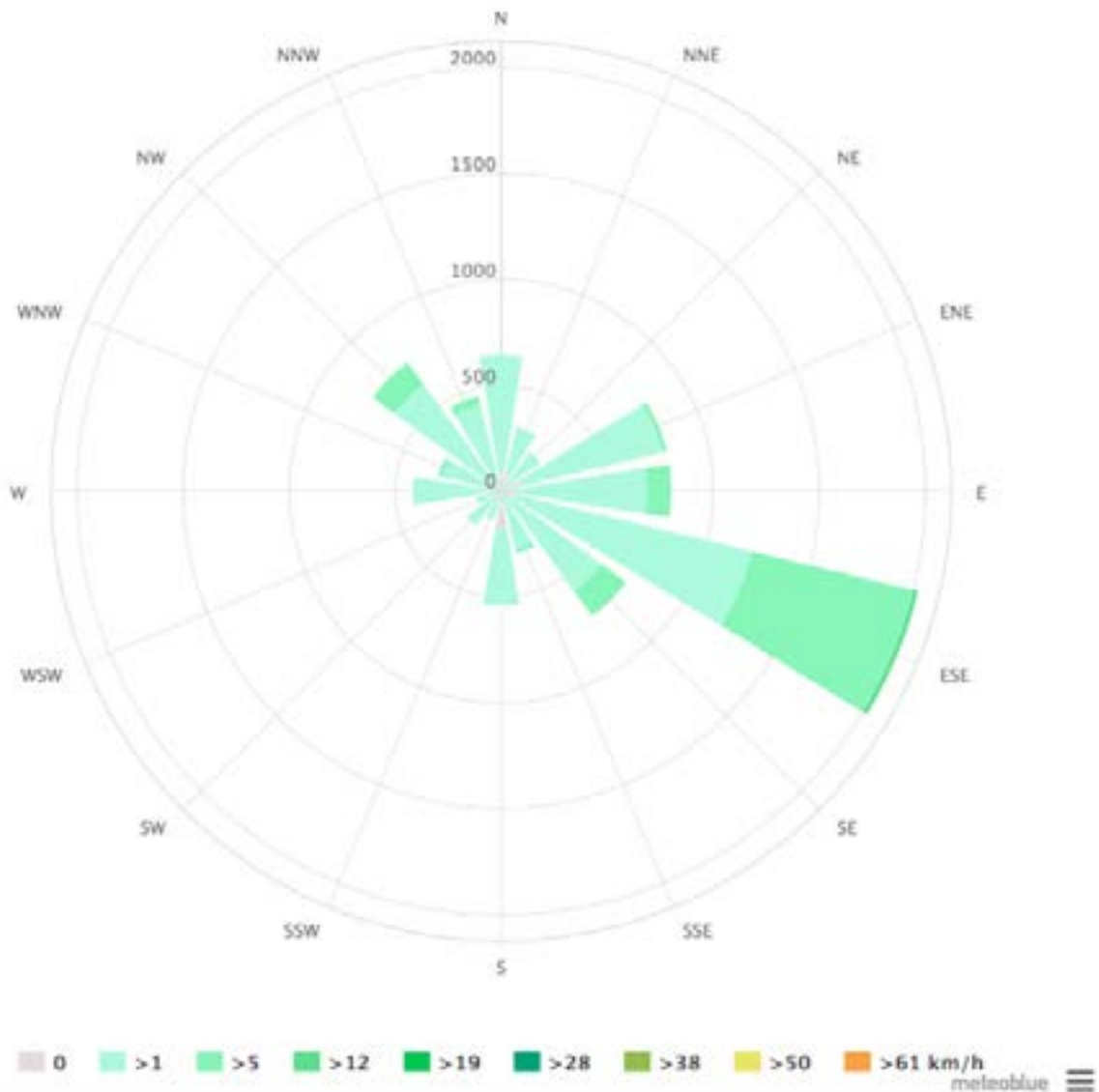


37

Imagen22– Gráfico de precipitaciones/ Fuente Elaboración propia / Datos tomados de Ideam Colombia, Météofrance.com.

Las precipitaciones para las dos zonas son de diferentes magnitudes y frecuencias durante el año. En el caso de Villa de Leyva es evidente que para los meses de abril y octubre las precipitaciones alcanzan su pico mas alto, alcanzando los 134 - 140 mm por mes. Su pico mas bajo lo alcanza en los meses de diciembre, enero y julio presentando cantidades mínimas de 33 a 35 y 55 mm por mes.

Mientras que para Dordoña presenta una constante en sus mediciones de lluvias por mes, dando como pico mas alto el mes de Noviembre, diciembre y enero que va de los 91mm hasta alcanzar los 101.3 mm por mes. Su pico mas bajo lo alcanza en los meses de verano de junio a septiembre y van desde los 65mm hasta los 75mm por mes.



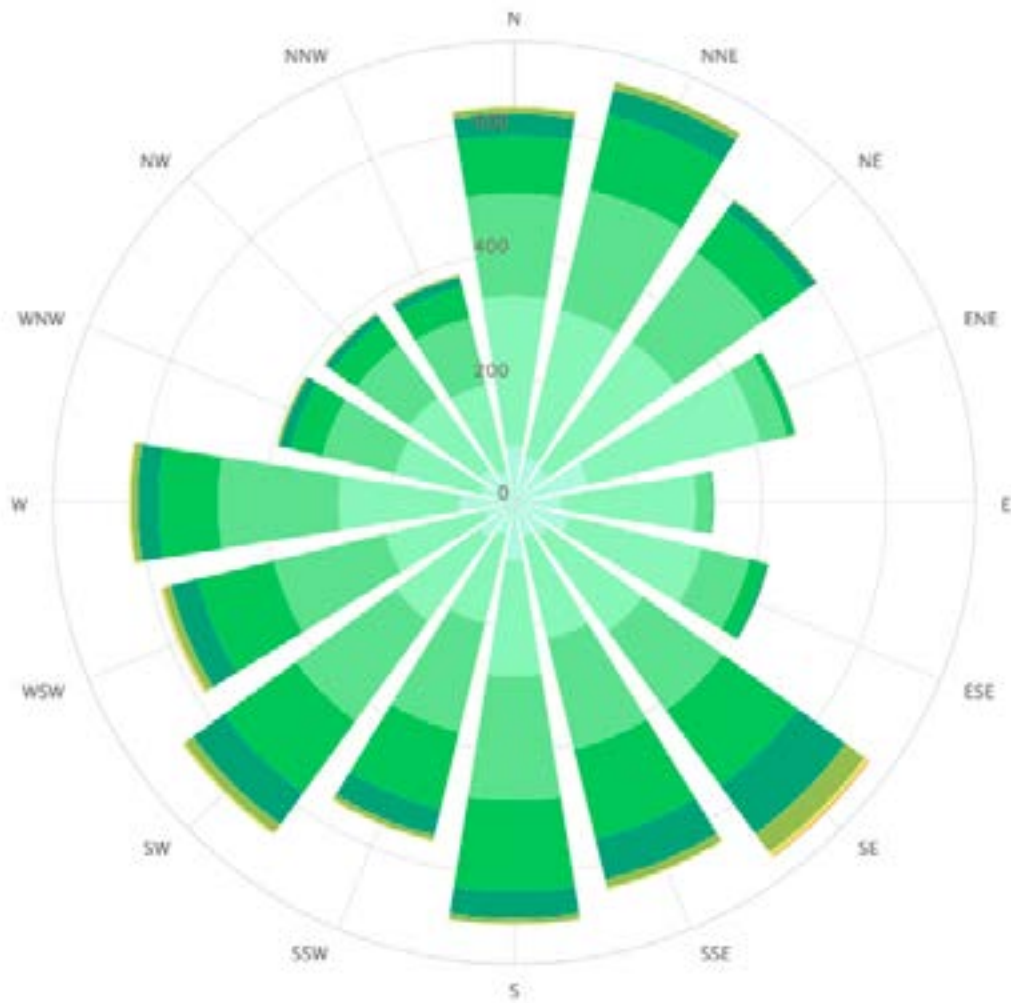
**Imagen23**– Rosa de los vientos / Villa de Leyva. Fuente: Meteoblue.com/es

Rosa de los vientos Villa de Leyva.

El escenario en cuanto a condiciones de vientos tienen predominancia de componente este sur este, alcanzando los 28 kilómetros por hora.

Teniendo variaciones de componentes este con velocidades hasta 19 kilómetros por hora, al igual que se presentan en sur este y noroeste.





**Imagen24**– Rosa de los vientos / Saint Pardoux la Rivierie. Fuente: [Meteoblue.com/es](http://Meteoblue.com/es)

Rosa de los vientos para Sait Pardoux la Rivierie.

Las variaciones de viento en este sector son mas cambiantes, siendo predominante la de componente sur este que alcanza velocidades de 61 kilómetros por hora en su pico mas alto.

Los vientos de componente norte y noreste presentan velocidades de hasta 38 kilómetros por hora. Y los de componente oeste y sur también alcanzan estas velocidades en promedios anuales.

## <sup>40</sup> **Estudio de condiciones socio - económicas.**

Para contextualizar un poco mas las condiciones en la que se encuentran los dos proyectos, se hace importante rescatar las condiciones socio económicas de cada uno de los países en los que se encuentran los proyectos.

En este punto hablare de las condiciones de actividad en el contexto de los proyectos y condiciones laborales de los profesionales de la arquitectura en ambos países.

Francia.

En Francia el proyecto se encuentra ubicado en una región donde la actividad predominante es la actividad agrícola. El valor de la construcción es de 115.000 Euros, el salario mínimo es de 1.466,62 euros en 2016 . Por otra parte el salario de un profesional arquitecto esta alrededor de los 3.400<sup>1</sup> Euros.

Colombia

En Colombia el proyecto esta ubicado en la región andina esta en un sector de actividades agrícolas. El valor de la construcción es de 96.875 Euros. El salario mínimo en el país es de 690.000<sup>2</sup> Pesos que en Euros es aproximadamente 220 Euros. Por otra parte el salario de un arquitecto esta al rededor de los 1.000 Euros.

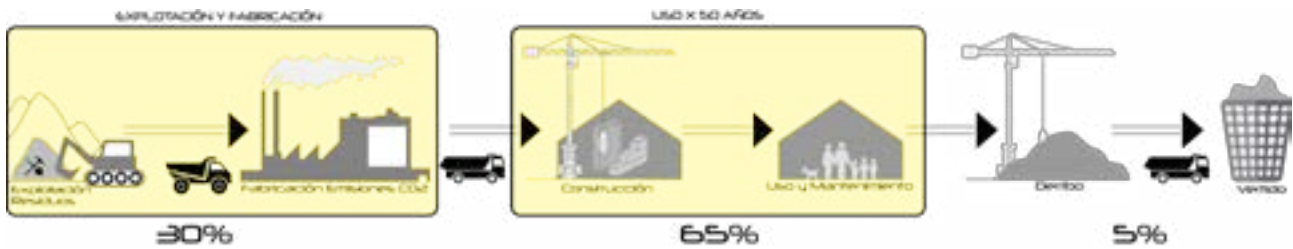
---

1 Según información el salario de un arquitecto en Francia <http://www.journaldunet.com>

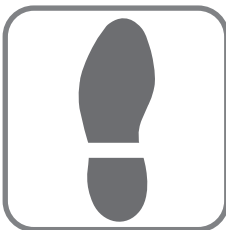
---

2 Salario mínimo en Colombia según información de: [www.portafolio.co](http://www.portafolio.co)

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL**



**Imagen25**– Fases a evaluar. Fuente: Elaboración propia.



**Primer paso. Reducir demandas.**

Este primer paso de estudio responde a la metodología a realizar mencionada anteriormente. Enfocando esta investigación en las fases

que mayor impacto ambiental tienen. Como se puede ver en la [imagen25].

El primer paso para el estudio de los proyectos y definir si estos cumplen con características de sostenibilidad, consiste en buscar estrategias de diseño que están definidas desde la concepción de los proyectos y que establecen los parámetros que marcan una hoja de ruta hacia la búsqueda de la reducción de cantidad de recursos necesarios para satisfacer la construcción y las necesidades del edificio.

Cada paso busca agrupar los cuatro vectores de la sostenibilidad para establecer metodologías sólidas en cuanto a la definición de un proyecto con estas características.

Es importante saber si los diseños responden a las condiciones del lugar y si aplican estrategias bioclimáticas para reducir la demanda de energía y así mismo mantener las condiciones de confort en el interior reduciendo el uso de calefacción y aire acondicionado.

En esta línea se inicia por estudiar el vector energético. Para esto se revisarán las características de cada uno de los proyectos en cuanto a el lugar teniendo como base la información anteriormente expuesta sobre las condiciones am-

bientales para cada región.

En cuanto a la primera etapa de los proyectos se tendrá en cuenta la mochila ecológica que trae consigo la modificación y la alteración del medio ambiente.



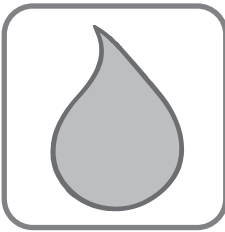
Otro aspecto que se revisara es la orientación del proyecto para entender como este responde a las condiciones naturales únicas para cada lugar como son; La soleación, el recorrido que hace el sol sobre la casa y la variación de elevación dependiendo de la ubicación geográfica.

Con respecto al proyecto de Villa de Leyva que tiene por característica principal, que el ángulo solar tienen una variación leve hacia los hemisferios norte y sur en los solsticios. Acorde a esto la fachada principal y la que mayor aislamiento térmico necesita para este proyecto es la cubierta, ya que en a lo largo del día tiene mayor afectación.

Por otra parte el proyecto de Saint Pardoux la Rieverie, debido a su situación geográfica la fachada que mas esta expuesta a la radiación solar es la fachada sur, por consiguiente es la que mayor aislamiento necesita pero también tiene la función de ser un gran captador de radiación en los meses mas fríos del año.

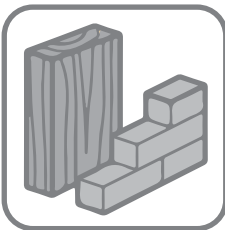
El siguiente aspecto es estudiar la rosa de los vientos de cada proyecto y determinar la dirección de las corrientes que se presentan en el lugar que para explicarlo de una mejor manera a continuación se mostraran gráficamente las

situaciones para cada una de las casas, donde se buscaran las estrategias que los arquitectos identificaron y sacaron provecho del lugar.



El siguiente vector a revisar es el del agua para esto buscaremos entender que estrategias se aplicaron para disminuir la demanda y consiste en estudiar las necesidades de la vivienda y ver como se pueden reducir, si es necesario que todo el suministro

tenga la condición de potable o hay actividades que se puedan suplir sacando provecho a las condiciones ambientales del lugar.

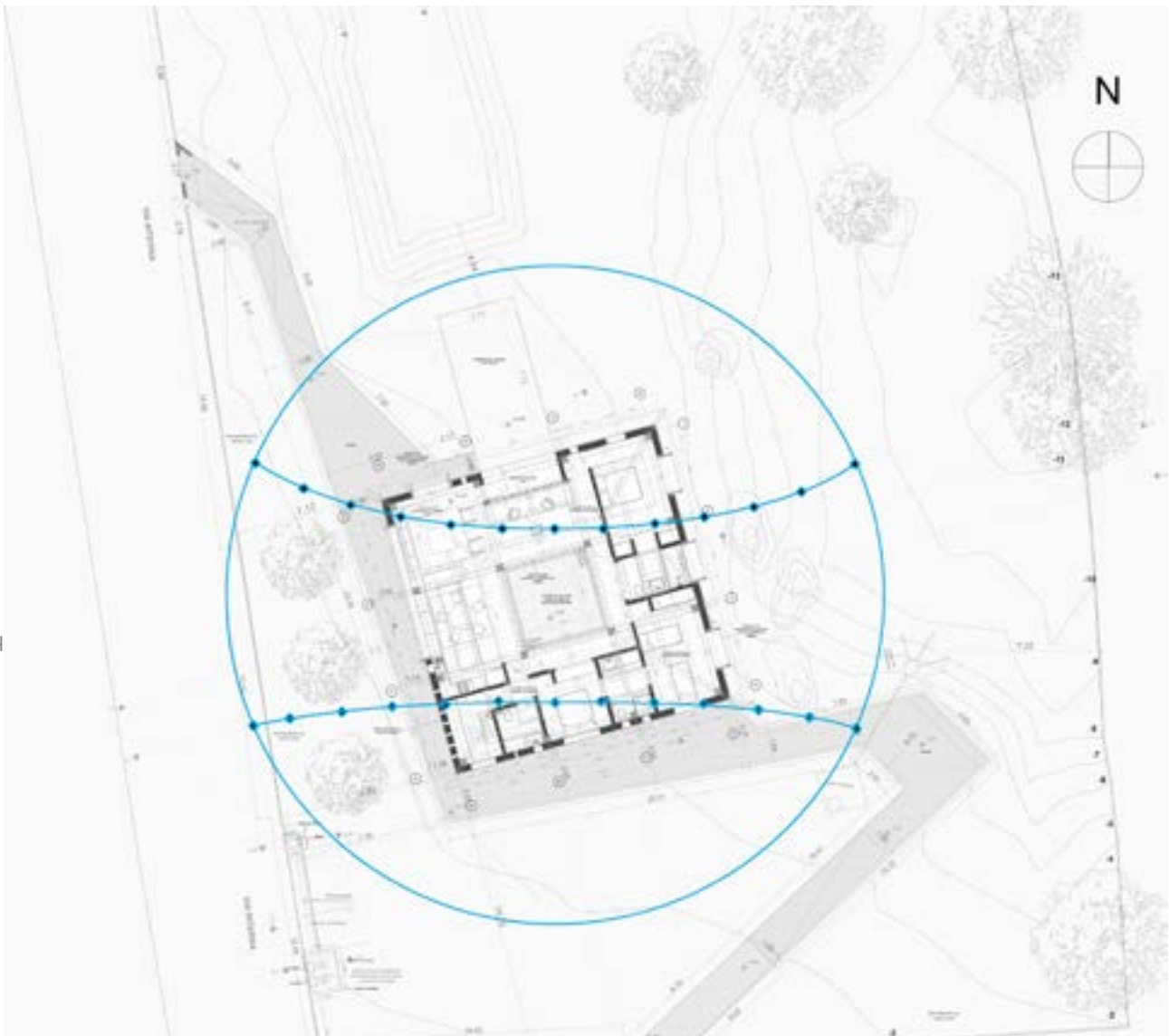


Para continuar con el vector de los materiales, se estudiará si el proyecto reduce la demanda de materiales, teniendo como se optimizan desde el planteamiento de la estructura hasta el tipo de acabado para el cerramiento y el tipo de acabado hacia el

interior. Teniendo en cuenta las condiciones de instalación, medidas y modulaciones.

El último vector es el de los residuos y el reciclaje. Para este vector se tendrán en cuenta las modulaciones de los materiales utilizados hallando un estudio previo para minimizar la producción de residuos.



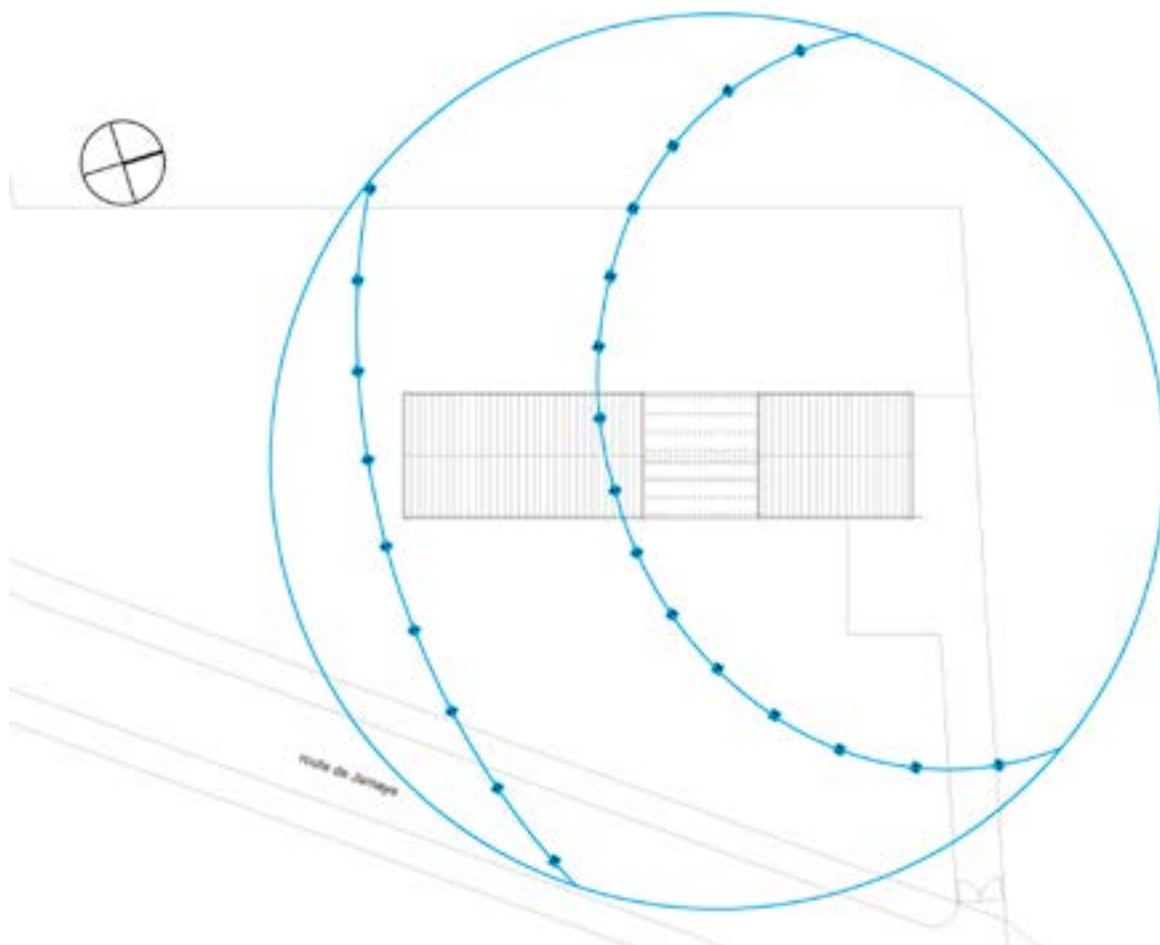


**Imagen26**–Planta influencia solar casa de tierra. Fuente: Elaboración propia

La vivienda esta orientada hacia el noroeste, esta orientación esta motivada por el eje del lago existente, esta decisión hace que las habitaciones estén expuestas a la radiación solar de la mañana y la zona social expuesta al sol de la tarde. Si bien por el clima que presenta Villa de Leyva es importante que el proyecto capte la radiación solar y garantice una temperatura apropiada al interior.

Debido a la localización geográfica de proyecto la inclinación del sol hace que se aproveche la iluminación y la radiación prácticamente en toda la vivienda, en la mañana, así como en la tarde. Como se puede ver en la gráfica [Imagen26]

El patio también deja entrar la luz a todos los espacios de circulación, cocina y áreas sociales de la vivienda a lo largo del día, el arquitecto también implementa en la cubierta una serie de tragaluces en los espacios que considera que necesitar esta mas expuestos a la radiación.



**Imagen27**– Planta influencia solar casa en dordoña. Fuente: Elaboración propia

En términos de orientación el proyecto tiene una mala respuesta a las condiciones del recorrido solar, debido a que la fachada que debería estar dirigida hacia el sur es la de mayor extensión, pero como se puede ver gráficamente, la fachada que mejor posicionamiento tiene es la fachada mas corta.

Los arquitectos argumentan esta orientación en el hecho de que el solar en el que esta la vivienda tiene una forma alargada, y si la hubieran ubicado hacia el sur perdían el objetivo que se habían planteado de aprovechar la visual a ambos lados de los campos.

El proyecto aprovecha la iluminación, principalmente en el espacio central o invernadero que hace las veces de captador gracias a su cerramiento en policarbonato translucido recoge la energía solar para garantizar la temperatura en la vivienda. A lo largo de la fachada tiene la posibilidad de abrir o cerrar los paneles móviles que la recubren.





**Imagen28**– Gráfico elevación solar. Fuente: Elaboración propia.

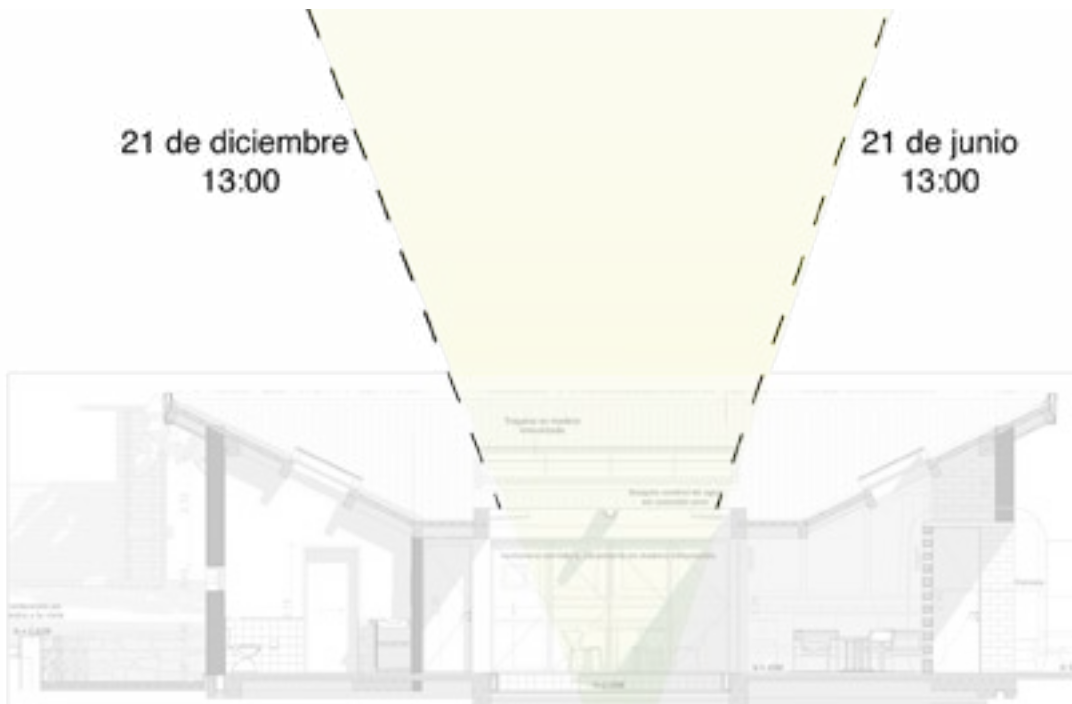
46

En estas imágenes se muestran las inclinaciones solares que se presentan para las fechas del 21 de diciembre a las 13:00 horas, y para el 21 de junio también a las 13:00 horas. Esta hora corresponde a la mayor elevación que tendrá el sol durante esos días.

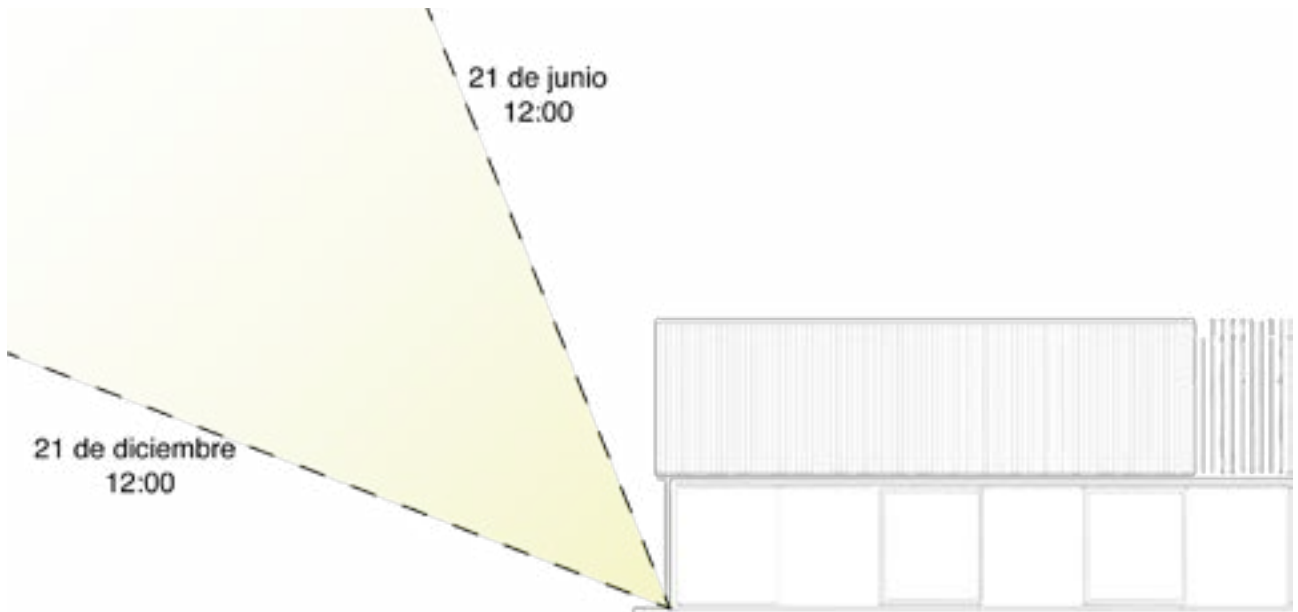
También el comportamiento del patio central para permitir el paso de la luz durante el día, como conclusión cabe resaltar que con respecto a las condiciones de energía solar durante el año la vivienda pudo haber hecho algo más para

aprovechar estas variables que durante el año tienen una oscilación promedio anual que va entre los 3.300 hasta los 4.300 Kwh / M2.

Una variación muy estable a lo largo del año que pudo aprovecharse para la utilización de paneles solares para calentar el agua que necesita la vivienda o para disminuir algo la demanda de energía de la vivienda.



**Imagen29**– Gráfico elevación sola Corte. Fuente: Elaboración propia.



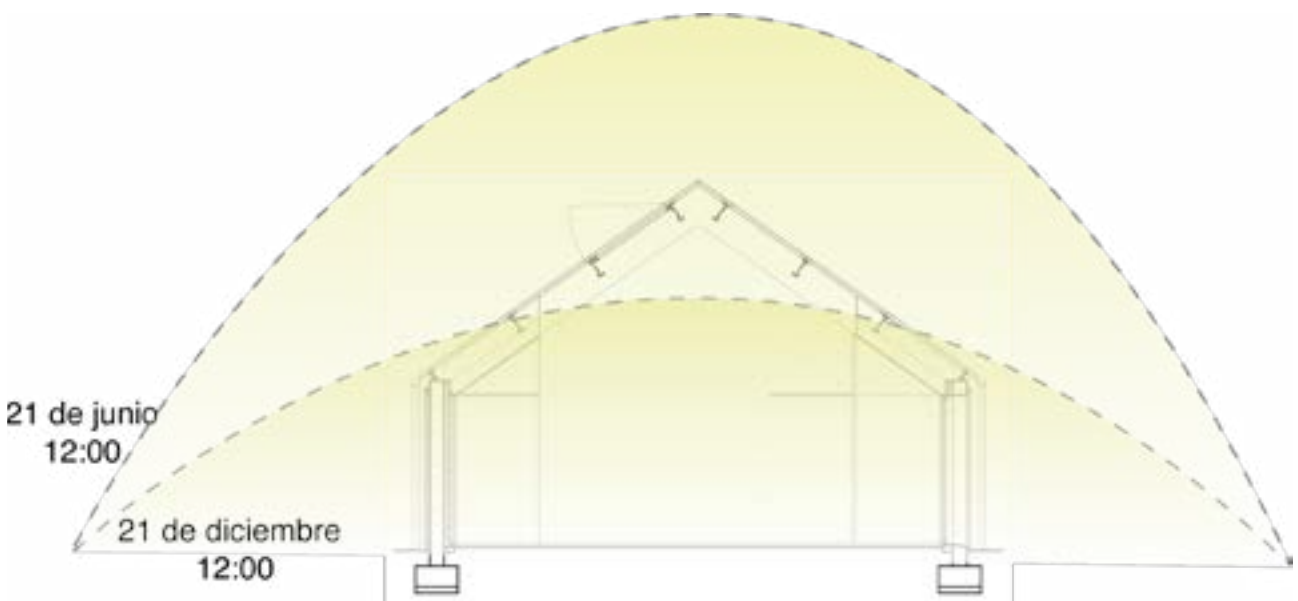
**Imagen30**– Gráfico elevación solar. Fuente: Elaboración propia.

En esta imagen se muestran las inclinaciones solares sobre la fachada de la vivienda, las inclinaciones que se presentan para las fechas del 21 de diciembre a las 12:00 horas y para el 21 de junio a las 12:00 horas. Esta hora corresponde a la mayor elevación que tendrá el sol durante esos días.

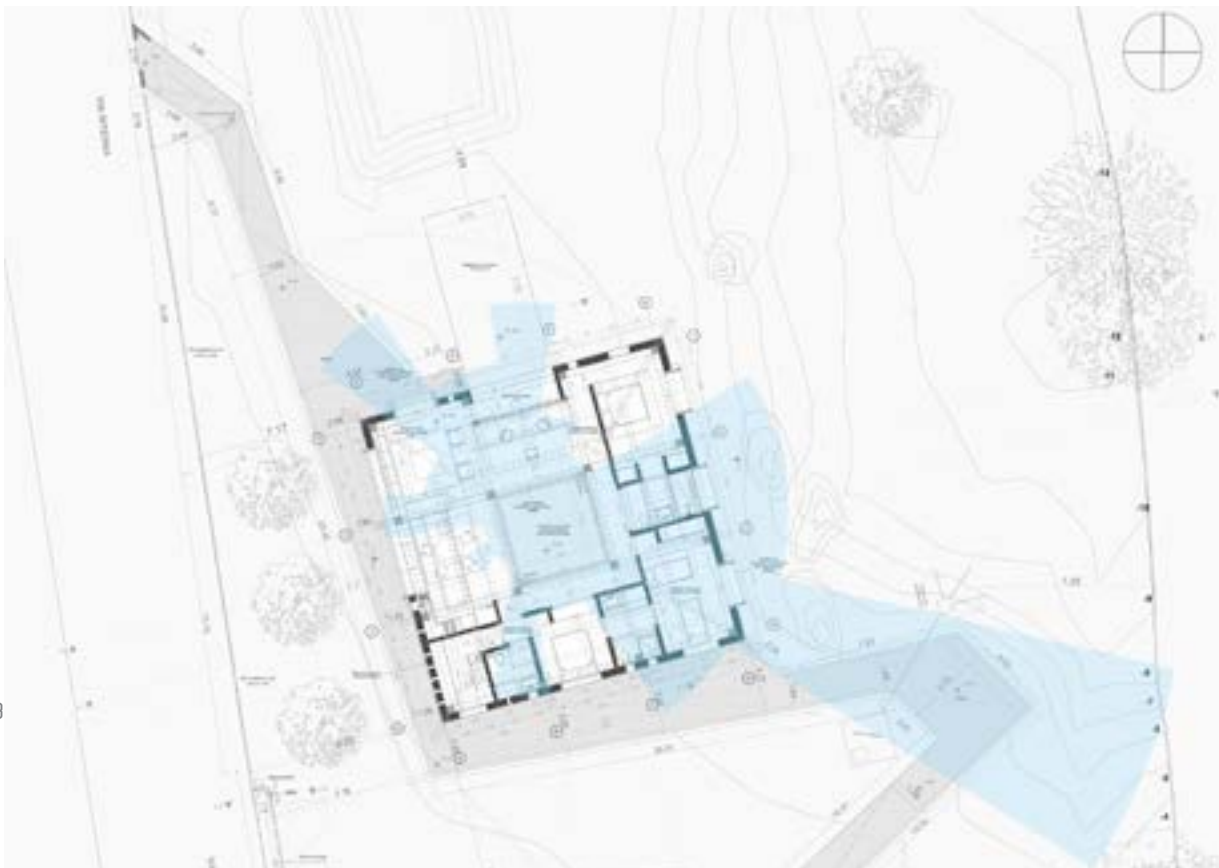
En cuanto a la orientación del proyecto como anteriormente se muestra, la fachada que debió aprovechar las elevaciones solares durante el año es la fachada mas larga de la casa, en la

imagen de la parte inferior se puede ver el impacto solar que tiene la fachada corta durante el año y en este caso es un corte por el patio invernadero y esta es la forma en el el proyecto aprovecha la radiación solar para mejorar las condiciones térmicas al interior.

47



**Imagen31**– Gráfico elevación solar. Fuente: Elaboración propia.



**Imagen32**– Gráfica vientos planta. Fuente: Elaboración propia.

#### Ventilación Natural.

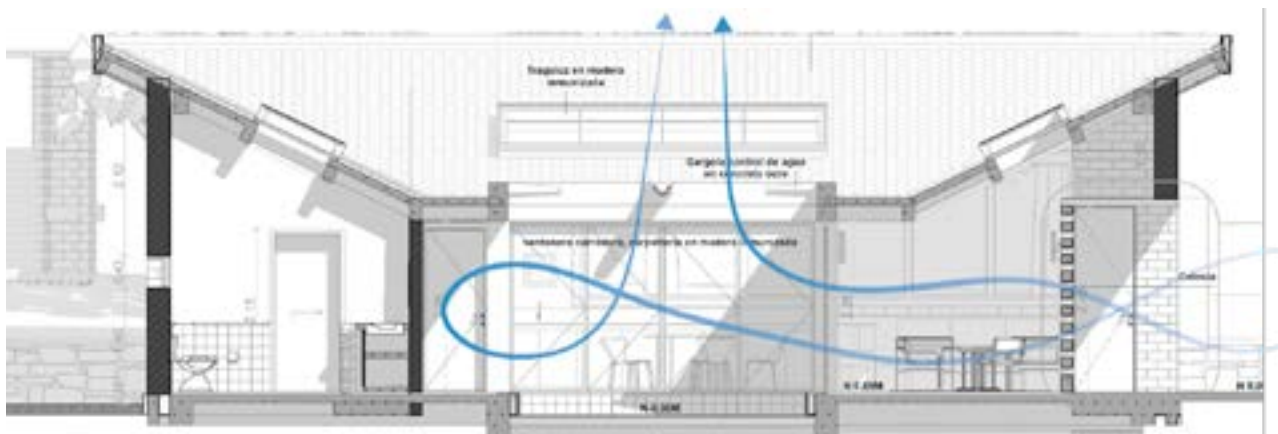
En el estudio de las corrientes de aire presentes en el lugar se encuentra que el arquitecto se cierra a las corrientes de aire predominantes durante el año, que pueden alcanzar velocidades de 28 kilómetros por hora y que tienen un sentido sur este - noroeste. Como se muestra en el gráfico [Imagen32]

Pero en la fachada norte aprovecha dos corrientes con menor intensidad que alcanzan velocidades de 12 a 19 kilómetros por hora.

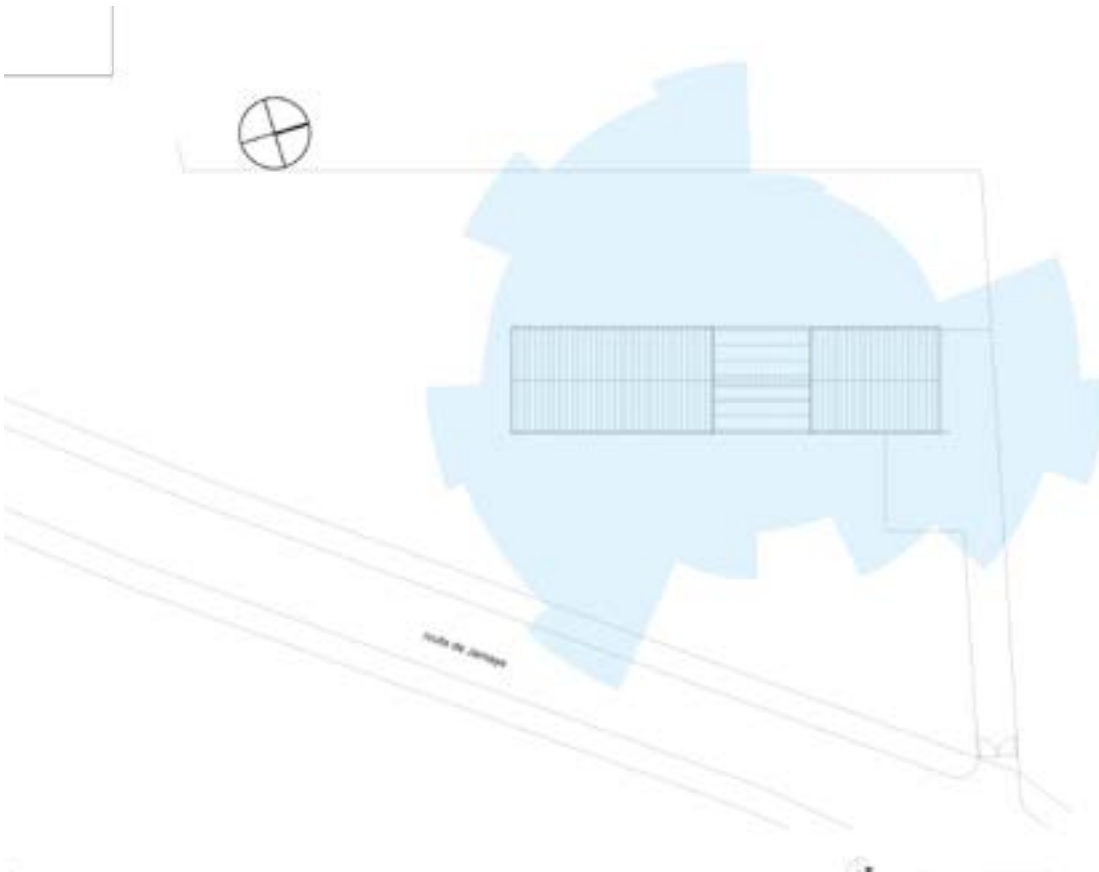
La corriente de aire hace un recorrido al rededor

del patio central, pasando por cada uno de los espacios de salón principal, comedor y cocina y finalmente sale por el vacío del patio interior.

En los días mas calurosos del año se abren los ventanales del patio interior y el agua acumulada en este sirve para ayudar a refrescar el interior de la casa y para los días mas fríos se cierra el recubrimiento de la celosía. Como se muestra en la imagen [Imagen33]



**Imagen33**– Corte casa de tierra, ventilación natural. Fuente: Elaboración propia.



**Imagen34**—Gráfica vientos planta. Fuente: Elaboración propia.

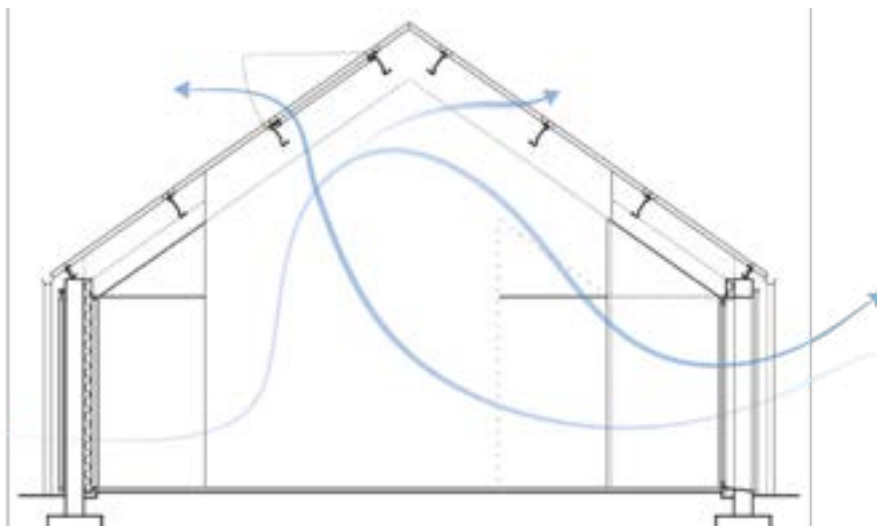
El aprovechamiento de los vientos en la vivienda se enfocó a la multi direccionalidad presente en área. Como se muestra en [Imagen34] Y esto se logra a través de potenciar el elemento central del volumen.

El invernadero, tiene desde su concepción unas ventanas que cuando están abiertas potencian la salida de aire.

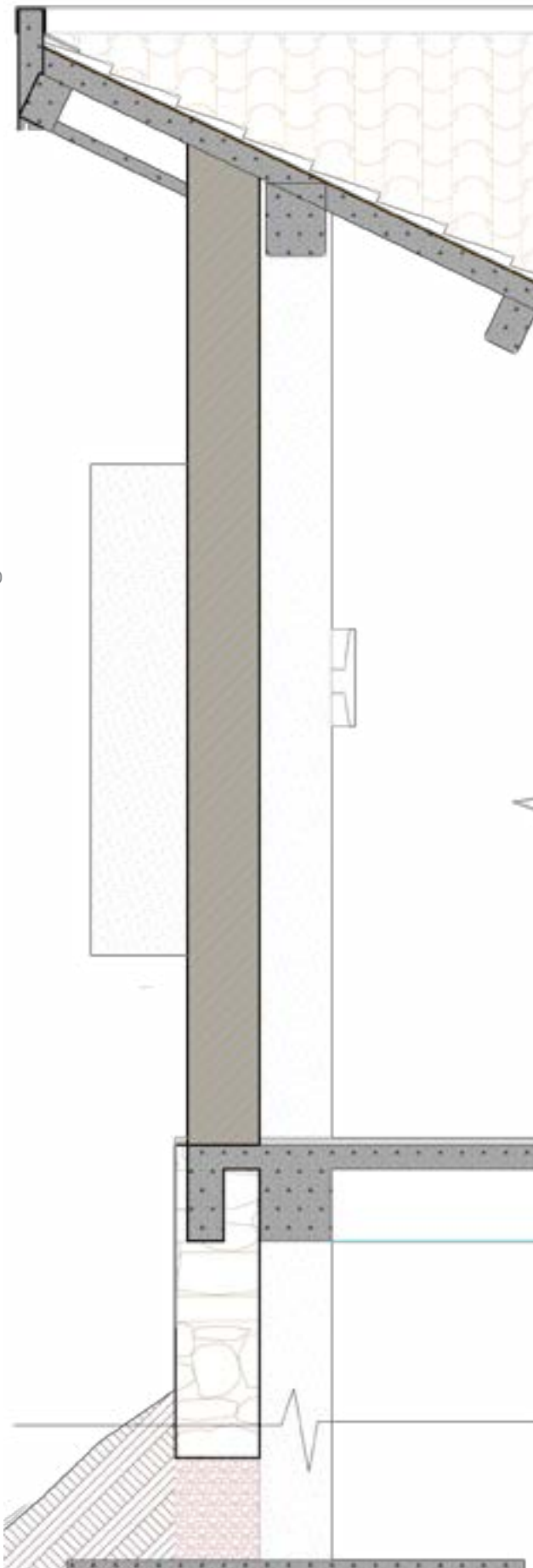
Cada una de las dos alas al estar dotada de elementos móviles en fachada y al interior estos son puntos de entrada de las corrientes de aire.

El manejo de la circulación de aire al interior se garantiza con la poca presencia de muros divisorios y la geometría ayudan a que el aire pueda entrar o salir dependiendo de la dirección en la que se dirige. Como se puede ver en la gráfica [Imagen35]

La diferencia de densidades del aire dependiendo de su temperatura hacen que el aire caliente sea mucho más ligero que el frío y al abrir las ventanas superiores del patio invernadero el aire caliente sale empujado por el aire frío que circula por la inferior.



**Imagen35**—Corte casa dordoña, ventilación natural. Fuente: Elaboración propia.



**Imagen37**– Fabricación de bloques de adobe. Fuente:

### Calidad de la envolvente Cerramientos exteriores.



El cerramiento seleccionado para la casa de tierra consiste en un muro de bloques de adobe prensado a mano puesto en tizón dando una grosor total de 30 cm, este material además de tener un costo bajo tiene grandes cualidades de inercia térmica.

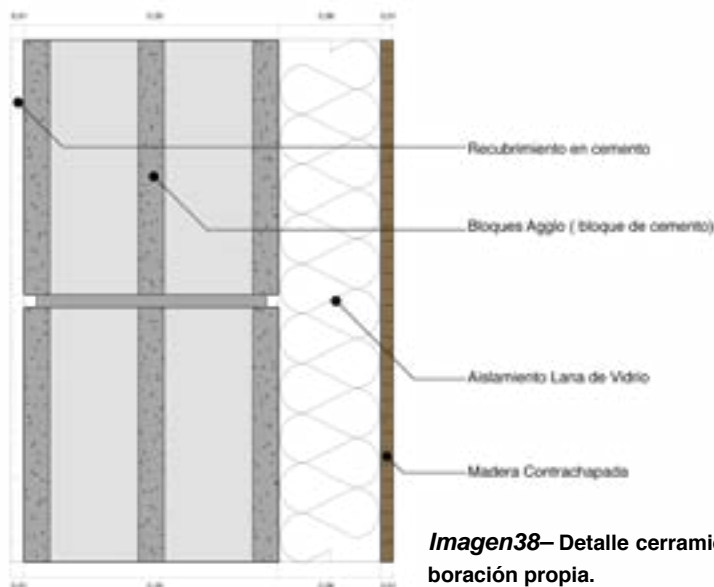
Cada bloque de adobe es de 15cm ancho x 15 cm de alto x 30 cm de largo. Como se ve en la imagen [*Imagen37*]

La cubierta tiene tres capas que consisten en una losa de hormigón de 10 cm de grosor sobre esta se puso un capa de impermeabilización en manto asfáltico y sobre este teja de barro.

en el caso del suelo es una losa de hormigón de 15 cm de grosor sencilla.

En este caso la losa de suelo es sencilla debido a que las temperaturas en Villa de Leyva no bajan de los 10° Centígrados como lo vimos en la tabla de condición de temperaturas para los dos proyectos.





**Imagen38**– Detalle cerramientos casa Dordoña. Fuente: Elaboración propia.



**Calidad de la envolvente cerramientos exteriores.**

Para los cerramiento de la casa en dordoña los arquitectos propusieron muros de un grosor total de 30.cm, compuesto de la siguiente manera; la parte exterior de la casa tiene un muro perimetral de 20 cm Agglo con un recubrimiento en cemento, seguido de este hay una capa de 8 cm de aislamiento con lana de vidrio y finalmente un acabado interior de 1cm de madera contrachapada.

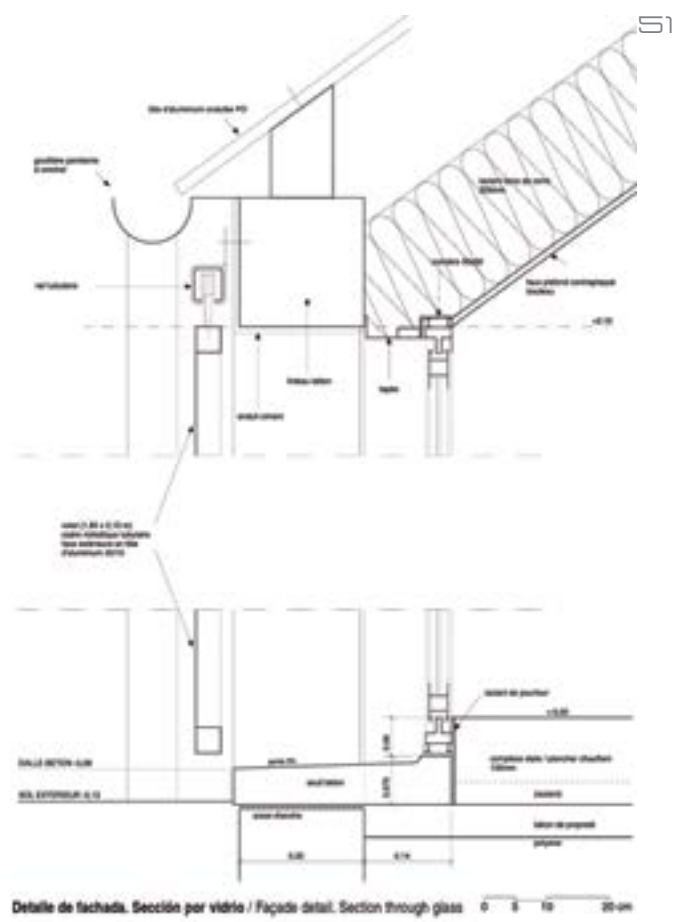
El agglo es un bloque prefabricado de cemento cuenta con la siguiente composición:  
 85% de Piedras, grava, arena.  
 9% de Cemento.  
 6% de agua.

También tiene la propiedad que es un bloque totalmente reciclable.

La cubierta también tiene aislación térmica compuesta por varias capas y estas consisten en: en el exterior una hoja de aluminio corrugado, una capa de lana de vidrio de 20 cm y finalmente un falso techo de madera contrachapada de abedul, al interior.

A si mismo la losa de suelo tiene un grosor de 15 cm con un sistema de calefacción integrada.

Estas características reducen sustancialmente el consumo de energía por parte de la casa para mantener su temperatura dentro de los rangos de confort.



**Imagen39**– Detalle cerramiento casa Dordoña. Fuente: El Croquis # 177 - 178 Lacaton & Vassal



**Imagen40**– Construcción adobe. Fuente: Heicon s.a.s

52

La inercia térmica de los muros de adobe.

La capacidad que tienen los bloques de adobe para almacenar calor los hace una alternativa a los ladrillos normales utilizados en la construcción con el aporte que estos bloques no requieren ningún proceso de cocción, lo cual es un aporte a reducir las emisiones de Co2.

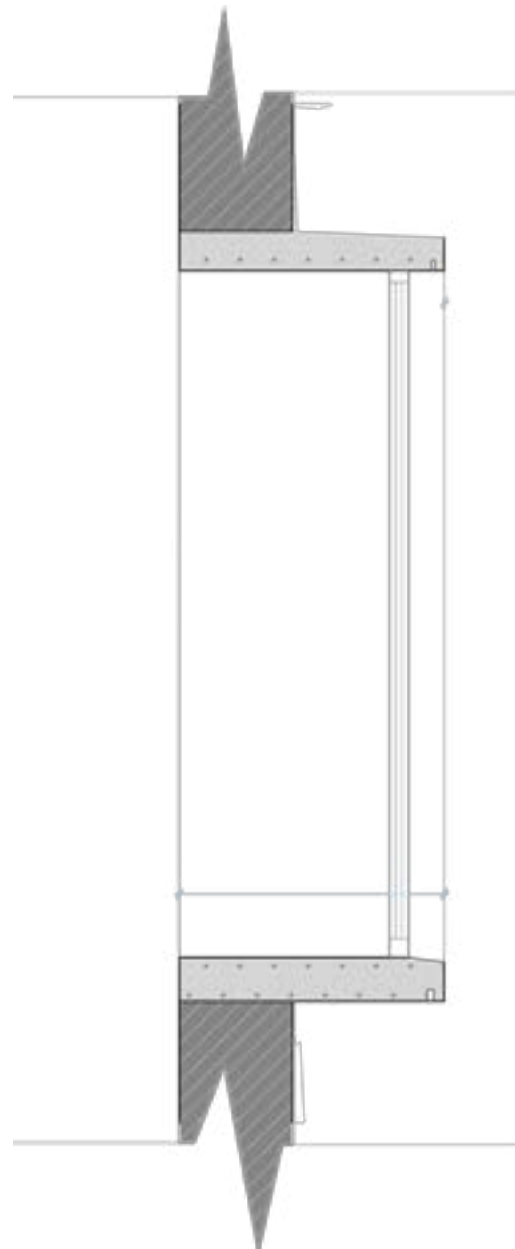
Debido a su alta densidad y su baja conductividad térmica, almacenan calor durante el día y lo despiden lentamente. El materia es un buen recurso para mantener las condiciones al interior de la vivienda.

En este caso los muros hacia el exterior son de 30 cm de grosor y están separados de la estructura teniendo continuidad en todo perímetro. Además de esto el material tiene la capacidad de absorber y de-sorber la humedad del aire, atenuando las variaciones que pueden presentarse.

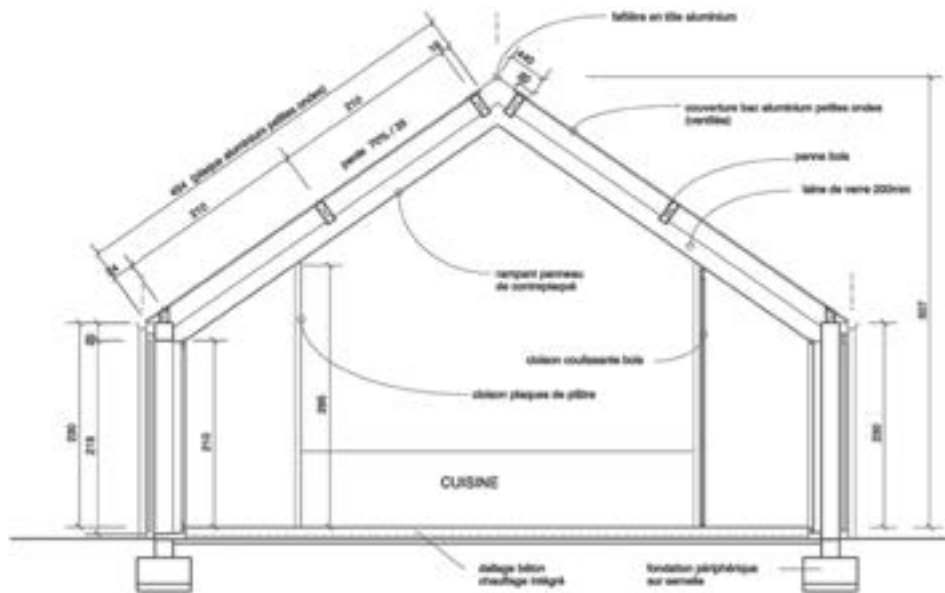
Las Características de la ventanería.

La ventanería en esta vivienda es muy sencilla consiste en cristal laminado de 8mm de grosor y las carpinterías son en madera (cedro amargo) y hay dos tipos de manejo de la ventanería, una es sobre unos marcos prefabricados de hormigón que están anclados a los muros por una viga - cinta estructural que lo rodea. Y la otra es la carpintería de madera directa sobre los muros de adobe.

Debido a las condiciones climáticas del lugar no es necesario que el proyecto tenga una ventanería de mayor especificación técnica ya que agregaría mas demanda de recursos y costos al proyecto.



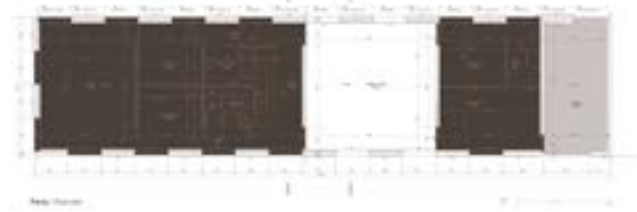




**Imagen41**– Sección 1 Fuente: El Croquis #177-178 Lacaton &vassal

Características de la losa con sistemas de calefacción integrada.

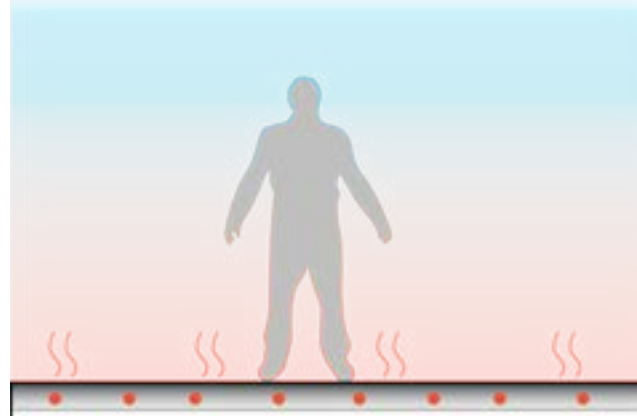
La losa tiene un sistema de calefacción integrado que consiste en tener una instalación dentro de la losa por la que circula agua a distintas temperaturas dependiendo de la necesidad y aprovecha la inercia del hormigón como material, para calentarlo y que este progresivamente irradie calor. Este sistema esta localizado en las zonas con color mas oscuro como se muestra en la gráfica [Imagen42]



**Imagen42**– Ubicación losa radiante Fuente: Elaboración propia.

Este sistema es uno de los mas económicos ya que funciona con una caldera que mantiene la temperatura del agua que circula dentro de la losa, y ademas abarca toda el área no hay necesidad de instalar otros elementos dentro de los espacios, Por seguridad este sistema no supera los 30°. Como se muestra en [Imagen43]

La vivienda también tiene localizadas al interior algunas chimeneas que ayudan a calefactar los espacios de una forma mas rápida, un punto desfavorable del sistema de calefacción integrado de la losa es que se toma algún tiempo para que el hormigón empiece a calentar el espacio.



**Imagen43**– Funcionamiento losa con sistema de calefacción integrado. Fuente: Elaboración propia.

### Calidad de cerramiento interiores.

En el caso de los cerramientos interiores en el proyecto están presentes los cerramientos del vacío interior.

Este cerramiento consiste en una puerta ventana con un marco en madera de cedro amargo inmunizado y aluminio, con características termo acústicas, el vidrio es un cristal templado de 8mm de espesor. Como se muestra en la [Imagen44]

Por las características del clima no hace falta proponer una ventanería con mayores especificaciones técnicas, debido a la información suministrada por el arquitecto la ventanería no cuenta con una rejilla o un sistema que permita la circulación de aire que se plantea en el muro con celosía.

Concluyendo de esta forma que, la ventilación se vería limitada a la acción de abrir o cerrar las puertas en cristal de este patio interior, limitando todas las corrientes de aire que llegan por la fachada norte de la vivienda, y que impiden que el aire que entra salga por ese gran vacío y que funcione pasivamente.

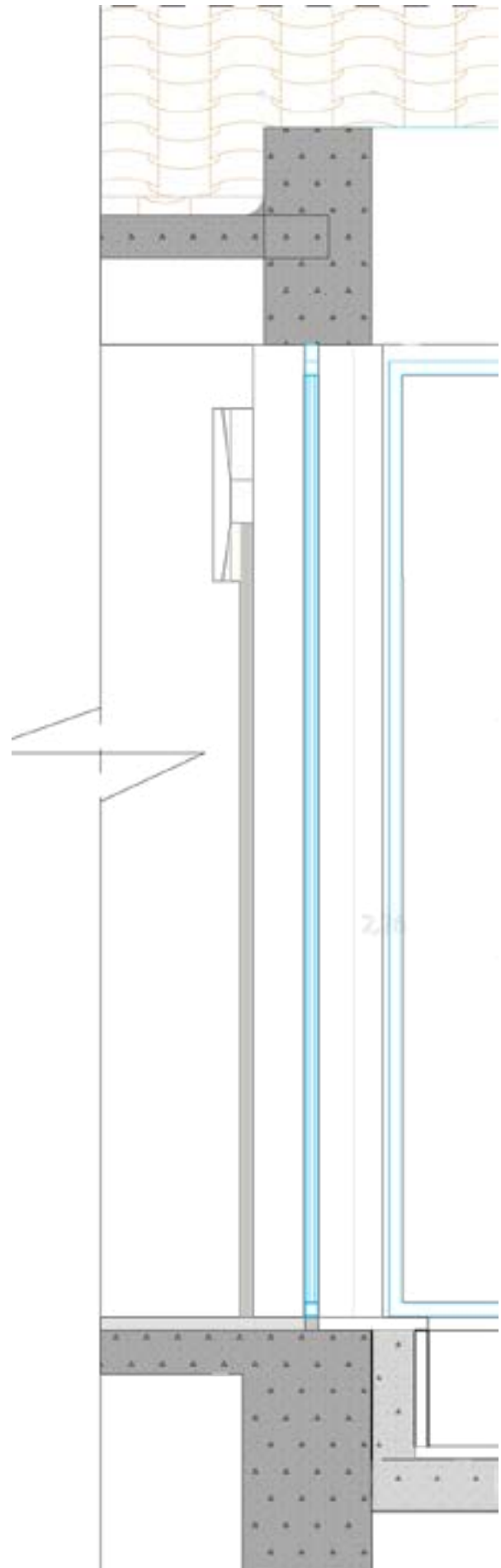


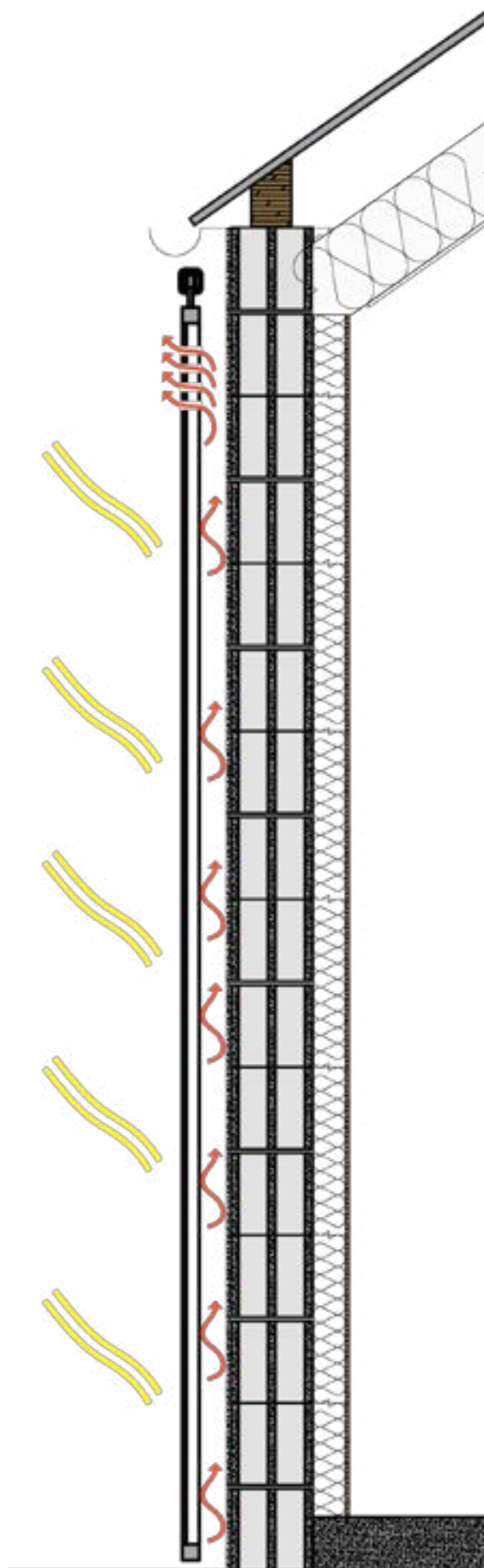
Imagen44– Detalle ventana Patio. Fuente: Alfonso Arango

### Calidad de los cerramientos

Los paneles móviles propuestos en fachada tiene una doble función, la de proteger y cubrir las ventanas durante los días mas fríos y la de hacer de doble piel cuando se encuentra sobre los muros, en la imagen [ ] se puede ver como funcionan estos paneles móviles sobre los muros, el sol calienta la superficie de la chapa de aluminio y el aire caliente sale por las perforaciones superiores de la chapa, esto es debido a la estratificación del aire, el cambio de densidad del aire caliente hace que este suba y es renovado por el aire frío que pasa en los niveles inferiores. Como se explica en la imagen [Imagen45]

### Calidad de los cerramientos interiores.

Los muros que dividen los espacios en el sentido corto de la casa son en agglo recubiertos con un contrachapado de madera, para algunos espacios los arquitectos propusieron utilizar laminas de yeso para darle un acabado a los espacios que lo necesitan como la cocían y los baños. Por otra parte los muros horizontales ( es decir en el sentido largo ) son en yeso y dependiendo de las características de los espacios agregan contrachapado de madera como se puede ver en las fotografías interiores de la vivienda.





## ***Evaluación de la calidad ambiental.***

### ***Estudio Cuantitativo***

El propósito de identificar las variables cuantitativas que a continuación se tratarán tiene la finalidad de mostrar que características tienen los proyectos frente a referencias de construcciones con métodos comunes y que no tienen en cuenta el impacto ambiental de sus componentes.

Como anteriormente se menciona se basarán los números en los datos de referencia que se muestran en el apartado con el mismo nombre y que son la base del estudio para las viviendas con información sobre Francia y Colombia.

En primer lugar se hará un reconocimiento de los valores que aporta cada material dependiendo de su densidad y de sus características físicas, de manera que fue necesario calcular las cantidades de material haciendo una aproximación a cada una de las dos construcciones. La primera tabla habla de el peso aportado por cada uno de los materiales presentes, el peso se calculará con los metros cúbicos de cada material y se multiplicarán por la densidad del material, el resultado obtenido es de  $\text{kg.} / \text{m}^3$  y por consiguiente el peso total de los materiales en  $\text{kg.} / \text{m}^2$ .

Por otra parte también se hará una tabla de donde se determinará la energía que se necesita para la fabricación de los materiales que componen las construcciones, y estos valores son de

Mj. Sobre kg. Que a su vez determina el valor de energía necesaria por cada metro cuadrado de construcción  $\text{Mj} / \text{m}^2$ .

También se utilizarán los valores de referencia para obtener un valor aproximado de las emisiones que genera cada uno de los materiales por cada kilogramo de construcción, este valor está dado en  $\text{kg}$  de  $\text{CO}_2$  sobre  $\text{kg}$ . y obtener el valor de emisiones de  $\text{kg}$  de  $\text{CO}_2$  por metro cuadrado.

Finalmente se hará un cuadro resumen de los valores resultantes y comparándolos con cada una de las referencias obtenidas y una aproximación al consumo energético que tendrá la vivienda durante sus primeros 50 años, para de esta forma poder determinar si el consumo de energía que hacen las viviendas si reducen el su impacto en comparación a una construcción estándar.

Villa de Leyva

Material	Kg / M3	M3	TOTAL	Kg / m2	%
Cimentaciones	2.400,00	20,77	49.852,80	266,74	10,3%
Estructura en hormigon	2.400,00	51,45	123.488,64	660,72	25,6%
Losa hormigon	1.400,00	67,65	94.707,20	506,73	19,6%
Cubierta hormigon	1.400,00	59,66	83.524,00	446,89	17,3%
Muros adobe	1.600,00	70,98	113.568,00	607,64	23,5%
Madera	513,00	3,77	1.931,45	10,33	0,4%
Prefabricados hormigon	1.350,00	1,86	2.505,60	13,41	0,5%
Ceramica	1.800,00	6,75	12.156,12	65,04	2,5%
Vidrio	2.500,00	0,39	974,10	5,21	0,2%
Otros			-	-	0%
			-	-	0%
			-	-	0%
<b>TOTAL</b>		<b>283,28</b>	<b>482.707,91</b>	<b>2.582,71</b>	<b>100%</b>

**Imagen46**– Tabla de peso de materiales. Fuente Datos: Informe Eco ingeniería 2012 / Tesis Ing. Paola Escobar Suárez. Tabla: Elaboración propia.

58



**El peso de los materiales.**

En el caso del proyecto ubicado en villa de Leyva tenemos una paleta de materiales corta. Siendo los bloques de adobe su material predominante, la estructura es en

hormigón fundida in situ y el peso para la estructura por items es el siguiente:

Las cimentaciones tiene un peso total de 48.852,80 Kg. La estructura en hormigón tiene un peso total de 123.488,64 kg. La losa de hormigón tiene un peso de 94.707,20 kg y para finalizar esta primera parte de peso de la estructura esta la cubierta que tiene un peso total de 83.524 kg.

Por otra parte el elemento predominante en este proyecto son los muros de adobe compactado a mano, este material es utilizado para todas las divisiones interiores de la casa y el para los cerramientos, y tiene un peso total de 113.568 kg.

Los materiales que complementan los cerramientos y los acabados interiores son; La madera que esta presente en todos marcos de ventaneria aporta un peso de 1.931,45 kg, los vidrios que tiene un peso de 974,10 kg, los elementos prefabricados en hormigón que hacen parte de la celosía aportan un peso de 2.505,12 kg, y la cerámica tiene un peso de 12.156,12 kg.

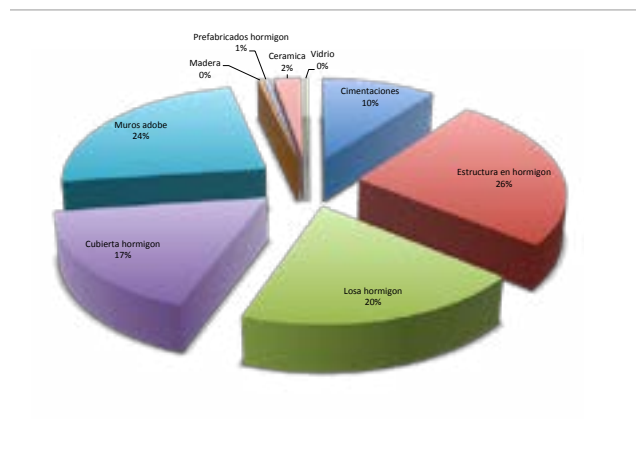
Con la suma de estos datos se obtiene un total de 482.707,91 kg, peso total de la vivienda, por otra parte el peso resultante es de 2.582,70 kg / m<sup>2</sup> de la construcción.

Estos datos contrastados con el valor de referencia de peso de una vivienda estándar en madera que es de 146,55 kg/m<sup>2</sup>.<sup>1</sup> Se obtiene que el proyecto incrementa el peso por metro cuadrado de construcción en un 76,35% sobre la referencia.

En esta gráfica se muestran los respectivos porcentajes de peso que aporta cada uno de los materiales que componen la casa.

<sup>1</sup> Datos obtenidos de la investigación de la ingeniera Paola Escobar Suárez. Evaluación de la huella de carbono y consumo de energía en el ciclo de vida de la vivienda económica hecha en madera.

Caso de estudio: La Mojana - Colombia



**Imagen47**– Porcentaje peso aportado por materiales. Fuente: Elaboración propia.

Dordoña

Material	Kg / M3	M3	TOTAL	Kg / m2	%
Cimentaciones	2.400,00	13,55	32.522,40	134,39	15,7%
Losa hormigon	2.000,00	36,86	73.721,60	304,63	35,6%
Carpinterias aluminio	2.700,00	3,71	10.010,93	41,37	4,8%
Muros prefabricados	1.500,00	43,22	64.830,00	267,89	31,3%
Madera	500,00	4,64	2.318,18	9,58	1,1%
Lana de Vidrio	80,00	35,89	2.870,88	11,86	1,4%
Estructura madera	500,00	22,05	11.025,00	45,56	5,3%
Policarbonato	1.200,00	0,52	624,00	2,58	0,3%
Vidrio	2.500,00	0,50	1.245,90	5,15	0,6%
Chapa aluminio	2.700,00	2,91	7.857,00	32,47	4%
Otros			-	-	0%
			-	-	0%
<b>TOTAL</b>		<b>163,84</b>	<b>207.025,88</b>	<b>855,48</b>	<b>100%</b>

**Imagen48**– Tabla de peso de los materiales. Fuente Datos: Negawatt Fr./ Ecosoft, IBO, Autriche, 2009. Tabla: Elaboración propia.

**El peso de los materiales.**

En el caso del proyecto en Dordoña hay un listado de materiales mas complejo que para el caso de Villa de Leyva, ademas de tener diferentes exigencias y condiciones. En el peso final la que menor impacto tiene en la casa de Lacaton & Vassal.

El apéndice que tienen que ver con la estructura aportan un peso importante estos son, las cimentaciones 32.522,40 kg la losa de hormigón tiene un peso de 73.721,60 kg, la estructura de madera para la cubierta tiene un peso de 11.025 kg.

Los acabados de cerramiento y sus respectivos componentes de aislamiento son; los muros de perímetro tienen un peso 64.830 kg, la capa de aislamiento de los muros perimetrales tiene un grosor de 8cm y para la capa de aislamiento de la cubierta tiene un grosor de 20 cm estos aislamientos aportan un peso total de 2.870,88 kg, finalmente el acabado de estos muros al interior es una lamina de 1cm de madera contrachapada tanto para los muros perimetral como para la cubierta, este apéndice aporta un peso total de 2.318,18 kg.

Por otra parte las carpinterías de aluminio aportan en todos sus componente un peso total de 10.010,93 kg El vidrio aporta un peso de 1.245,90 kg.

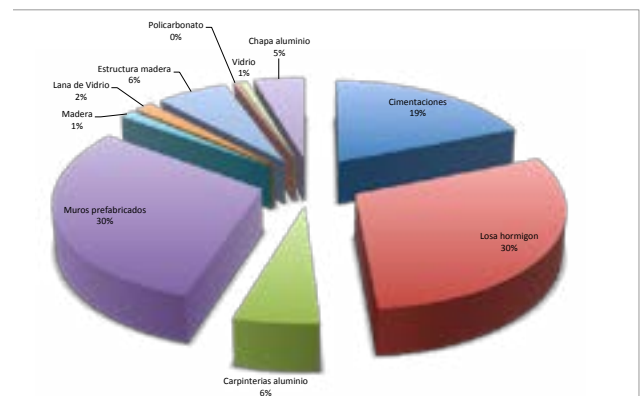
Para concluir la vivienda cuenta con dos tipos de cerramiento adicionales que son los siguientes; Paneles de policarbonato que están ubicados en la cubierta del patio invernadero y tienen peso

total de 624 kg., y también cuenta con unos paneles de chapa de aluminio los cuales se encuentran ubicados en la cubierta y los paneles móviles presentes en la fachada estos aportan un peso total de 7.857 kg.



La suma de todos los materiales que componen la vivienda tienen un peso total de 207.025,88 kg lo que genera un peso de 855,48 kg / m<sup>2</sup>

Cabe resaltar que este proyecto reduce sustancialmente el peso referencia de construcción que tiene un promedio de 1464,55 kg por metro cuadrado de construcción. Con esto se concluye que el proyecto reduce la demanda y el peso de materiales que conforman el proyecto en un 41,59% por metro cuadrado.



**Imagen49**– Porcentaje peso aportado por materiales. Fuente: Elaboración propia.



Villa de Leyva

Material	MJ / kg	kg	TOTAL	Mj / m2	%
Cimentaciones	1,20	49.852,80	59.823,36	320,08	11,8%
Estructura de hormigon	1,20	123.488,64	148.186,37	792,86	29,2%
Losa hormigon	1,20	94.707,20	113.648,64	608,07	22,4%
Cubierta Hormigon	1,20	83.524,00	100.228,80	536,27	19,8%
Muros Adobe	0,02	113.568,00	2.271,36	12,15	0,4%
Madera	9,80	1.931,45	18.923,72	101,25	3,7%
Prefabricados Hormigon	1,05	2.505,60	2.630,88	14,08	0,5%
Ceramica	4,72	12.156,12	57.376,89	306,99	11,3%
Vidrio	4,00	974,10	3.893,48	20,83	0,8%
Otros			-	-	0%
			-	-	0%
			-	-	0%
<b>TOTAL</b>			<b>506.983,49</b>	<b>2.712,59</b>	<b>100%</b>

**Imagen50**– Tabla Energía materiales. Fuente Datos: Informe Eco ingeniería 2012 / Tesis Ing. Paola Escobar Suárez.. Tabla: Elaboración propia.

60



**La energía de los materiales.**

En el caso de la vivienda ubicada en Villa de Leyva, la cantidad de energía que consumen los materiales es la siguiente, estos datos corresponden a las mediciones realizadas en Colombia para la elaboración de cada uno de los materiales que se relacionan en la tabla [Imagen50].

En el caso de las estructuras la producción de hormigón armado en Colombia tiene un consumo de 1,20 Mj por kilogramo. El total de consumo de energía para estos items es el siguiente, Para la cimentación genera un total de 59.823,36 Mj, para la estructura de hormigón el total es de 148.186,37 Mj, para el caso de la losa de hormigón el total es de 100.228,80 Mj.

En el caso de los cerramiento al ser bloques de adobe prensados a mano el consumo de energía que este material contiene seria de 2.271,36 Mj. Todas las carpinterías de la vivienda son en madera y estas tiene un total de 18.923,72 Mj.

Las celosías utilizadas en el proyecto al ser elementos prefabricados de hormigón tiene un peso total de 2.630,88 Mj.

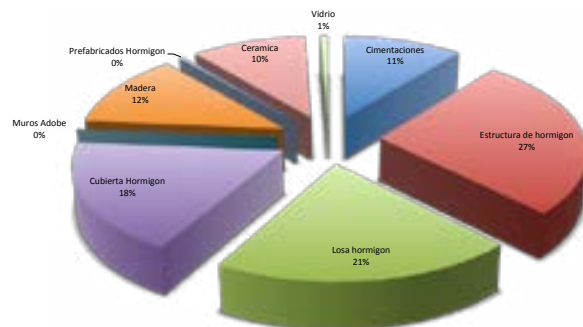
Los Elementos cerámicos que están presentes en la cubierta y los acabados interiores de suelos y baños dan un total de 57.376,89 Mj. Finalmente el vidrio tiene un peso de 3.893,48 Mj.

La sumatoria de todos estos resultados genera

el total de energía que requiere la vivienda para su construcción y es de 506.983,49 Mj dando un total de 2.712,59 Mj por metro cuadrado de construcción.

Basándome en el promedio de energía que requieren los materiales para una vivienda en Colombia que es de 3.600,2 Mj.(Según Fuente anteriormente mencionada) por metro cuadrado. La reducción que tiene este proyecto en cuanto a la demanda energía que requiere es de un 24,65%, un ahorro significativo teniendo en cuenta que el peso de la vivienda esta sobre el promedio de peso por metro cuadrado.

En la imagen [Imagen51] se presentan los respectivos porcentajes que aporta cada uno de los materiales relacionados en la tabla de la parte superior.



**Imagen51**– Porcentajes de energía requerida por material. Fuente: Elaboración propia.

Dordoña

Material	MJ / kg	Kg	TOTAL	Mj / m2	%
Cimentaciones	0,40	32.522,40	13.008,96	53,76	1,3%
Losa hormigon	0,80	73.721,60	58.977,28	243,71	6,0%
Carpinterias aluminio	29,00	10.010,93	290.316,83	1.199,66	29,4%
Hormigon prefabricado	0,91	64.830,00	58.995,30	243,78	6,0%
Madera	15,00	2.318,18	34.772,63	143,69	3,5%
Lana de Vidrio	33,80	2.870,88	97.035,74	400,97	9,8%
Estructura madera	15,00	11.025,00	165.375,00	683,37	16,7%
Polycarbonato	36,70	624,00	22.900,80	94,63	2,3%
Vidrio	15,00	1.245,90	18.688,50	77,23	1,9%
Chapa aluminio	29,00	7.857,00	227.853,00	941,54	23,1%
Otros		-	-	-	0%
					0%
<b>TOTAL</b>			<b>987.924,03</b>	<b>4.082,33</b>	<b>100%</b>

Imagen52– Tabla energía materiales. Fuente Datos: Negawatt Fr/ Ecosoft, IBO, Autriche, 2009. Tabla: Elaboración propia.

**La energía de los materiales.**

En cuanto a la cantidad de energía que requieren los materiales para el proyecto en dordoña. Basándome en los datos existentes de energía gris por material los resultados generados para esta vivienda son los siguientes.

Para los elementos de hormigón en Francia la cantidad de energía necesaria para su construcción es el de 0,80 Mj por kg y en cuanto a esto los resultados son, La cimentación tiene un peso total de 13.008,96 Mj, la losa de hormigón tiene un peso total de 58.977,28 Mj y finalmente la estructura de la cubierta que es madera tiene un peso total de 165.375 Mj.

Los elementos que mayor peso tiene en Mj son los conformados por laminas de aluminio, estos elementos para Francia tiene un peso de 29 Mj por kg teniendo en cuenta que se utilizo un aluminio de segunda fundación. Tanto la cubierta como los elementos móviles de la fachada tiene un peso total de 227.853 Mj, también para las carpinterías de aluminio que tiene un peso de 29 Mj / kg tienen un total de 290.316,83 Mj.

Los elementos de cerramiento como los muros en Agglo tienen un peso total de 58.995,30 Mj, para los aislamientos el resultado total es de 97.035,74 Mj y para los elementos en contrachapado de madera el resultado total es de 34.772,63 Mj.

En el caso del polycarbonato el total es de 22.900,80 Mj y por ultimo el vidrio que tiene un peso total de 18.688,50 Mj.

El total de la sumatoria de todos los resultados entrega el total de la necesidad que tiene la vivienda para su construcción, en este sentido el total de Mj que esta consumiendo la vivienda es de 987.924,03 Mj. Para obtener la cantidad que necesita la vivienda por metro cuadrado se divide el resultado total entre los metros cuadrados construidos, esto nos da un total de 4.082,33 Mj por metro cuadrado.

Se puede concluir teniendo en cuenta que el promedio de referencia es de 5.380,28 Mj/m2 el proyecto genera una reducción en la demanda de energía de los materiales en un 24,12%.



61

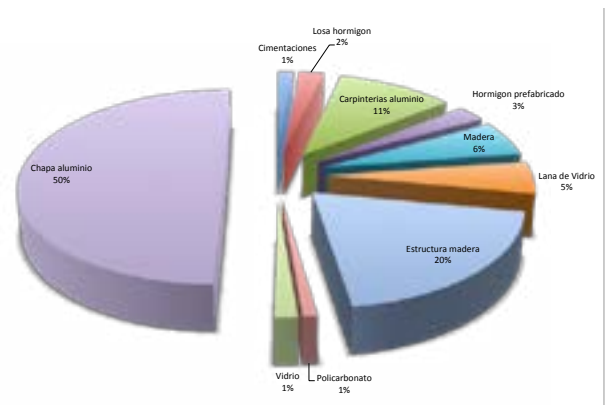


Imagen53– Porcentajes de energía requerida por material Fuente: Elaboración propia.

Material	Kg/Co2 kg	Kg	TOTAL	Co2 / m2	%
Cimentacion	0,18	49.852,80	8.973,50	48,01	12,3%
Estructura de hormigon	0,18	123.488,64	22.227,96	118,93	30,5%
Losa de hormigon	0,18	94.707,20	17.047,30	91,21	23,4%
Cubierta de hormigon	0,18	83.524,00	15.034,32	80,44	20,6%
Muros de Adobe	0,02	113.568,00	2.271,36	12,15	3,1%
Madera	1,60	1.931,45	3.090,31	16,53	4,2%
Prefabricados hormigon	0,22	2.505,60	551,23	2,95	0,8%
Ceramica	0,23	12.156,12	2.795,91	14,96	3,8%
Vidrio	0,88	974,10	857,21	4,59	1,2%
Otro		-	-	-	0%
		-	-	-	0%
		-	-	-	0%
<b>TOTAL</b>			<b>72.849,09</b>	<b>389,78</b>	<b>100%</b>

**Imagen54**– Tabla Co2 materiales. Fuente Datos: Informe Eco ingeniería 2012 / Tesis Ing. Paola Escobar Suárez. Tabla: Elaboración propia.

62



**El Co2 de los materiales.**

En el caso del proyecto en Colombia existen variables en el consumo de energía y la emisión de Co2 de los materiales debido a que muchos de los procesos, en los que

existen tienen utilizan fuentes de energía fósiles diferentes en la producción. Los datos resultados son los siguiente:

Para los elementos estructurales en hormigón esta definida una emisión de 0,18 kgCo2 por kg, en primer punto la cimentación tiene un peso total de 8.973,50 kg de CO<sub>2</sub>, la estructura en hormigón tiene un peso total de 22.227,96 kg de CO<sub>2</sub>, la losa fundida tiene como resultado 17.047,30 kg de CO<sub>2</sub>, finalmente la cubierta tiene una emisión de 15.034,32 kg de CO<sub>2</sub>.

En este caso los cerramientos perimetrales al ser elementos de adobe prensados a mano no tienen emisiones pero el transporte de este si generando un total de 2.271,36 Mj. En este mismo sentido el valor generado por la madera es de 3.090,31 CO<sub>2</sub>.

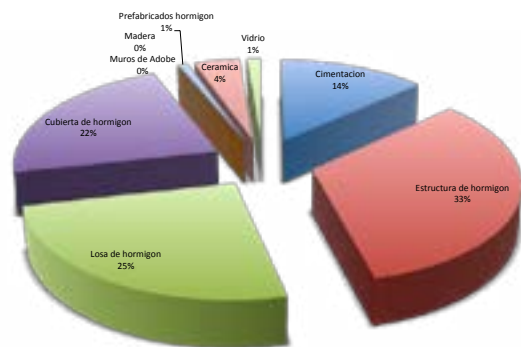
Los elementos prefabricados de hormigón tiene un total de 551,23 kg de CO<sub>2</sub> y los cerramientos de vidrio tiene un resultado total de 857,21 kg de CO<sub>2</sub> y finalmente los elementos cerámicos que componen la vivienda son de 2.795,91 kg de CO<sub>2</sub>

La sumatoria de todos los valores resultantes dan un total de 72.849,09 kg de CO<sub>2</sub>. Este resultado dividido por el numero de metros cuadrados

de construcción genera el valor de kg de CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> que tiene la vivienda y este total es de 389,78 kg de CO<sub>2</sub> .

El valor de referencia de las emisiones que tiene una vivienda estándar es de 240,49 kgCO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup>. En este sentido el aumento de emisiones generadas que logra el proyecto es equivalente a un 62,4%. Frente a la referencia de una vivienda económica hecha en madera.

En la imagen [Imagen55] el se encuentra el porcentaje de emisiones de kg de CO<sub>2</sub> por cada uno de los materiales utilizados en la construcción de este proyecto.



**Imagen55**– Porcentaje de Co2 por material. Fuente: Elaboración propia.

Dordoña

Material	Kg/Co2 kg	Kg	TOTAL	Co2 / m2	%
Cimentaciones	0,13	32.522,40	4.227,91	17,47	4,0%
Losa hormigon	0,13	73.721,60	9.583,81	39,60	9,0%
Carpinterias aluminio	1,08	10.010,93	10.811,80	44,68	10,1%
Hormigon prefabricado	0,14	64.830,00	9.076,20	37,50	8,5%
Madera	0,45	2.318,18	1.043,18	4,31	1,0%
Lana de vidrio	1,56	2.870,88	4.478,57	18,51	4,2%
Estructura madera	0,45	11.025,00	4.961,25	20,50	4,7%
Policarbonato	7,62	624,00	4.754,88	19,65	4,5%
Vidrio	0,98	1.245,90	1.220,98	5,05	1,1%
Chapa aluminio	7,18	7.857,00	56.413,26	233,11	52,9%
Otros		-	-	-	0%
		-	-	-	0%
<b>TOTAL</b>			<b>106.571,84</b>	<b>440,38</b>	<b>100%</b>

**Imagen56**– Tabla Co2 materiales. Fuente Datos: Negawatt Fr./ Ecosoft, IBO, Autriche, 2009. Tabla: Elaboración propia.

**El Co2 de los materiales.**

Por otra parte el proyecto ubicado en Francia tiene diferentes factores de consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> por material y por el método que este requiere para su transformación.

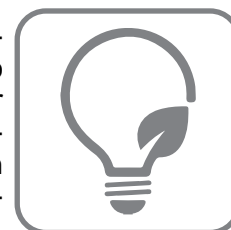
En este sentido para los elementos en hormigón es de 0,13 kg de CO<sub>2</sub> por kg, la cimentación tendría un peso de 4.227,91 kg de CO<sub>2</sub>, la losa de hormigón tiene un peso de 9.583,81 kg de CO<sub>2</sub>, y la estructura de madera de la cubierta tendría un peso neutro pero se le asigno un valor de 0,45 kg de CO<sub>2</sub> y el valor total de este es 1.043,18 kgCO<sub>2</sub>

Las carpinterías de aluminio tiene un indice de 1,08 kg de CO<sub>2</sub> por kg, dando esto un total de 10.811,80 kg de CO<sub>2</sub>. Los elementos de cerramiento de Chapa de aluminio tienen un peso de 7,18 de kg de CO<sub>2</sub> por kg en cuanto a esto el total es de 56.413,26 kg de CO<sub>2</sub>.

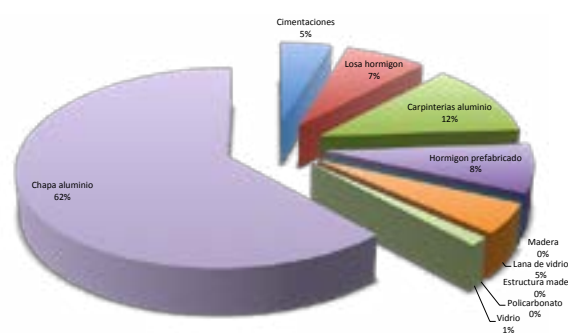
Los elementos de cerramientos prefabricados tienen un peso total de 9.076,20 kg de CO<sub>2</sub>, El aislamiento perimetral y el de la cubierta tiene un peso de 4.478,57 kg de CO<sub>2</sub>, el vidrio tiene un peso de 1.220,98 kg de CO<sub>2</sub>. Finalmente los elementos de cubierta en policarbonato tienen un peso de 4.754,88 kg de CO<sub>2</sub>.

La sumatoria de todos los resultados de emisiones da un total de 106.571,84 kg de CO<sub>2</sub>. Este resultado dividido entre el numero de metros cuadrados de construcción genera el valor de kgCo2 / m<sup>2</sup> generado por la vivienda y es un total de 440,38 kg de CO<sub>2</sub>.

El valor de emisiones referencia de una casa promedio es de 600,49 Kg. de Co2 por m2, en este sentido la vivienda genera una disminución en las emisiones de sus materiales en un 26,66%.



En la imagen [Imagen57] se puede ver el porcentaje de aporte de emisiones kg de CO<sub>2</sub> generado por la vivienda



**Imagen57**– Porcentaje de Co2 por material. Fuente: Elaboración propia.

## CONSUMO DE AGUA Colombia por persona / día

Uso	Frecuencia (veces/día)	Consumo doméstico (lpd)
Ducha	1	35,88
Inodoro	4,46	35,64
Lavabo	5,71	6,02
Lavadora	0,26	45,89
Cocina	3	6,00
Lava platos	3	27,88
Otros usos		3,41
<b>TOTAL</b>		<b>160,72</b>

64

**Imagen58**– Tabla demanda de agua en litros persona día. Datos: Departamento nacional de planeación. Fuente: Elaboración propia.

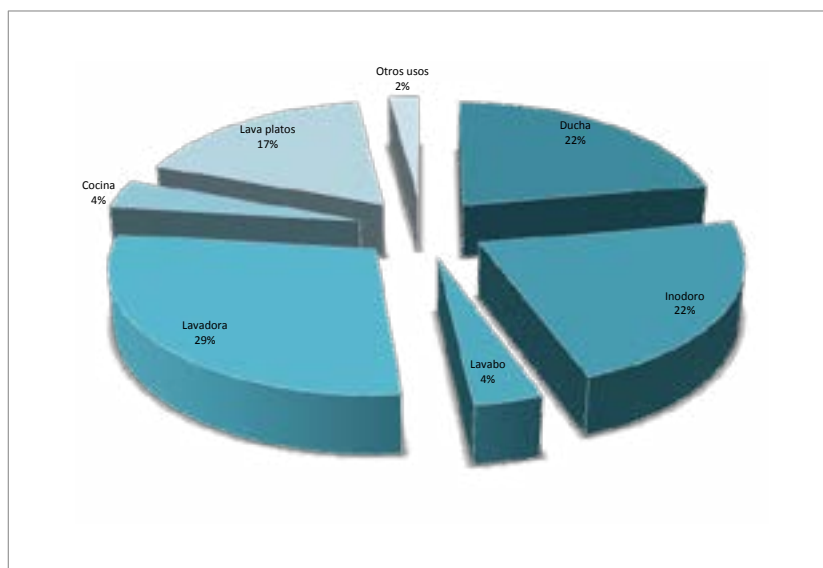
### Reducción de demanda para el consumo de agua.

Las estadísticas presentadas en estas gráficas son promedios presentados por el Departamento nacional de planeación. Para la región de Villa de Leyva. En la imagen [Imagen59] se muestra como se distribuye en litros la cantidad utilizada por una persona durante el día. Esta información es importante para saber que alcance tendrán las estrategias para reducir el consumo.

También se podrá determinar si muchas de las

necesidad de agua pueden satisfacerse mediante el uso de aguas recicladas, mediante el aprovechamiento de aguas grises y el aprovechamiento de aguas lluvias.

En la tabla de la parte superior [Imagen58] se detalla el uso del agua que hace una persona durante un día y como se distribuyen las cargas dependiendo el uso.



**Imagen59**– Gráfico Demanda de agua por día. Fuente datos: Departamento Nacional de Planeación Fuente: Elaboración propia.

CONSUMO DE AGUA APROXIMADO Francia día		
Uso	Frecuencia (veces/día)	Consumo doméstico (lpd)
Ducha	0,83	80
Inodoro	4,46	6
Lavabo	5,71	5
Lavadora	0,26	50
Cocina		5
Lavavajillas	0,24	16
Otros usos		15
<b>TOTAL</b>		<b>177</b>

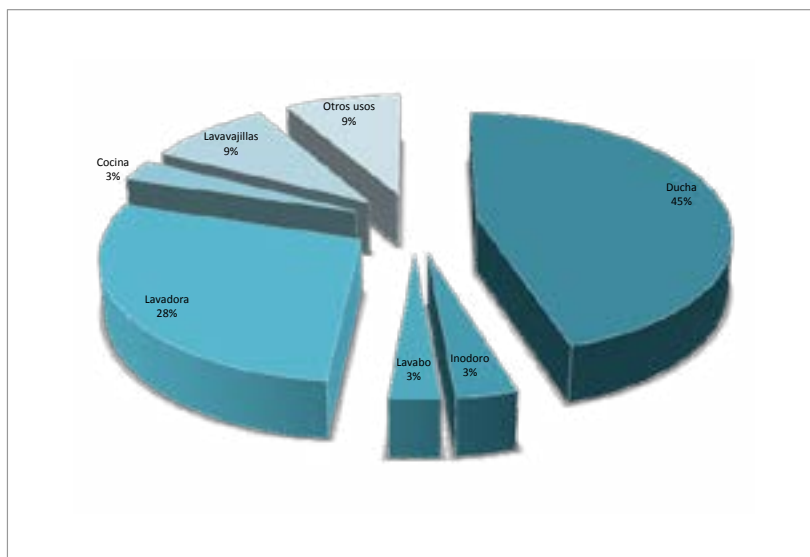
**Imagen60**– Tabla demanda de agua persona día. Datos: Le centre D’information sur L’eau. Fuente: Elaboración propia.

**Reducción de demanda para el consumo de agua.**

Las estadísticas presentadas en esta gráfica corresponden a promedios para Dordoña. En la imagen [Imagen61] se muestra como se distribuye por litros la cantidad utilizada por una persona durante el día. Esta información es importante para saber que alcance tendrán las estrategias para reducir el consumo.

También se podrá determinar si muchas de las necesidades de agua pueden satisfacerse mediante el uso de reciclaje de agua, aprovechamiento de aguas grises y aprovechamiento de aguas lluvias.

En la tabla de la parte superior [Imagen60] se hace un promedio de consumo por día que tiene una persona en Francia.



**Imagen61**– Gráfico Demanda de agua Dordoña Fuente datos: Promedios de consumo Gráfica Fuente: Elaboración propia.



CONSUMO APROXIMADO VILLA DE LEYVA			
Uso	Frecuencia (veces/día)	Consumo doméstico (lpd)	Total
Ducha	4	35,88	143,52
Inodoro	12,5	35,64	445,50
Lavabo	16	6,02	96,32
Lavadora	0,3	45,89	13,77
Cocina	3	6,00	18,00
Lava platos	3	27,88	83,64
Otros usos	1	3,41	3,41
<b>TOTAL</b>		<b>201,40</b>	<b>804,16</b>

**Imagen62**– Consumo aproximado Villa de Leyva. Datos: Cra.gov.co. Tabla: Elaboración propia.

66

En la tabla de la parte superior [Imagen62] se muestra una aproximación al uso del recurso en una vivienda de estas características en Colombia y la región, cabe resaltar que para esta zona del país el promedio de habitantes por vivienda es de 4 personas.

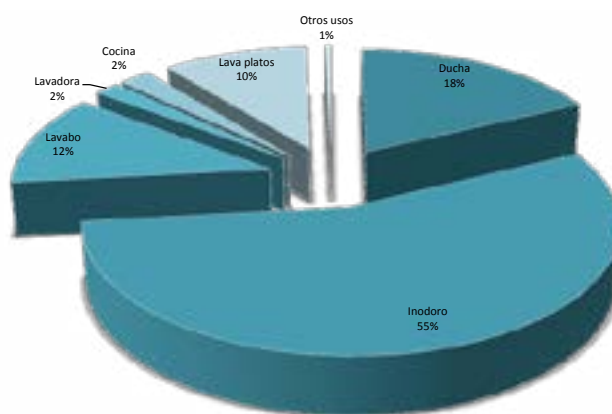
La aproximación de consumo para esta casa se hace con base a una ocupación activa de 4 personas, en este sentido el consumo por día que tiene una persona en Colombia es de 180,18 Litros de agua día.

El uso y la frecuencia de cada uno de los usos presentes en la tabla varían dependiendo del número de personas en este caso los valores asignados son una aproximación al uso que puede tener una familia de cada uno de los servicios con esto se puede decir que el consumo de el recurso para una familia promedio de 4 perso-

nas en Colombia es de 801,16 Litros, como se explica a continuación en este sentido el consumo aproximado por año es de 234.651,20 Litros. En la imagen [Imagen63] se muestran los por-

NUMERO DE HABITANTES	CONSUMO DOMESTICO(LPD)	CONSUMO TOTAL AÑO
4	160,72	234.651,20

centajes que genera cada actividad en el consumo del recurso hídrico.



**Imagen63**– Porcentajes de consumo de agua. Fuente: Elaboración propia.



CONSUMO APROXIMADO DORDOÑA			
Uso	Frecuencia (veces/día)	Consumo doméstico (lpd)	total 3 personas
Ducha	3	80	240,00
Inodoro	9	6	54,00
Lavabo	12	5	60,00
Lavadora	0,3	50	15,00
Cocina	3	5	15,00
Lavavajillas	1,5	16	24,00
Otros usos	1	15	15,00
<b>TOTAL</b>		<b>141</b>	<b>423,00</b>

**Imagen64**– Consumo aproximado en Dordoña Datos: *Le centre D'information sur L'eau*. Tabla: Elaboración propia.

En la tabla de la parte superior [Imagen64] se muestra una aproximación de la cantidad que demanda una vivienda de estas características en Francia y la región de dordoña, cabe resaltar que el promedio de habitantes por vivienda para este país es 3,6 personas,

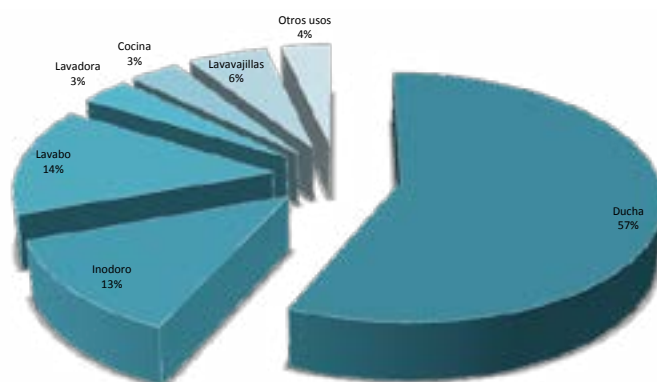
La aproximación de consumo para esta casa se hace con base a una ocupación activa de 3 personas, en cuanto a lo que corresponden los datos el uso diario, el consumo de agua que tiene una persona por día en Francia es de 177 Litros .

El uso y la frecuencia de cada uno de los usos presentes en la tabla varían dependiendo del número de personas que ocupan la vivienda, en este caso los valores asignados son una aproximación al uso que puede tener una familia de cada uno de los servicios con esto se puede decir que el consumo para una familia promedio

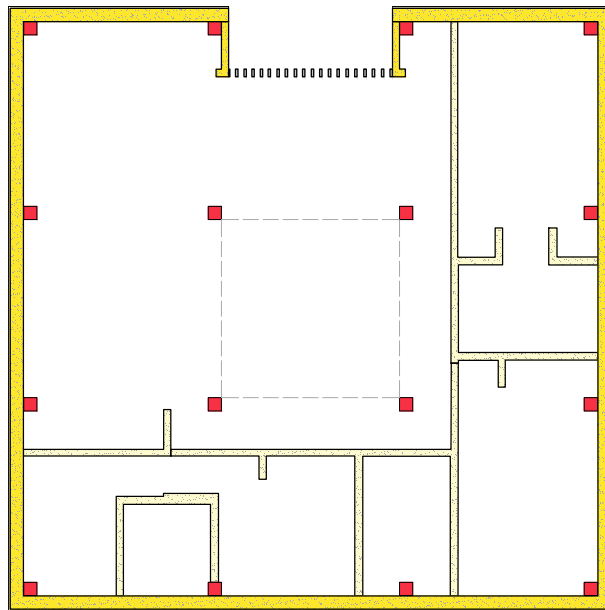
de 3 personas en Francia en de 423 Litros por día, como se explica en este sentido el consumo aproximado por año es de 193.815 Litros.

NUMERO DE HABITANTES	CONSUMO DOMESTICO(LPD)	CONSUMO TOTAL AÑO
3	177,00	193.815,00

En la siguiente imagen [Imagen65] se muestran los porcentajes que genera cada actividad en el consumo del recurso hídrico.

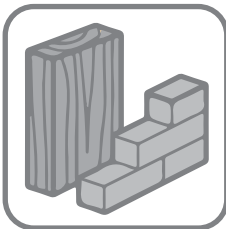


**Imagen65**– Porcentajes de consumo de agua. Fuente: Elaboración propia.



**Imagen66**– Gráfico de materiales utilizados. Fuente: Elaboración propia.

88



Reducir demanda de materiales.

La gestión de los materiales planteada por el arquitecto fue responsable en cuanto a la disminución de residuos y el desperdicio de los materiales primarios como lo son el hormigón de la estructura, los bloques de adobe y el material cerámico para recubrir los suelos.

Los pilares son de 30cm por 30cm la dimensión mínima según la normativa sismo resistente Colombiana y están distanciadas entre si cada 4,33 metros a ejes, las vigas de losa de suelo y de cubierta son de 40 centímetros y la losa es de 10 centímetros con una malla electro-soldada.

Los muros de perímetro no están adosados a la estructura con el motivo de no sobre cargarla con el peso de los bloques de todo el perímetro.

Los muros de perímetro no están adosados a la estructura con el motivo de no sobre cargarla con el peso de los bloques de todo el perímetro.

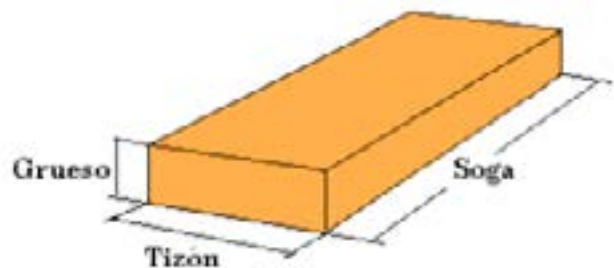
La disposición de los bloques es en “tizón” Para tener unos muros mas contundentes en los que se anclan los marcos prefabricados de hormigón y también las carpinterías en madera.

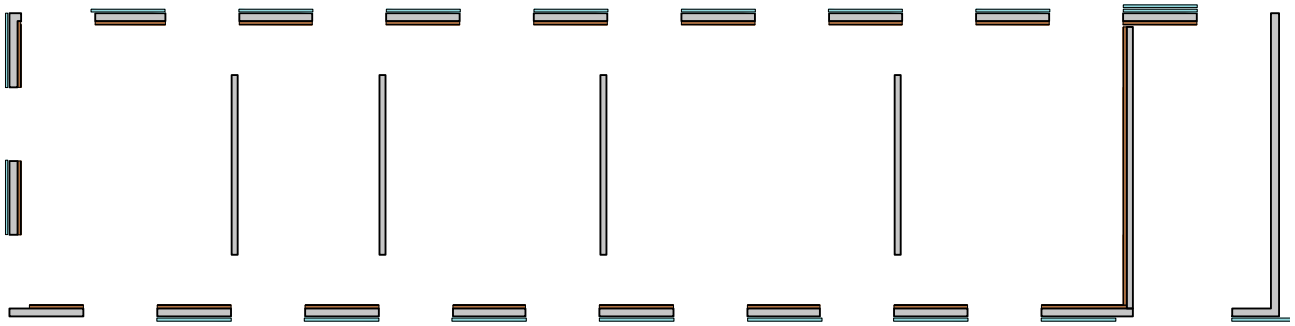
Como se ve en la imagen [Imagen66] superior la estructura que esta representada en un color rojo, en color amarillo se muestran los muros en bloques de adobe y se ve como esta piel envuelve la estructura de la casa.

Por otra parte en un tono de amarillo claro se señalan todos los muros divisorios que también son en bloques de adobe, a diferencia de los que están en fachada estos bloques están puestos

de manera tradicional “soga” con una disposición horizontal alargada, y en gris se señalan los elementos prefabricados que conforman la celosía ubicada en la fachada norte.

La facilidad que tiene la construcción de muros con estos bloques hace que se pueda tener un control de las cantidades y la disminución de residuos y los tiempos de construcción con este sistema se acortan.





**Imagen67**– Gráfico de materiales utilizados. Fuente: Elaboración propia.

Reducir la demanda de materiales.

En el caso del proyecto en dordoña los materiales utilizados en la construcción son en su gran mayoría materiales con un bajo impacto en peso energía y emisiones de CO<sub>2</sub> como se detallo anteriormente.

Los muros perimetrales de la casa están construidos con agglos, los agglos son bloques de hormigón que tienen la siguiente composición:

- 85% de Piedras, grava, arena.
- 9% de Cemento.
- 6% de agua.

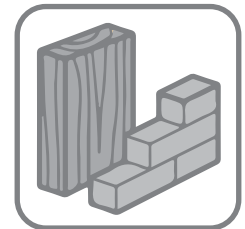
Como se puede ve en la imagen de referencia [Imagen68] los muros representados en color gris están construidos con este tipo de bloques

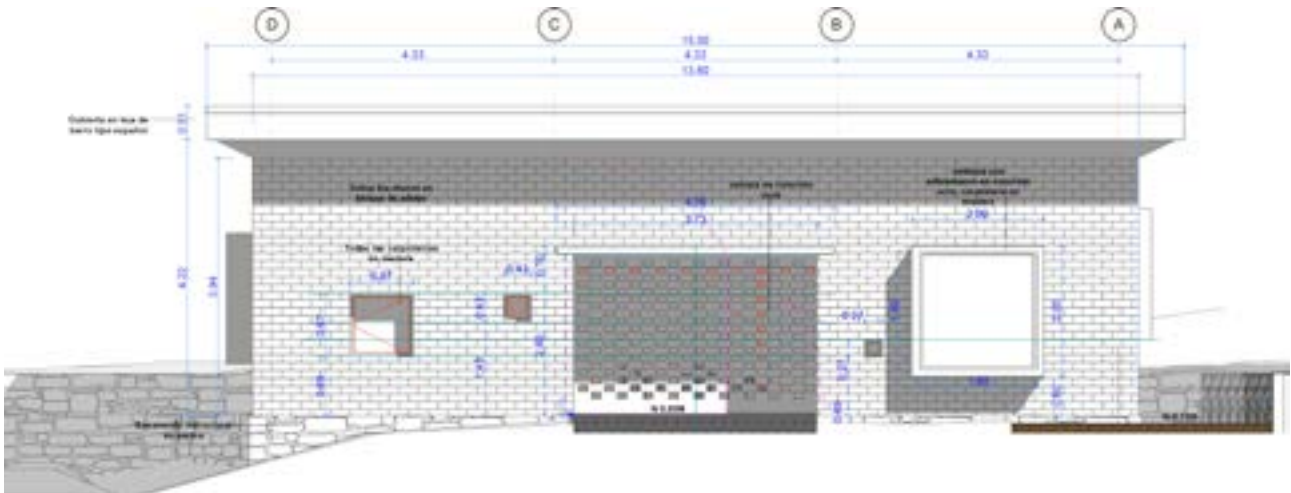
Todos los muros perimetrales tienen una composición de tres capas para evitar que la tempera interior tenga perdidas y des-compensaciones que afecten el confort de los habitantes.

El aislamiento al interior de los bloques de hormigón son de 8 cm de lana de vidrio y finalmente cubierta por un contrachapado de madera y en la imagen [Imagen67] están representados en color marrón, también se resaltan en esta imagen los cerramientos móviles de las fachadas y que están construidos con chapas de aluminio.

Por otra parte los espacios vacíos en esta imagen están compuestos por elementos en carpinterías metálicas y puertas ventanas en vidrio.

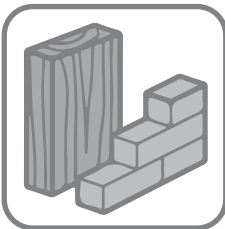
**Imagen68**– Referencia materiales utilizados. Fuente: <http://www.stabo-bloc.be>.





**Imagen69**– Fachada casa de tierra. Fuente : Alfonso Arango.

70



Las marcos extruidos, estas ventanas son elementos prefabricados en hormigón que sobre salen de la linea de fachada y tiene una doble función, sirven de alero y crean un lugar o espacio adicional aprovechando sus dimensiones.

También en la fachada norte existe otro elemento relevante que son los prefabricados en hormigón, además de enmarcar el acceso a la vivienda este elemento permite la circulación continua de aire, que en palabras del arquitecto es un lugar que permite tener una continua renovación de aire en la casa.

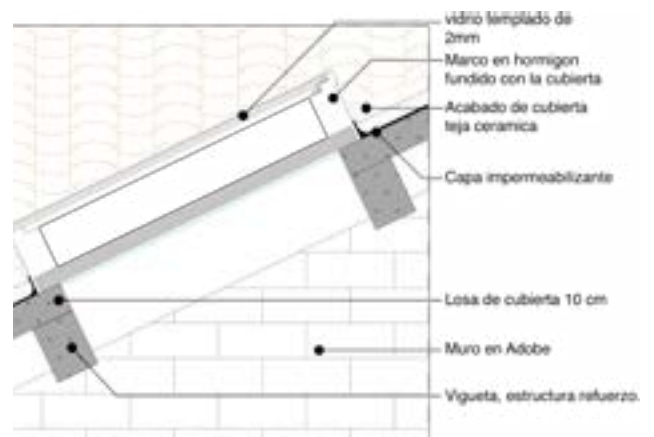
En cuanto a la cubierta es una losa de hormigón como anteriormente se describe y tiene la aplicación de 3 capas como se ve en la imagen [Imagen70] esta en primer punto esta la losa de hormigón, seguido se encuentra una capa aislante y finalmente el acabado en teja cerámica, en el caso de esta imagen el detalle esta hecho por uno de los vacíos que tiene la cubierta, y esta tendría adicionalmente un marco integrado con la losa y un vidrio laminado de 2mm.

Todos los suelos de la vivienda están acabados con material cerámico fabricado en la zona y los acabados de los muros interiores son el bloque de adobe a la vista.

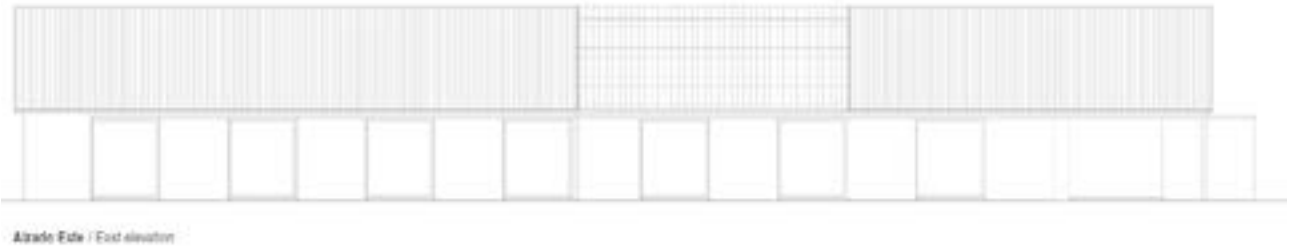
Como conclusión sobre la demanda de materiales este proyecto tiene la ventaja de que se encuentra en una zona donde la fabricación de elementos cerámicos es habitual, los bloques de adobe son también de producción local y además de tener ventajas de inercia térmica el siste-

ma de construcción es sencillo, su costo es bajo lo único que tiene este material con respecto a otros es el peso final que aporta a la construcción, por otra parte la disposición de la estructura el dimensionamiento de las columnas y las vigas maneja luces cortas entre si y no demando sobre dimensionamiento y gastos adicionales de hormigón y acero.

Las losas de hormigón tiene la ventaja de la durabilidad del material en cuanto a la cubierta esta se encuentra protegida por una capa de aislamiento impermeabilizante y finalmente las tejas cerámicas.



**Imagen70**– Detalle de losa de cubierta. Fuente: Alfonso Arango.

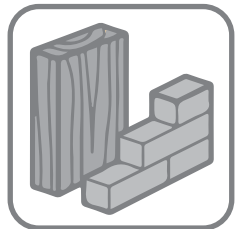


Alzado Este / East elevation

**Imagen71**– Fachada casa en Dordoña. Fuente: El Croquis # 177 -178 Lacaton & Vassal

Los elementos presentes en las fachadas son chapas de aluminio móviles que cuando se encuentran abiertos los vacíos estos elementos quedan sobre los muros de bloques de hormigón y generan un efecto de doble piel como se explica en la calidad de los cerramientos exteriores y como se puede ver en la imagen [Imagen72]

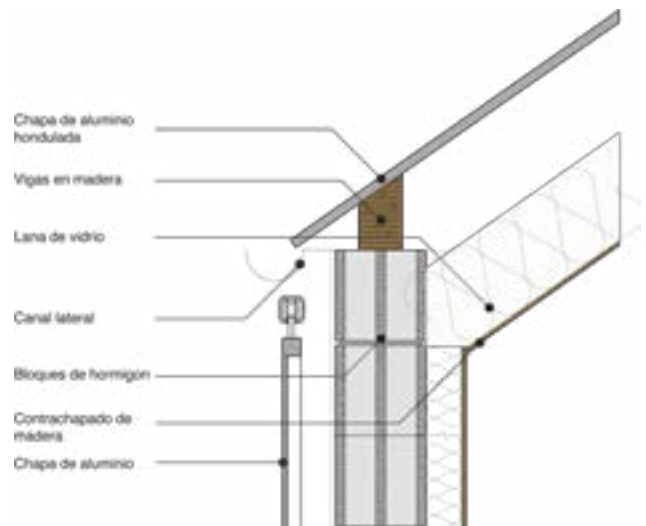
Las cubiertas son en chapa de aluminio con ondulaciones soportada sobre una estructura en madera mas una capa de 20 cm de lana de vidrio de aislamiento y como acabado interior tiene una capa de 1 centímetro de madera contrachapada, todo esto para garantizar las condiciones térmicas en el interior. Como se muestra en la gráfica [Imagen73]



71

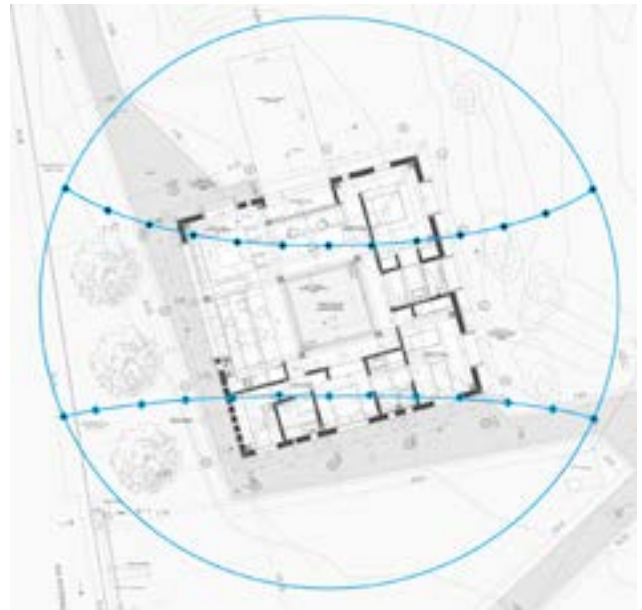


**Imagen72**– Fachada aluminio. Fuente: El Croquis # 177- 178 Lacaton & Vassal



**Imagen73**– Detalle cubierta Fuente: Elaboración propia.





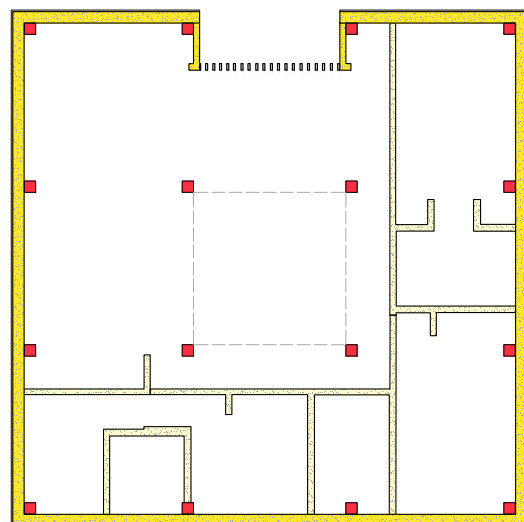
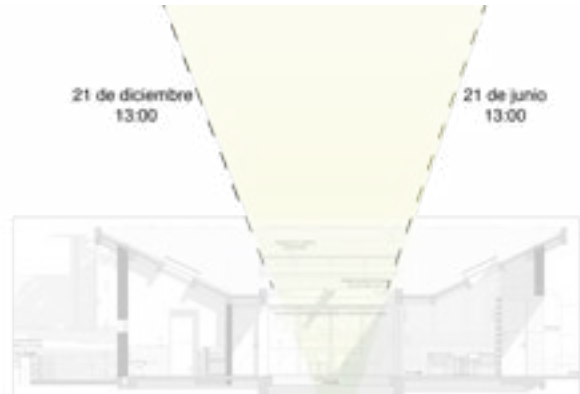
72



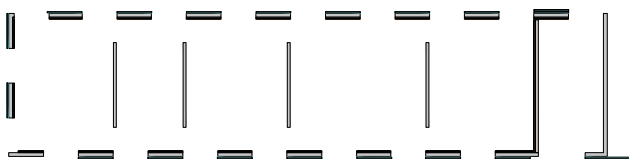
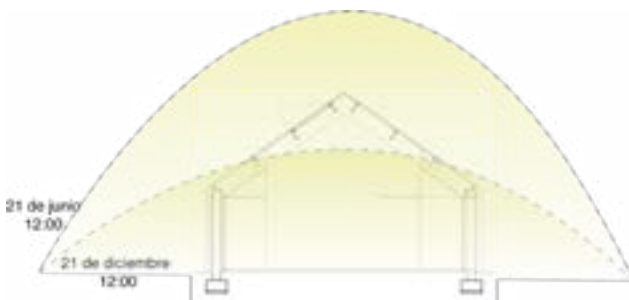
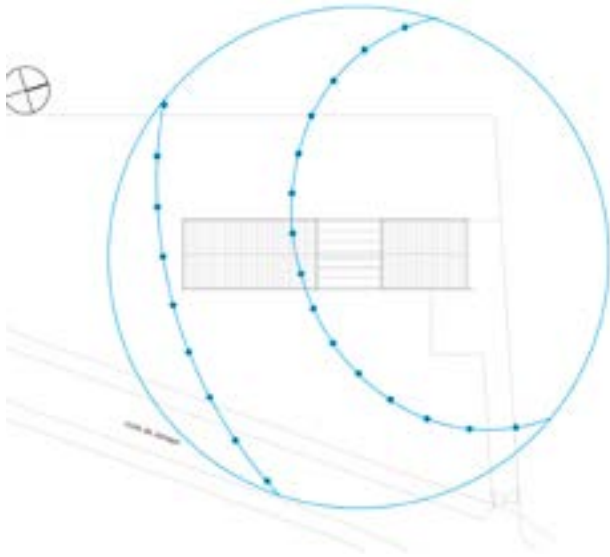
**La minimización de los recursos.**

La minimización de residuos se logra con la previa aplicación de estrategias en cada uno de los vectores de la sostenibilidad. En el caso de

la energía se minimizan la necesidad de desperdiciar energía para calentar, ventilar o refrigerar la vivienda, porque el proyecto responde a las condiciones del lugar como lo son las corrientes de aire, las lluvias, el soleamiento que se aprovecha para calentar la vivienda, los cerramientos que en algunas partes permites el acceso de aire en otras partes se cierra hacia corrientes muy fuertes, la calidad de los cerramientos para evitar perdidas de energía al interior, la identificación de el uso del agua y calidad que puede tener esta para las diferentes actividades y los materiales en el sentido del manejo y las características de durabilidad alta y mantenimiento bajo.







### La minimización de los residuos.



73

La minimización de los residuos se logra con la previa aplicación de estrategias en cada uno de los vectores de la sostenibilidad. En el caso del proyecto en Francia, se reduce la demanda de energía mediante un entendimiento de las condiciones térmicas y de los materiales utilizados se logra tener una construcción muy liviana y con un sistema constructivo prácticamente en seco, reduce los residuos producidos por la obra y además cuenta con el factor de que muchos de los componentes de la vivienda son prefabricados mejoran estas condiciones.

Por otra parte la calidad de los cerramientos conformados reducen la demanda de energía que necesitaría una vivienda de estas características para mantener unas correctas condiciones térmicas, por otra parte la identificación de la necesidad de agua que tiene la vivienda se pueden definir en que actividades se puede aprovechar la calidad que necesita el recurso.

Energía Final uso x 50 años							
Proyecto	Calefaccion	Refrigeracion	Agua caliente sanitaria	Cocina y Horno	Aparatos Domesticos	Iluminacion	Total kWh
Villa de Leyva	-	-	37.860,00	50.400,00	42.660,00	9.900,00	<b>140.820,00</b>
Referencia Colombia	-	52.650,00	37.860,00	50.400,00	84.790,00	48.000,00	<b>273.700,00</b>
Dordogne	328.000,00	38.000,00	63.450,00	59.500,00	60.000,00	30.850,00	<b>579.800,00</b>
Referencia España	247.000,00	65.000,00	157.500,00	52.500,00	103.995,00	30.840,00	<b>656.835,00</b>

peso energía primaria y co2 / m2/ materiales			
Proyecto	Kg / m2	Mj / m2	Co2 / m2
Villa de Leyva	2.582,7	2.712,6	389,8
Referencia Colombia	195,1	3.600,0	240,0
Dordoña	855,5	4.082,3	440,4
Referencia Cataluna	1.464,6	5.380,3	600,5
<b>TOTAL</b>			

Energía primaria total de uso x 50 años						
Calefaccion	Refrigeracion	Agua caliente sanitaria	Cocina y Horno	Aparatos Domesticos	Iluminacion	Total
-	-	80.111,76	55.389,60	90.268,56	20.948,40	<b>246.718,32</b>
-	111.407,40	80.111,76	55.389,60	179.415,64	101.568,00	<b>527.892,40</b>
328.000,00	98.040,00	63.450,00	59.500,00	154.800,00	79.593,00	<b>783.383,00</b>
295.165,00	153.920,00	188.212,50	62.737,50	246.260,16	73.029,12	<b>1.019.324,28</b>

**Imagen74– Tablas de energía final y energía primaria. Fuente: Elaboración propia.**

En las tabla de la parte superior se muestran los datos obtenidos para energía final, de peso de los materiales en kg, consumo de energía por MJ y emisiones CO2. Para cada uno de los casos de estudio.

Además se incluyen los valores de las referencias para cada uno de los escenarios, la idea es contrastar y determinar si los proyectos luego de haber calculado la energía de los materiales están reduciendo la demanda de los recursos contaminándolos con los valores obtenidos de viviendas estándar en Colombia y en España.

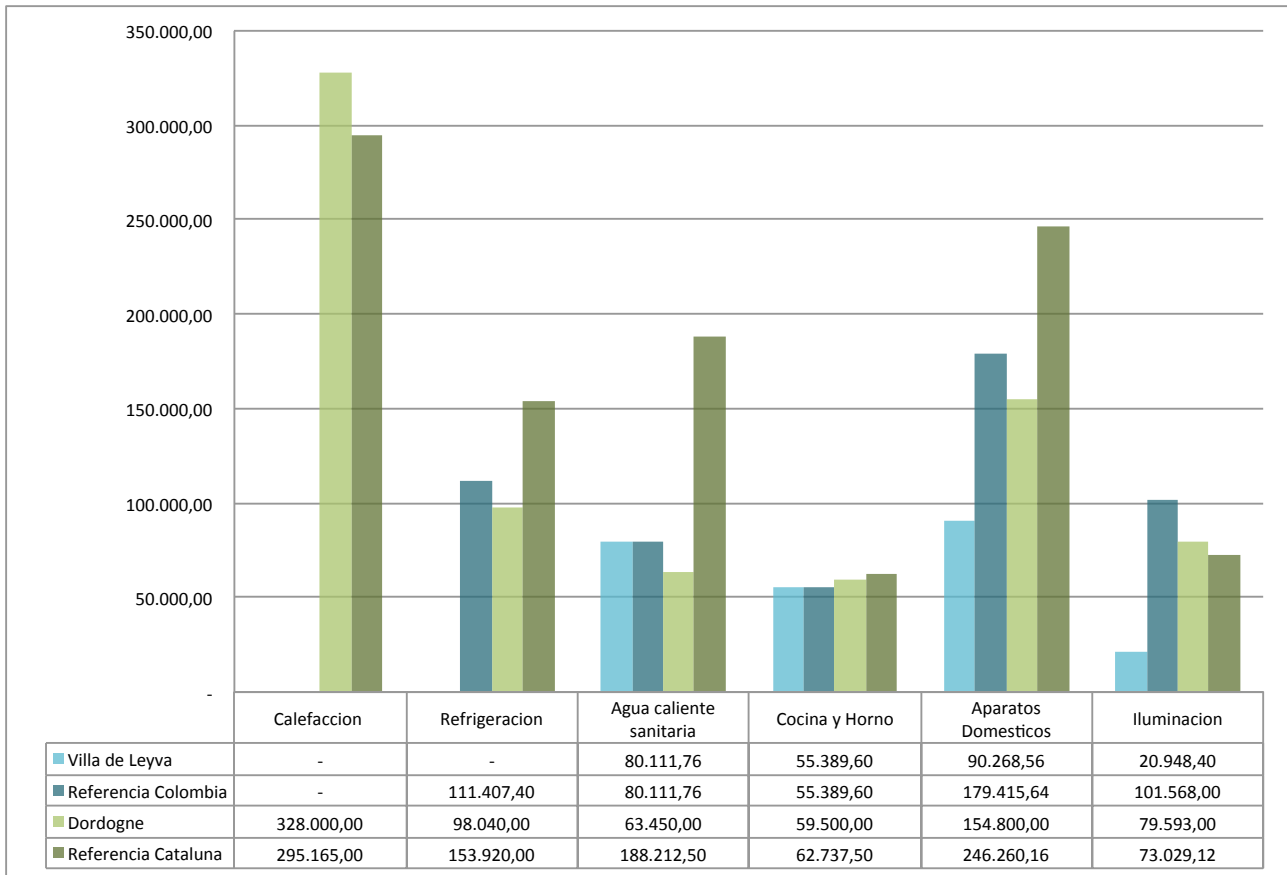
En la segunda tabla se muestran los valores obtenidos para la energía primaria de los dos proyectos, en este punto el valor obtenido para la energía fina se multiplica por un factor de conversión. Estos factores varían dependiendo de los métodos de producción de energía eléctrica o de gas, este factor es determinado por la cantidad de kwh necesarios para entregar en las viviendas 1 kwh del servicio.

En el caso de Colombia este factor para la energía eléctrica es equivalente a 2,116, y para el gas natural este factor es de 1,099.

En el caso de Francia el factor para la energía eléctrica es de 2,58 y para el gas natural es de 1.

En cuanto al valor de referencia en España para la energía eléctrica es de 2,368 y para el gas natural es de 1,195.

Los valores finales obtenidos son equivalentes a la energía primaria consumida por una vivienda en los casos de estudio y en los valores de referencia en un periodo de 50 años. Y estos valores se deben contrastar de esta forma. en el caso del proyecto en Colombia con los valores de referencia obtenidos y para el caso de Francia se debe contrastar con los valores de referencia de España.



75

**Imagen75– Valores de energía primaria total casos de estudio vs valores de referencia. Fuente: Elaboración propia.**

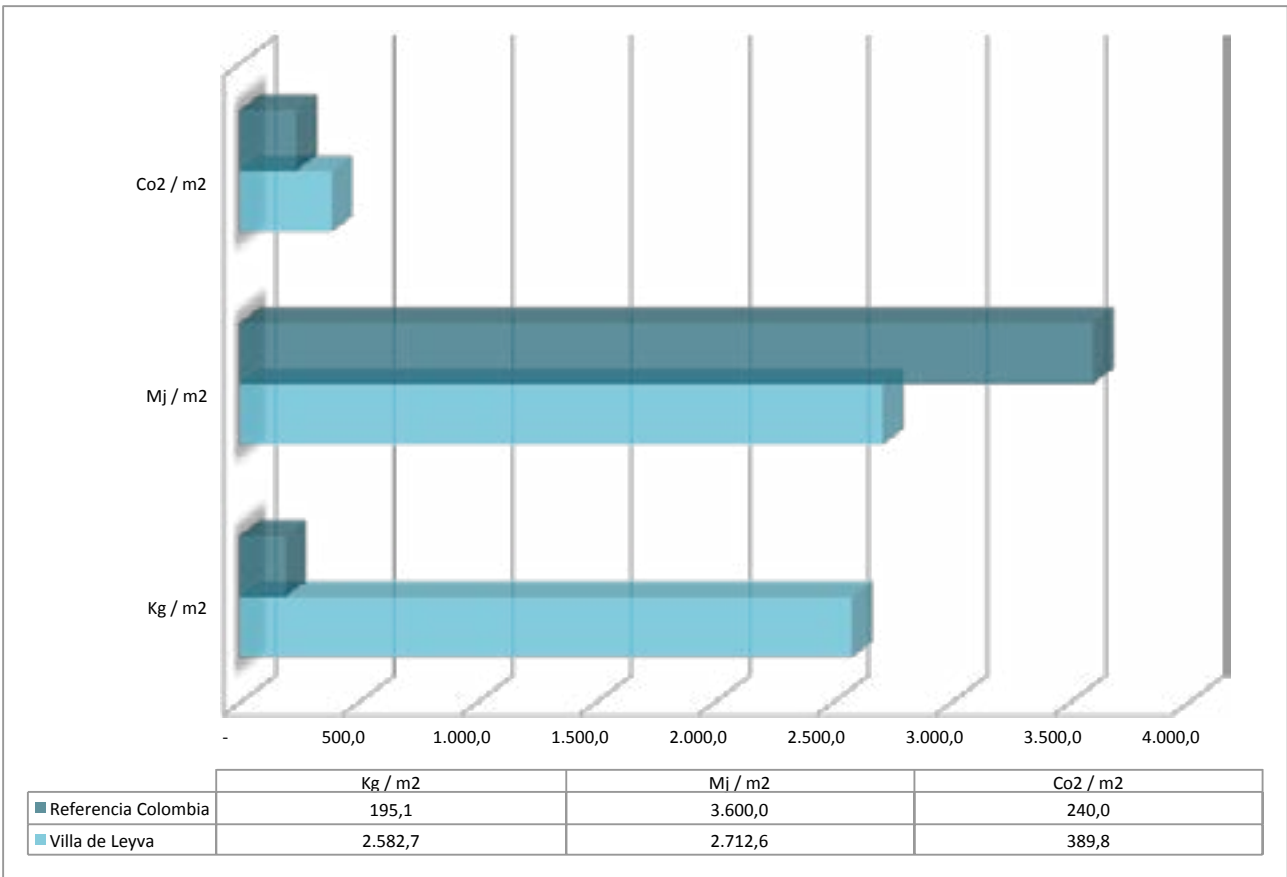
## Síntesis primer paso 1.

Los resultados obtenidos en la energía primaria para los proyectos en cuanto a los valores de referencia demuestran que dentro del periodo de 50 años con el que se calculan, se obtiene que el proyecto de Colombia está reduciendo la demanda de energía primaria en un 53% frente a la referencia de una vivienda económica en madera. Mientras que el proyecto en Francia está reduciendo la demanda de energía primaria un 33% frente al valor de referencia de una vivienda estándar en España.

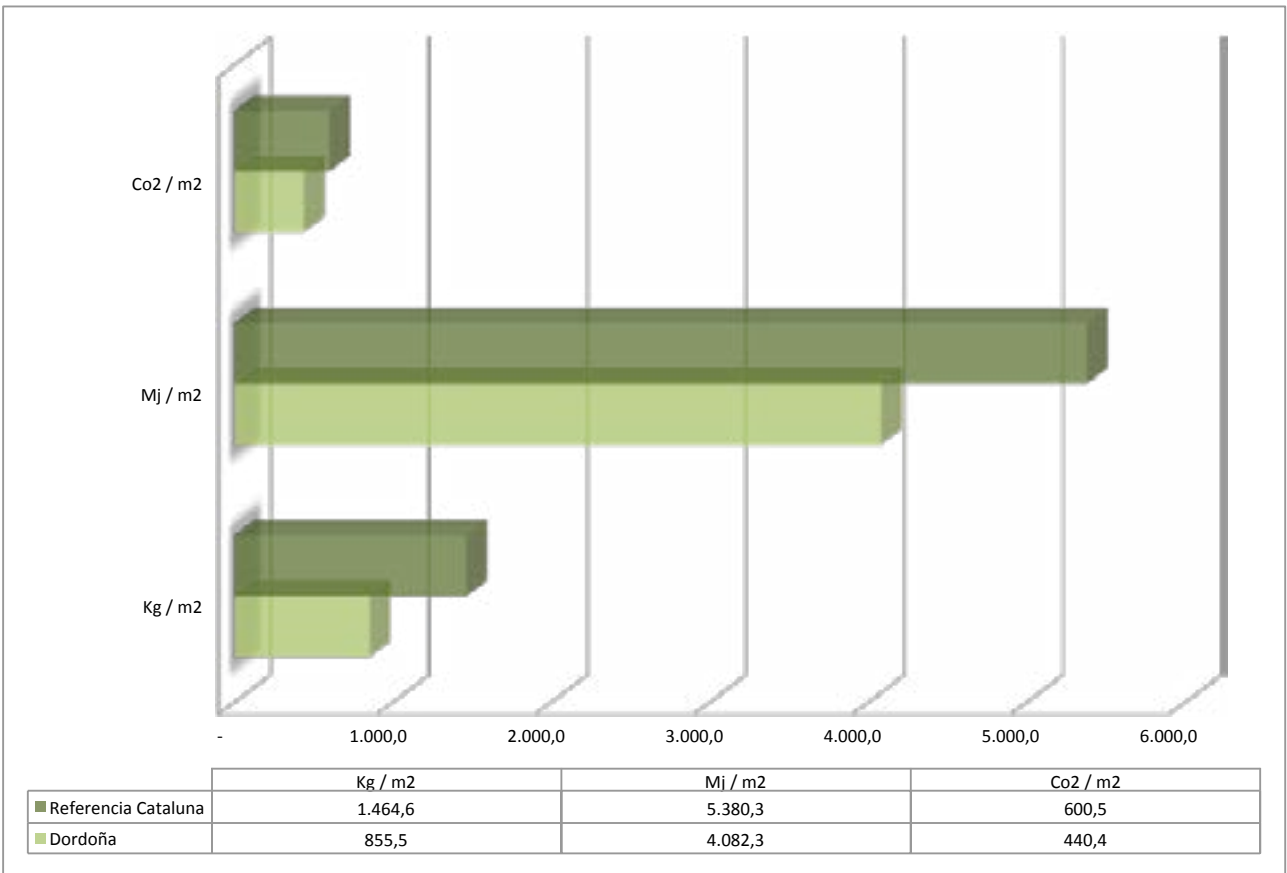
Estos datos de evaluación son comparados con los datos de referencia, independientemente cada caso de estudio. En el caso de la vivienda en Colombia se puede entender las condiciones de la vivienda no son las mejores frente a los datos de referencia pero cabe resaltar que esos datos son para una vivienda económica en madera muy liviana y solamente mejora los resultados en cuanto en la franja de los Mj /kg. En este mismo sentido la vivienda en Francia presenta condiciones favorables frente a los datos de referencia de una construcción estándar en España en cada uno de los elementos de evaluación.

Como se muestra en la imagen [Imagen75] son los datos que arroja la evaluación de los proyectos sobre la energía primaria total. Se marcan en dos gamas cromáticas los proyectos que se pueden comparar entre sí, por ende el proyecto ubicado en Colombia debe compararse con los datos de referencia del mismo país. Estos están en gamas de verdes. En el caso de estudio ubicado en Francia este debe compararse con los datos de referencia de España. Estos están en tonos azules.

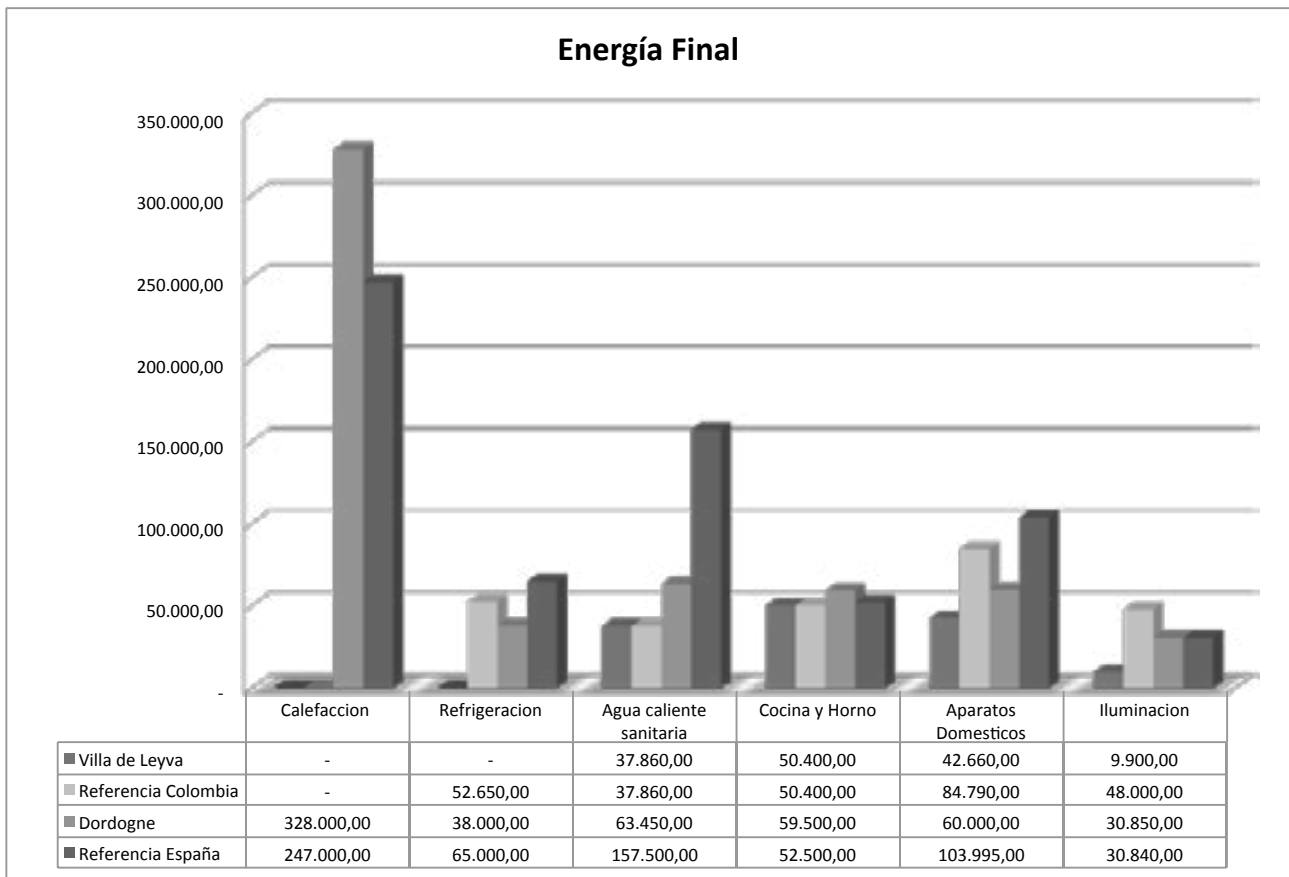
Por otra parte en las imágenes [Imagen76] y la [Imagen77] se hace la comparación de las condiciones de peso en kg / m<sup>2</sup>, el consumo de Mj / kg y finalmente las emisiones en kg CO<sub>2</sub> / kg.



**Imagen76**– Peso energía primaria y co2 / m2/ materiales referencia Colombia vs Evaluación caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.



**Imagen77**– Peso energía primaria y CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup>/ materiales referencia España vs Evaluación caso de estudio.



**Imagen78**—Comparativo de energía Final casos de estudio vs valores de referencia. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente los valores correspondientes a la energía final son los valores de uso en un periodo de 50 años en la gráfica [Imagen78] se muestran los valores que aportan cada una de las actividades con el caso de los proyectos de Colombia la calefacción no es un consumo habitual pero por el contrario en algunas ciudades el consumo en la refrigeración es durante todo el año. Por otra parte el proyecto en Francia tiene consumos en las dos variables y uno predominante que es el de la calefacción.







## Referencia Colombia

Uso	kWh/mes	Total año	%
Electrodomesticos	141,3	1.695,8	31%
Iluminacion	80,0	960,0	18%
Agua caliente	63,1	757,2	14%
Cocina	84,0	1.008,0	18%
Refrigeracion	87,8	1.053,0	19%
Calefaccion	-	-	0%
	-	-	0%
<b>TOTAL</b>	<b>456,17</b>	<b>5.474,0</b>	<b>100%</b>

*Imagen79*– Tabla de consumo estándar kWh Colombia. Fuente: Elaboración propia.

BO



### Vector energía.

Eficiencia en los sistemas.

En la tabla de la parte superior [*Imagen79*] se ven las características de uso y de consumo de energía que existen en una vivienda promedio en

Colombia, a partir de esto se puede determinar en que porcentajes se esta optimizando el consumo de la red de energía eléctrica.

En el caso de Villa de Leyva , la estrategia utilizada es la de sistemas de iluminación con luminarias led y equipos electrodomésticos con características de ahorro de energía, al tener garantizada la iluminación de todos los espacios

durante las horas del día el sistema de iluminación solamente trabajaría en las noches

La diferencia de una vivienda estándar y una con sistemas optimizados como se puede ver se reduce hasta en 49% el consumo anual de energía. Como se detalla en la imagen de la parte inferior [*Imagen80*].

## Villa de Leyva Optimización ahorro

Uso	kWh/mes	Total año	%
Electrodomesticos	71,10	853,20	30%
Iluminacion	16,50	198,00	7%
Agua caliente	63,10	757,20	27%
Cocina	84,00	1008,00	36%
Refrigeracion	-	-	0%
Calefaccion	-	-	0%
	-	-	0%
<b>TOTAL</b>	<b>234,70</b>	<b>2816,40</b>	<b>100%</b>

*Imagen80*– Tabla de consumo sistemas eficientes Colombia. Fuente: Elaboración propia.

## Referencia Francia

Uso	kWh/mes	Total año	%
Electrodomesticos	173,33	2.080,0	12%
Iluminacion	51,42	617,0	4%
Agua caliente	178,75	2.145,0	13%
Cocina	99,17	1.190,0	7%
Refrigeracion	253,33	760,0	4%
Calefaccion	2555,00	10.220,0	60%
	0,00		0%
<b>TOTAL</b>	<b>3311,00</b>	<b>17.012,0</b>	<b>100%</b>

*Imagen81*– Tabla de consumo estándar kWh Francia. Fuente: Elaboración propia.

### Vector energía.

Eficiencia en los sistemas.

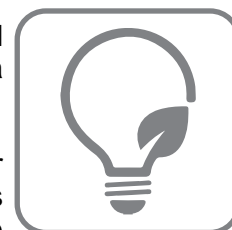
A falta de datos se hace una simulación del consumo energético de la vivienda para obtener una valoración cuantitativa del proyecto.

En la parte superior se ve una tabla [*Imagen81*] de valores promedio de consumo de energía eléctrica en el sector residencial en Francia, y con base a esta información se puede hacer una aproximación al ahorro que puede tener el caso de estudio.

Para la simulación de los valores se utilizan valores de consumo de equipos con menor consumo, ahorro y sistemas de iluminación led pre-

sentes en el mercado local y se aplica al modelo de la vivienda estándar.

En este punto se puede ver como aplicando sistemas con estas características de ahorro se puede reducir hasta en un 32% el consumo de anual de energía en una vivienda en Francia, como se detalla en la tabla de la parte inferior [*Imagen82*].



81

## Optimización ahorro

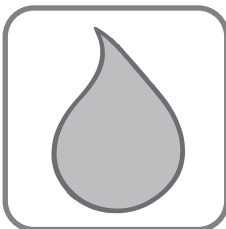
Uso	kWh/mes	Total año	%
Electrodomesticos	100,00	1.200,0	10%
Iluminacion	51,42	617,0	5%
Agua caliente	105,75	1.269,0	11%
Cocina	99,17	1.190,0	10%
Refrigeracion	253,33	760,0	7%
Calefaccion	1640,00	6.560,0	57%
			0%
<b>TOTAL</b>	<b>2249,67</b>	<b>11.596,0</b>	<b>100%</b>

*Imagen82*– Tabla de consumo sistemas eficientes Colombia. Fuente: Elaboración propia.

CONSUMO CON SISTEMAS DE AHORRO VILLA DE LEYVA					
Uso	Frecuencia (veces/día)	Lpd	TOTAL	AHORRO %	
Ducha	4	14,38	57,52	60%	
Inodoro	12,5	16,34	204,25	54%	
Lavabo	16	3,00	48,00	50%	
Lavadora	0,3	45,89	13,77		
Cocina	3	6,00	18,00		
Lava platos	3	13,94	41,82	50%	
Otros usos	1	3,41	3,41		
<b>TOTAL</b>		<b>96,69</b>	<b>386,77</b>		

**Imagen83**– Tabla eficiencia sistemas. Fuente: Elaboración propia.

82



### Eficiencia en los sistemas y aparatos.

En el caso del proyecto ubicado en la ciudad de Villa de Leyva la utilización de griferías y duchas con sistemas que reducen hasta en un porcentaje el uso de agua, al igual que los aparatos sanitarios también aporta en la reducción del consumo.

En este caso el para la ducha se instalaron griferías con control de flujo e inyectores de aire que reducen el consumo en un 60%.

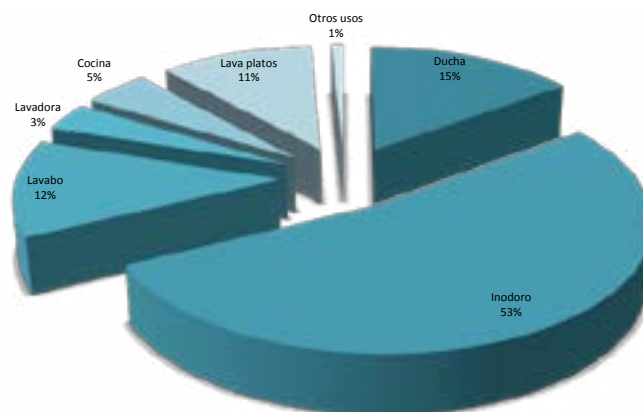
Los aparatos sanitarios también tienen sistemas de ahorro ya que funcionan con un tanque mucho más pequeño que los normales y tiene un sistema de doble descarga que reduce el consumo en un 54%.

En el caso de Colombia no es usual la aplicación de aparatos de lava vajilla, por el contrario esta actividad tiene un consumo de agua superior, para reducir esto se instalaron griferías en baños y cocinas con control de caudal que reducen el consumo de agua en un 50 % .

Estas acciones marcan una notable diferencia en cuanto a los consumo presentados en el capítulo anterior y como se muestra en la imagen superior se marcan las actividades a las cuales se les aplican los sistemas de ahorro y el porcentaje de reducción, como se muestra en la [Imagen83]

NUMERO DE HABITANTES	CONSUMO DOMESTICO(LPD)	CONSUMO TOTAL AÑO	REDUCCION SISTEMAS OPTIMIZADOS AÑO
4	201,40	294.044,00	141.171,05

El consumo que se logra con la aplicación de sistemas de ahorro por año es de 141.171,05 Litros.



**Imagen84**– Porcentajes uso de agua sistemas eficientes. Fuente: Elaboración propia.

CONSUMO CON SISTEMAS DE AHORRO DORDOÑA					
Uso	Frecuencia (veces/día)	Consumo doméstico (lpd)	TOTAL	AHORRO %	
Ducha	3	48	144,00	40%	
Inodoro	9	3,6	32,40	40%	
Lavabo	12	3	36,00	40%	
Lavadora	0,3	50	15,00		
Cocina	3	5	15,00		
Lavavajillas	1	16	16,00		
Otros usos	1	15	15,00		
<b>TOTAL</b>		<b>91</b>	<b>273,40</b>		

**Imagen85**– Tabla eficiencia sistemas. Fuente: Elaboración propia.

### Eficiencia en los sistemas y aparatos.

A falta de datos se hace una simulación en cuanto a los servicios y aparatos utilizados en la vivienda

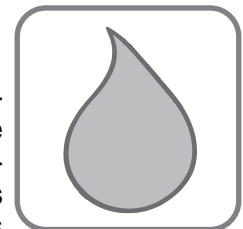
Para este caso se parte de los consumos promedio de la región en Francia y se hace una simulación de uso con una ocupación de 3 personas como en el capítulo anterior se menciona.

Para la ducha y los lavabos se calcula un porcentaje de ahorro tomando una grifería con características de control de caudal disponible en la región y se aplica el porcentaje de ahorro que tiene especificada a los usos de la casa al igual que con el inodoro.

Estos datos son de una grifería normal con sistemas de ahorro que ofrecen una disminución del 40% al igual que el sanitario tiene un tanque mas pequeño y control de doble descarga ofreciendo

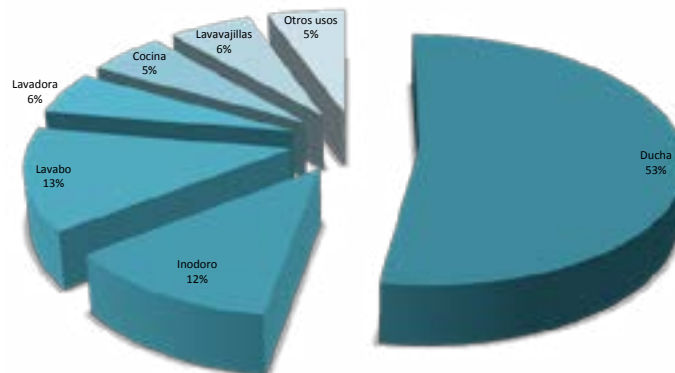
un ahorro de 40% adicional.

En el capítulo anterior se calculo el consumo estándar de una vivienda ahora se aplican los sistemas eficientes anteriormente mencionados y se vuelve a hacer un calculo con los nuevos datos, en principio el consumo de agua por año para este proyecto se ubicaba en 154.395 Litros y ahora se reduce a 99.791 litros por año, como se detalla en la tabla [Imagen85]

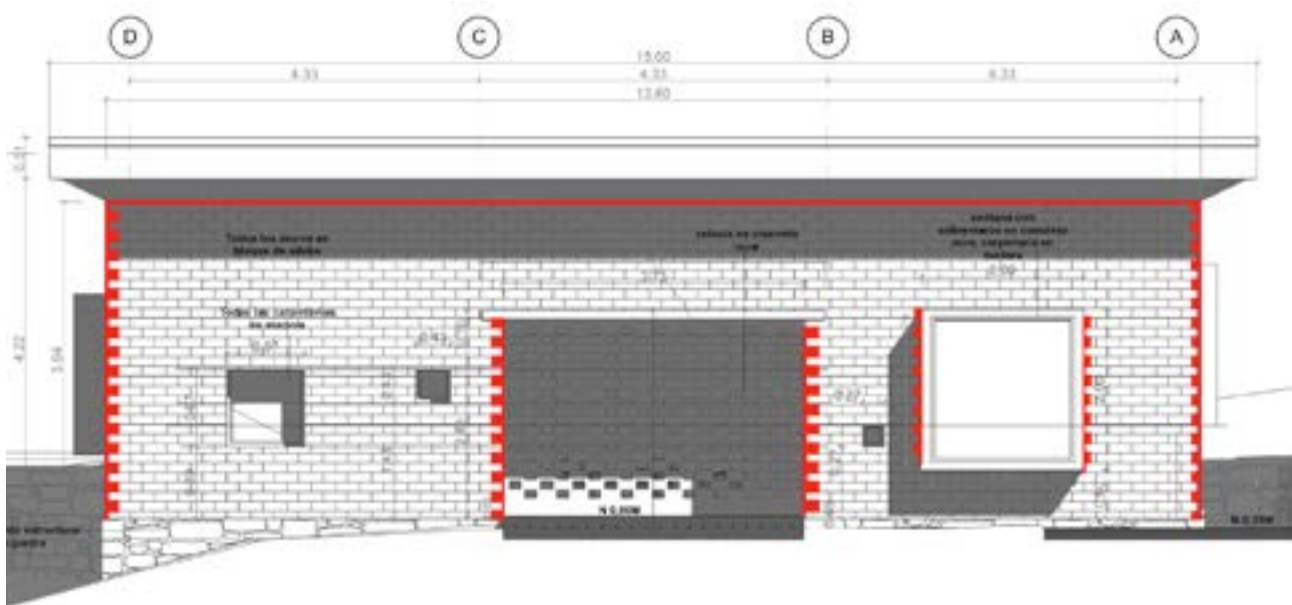


83

NUMERO DE HABITANTES	CONSUMO DOMESTICO(LPD)	CONSUMO TOTAL AÑO	REDUCCION SISTEMAS OPTIMIZADOS AÑO
3	141,00	154.395,00	99.791

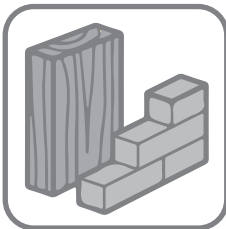


**Imagen86**– Porcentajes uso de agua sistemas eficientes. Fuente: Elaboración propia.



**Imagen87**– Diagrama de desperdicio material en fachada. Fuente: Elaboración propia.

84



**Eficiencia en los sistemas y los materiales.**

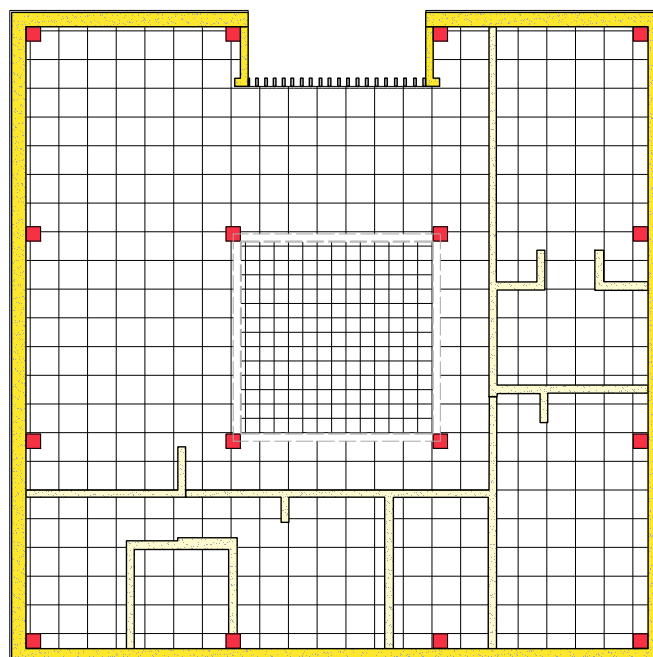
En el caso del proyecto en villa de leyva la eficiencia en los sistemas constructivos se enfoca en la disposición de cada uno de los bloques de

adobe que hacen parte de los cerramientos exteriores del proyecto.

Ademas del aprovechamiento de un material con un impacto muy bajo, este material tiene inercia térmica que aporta en el mejoramiento de las condiciones interiores sin incrementar la demanda de mas materiales.

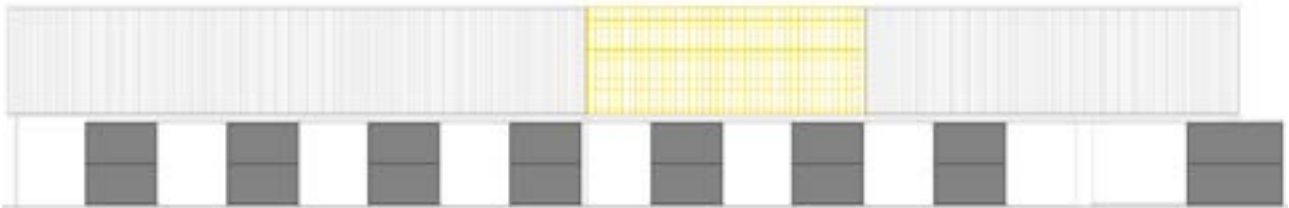
Como se puede ver en la imagen [Imagen87] en línea roja se señalan los puntos donde se produce desperdicio debido al corte del material, según el diseñador en todas las esquinas se realiza un corte a la mitad del bloque que se destina a la esquina opuesta, El desperdicio de que no se tuvo control fue de todo el perímetro superior contra la losa de cubierta ya que esta tiene una pendiente hacia el interior de la casa que hace que se generen desperdicios tanto en los cerramientos perimetrales como en los interiores.

También la disposición de todos los pavimentos cerámicos estaba planteada para reducir los desperdicios, aprovechar y tener una mejor gestión del material, como se ven la imagen [Imagen88].



**Imagen88**– Disposición pisos. Fuente: Elaboración propia.





Alzado Este / East elevation

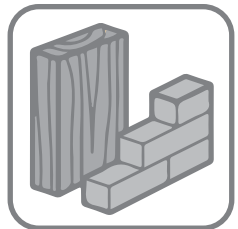
**Imagen90**– Diagrama elementos fachada. Fuente: Elaboración propia.

**Eficiencia en los sistemas constructivos y materiales.**

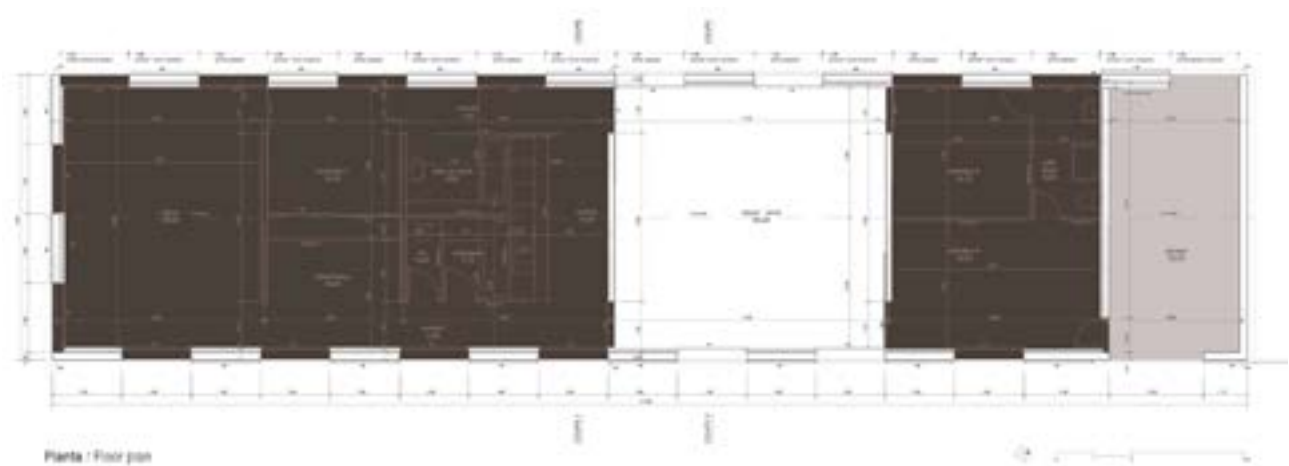
En este caso la eficiencia en los sistemas constructivos para por dos aspectos, el primero son las capas que componen los cerramientos exteriores que como se explicaron en el capítulo anterior funcionan como una segunda piel y permiten que circule aire permanentemente entre los paneles móviles y los muros perimetrales.

En segundo punto que son sistemas livianos que facilitan la instalación, el mantenimiento y reemplazo de cada una de las piezas, tanto del contrachapado del acabado interior como los elementos móviles de la fachada.

Por otra parte la losa de las dos áreas habitables de la vivienda cuentan con una losa de hormigón con un sistema de calefacción integrado lo que hace que el peso ecológico que trae el material se aprovecha y se dota de mas características que sirven para mejorar las condiciones interiores de la casa.

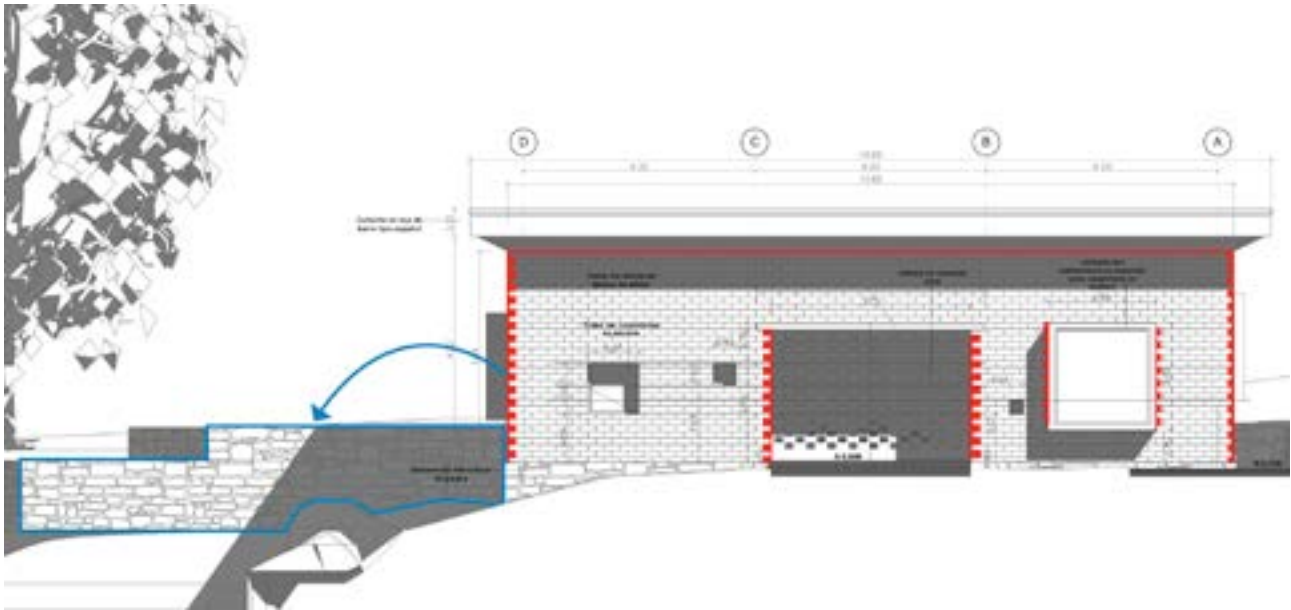


Por ultimo la parte central de la construcción tiene como esta construida como un pequeño invernadero con sistemas muy livianos que se enlazan con la geometría de la casa y que tiene como función captar la radiación solar y ser como un radiador central.



Planta / Floor plan

**Imagen89**– Planta Eficiencia suelo. Fuente: Elaboración propia.



**Imagen91**– Disposición de residuos de adobe. Fuente: Elaboración propia.

88



Manejo de los residuos eficiencia en los sistemas.

La gestión del material fue un punto importante en el proyecto como anteriormente se menciona, la idea de aprovechar los residuos que

generaban los muros de bloques de adobe en su encuentro con la losa de hormigón de la cubierta llevaron al proyectista a buscar un nuevo rol de estos fragmentos del material,

Este material de desperdicio a pesar de que no fue mucho se destino a que hiciera parte de los pequeños muros de contención en piedra de la región que se construyeron al rededor de la vivienda, para nivelar los recorridos planteados. Tanto de acceso como de conexión con los lagos presentes en el solar, como se muestra en [Imagen91].

En el caso de la vivienda en Francia. La separación selectiva se hace relativamente sencilla, ya que los materiales utilizados en la construcción en su mayor parte son prefabricados y de instalación en seco.

Esto hace que en cualquier momento se puedan soltar, reparar o reemplazar cualquier elemento sin que esto signifique una intervención mayor que comprometa la integridad de los materiales y de la vivienda, con esto se garantiza que puedan ser separados y utilizados para otros fines.

Proyecto	Energía Final uso x 50 años						Total kWh
	Calefaccion	Refrigeracion	Agua caliente sanitaria	Cocina y Horno	Aparatos Domesticos	Iluminacion	
Villa de Leyva	-	-	37.860,00	50.400,00	42.660,00	9.900,00	<b>140.820,00</b>
Referencia Colombia	-	52.650,00	37.860,00	50.400,00	84.790,00	48.000,00	<b>273.700,00</b>
Dordogne	328.000,00	38.000,00	63.450,00	59.500,00	60.000,00	30.850,00	<b>579.800,00</b>
Referencia España	247.000,00	65.000,00	157.500,00	52.500,00	103.995,00	30.840,00	<b>656.835,00</b>

**Imagen92**– Energía final uso por 50 años. Fuente: Elaboración propia.

## Síntesis paso 2.

Los temas de estudio tratados en el paso 2. El segundo paso para continuar con el estudio de los proyectos y revisando sus características de diseño que abordan la eficiencia de los sistemas aplicados a cada una de las casas para aumentar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos.

Nuevamente en este paso se tendrán en cuenta los 4 vectores de la sostenibilidad que son la energía, el agua, los materiales y los residuos.

En primer lugar se tienen en cuenta el consumo de energía que tienen los proyectos luego de aplicar las estrategias para reducir el consumo y optimizar los sistemas. La tabla de la parte superior [Imagen92] Contiene la información de energía final de uso durante un periodo de 50 años, y en ella están los valores resultantes para el proyecto de Villa de Leyva con los resultados obtenidos de los datos de referencia de una vivienda estándar en Colombia. De la misma manera también se muestran los valores obtenidos para el proyecto en Dordoña y su respectiva comparación frente a una vivienda estándar en España.

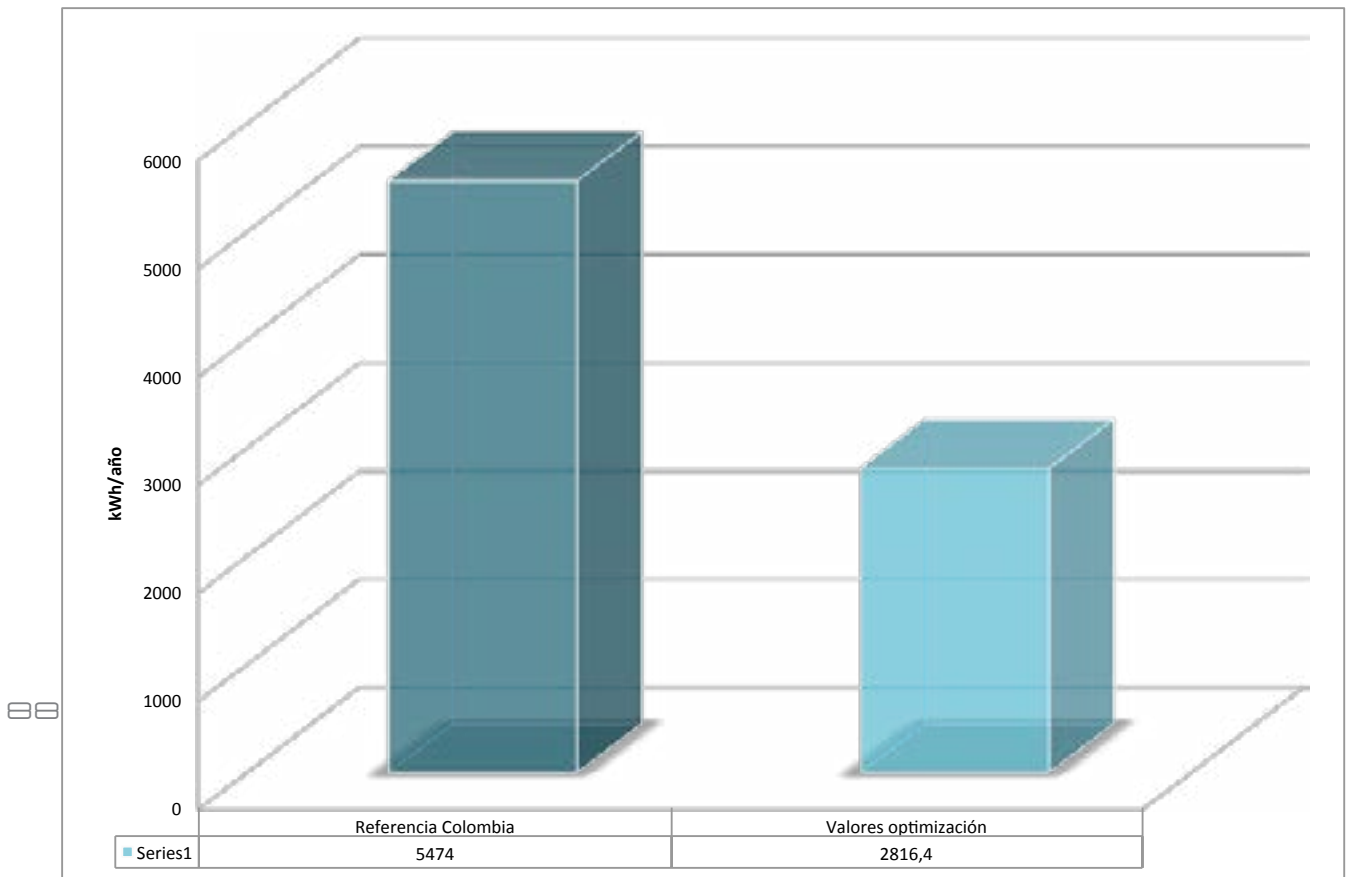
A continuación se muestran estas comparaciones de consumo en un periodo de un año os como se ve en la imagen [Imagen93] Para el caso de Colombia y en la imagen [Imagen94] para el caso de Francia y los datos de referencia en España.

En el caso de los materiales la utilización de los sistemas constructivos entrega ventajas a las

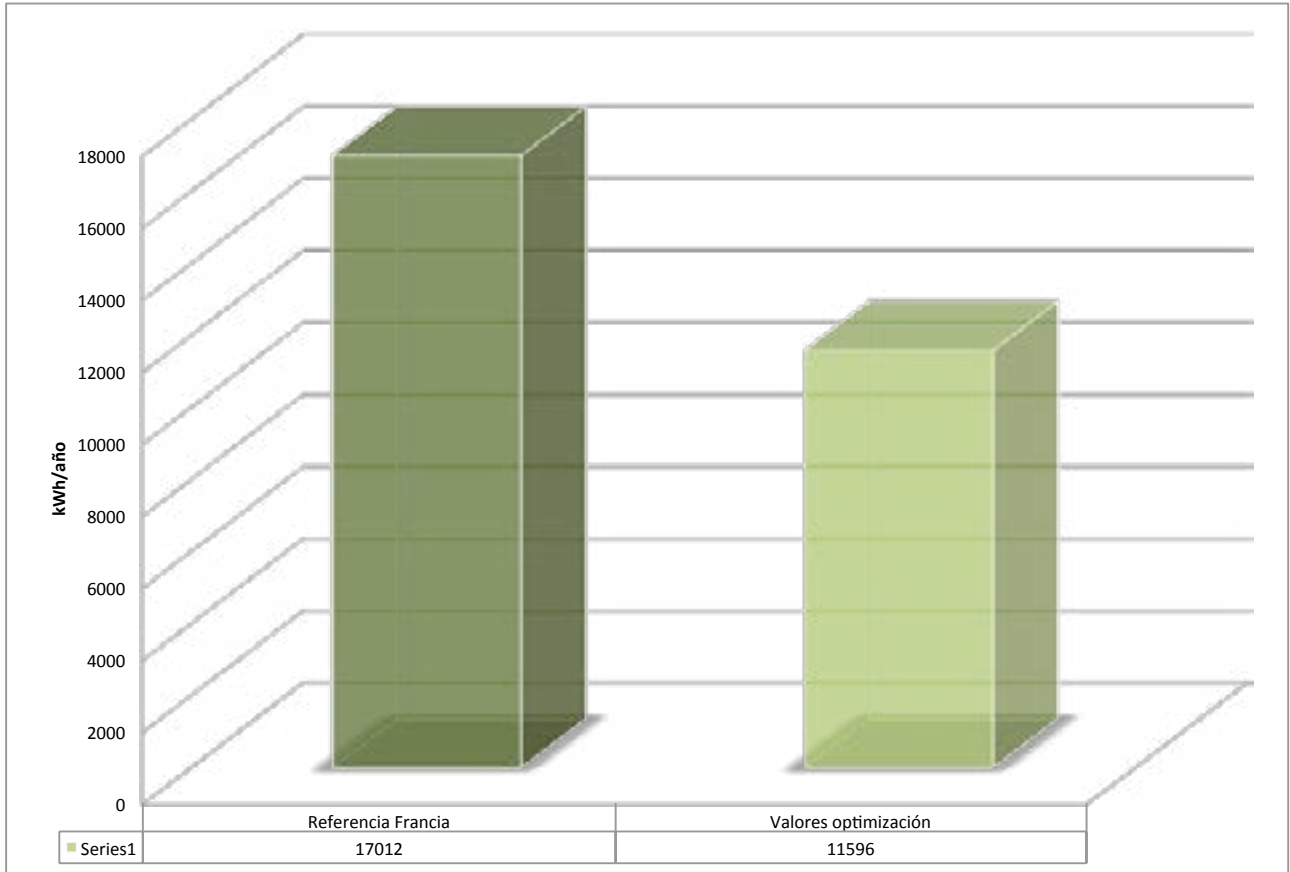
envolventes y también la eficiencia en estos se ve reflejada en el comportamiento de las condiciones interiores.

En el caso de los residuos es evidente que en el caso del proyecto en Francia las posibilidades de la recuperación selectiva de los materiales es mas sencillo que en el de ya que se puede decir que el proyecto aporta hasta cierto punto al cierre del ciclo de los materiales que lo componen. Por otro lado el material predominante en el proyecto de Colombia es de origen renovable y aporta características favorables a la envolvente.

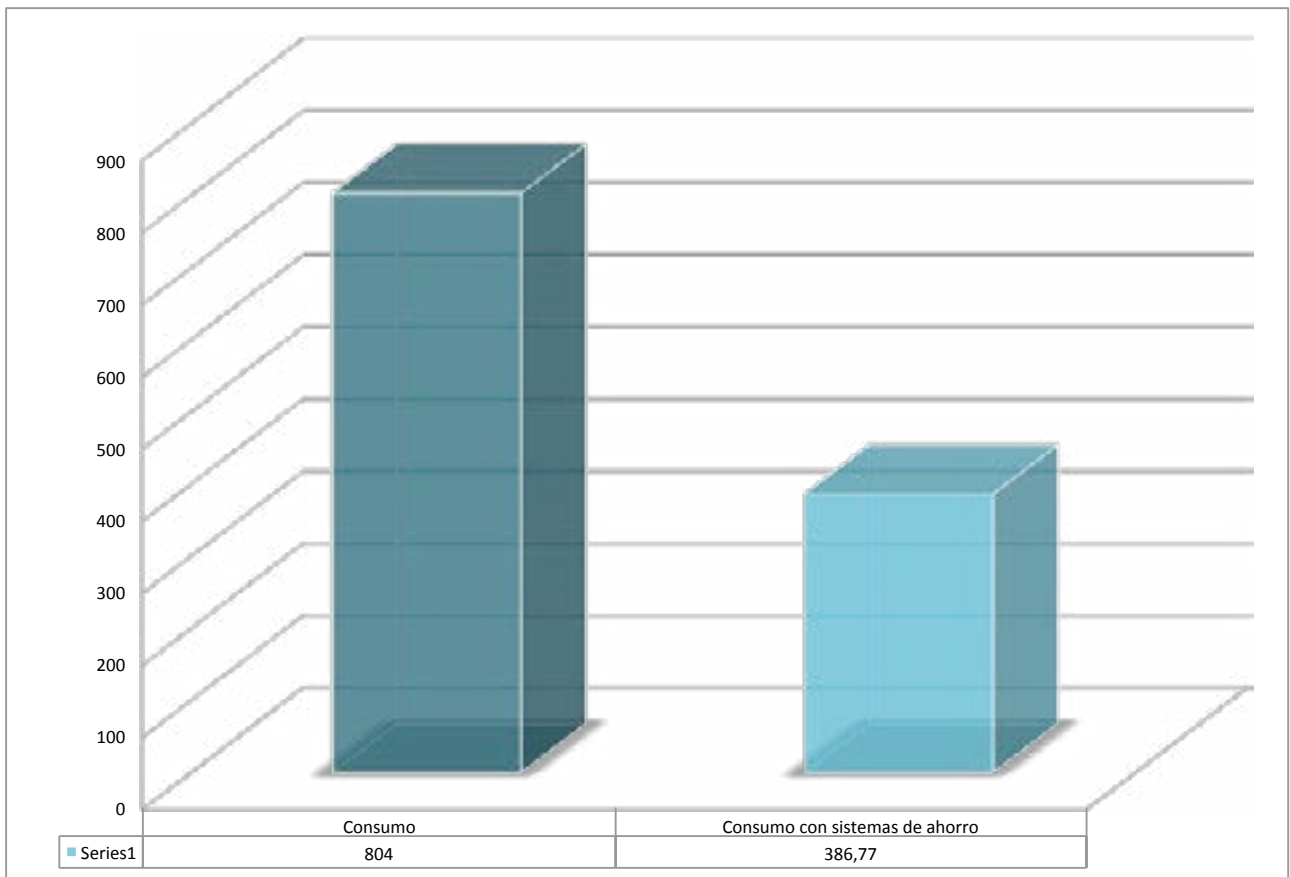
Finalmente se muestra como se esta optimizando el consumo de agua con la aplicación de estrategias unicamente en los baños y lavabos. En la imagen [Imagen95] se puede ver la reducción en el consumo para los valores recogidos en Colombia, mientras que en la imagen [Imagen96] ocurre lo mismo pero con los datos de referencia de Francia y los valores obtenidos luego de la optimización.



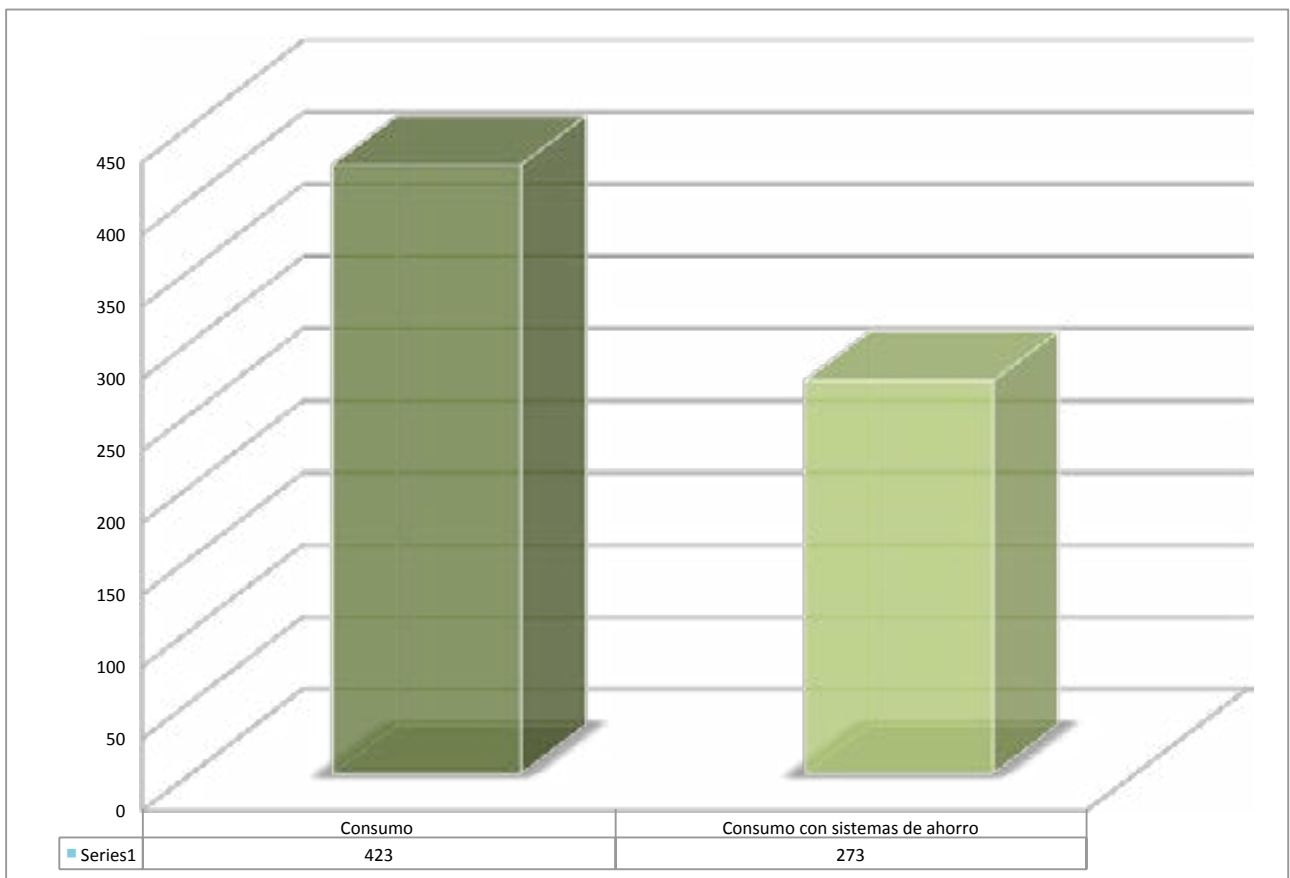
**Imagen93**– Valores de reducción consumo de energía caso de estudio vs referencia en Colombia. Fuente: Elaboración propia.



**Imagen94**– Valores de reducción consumo de energía caso de estudio Francia vs referencia Francia. Fuente: Elaboración propia.



**Imagen95**– Valores de reducción consumo de Agua caso de estudio vs referencia en Colombia. Fuente: Elaboración propia.



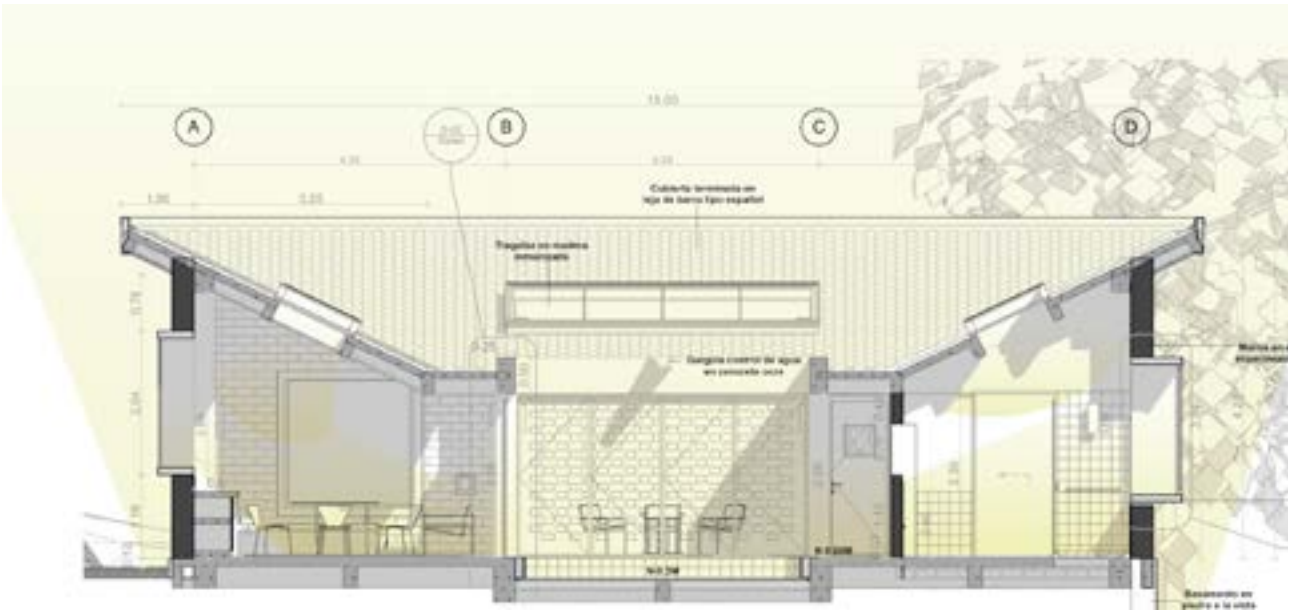
**Imagen96**– Valores de reducción consumo de Agua caso de estudio Francia vs referencia Francia. Fuente: Elaboración propia.







**3. APROVECHAR LOS RECURSOS LOCALES.**



**Imagen97**– Aprovechamiento solar. Fuente: Elaboración propia.

92



**Aprovechamiento de los recursos locales.**

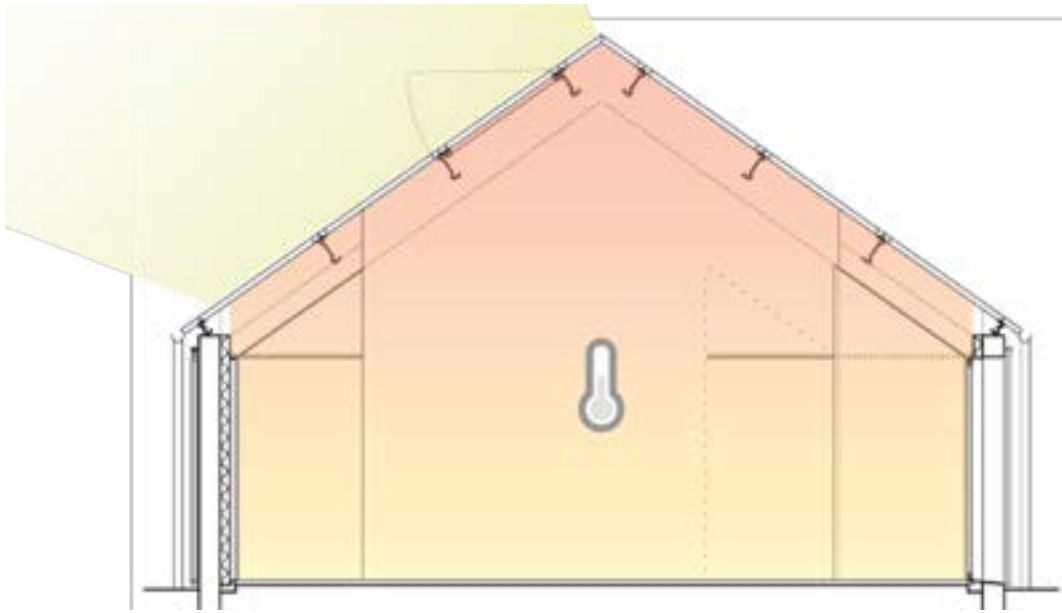
En este caso el aprovechamiento de los recursos locales se logra con el posicionamiento de huecos en la cubierta para dotar algunos espacios con mayor numero de horas de iluminación natural, al igual que en las fachadas se aprovechan las condiciones para mantener todos los espacios con iluminación y ademas el patio central también sirve de captador de luz. Como se muestra en la gráfica [Imagen97]

También se aprovechan las ventajas del adobe y su inercia térmica para tener mayor control de las condiciones interiores,

Por otra parte el aprovechamiento de las corrientes de aire se logra con la aplicación de una celosía en la fachada norte. Donde aprovecha una de las corrientes presentes en la ubicación por mas tiempo y garantiza la circulación continua de aire en el interior de la vivienda, tal y como se muestra en la gráfica inferior. [Imagen98]



**Imagen98**– Aprovechamiento corrientes. Fuente: Elaboración propia



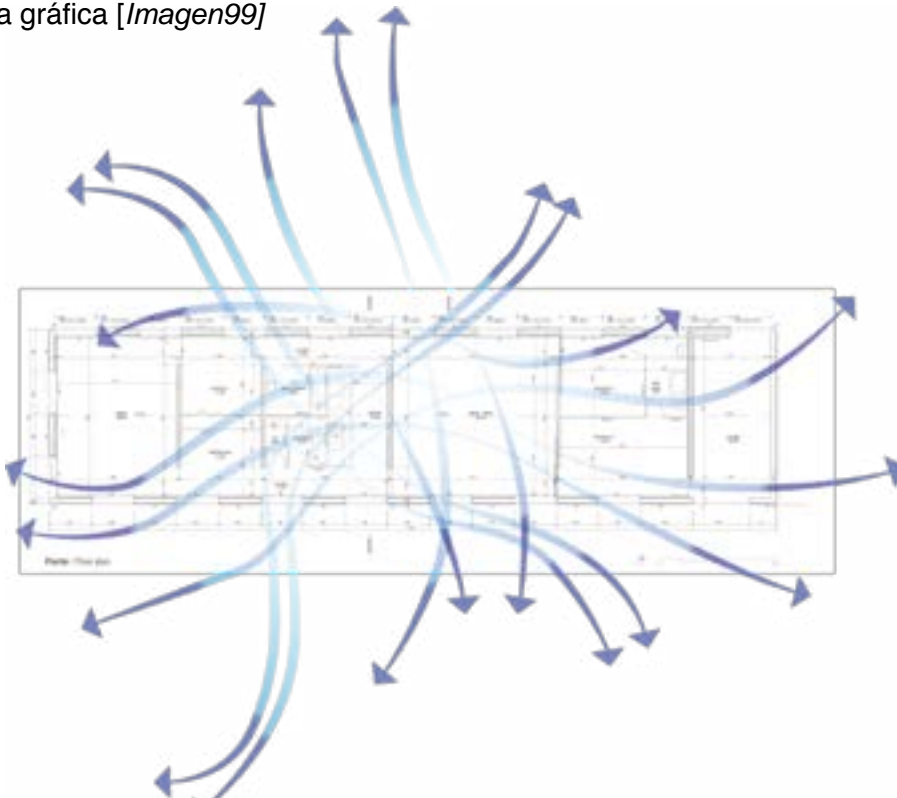
**Imagen99**– Aprovechamiento solar. Fuente: Elaboración propia.

**Aprovechamiento de los recursos locales.**

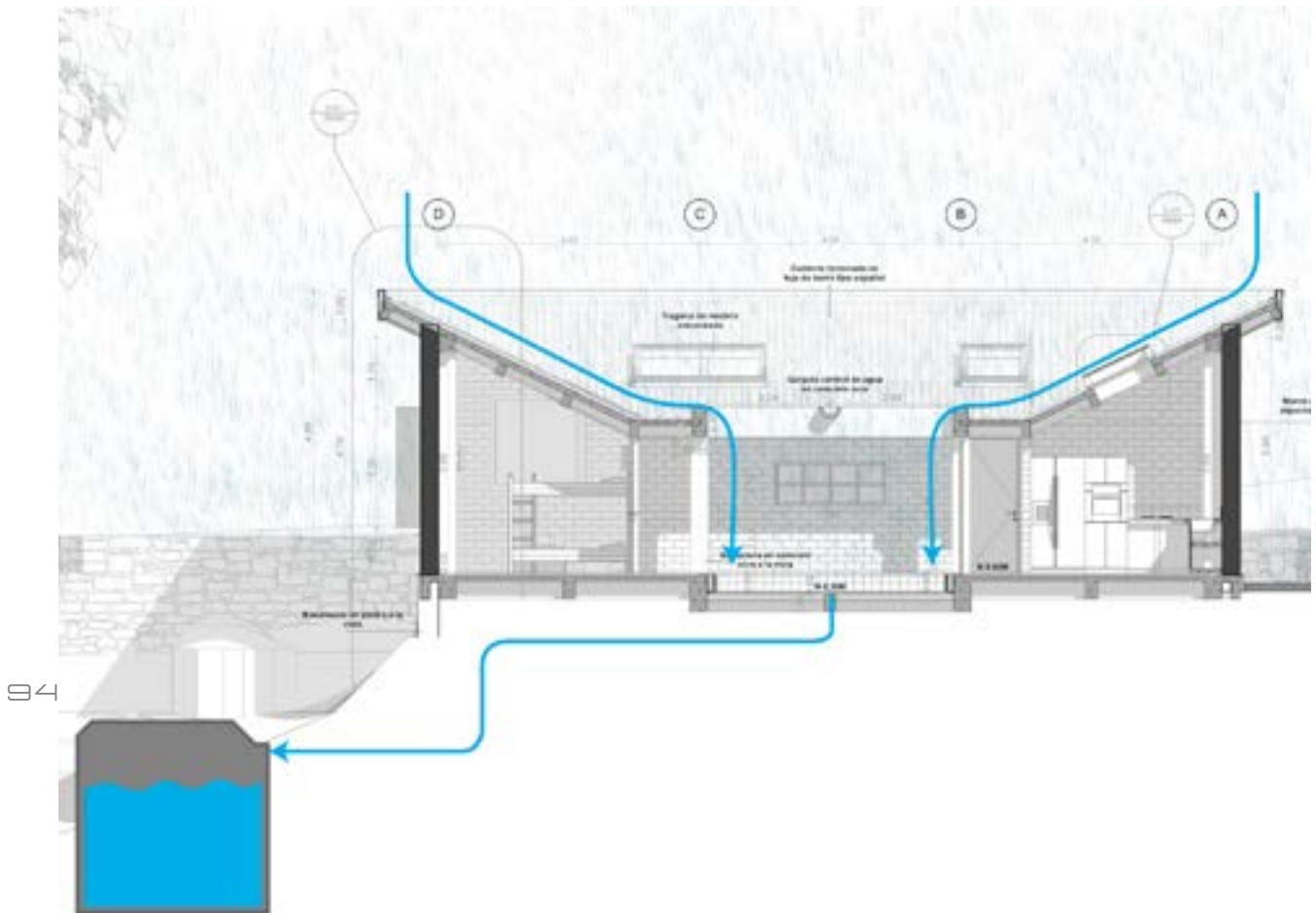
En el proyecto ubicado en Francia se saca provecho de los recursos naturales en los siguientes puntos.

En primer lugar el patio invernadero como anteriormente se menciona se convierte en un gran radiador para calefactar la casa en los meses mas fríos del año aprovechando las condiciones solares durante el día, que logra mantener una temperatura constante al interior, Como se muestra en la gráfica [Imagen99]

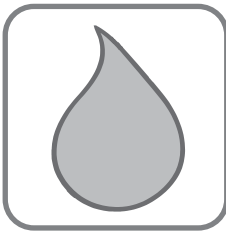
Por otro lado en los meses mas calurosos la vivienda se abre a las corrientes de aire predominantes, y permite una continua circulación de aire, como se muestra en la gráfica [Imagen100]



**Imagen100**–Aprovechamiento corrientes de aire. Fuente: Elaboración propia.



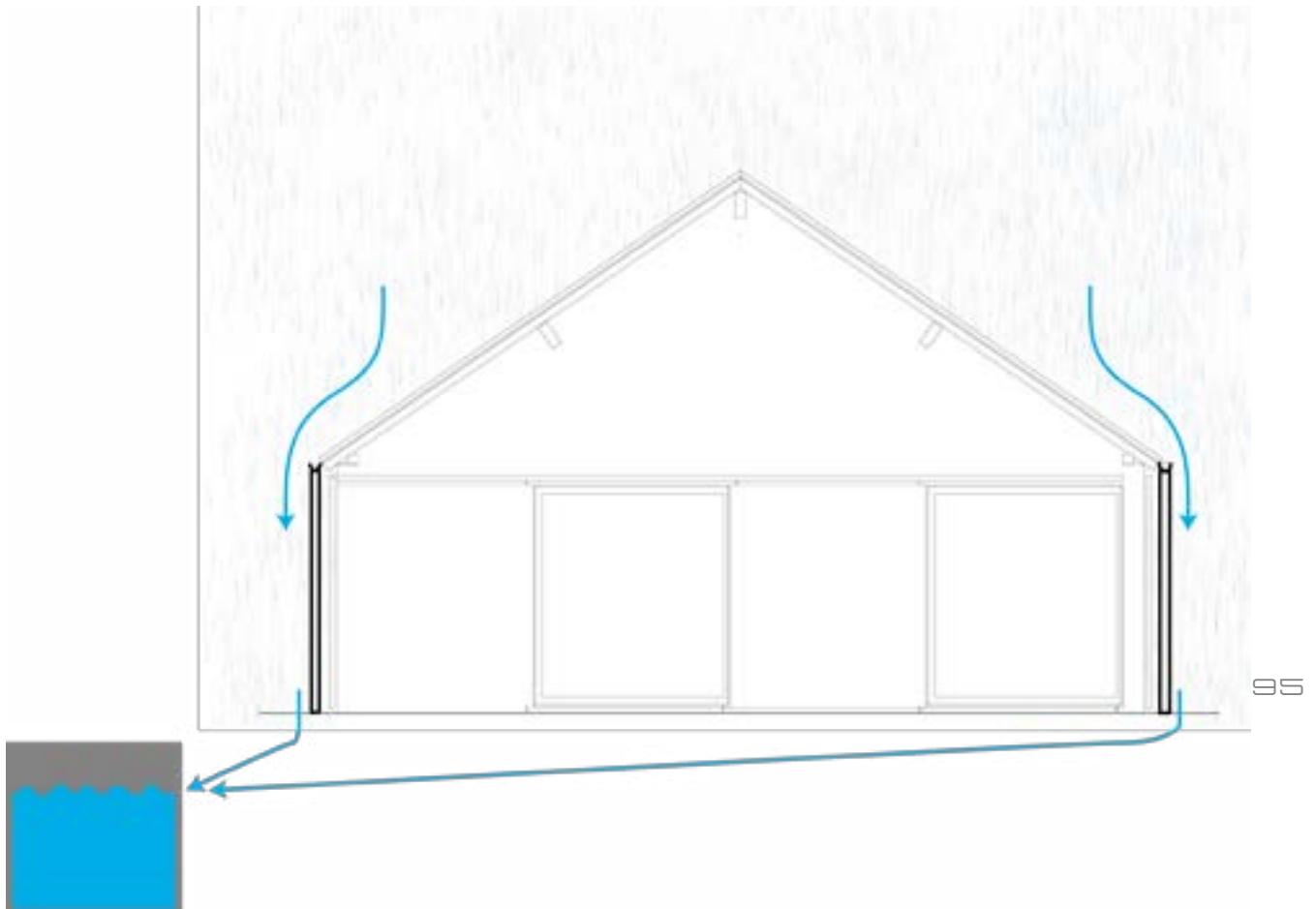
**Imagen101**– Aprovechamiento de la lluvias Colombia. Fuente: Elaboración propia.



**Aprovechamiento de los recursos locales.**

En este proyecto se maneja la idea de un patio central que sirve para iluminar la vivienda pero a su vez tiene una poceta que se encarga de recoger el agua lluvia como anteriormente se menciona en la zona caen aproximadamente de 33 hasta 140 centímetros cúbicos de agua por metro cuadrado. En los meses de abril y octubre es donde se llega a la cifra mas alta.

La cubierta de la vivienda esta inclinada hacia su patio central lo que hace que todas las agua que caigan en el área de la cubierta son dirigidas a la poceta, donde el agua sale por una tubería de 6 pulgadas y es conducida a un tanque donde esta es reservada y utilizada para las acciones de riego de los jardines y de otras tareas de aseo que requieren el uso de el recurso, como se muestra en la gráfica [Imagen101]

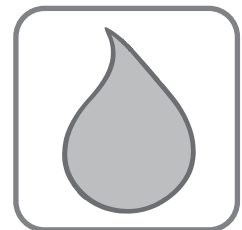


**Imagen102**– Aprovechamiento de la llluvias Dordoña. Fuente: Elaboración propia.

### **Aprovechamiento de los recursos locales.**

En el caso del proyecto en Francia por la falta de información, es posible que el aprovechamiento de las aguas llluvias sea una estrategia aplicada a la vivienda.

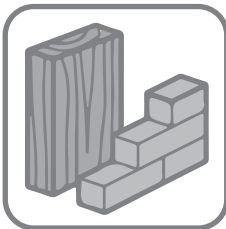
Las viviendas con cubiertas inclinadas a dos aguas generalmente son utilizadas como grandes superficies de captación de agua. También en los detalle están presentes dos canales perimetrales con sus respectivas bajantes, como anteriormente se menciona en esta parte de Francia las llluvias tiene una intensidad de 65,5 hasta 101,3 centímetros cúbicos de agua por metro cuadrado en alcanzado las precipitaciones mas abundantes en el mes de noviembre. Como se muestra en la gráfica [*Imagen102*]







**Imagen103**– Mapa localización materiales. Google Earth. Fuente: Elaboración propia.



**Aprovechamiento de los recursos locales.**

En la ejecución del proyecto se tuvo en cuenta la presencia cercana de los principales componentes de la construcción. Partiendo de

esto los materiales para la estructura en hormigón fue necesario traer el acero y el hormigón desde la ciudad de Tunja a 40 kilómetros del lugar, genera un ahorro importante en transporte. Teniendo como referencia el radio planteado por Leed para los materiales regionales que es de (un radio máximo de 800 Km del proyecto).

Los demás materiales fueron adquiridos en villa de leyva a un fabricante local de productos cerámicos de allí se llevaron los bloques de adobe, las tejas cerámicas y las cerámicas de los suelos, las carpinterías de la ventanería hacia el vacío interior por su elaboración un poco mas compleja también se fabrico en la ciudad de Tunja. Por otra parte las demás carpinterías en madera utilizadas en la vivienda fueron hechas por un carpintero de villa de leyva.

En este punto se rescata la intención de evitar grandes recorridos de las materias primas y también el personal de construcción conocía el manejo de los materiales al ser usuales en la zona.



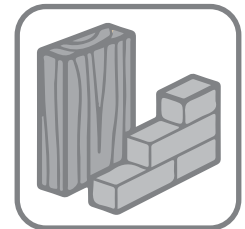


**Imagen104**– Mapa localización materiales Google earth. Fuente: Elaboración propia.

### **Aprovechamiento de los recursos locales.**

En este caso los materiales utilizados son predominantes ya que es una zona de producción agrícola y predominan los invernaderos. los fabricantes de todos los materiales necesarios están ubicados en la zona.

A falta de mayor información sobre la procedencia de los materiales se señala un radio de 200 kilómetros donde aparecen varias posibilidades de procedencia entre ellas la ciudad de Burdeos que esta a 171 km de distancia recorrido terrestre. Teniendo como referencia el radio planteado por Leed para los materiales regionales que es de (un radio máximo de 800 Km del proyecto).







**4. RECICLAR**



**Imagen105**– Matadero music academy. Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl). Fotografía : Luis Díaz Díaz.

## 100 **Reciclar.**

En relación con el reciclaje, los proyectos no aportan información sobre sus posibles estrategias de reciclaje o por que no están aplicadas en estos casos, por esta razón se presentaron algunos ejemplos que plantean cubrir una necesidad con el reciclaje de estructuras y de elementos.

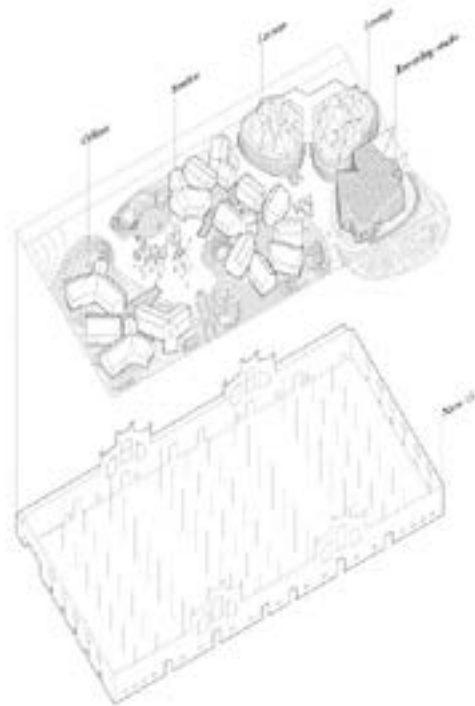
En primer punto presentaremos el proyecto de recuperación y re uso de elementos realizado en una de las naves del complejo, matadero de Madrid - España, en esta nave se proyectaron unos módulos temporales que separados del suelo y de la estructura de la nave, se ubicaron 14 cabinas industrializadas con perfiles de acero galvanizado, y con cerramientos en un contrachapado de madera al exterior y al interior paneles de yeso y entre ellos una capa aislante.

La principal característica que aporta esta intervención es que cada uno de sus componentes tiene características de adaptabilidad y de reversibilidad. También mediante la utilización de materiales renovables que facilitan el desmontaje y la futura utilización de sus materiales por separado.

El proyecto al estar contenido dentro de una estructura existente reduce la demanda de materiales y de energía para garantizar las condiciones al interior de cada elemento.



**Imagen106**– Matadero music academy. Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl) Fotografía : Luis Díaz Díaz.



**Imagen107**– Matadero music academy Esquema general. Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl).





**Imagen108**– Matadero Nave 8B. Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl) Fotografía : Carlos Fernández Piñar.



**Imagen109**– Matadero Nave 8B. Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl) Fotografía : Carlos Fernández Piñar.

## Reciclar.<sup>101</sup>

Otro ejemplo de reciclaje se puede ver en otra nave industrial del matadero de Madrid donde las tejas cerámicas recuperadas son utilizadas como elementos para generar particiones mediante su agregación. Como se puede ver en la imagen [*Imagen108-109*] los elementos cerámicos apilados también configuran celosías y tabiques.

Por otra parte otra intervención que se preocupa por reciclar elementos e incluirlos en la arquitectura la podemos ver en el proyecto de Shihlin Paper Mill en Taipei - Taiwan. Realizado en el año 2010 en el cual se recuperaron bidones de plástico para generar particiones, celosías y mobiliario. Dentro de una nave industrial recuperada para usarse como un pabellón de exposiciones. Como se puede ver en la imagen [*Imagen110-111*]



**Imagen110**– Shihlin Paper Mill. Fuente: [www.smallx2.com](http://www.smallx2.com).



**Imagen111**– Shihlin Paper Mill. Fuente: [www.smallx2.com](http://www.smallx2.com).





**5. RESCATAR EL IMPACTO**



Módulo	No. Proyectos	Reducciones anuales potenciales (Ton CO <sub>2</sub> e)
Manejo de residuos	23	2'341.751
Transporte	11	1'136.695
USCUSS	16	1'908.274
Agricultura	1	70.670
Industria	39	7'241.345
Energía	35	2.339.478

Fuente: GMCC, 2009.

**Imagen112**– Potenciales reducciones (Toneladas CO<sub>2</sub>e) Fuente: Ministerio de Ambiente Colombia. GMCC. 2009

## 104 Rescatar el impacto generado.

El uso de este último paso, está planteado para que luego de aplicar todas las estrategias mencionadas previamente, se plantean algunos proyectos de inversión para recuperar recursos naturales en diferentes países como México, Ecuador y Colombia que se están enfocando en plantear este tipo de métodos para recuperar el patrimonio natural del planeta.

El paso consiste en que el capital económico aportado sea destinado a los proyectos de restauración ambiental que tiene cada uno de los países que reciben estos recursos destinan esto a diferentes etapas como lo menciona el gobierno de Ecuador:

“Los objetivos :

- Proteger de manera sostenible bosques primarios para el mantenimiento y desarrollo de la diversidad biológica
- Recuperar y conservar espacios con una biodiversidad importante y evitar la deforestación y otras prácticas perjudiciales para el medio ambiente
- Recuperar áreas degradadas y permitir el regreso de la biodiversidad
- Sensibilizar a la comunidad del medio ambiente que le rodea
- Ofrecer a las comunidades alternativas económicas basadas en el uso sostenible del patrimonio natural rico.”<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Documento publicado por el gobierno de Ecuador, en cuanto a la metodología de trabajo y las políticas establecidas para la recuperación de los recursos naturales.

Además de estas acciones se destinan los recursos a plantar árboles, adquirir terrenos y finalmente incluir a la población en los proyectos de recuperación de los recursos naturales.

En cuanto a los proyectos que se encargan de estas acciones en América Latina está el ejemplo de los MDL en Colombia.<sup>2</sup> Estos proyectos tienen aplicación en diferentes campos de desarrollo y estos son:

- Sector minero energético.
- Sector Industrial.
- Sector transportes.
- Sector residuos.
- Sector Agrícola.
- Sector forestal.

Cada uno de estos vectores plantea intervenciones que reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> y las emisiones de GEI<sup>3</sup>. Causado por las actividades humanas.

ACUMULACION DE CO<sub>2</sub> EN EL TIEMPO, POR ESPECIE

Especie	CO <sub>2</sub> (t)			
	2007	2012	2017	2022
<i>P. caribaea</i>	7.384,48	626.119,24	3.050.464,16	3.820.679,96
<i>A. mangium</i>	1.837,28	41.561,61	59.032,73	19.208,14
<i>T. grandis</i>	73,98	8.184,47	18.535,03	20.136,24
<i>E. pellita</i>	642,95	6.494,79	3.666,86	5.811,60
RNA	0	30.684,54	400.522,87	771.214,66
<b>Total</b>	<b>9.938,69</b>	<b>713.044,66</b>	<b>3.532.221,65</b>	<b>4.637.050,59</b>

**Imagen113**– Acumulación de Co<sub>2</sub> por especie. Fuente: Centro Andino para la economía en el medio ambiente (CAEMA) Colombia.

<sup>2</sup> (MDL) Mecanismos de Desarrollo limpio. <http://www.mambiente.gov.co/>

<sup>3</sup> GEI: Gases efecto invernadero.



**CONCLUSIONES**

## 106 **Conclusiones**

### **Metodología.**

En cuanto a las metodología a pesar de que existen muchas formas de hacerlo, decidí aplicar este proceso en esta investigación ya que me permitió organizar de una forma clara y sencilla la información y los datos necesarios para cada una de las fases de un proyecto sostenible, manejado por Gerardo Wadel y Societat Orgánica.

Razón por la cual los capítulos de cada una de las fases o pasos se denominan “evaluación de la calidad ambiental” donde interpreto las acciones que plantea cada uno de los casos de estudio en cuanto a la búsqueda de la reducción del impacto ambiental que causan la industria y su ciclo industrial abierto.

Para esto utilizo una matriz donde concluyo de una forma corta que características cumplen los proyectos en cuanto a cada uno de los pasos como en la sección de metodología se describe.

En la parte inferior de esta tabla asigno una valoración cuantitativa y otra valoración cualitativa resultado de lo que arroja la investigación y de como se plantea.

En conclusión en esta investigación se saca provecho a las fases de la metodología planteada para entender y mirar a fondo las características de los proyectos en cuanto a ubicación, posicionamiento, aprovechamiento de la iluminación solar, el aprovechamiento de los vientos y de todas las condiciones ambientales que a la hora de cuantificar el ahorro que estas caracte-

rísticas significan en una vivienda pueden llegar a ser muy relevantes. También el orden que la metodología apporto a la investigación en el reconocimiento que se hace de los materiales y sus características en cuanto a calidad y ventajas. Por otra parte la fase de análisis cuantitativo de los proyectos, se maneja de forma casi lineal y permite la categorización de la información generada.

### **Proceso**

Como resultado del proceso realizado se encuentran factores característicos de cada proyecto y se entine un poco mas las intenciones de los arquitectos al hacer un estudio aplicado a las diferentes variables que se identifican tanto ambientales como estratégicas o en algunos casos con hipótesis de funcionamiento, ya sea por las características que se reconocen en el trabajo de los arquitectos o por suposiciones dependiendo de los elementos que son evidentes en cada diseño.

La investigación me condujo a elaborar unas tablas donde se pueden cuantificar las características de los proyectos, e identificar los valores que generan, esto me llevo a buscar otros valores de referencia a los cuales pudiera hacer una comparación mas justa de cada caso de estudio.

Como resultado obtuve valores muy aproximados a la realidad de los proyectos y otros generados como una hipótesis para determinar los consumos de recursos teniendo en cuenta la ocupación promedio de la vivienda unifamiliar en ambos países, si bien es cierto no tenia acceso a mayor información de las este tipo de condicio-

nes, este recurso es de gran aporte durante el desarrollo de la metodología para la evaluación de la calidad ambiental.

Finalmente en el proceso hay pude identificar que en ultimo paso del proceso, viendo las actuaciones desde un punto de vista critico no es necesario llegar hasta ese punto en la escala de la vivienda unifamiliar aislada se puede buscar la autonomía y reducir el impacto ambiental generado.

## **Aprendizaje.**

En primer punto quiero rescatar el aporte que me ha hecho esta investigación en cuanto a ver datos reales sobre el des equilibrio que existe entre la explotación y producción que van mas rápido que la propia recuperación de nuestros recursos naturales.

En general este documento me apor to conocimientos sobre muchas áreas de la sostenibilidad que al profundizar en los casos de estudio, estos conceptos y estrategias utilizadas se pueden entender mediante una forma gráfica o una forma cuantitativa, ya que anteriormente no había entrado tanto en el desarrollo de cada una de las fases de la metodología.

De manera que los conceptos tratados en los primeros capitularios del documento se entienden desde un punto de vista practico y desde una postura critica determinar las si los proyectos aportan o no al mejoramiento de las condiciones ambientales y tienen en cuenta los factores de el cierre de los ciclos materiales ya sea mediante un proceso técnico o un proceso biosferico. Y

también determinar si tienen en cuenta el peso de la mochila ecológica que trae consigo el procesamiento de materias primas.

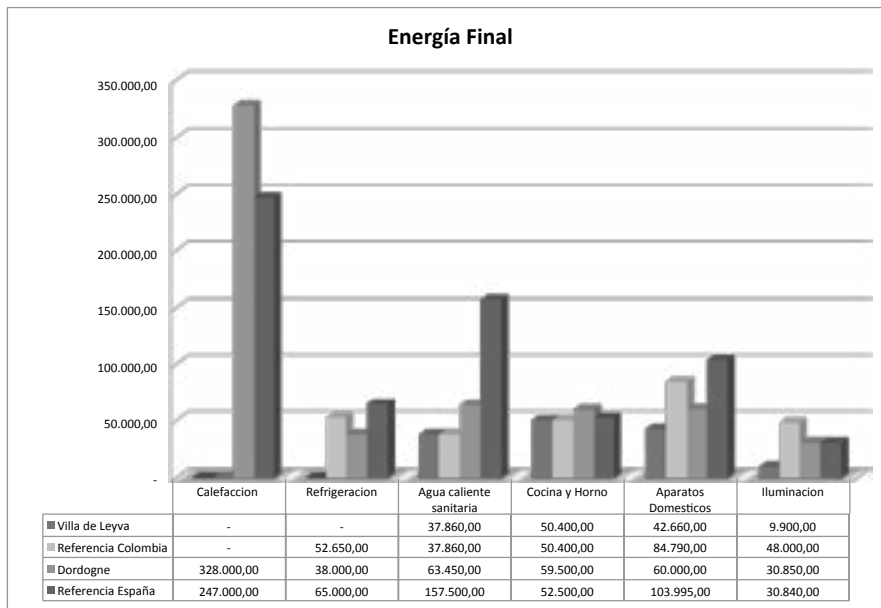
Cabe mencionar que a pesar de que existen muchas formas de evaluar un proyecto sostenible y muchos procedimientos, las variables de la sostenibilidad siempre son constantes (Energia, agua, materiales y residuos).

Para concluir quiero resaltar que este documento tiene el propósito de aportar un método de entender la sostenibilidad en la vivienda unifamiliar aislada. Teniendo en cuenta todas las variables y estudiando a profundidad los casos de estudio se pueden tener resultados aproximados a la realidad de los proyectos, sin llegar a ser un experto en el tema.

Finalmente se puede hacer un proyecto de vivienda sostenible sin ser un experto en el tema siguiendo una metodología que permita valorar el aporte que se este logrando en el consumo de recursos y el impacto ambiental.

## **Técnicas.**

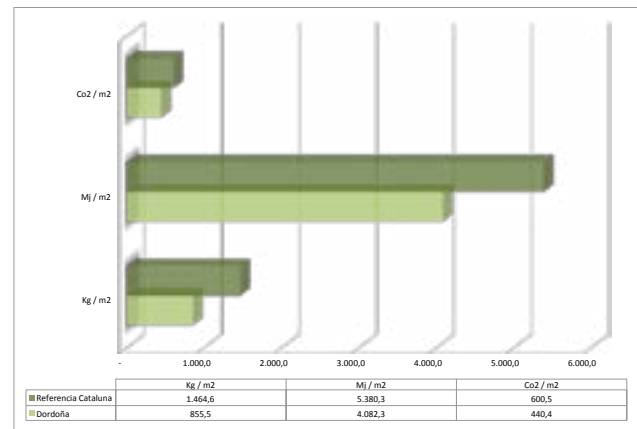
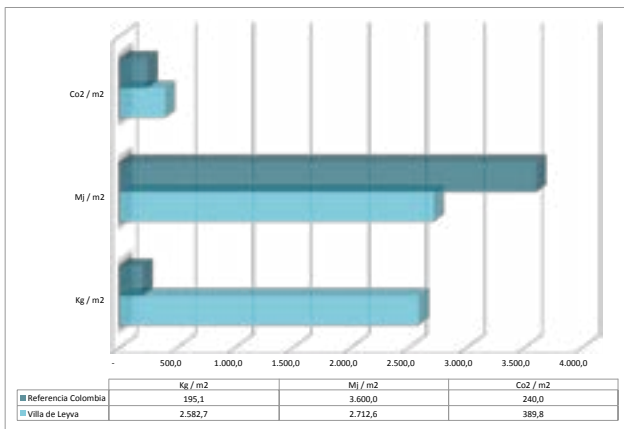
Con los resultado que se obtienen de la evaluación ambiental de los proyectos se puede decir que existe una reducción importante en cuanto a los consumos de energía final que requieren los dos casos de estudio. Como en las fichas de síntesis se puede comprobar con gráficas comparativas entre los valores obtenidos y los valores de referencia de la vivienda en Colombia y en España. a continuación mostrare las conclusiones que se obtienen por proyecto .



108

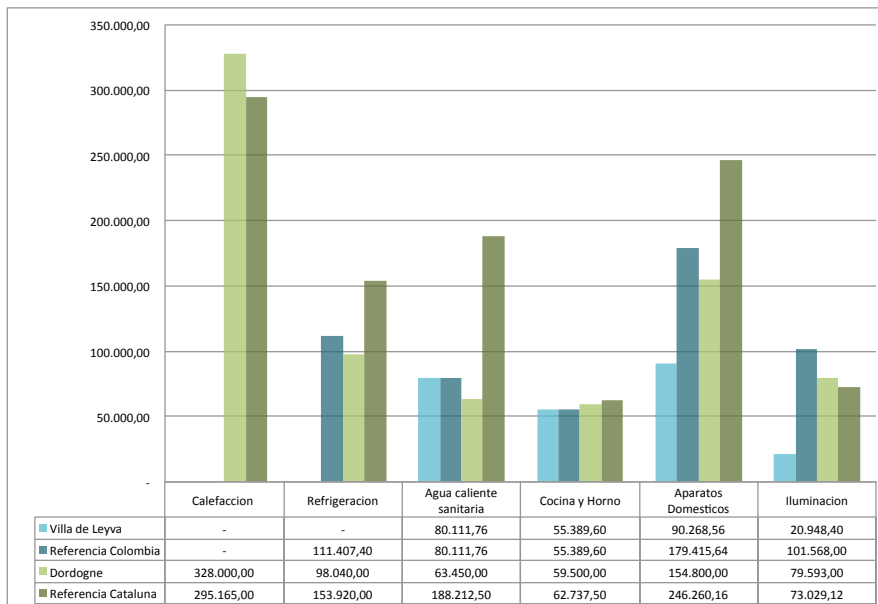
En el caso del proyecto en Colombia se concluye que la reducción que hace en energía fina de uso por 50 años llega a ser del superior que la de los datos de referencia de mismo, reduciendo el consumo final en un 49%.

Por parte del proyecto en Francia logra reducir el consumo final de energía en un 22%



En definitiva el proyecto en villa de leyva en cuanto a peso supera en un 1.200% la referencia de datos como se menciona en la síntesis de el capítulo 1,1. Pero sin embargo la energía primaria necesaria para la elaboración de sus materiales se reduce frente a los valores de referencia de una vivienda económica en madera en un 25% y finalmente las emisiones de sus materiales son nuevamente superadas por el caso de estudio en un 62%. Pero si estos valores son comparados con una construcción convencional el único valor que superaría a la referencia sería el peso.

La conclusión del proyecto de Francia frente a los valores de referencia de una construcción estándar en España son reducidos en los 3 aspectos de estudio que muestra la gráfica. En cuanto al peso el proyecto logra una reducción del 42% en la variable de energía final en un 24% y finalmente en las variables de las emisiones de CO<sub>2</sub> logra una disminución de 27%.



Esta gráfica corresponde a la conclusión de la energía primaria total por un uso de 50 años de los casos de estudio y de los datos de referencia. En tonos verdes se encuentran las variables de consumo de energía del proyecto de Francia y de la referencia en España, al igual que en azul se encuentra el proyecto desarrollado en Colombia y la referencia de valores. Como resultado final de este ejercicio es posible cuantificar la disminución de consumo de energía de los proyectos con la aplicación de sistemas que optimizan las características de las viviendas.

En el caso de Colombia la reducción lograda es un 53% por debajo de los valores de referencia, y en el caso de Dordogne la reducción lograda se ubica en 23%.

En consecuencia al estudio realizado del proyecto de Colombia, se comprueba que tiene un correcto entendimiento de las condiciones ambientales del lugar, y las aprovecha de una forma efectiva. Las características que aporta la envolvente del proyecto son favorables para garantizar las condiciones interiores y los materiales utilizados son en su mayoría de fuentes renovables.

Las estrategias utilizadas en el proyecto de Colombia se enfocaron en la energía, el agua y los materiales. En cuanto a la energía mediante la aplicación de sistemas optimizados se reduce el consumo, por parte del agua la optimización se centro en los baños y las griferías, también logrando una reducción considerable del consumo, como en el desarrollo de sus tablas y gráficas se muestra. Finalmente el material predominante utilizado como ya se menciono es de origen renovable y los demás como las carpin-

terías tiene la capacidad de ser fácilmente reciclados.

En el caso de estudio de Francia, el proyecto reduce considerablemente el peso de una vivienda de estas características y aprovecha las condiciones ambientales del lugar, cabe resaltar que su orientación no es la ideal y se da por la geometría del solar y las vistas que este tiene de los campos. Los materiales utilizados en el proyecto tienen la ventaja de que sus ciclos se pueden cerrar de una forma técnica.

La hipótesis realizada frente al consumo de recursos de este proyecto se enfocó en la energía, los materiales y agua. Esto teniendo en cuenta factores como la ocupación y los sistemas utilizados, logrando con la optimización de estos una reducción considerable de la demanda de recursos, Finalmente este proyecto tiene la capacidad de cerrar el ciclo de sus materiales ya que es una construcción muy liviana y la mayor parte de sus elementos son prefabricados con uniones secas, lo que facilita su desmontaje y posibilita su reutilización sin necesidad de que sean transformados.

Para concluir este trabajo de investigación, la posibilidad de lograr edificios sostenibles y un cambio en el funcionamiento del sistema económico actual pasa por la formación y el crear conciencia de las actuaciones y las repercusiones que tiene la industria frente a nuestros recursos naturales. Para que todos trabajemos en mejorar la calidad ambiental de las personas sin comprometer los recursos de las generaciones futuras.





	PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4	PASO 5
	REDUCIR DEMANDA	EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS	APROVECHAMIENTO DE RECURSOS LOCALES	RECICLAJE - RESIDUOS	RESCATE DEL IMPACTO GENERADO
VECTORES					
ENERGIA	La orientación de la vivienda no es la adecuada pero está compensada por la geometría del solar. El aprovechamiento de las cubiertas de aire es lograda en un 41,58% frente a la referencia de España. Asimismo reduce la demanda de energía primaria en un 24,12%. Finalmente, el proyecto reduce en un 26,68% emisiones de CO2.	Se plantea una hidratación de consumo teniendo en cuenta la capacidad y el consumo 17,07 Kw/usuario. Con la aplicación de sistema de optimización y eficiencia el consumo se reduce hasta un 32%.	El aprovechamiento de los recursos locales en Francia se logra en el punto más a más rico y mediante los paneles móviles de la fachada garantiza la verificación de todos los espacios.	Por el interés de los arquitectos por la reutilización de estructuras de viviendas pueden decirse que las carpinterías de aluminio diseñadas son de segunda función.	Dediciendo al uso de materiales reciclados y uniones secas, la mayoría de los materiales que componen la vivienda pueden ser adquiridos selectivamente para su reciclaje.
MATERIALES	La envolvente juega un papel principal en este proyecto ya que las zonas de aislamiento en su perímetro y en la cubierta, esto garantiza que no hablan pérdidas de temperatura.	En este punto se abordan las hidrataciones de consumo teniendo en cuenta el consumo habitacional con la aplicación de los sistemas de optimización y eficiencia, el consumo se reduce en un 40% equivalente a 501,91 Kw/usuario.	En este caso se a falta de información se plantea un ratio de 200 Kg desde acuerdo con otras posibilidades de procedencia de los materiales incluyendo ciudades próximas.		
AGUA	En este punto se plantea una hidratación de consumo teniendo en cuenta el consumo habitacional con la aplicación de los sistemas de optimización y eficiencia, el consumo se reduce en un 40% equivalente a 501,91 Kw/usuario.	En el caso del proyecto de Francia ofrece la posibilidad de tener una separación de residuos de los inodoros, y para su gestión se han previsto ya un sistema de recolección de agua.			
RESIDUOS	La reutilización de residuos se logra con la previa aplicación de todas las estrategias antes mencionadas en los vectores.				
CUANTITATIVAMENTE	BIENO	BIENO	BIENO	N/A	N/A
CUALITATIVAMENTE	5	5	3	1	1





## 114 **Bibliografía.**

Wadel, G. (2009). Tesis doctoral. La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Barcelona, Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.

Gonzalez, F. J. (2004). Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. (Munilla-Leria, Ed.) Madrid, Madrid, España.

Parareda., D. A. (2008). Arquitectura solar e iluminación natural. Conceptos, métodos y ejemplos. Madrid, Madrid, España: Munilla-Leria.

Josep Maria Minguet, O. M. (2013). Houses think green. Barcelona, Barcelona, España: Instituto Monsa de ediciones, S.A.

Sergi Costa Duran, E. B. (2009). Viviendas Ecológicas. Dream Green (Vol. 01). Reditar Libros S.L.  
Guzin-Muller, D. (2001). Arquitectura Ecológica. (G. Moniteur, Ed., & G. Landrove, Trans.) Francia: Editorial Gustavo Gili, SL.

178, R. E. (2015). Lacaton & Vassal 1993 - 2015.

Cataluña, I. d. (2003). Parametros de la sostenibilidad. España.

Aurora Fernández Per, J. A. (2008). a+t Reclaim Remediate Reuse Recycle. A+T Architecture Publishers.

Díaz, L. D. (n.d.). Retrieved from <http://www.plataformaarquitectura.cl/>

Piñar, F. C. (n.d.). Diario Design . Retrieved from [www.diariodesign.com](http://www.diariodesign.com)

Ministerio Ambiente Colombia, G. (2016). minambiente Colombia. Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co/>

Leed. (n.d.). Retrieved from [www.usgbc.com](http://www.usgbc.com)

Breeam. (n.d.). Retrieved from [www.breeam.es](http://www.breeam.es)

Verde. (n.d.). Retrieved from [www.gbce.es](http://www.gbce.es)

journaldunet. (n.d.). Retrieved from <http://www.journaldunet.com>

Portafolio. (n.d.). Retrieved from [www.portafolio.co](http://www.portafolio.co)

Suárez, P. E. (2010). EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y CONSUMO DE ENERGÍA EN EL CICLO DE VIDA DE LA VIVIENDA ECONÓMICA HECHA EN MADERA Caso de estudio: La Mojana - Colombia . (U. d. Andes, Ed.) Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Unidad de planeación minero energética, E. (2012). Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados en la construcción de edificaciones Colombianas. Cali, Colombia.

Negawatt. (2010). Francia .

Ecosoft, IBO. (2009). Austria.

Jones, P. G. (2011). Inventory of Carbon & Energy (ICE) . UK: University of Bath, UK .

Plataforma Arquitectura. (n.d.). Retrieved from [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)

(Wadel, 2009) (Gonzalez, 2004) (Parareda., 2008) (Josep Maria Minguet, 2013) (Sergi Costa Duran, 2009; Aurora Fernández Per, 2008) (Guzin-Muller, 2001) (178, 2015) (Cataluña, 2003) (Ministerio Ambiente Colombia, 2016) (Leed) (Breeam) (Verde) (journaldunet) (portafolio) (Suárez, 2010) (Unidad de planeación minero energética, 2012) (Negawatt, 2010) (Ecosoft, IBO, 2009) (Jones, 2011) (Plataforma Arquitectura)







**ANEXOS**

### Valores de referencia para cuantificar las características de los proyectos.

Los valores tomas de referencia son de fuentes diversas por las características de ubicación geográfica de cada uno de los proyectos, hace que los valores cambien debido a los métodos utilizados, fuentes de energía y mediciones según investigaciones de entidades o investigadores.

Los primeros valores utilizados para conocer la densidad y el embodied energy de los recursos utilizados en la construcción de las viviendas, se utilizaron las siguientes tablas para Francia y Colombia.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de consumo energético y de emisiones de Co2 con

los sistemas constructivos mas utilizados en Cali Colombia. Los datos son de consumo promedio de MJ y de toneladas de Co2 también están los datos aproximados de MJ sobre metro cuadrado y de toneladas de Co2 sobre m2 de construcción teniendo como base los 3 sistemas mas utilizados.

TABLA DE RESUMEN CONSUMOS ENERGÉTICOS Y EMISIONES DE CO <sub>2</sub> POR SISTEMA CONSTRUCTIVO						
SISTEMA CONSTRUCTIVO	CALI				NACIONAL CON INDICADORES DE CALI	
	MJ	Ton CO <sub>2</sub>	MJ/m <sup>2</sup>	Ton CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	MJ	Ton CO <sub>2</sub>
SISTEMA INDUSTRIALIZADO	711.919.106,1	87.734,2	2.517,2	0,3102	5.115.974.485,2	630.473,4
MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL	361.857.425,4	39.816,9	2.943,2	0,3239	5.008.337.398,9	551.091,3
MAMPOSTERÍA CONFINADA	1.256.125.928,2	133.800,4	4.743,4	0,5053	31.961.651.444,8	3.404.501,9
PONDERADO CALI	1.996.027.444,0	225.559,4	2.976,5	0,3364		

*Imagen114*– Energía gris Colombia. Fuente: Unidad de planeación minero energética Colombia.

MATERIAL	CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL [MJ/ton]	EMISION DE CO <sub>2</sub> TOTAL [ton CO <sub>2</sub> /ton]
PVC	72.276,0	7,6592
GUADUA	1.334,0	0,1065
AGREGADOS GRUESOS	177,2	0,0098
AGREGADOS FINOS	494,6	0,0213
BASE	324,2	0,0129
SUB-BASE	302,3	0,0106
ARENA DE RÍO	121,7	0,0097
LADRILLO – TEJA ARCILLA	2.750,0	0,2428
BALDOSAS – AZULEJOS	1.172,0	0,8297
ACERO, SFMI-INTEGRAL	11.083,0	2,7045
COBRE	98.391,0	8,6216
CAL	7.670,0	0,7984
CEMENTO VÍA HUMEDA	11.062,0	1,1848
CEMENTO VÍA SECA	7.506,0	1,0955
YESO ESTUCO QUÍMICO	1.080,0	0,2028
YESO ESTUCO	1.190,0	0,2054
PINTURAS	5.247,0	0,4079
MADERAS	500,0	-
TEJA FIBROCEMENTO	8.863,0	0,0518
VIDRIO PLANO	28.952,0	1,8591
ADICIÓN K – ECOLÓGICA	2.617,0	0,1246

119

**Imagen115– Energía Gris. Colombia. Fuente:**

Los datos relacionados corresponden a la investigación que tiene como título “ Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y los de uso no tradicional, utilizados en la construcción de edificaciones Colombianas” desarrollado por la empresa Eco-ingeniería.

MATERIAL	ENERGÍA INCORPORADA (kWh/ton)				CO <sub>2</sub> EMITIDO (kg CO <sub>2</sub> /kg)		
	Victoria U	Bath U	Energy Analysis	Colombia	Victoria U	Bath U	Colombia
Madera	1938.38	3006.94	9797.70	9797.70		0.60	1.60
Cemento	1722.22	808.61		1205.79	0.99		0.31
Ladrillo	269.44	0.00		589.28			0.22
<b>Acero</b>	<b>8888.89</b>	<b>6777.78</b>		<b>7797.22</b>		<b>1.77</b>	<b>1.53</b>
PVC	16916.67	18750.00	4135.54	4135.54	4.35	24.40	0.40
<b>Vidrio</b>	<b>4416.67</b>	<b>4166.67</b>		<b>3997.22</b>	<b>1.74</b>	<b>0.85</b>	<b>0.88</b>
Cerámica		1750.00		1313.06		0.46	0.23

*Imagen116*–Energía Gris. Fuente: Tesis Ing. Paola Escobar Suárez

120

El anterior consolidado hace referencia a los valores establecidos por diferentes investigaciones procedentes de las universidades de Victoria, Bath y los valores que arrojó la investigación de la energía incorporada y del Co2 emitido por los métodos de fabricación utilizados en Colombia.

Material	Cantidad (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Peso (Ton)
Madera	<b>13.7</b>	513	7.03
Cemento	3.57	2320	8.3
Ladrillo	103.08*	4.74	4.175
Acero	26.45	120	0.0124
Vidrio	28	2.5**	0.2645
Cerámica	881	1800	0.7066***
<b>Peso Total</b>		-	<b>20.49</b>

*Imagen117*–Peso de una vivienda en Colombia. Fuente: Tesis Ing. Paola Escobar Suárez

Esta tabla corresponde a la investigación realizada en su tesis de máster de la ingeniera Paola Escobar Suárez. En esta se indican el peso de una vivienda en madera ubicada en Colombia.

Fase	Requerimiento energético		Emisiones de CO <sub>2</sub>	
	MWh	MWh/m <sup>2</sup>	Ton	Ton/ m <sup>2</sup>
Producción	94.97	1.00	15.70	0.17
Ocupación	117.99	1.24	22.36	0.24
Destrucción	0.95	0.01	0.14	0.001
<b>TOTAL</b>	<b>213.91</b>	<b>2.25</b>	<b>38.20</b>	<b>0.40</b>

**Imagen118**– Tabla resultados Vivienda en Colombia. Fuente: Tesis Ing. Paola Escobar Suárez

Estos resultados corresponden a la cantidad necesaria de energía para la producción de los materiales y este mismo valor por cada metro cuadrado, también están las emisiones de Tonelada / Co2 por metro cuadrado. De la misma manera la ocupación hace referencia al consumo de energía producido por una vivienda durante un periodo de 50 años. Finalmente se relaciona la energía necesaria para la destrucción de la vivienda y las correspondientes emisiones que esta acción genera.

**Tabla 4.** Tarifas sector residencial Nivel 1, a enero de 2014, Leticia y Puerto Nariño

Rango 1: consumos hasta 173 kilovatios-hora/mes	
Estrato	\$/kWh
Estrato 1	182
Estrato 2	205
Estrato 3	349
Estrato 4	410
Estrato 5	492
Rango 2: consumos entre 174 y 800 kilovatios/hora/mes	
Estratos	\$/kWh
1, 2, 3, 4, 5	520
Todos los estratos con consumos por encima de 800 kWh/mes pagan tarifa plena	
Costo del kWh puesto en su casa CU = \$786	

Fuente: ENAM (enero de 2014).

**Imagen119**– Tablas de consumo de Kilovatios hora / mes sector residencial. Fuente: Unidad de planeación minero energética.



**Tabla 15. Bogotá – Consumo promedio mensual de energía por Electrodomésticos**

Equipo	Capacidad		Número	Unidad	Servicio	Unidad	Subtotal consumo	Consumo kWh/mes	
Iluminación			E						
Incandescentes	60	W	E	2,8	Puntos l	E	2 hr/día	E	10,2
Incandescentes	100	W	E	4,0	Puntos l	E	3 hr/día	E	13,7
LFC	15	W	E	1,5	Puntos l	E	2 hr/día	E	1,4
Fluorescentes	30	W	E	0,5	Puntos l	E	3 hr/día	E	0,9
TV	45	W	M				6,1 hr/día	E	8,2
Nevera	15 a 21"			44,06	kWh/mes	M			44,1
Plancha	9 a 12 ft/3	1000	W	M			2,3 hr/semana	E	10,7
Lavadora		450	W	E			5,2 min/día	E	1,2
Lavadora	15 a 22 lb	370	Wh/ciclo	M			8 ciclos/semana	E	12,7
Ducha eléctrica	3,75	kW	M				6,6 min/persona	E	63,1
								179,2	

Estratos 1,2 y 3. Promedio de 5,1 personas/hogar. E: Información de encuesta.

M: Resultado de mediciones.

Fuente: UNAL (2006)

**Imagen120**– Consumo promedio mensual Cundinamarca Colombia. Fuente: Análisis de la situación energética Fe desarrollo y Energía de Bogotá.

**Tabla 16. Consumo promedio mensual de energía por Electrodomésticos con medidas de uso eficiente**

Equipo	Capacidad		Número	Unidad	Servicio	Unidad	Subtotal consumo	Consumo kWh/mes	
Iluminación			E						
Incandescentes	60	W	E	3,0	Puntos l	E	2 hr/día	E	10,8
Incandescentes	100	W	E	0,0	Puntos l	E	3 hr/día	E	0,0
LFC	15	W	E	5,3	Puntos l	E	2 hr/día	E	4,8
Fluorescentes	30	W	E	0,5	Puntos l	E	2 hr/día	E	0,9
TV	45	W	M				6,1 hr/día	E	8,2
Nevera	15 a 21"			38,3	kWh/mes	M			38,3
Plancha	9 a 12 ft/3	1000	W	M			2,5 hr/semana	E	10,7
Lavadora		500	W	E			5,2 min/día	E	1,2
Lavadora	15 a 22 lb	370	Wh/ciclo	M			8 ciclos/semana	E	12,7
Ducha eléctrica	3,75	kW	M				6,6 min/persona	E	63,1
								150,7	

E: Información de encuesta. M: Resultado de mediciones.

Fuente: UNAL (2006)

**Imagen121**– Consumo promedio mensual sistemas eficientes de uso Cundinamarca Colombia. Fuente: Análisis de la situación energética Fe desarrollo y Energía de Bogotá.

Cuadro 1.6				
Consumo promedio mensual: Municipios templados y fríos 1997 - 2000*				
Municipio	Consumo total promedio (m <sup>3</sup> /usuario/mes)		Disminución consumo en agua	
	1997	2000	m <sup>3</sup>	Variación (%)
Bogotá**	42.84	39.3	(3.54)	(8.26)
Duitama	21.41	20.29	(1.12)	(5.23)
Fusagasugá	18.94	15.18	(3.76)	(19.85)
Ibagué	25.82	23.26	(2.56)	(9.91)
Los Patios	17.58	10.56	(7.02)	(39.93)
Manizales	18.27	16.53	(1.74)	(9.52)
Medellín	23.07	18.94	(4.13)	(17.90)
Pereira	24.27	19.91	(4.36)	(17.96)
Popayán	21.73	19.18	(2.55)	(11.73)

\*\* Los consumos de Bogotá son bimestrales

Fuente: Información suministrada por las empresas.

123

**Imagen123– Consumo promedio mensual municipios. Fuente: Cra.gov.co**

En la tabla de la parte superior se muestra el consumo promedio mensual de agua por diferentes municipios de Colombia, estos datos ayudan a determinar el consumo promedio de la vivienda ubicada en una cercana a Duitama. Esta información hace parte del informe “Estimación del consumo básico de agua en Colombia” publicado por Cra.gov.co.

En la siguiente tabla se muestran el consumo aproximado de agua por uso por persona en el sector residencial en don variables consumo inferior y superior.

Cuadro 1.2		
Dotación de agua por persona (Promedio nacional)		
Uso	Limite*	
	Inferior	Superior
Lavado de ropas	31.25	45.89
Sanitario	31.46	35.64
Ducha	20.10	35.88
Lavado platos	20.03	27.88
Aseo vivienda	2.82	3.41
Consumo propio	4.72	6.00
Lavado manos	3.58	6.02
<b>Total</b>	<b>113.96</b>	<b>160.72</b>
* Lts/persona/día		

Fuente: Departamento Nacional de Planeación (1991)

**Imagen122– Consumo de agua promedio por persona. Fuente: Cra.gov.co.**

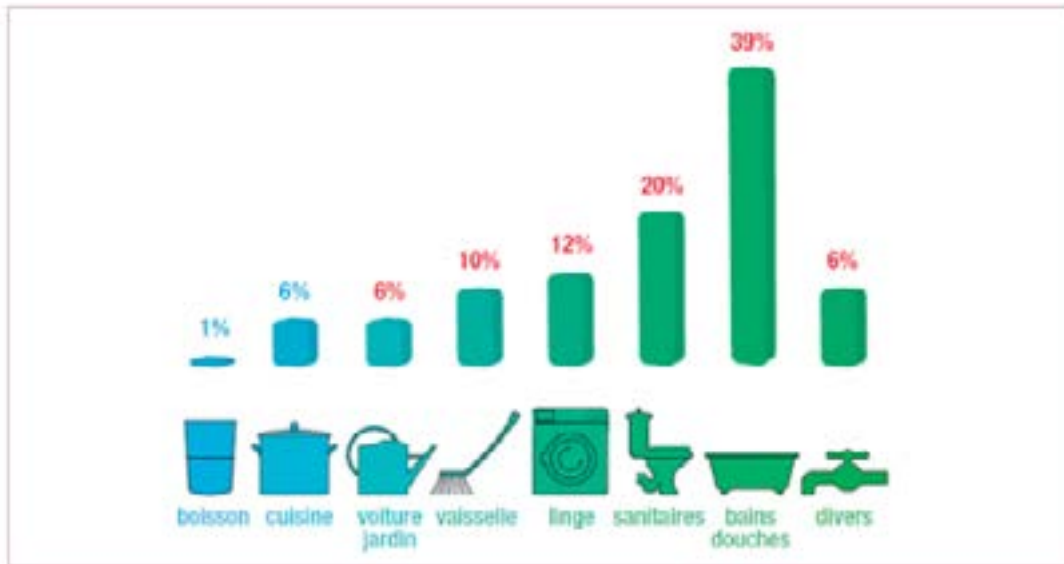


		masse volumique [kg/m <sup>3</sup> ]	énergie grise [MJ/kg]	émission de CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> /kg]
<b>BÉTON</b>	blocs creux	1200	0,91	0,14
	blocs lourd et semi-lourd	2000-2400	0,8	0,13
	charges élevées	2400	1,2	0,15
	dalle de sol / semelle filante	2400	0,8	0,13
	hourdis	1400	0,8	0,13
	béton cellulaire autoclavé	600	4,3	0,48
	béton léger argile expansé	1200	5,2	0,38
	béton maigre	2000	0,4	0,05
<b>MÉTAUX</b>	acier - beaucoup d'alliage	7850	102,4	6,0
	acier - peu d'alliage	7850	32,4	1,8
	acier d'armature (100 % recyclé)	7850	13,3	1,8
	aluminium - tôle	2700	116,1	7,18
	aluminium (100 % recyclé)	2700	19,5	1,08
	cuivre - tôle	890	103,0	5,48
	zinc - tôle	7150	84,5	4,93
	<b>AUTRES MINÉRAUX</b>	brique pleine	800-1000	5,2
brique creuse		650	5,2	0,38
pierre naturelle européenne/locale		2400-2800	0,3	0,01
verre plat		2500	12,9	0,98
<b>ISOLANTS</b>	cellulose - matelas souples	70	21,2	1,61
	cellulose - flocon	30	4,6	0,23
	laine de roche	60-130	22,7	1,60
	laine de verre	20-110	33,8	1,56
	perlite expansée	135-165	10,4	0,52
	polystyrène expansé (EPS)	15-30	120,4	4,01
	polystyrène extrudé (XPS)	15-20	108,4	3,73
	polyuréthane (PUR)	40	106,5	13,70
	verre cellulaire	120-150	22,9	1,26
<b>BOIS ET DÉRIVÉS</b>	MDF	750 - 800	39,5	-1,27
	OSB	500	45,8	-1,25
	panneaux de particules tendres	180	41,0	-0,09
	bois lamellé collé	500	32,8	-1,26
	bois massif feuillus européen	800	40,3	-1,66
	bois massif résineux européen	600	31,4	-1,63
<b>AUTRES</b>	étanchéité bitumineuse	1100	51,80	1,16
	linoléum	1200	60,80	0,37
	plaque de fibroplâtre	1200	5,28	0,27
	plaque de plâtre cartonnée	900	5,80	0,22
	PVC - étanchéité	1200	22,20	2,19
	PVC - feuille	1500	86,90	3,91
	tapis plein synthétique	300	84,50	4,05
	vinyl	1500	86,90	3,91

(source: Ecosoft-IBO, Autriche, 2009)

**Imagen124– Energía Gris. Fuente; Negawatt, Ecosoft-IBO, Autriche. 2009**

En el caso de Francia los datos tienen variaciones. Esta tabla tiene los valores correspondientes por cada uno de los materiales utilizados en la construcción y muestra la densidad por material Kg. / m<sup>3</sup>, en la siguiente columna están los valores de energía gris en Mj / Kg. y finalmente en la última columna están los valores de las emisiones generadas por los materiales en Kg.Co<sub>2</sub> / Kg.



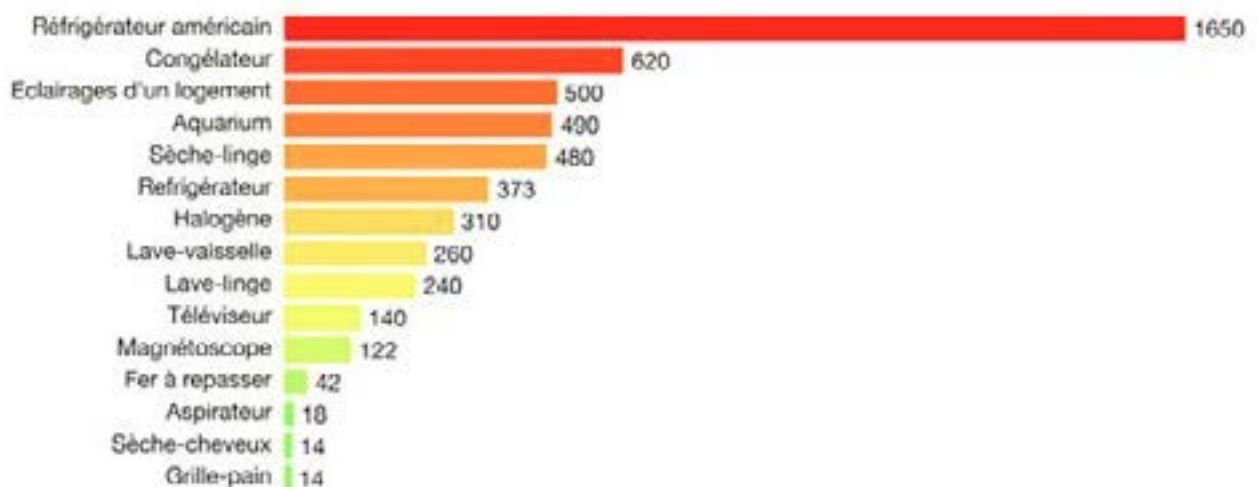
**Imagen125**– Porcentajes reparto de consumo de agua Francia. Fuente: Centre d'information sur L'eau.

125

En la gráfica superior se entregan los porcentajes en el reparto de los usos del consumo de agua para Francia, las actividades que mas consumo de agua tienen son las duchas y los sanitarios, y las tareas de aseo y lavadoras consumen entre ambas 32% del agua potable que ingresa en la vivienda por día.

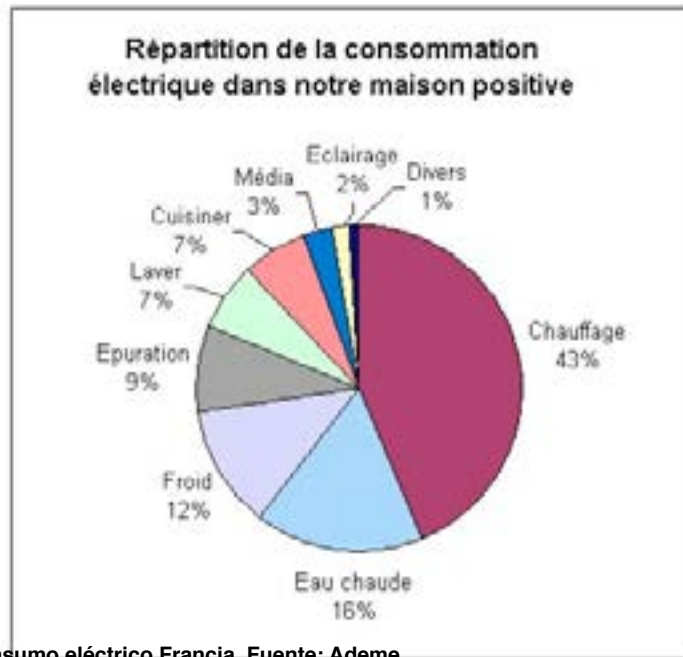
En la imagen inferior se detalla el consumo eléctrico que tienen las viviendas en Francia en kWh por año, que sirven para hacer la simulación del posible consumo que tendría el caso de estudio.

### Consommation d'un "Français moyen" en kWh par an



Source : Ademe/Cabinet Olivier Sidler.

**Imagen126**– Consumo de energía en Francia. Fuente: Ademe.



**Imagen127**– Porcentaje consumo eléctrico Francia. Fuente: Ademe.

126

La información base para la comparación de los proyectos y determinar sus condiciones se hace con base a dos documentos la tesis doctoral de Gerardo Wadel “ La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda.”

En la tabla inferior el autor hace unos valores de peso, energía y emisiones de una vivienda modular construida mediante un sistema convencional. Para este caso el peso por metro cuadrado es de 1.464,55 kg / m2, el siguiente valor es de 5.380,28 MJ / m2 y finalmente las emisiones que son 600,49 kgCo2 /m2.

Subsistemas	kg/m <sup>2</sup>	%	MJ/m <sup>2</sup>	%	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	%
Replanteo y movimiento de tierras	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Cimentaciones y muros de contención	393,56	26,87%	289,57	5,38%	40,07	6,67%
Espacios comunes	41,71	2,85%	306,22	5,69%	30,62	5,10%
Estructuras	539,37	36,83%	1.448,21	26,92%	139,95	23,31%
Cubierta	45,39	3,10%	156,1	2,90%	25,6	4,26%
Fachada principal	75,62	5,16%	168,97	3,14%	15,7	2,61%
Divisiones y elementos inter. primarios	87,68	5,99%	149,16	2,77%	14,26	2,37%
Acabados exteriores	10,46	0,71%	9,01	0,17%	1,05	0,17%
Acabados interiores	159,73	10,91%	464,81	8,64%	52,36	8,72%
Cerramientos int. y ext. secundarios	36,48	2,49%	1.404,87	26,11%	173,69	28,92%
Saneariamiento y aguas grises*	27,88	1,90%	143,48	2,67%	18,99	3,16%
Red de agua fria y caliente*	2,89	0,20%	70,14	1,30%	8,78	1,46%
Electricidad e iluminación*	19,66	1,34%	213,69	3,97%	25,24	4,20%
Gas/Combustible*	0,024	0,00%	3,47	0,06%	0,36	0,06%
Climatización/Ventilación*	4,34	0,30%	205,45	3,82%	21	3,50%
Audiovisuales*	0,77	0,05%	16,21	0,30%	2,36	0,39%
Aparatos de elevación	0,71	0,05%	50,6	0,94%	4,87	0,81%
Protección contra incendios*	0,042	0,00%	3,43	0,06%	0,46	0,08%
Equipamiento fijo	18,23	1,24%	276,89	5,15%	25,13	4,18%
<b>Total</b>	<b>1.464,55</b>	<b>100,00%</b>	<b>5.380,28</b>	<b>100,00%</b>	<b>600,49</b>	<b>100,00%</b>

\* Valores estadísticos [SaAS et al. 2007]

**Imagen128**– Totales sistema constructivo convencional. Fuente: Tesis Gerardo Wadel.

Emisiones anuales estándar		Emisiones anuales óptimas		Emisiones anuales viables		
3059,0 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 11836,7 kWh/vivienda		2857,5 kg CO <sub>2</sub> /vivienda (1) 639,2 kWh (renovables)/vivienda (2) 10416,3 kWh/vivienda (3)		1793,6 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 1890,0 kWh (renovables) / vivienda 6696,6 kWh/vivienda  Reducción del 41,4% de emisiones. El 28,2% con energías renovables. Ahorro del 43,4% del consumo.		
Fuente	Emisiones/consumo	(1) Reducción del 6,6% de emisiones. Compromiso de Kyoto para 2010.  (2) Aumentar el porcentaje de energías renovables hasta un 5,4% (Plan de la energía en Cataluña en el horizonte de 2010).  (3) Mejorar en un 12% el consumo energético hasta 2010 (Plan de la energía en Cataluña en el horizonte de 2010).	Fuente	Emisiones/consumo	Coste* (€/m <sup>2</sup> )	
Calefacción	992,9 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 4940,0 kWh/vivienda		Calefacción	525,5 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 2614,7 kWh/vivienda	11,85**	
ACS	633,1 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 3150,0 kWh/vivienda		ACS	253,2 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 1260,0 kWh/vivienda	6,11	
Cocina y horno	211,0 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 1050,0 kWh/vivienda		Cocina y horno	211,0 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 1050,0 kWh/vivienda	-	
Aparatos domésticos	942,5 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 2079,9 kWh/vivienda		Aparatos domésticos	524,3 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 1157,1 kWh/vivienda	0,00	
Iluminación	279,5 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 616,8 kWh/vivienda		Iluminación	279,5 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 616,8 kWh/vivienda	-	

Imagen131– Consumo eléctrico y emisiones estándar en Cataluña. Fuente: Parámetros de la sostenibilidad ITEC.

127

En esta tabla se muestran datos promedio de consumo eléctrico y emisiones de viviendas estándar en Cataluña.

Factores de paso de Energía Final			
Energético	a Energía Primaria Total (kWhEP/kWhEF)	a Energía Primaria No Renovable (kWhEPNR/kWhEF)	a Emisiones de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWhEF)
Electricidad	2.368	1.954	0.331
Gasoleo calefaccion / Fuel-oil	1.182	1.179	0.311
GLP	1.204	1.201	0.254
Gas Natural	1.195	1.190	0.252
Carbon	1.084	1.082	0.472
Biomasa no densificada	1.037	0.034	0.018
Biomasa densificada (pelets)	1.113	0.085	0.018

Imagen129– Factores de Conversión energía final a energía primaria Fuente:

	EP calculated			EP based on real consumption
	Heating	Domestic Hot Water	Cooling	Any Use
Wood, Biomass	0.013	0.013	0.013	0.013
Natural gas	0.234	0.234	0.234	0.234
Fuel oil	0.3	0.3	0.3	0.3
Coal	0.384	0.384	0.384	0.384
Propane/Butane	0.274	0.274	0.274	0.274
Other fossil fuels	0.32	0.32	0.32	0.32
Electricity	0.18	0.04	0.04	0.084

Table 4:  
kWh final energy to  
CO<sub>2</sub> emission  
conversion factor  
(kgCO<sub>2</sub>/kWh<sub>FE</sub>).

Imagen130– Factores conversión energía fina a energía primaria Francia. Fuente: EPBD France 2014

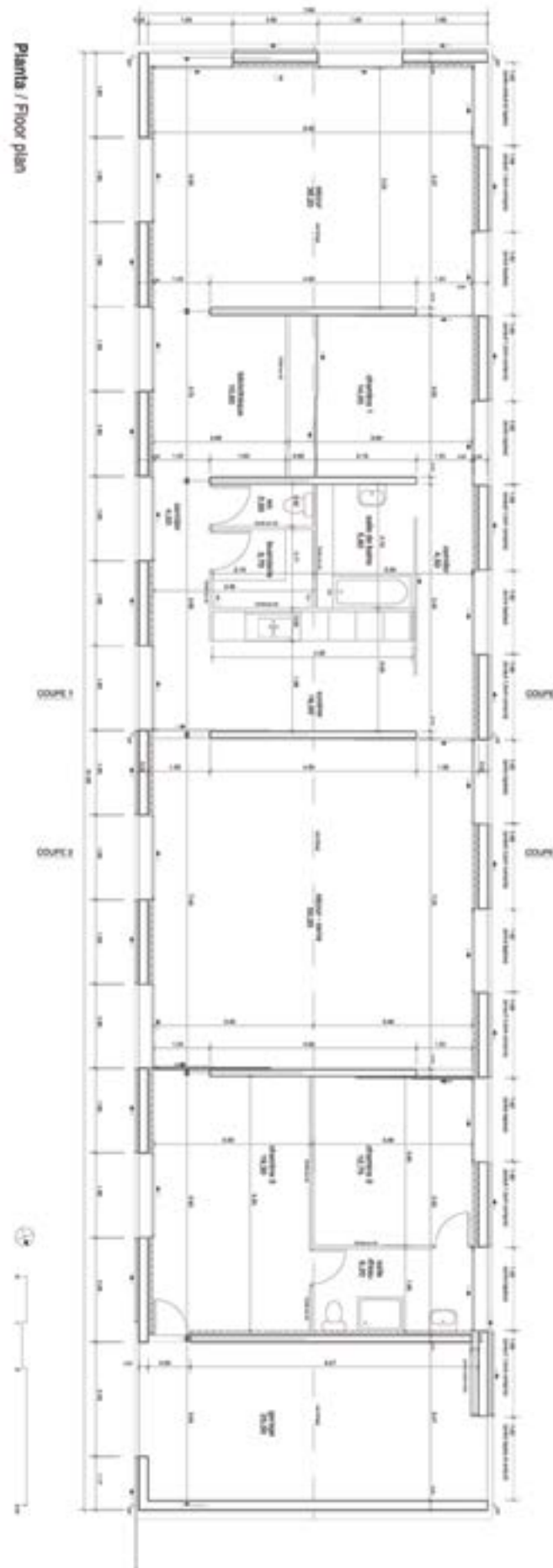
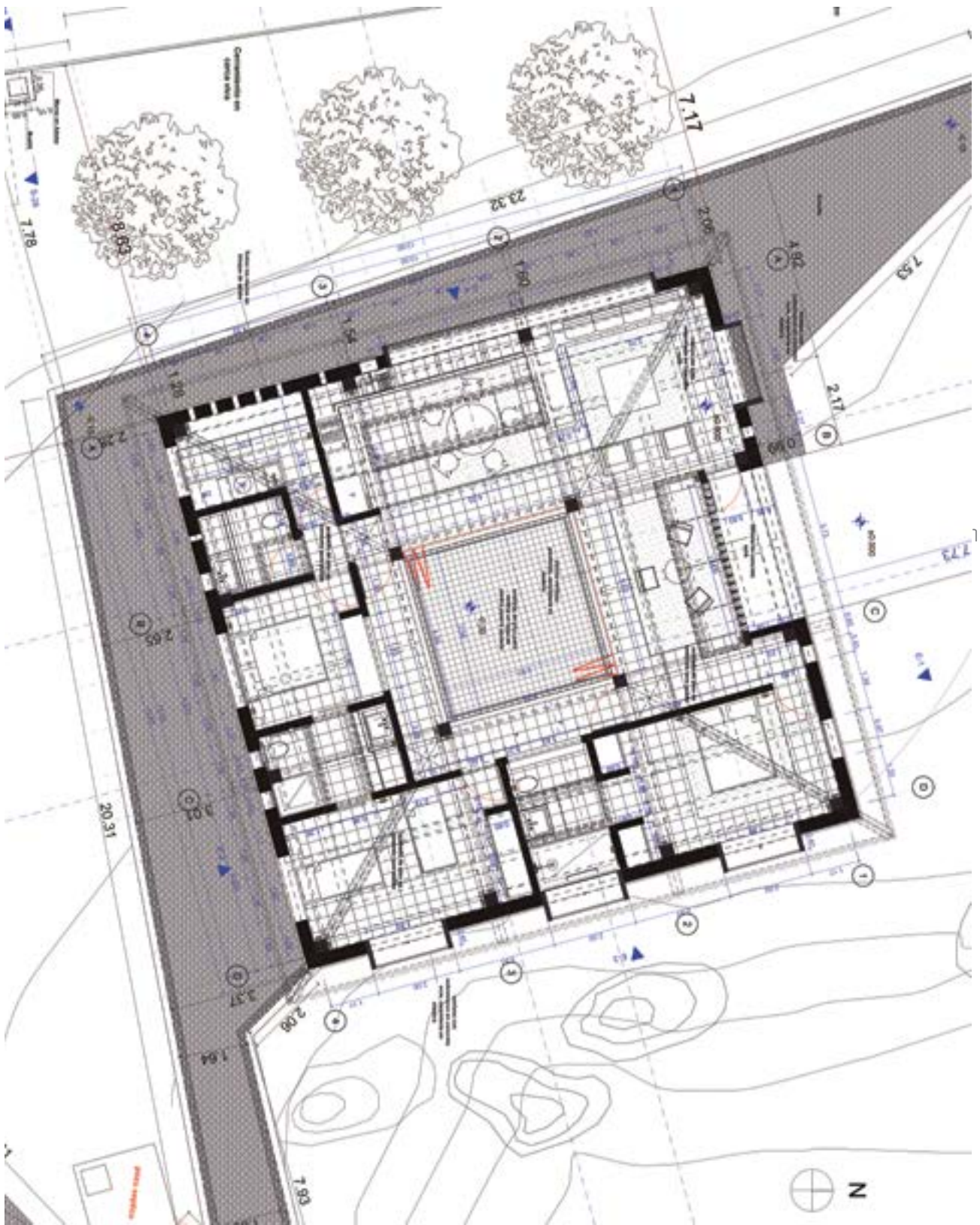


Imagen132—Planta casa en Dordoña. Fuente: Lacaton & vasal Revista el croquis # 177-178.





129

Imagen133–Planta casa de tierra. Fuente: Alfonso Arango.





Reunido el Tribunal calificador en el día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle de la Universidad Ramon Llull  
el/la alumno Juan Camilo Moreno Páez

expuso su Trabajo Final de Máster, el cual tiene por título:

**LA CASA ECOLÓGICA**  
Entender la sostenibilidad en la vivienda unifamiliar aislada

delante del Tribunal formado por los Drs. que firman a continuación, habiendo obtenido la calificación:

Presidente/a

Vocal

Vocal

Alumno/a