



Memorias  
**Encuentro  
Semilleros**  
de Investigación Región Pacífico

Publicación Anual - Volumen 1 - Noviembre de 2016 - ISSN 2539-3758

CENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN  
REGIONAL VALLE



# MEMORIAS I ENCUENTRO DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN REGIÓN PACÍFICO



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-Compartirlgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



**MEMORIAS  
I ENCUENTRO DE SEMILLEROS  
DE INVESTIGACIÓN  
REGIÓN PACÍFICO**

Noviembre de 2016

Encuentro Semilleros de Investigación Región Pacífico (2016: Cali, Colombia)

Memorias. I Encuentro Semilleros de Investigación Región Pacífico / Encuentro Semilleros de Investigación Región Pacífico; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA ; compilador Carlos Iván Zuluaga Villamarín. -- Cali : Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 2016.

132 páginas ; 21 cm.

1. Semilleros de investigación - Pacífico (Región, Colombia)  
2. Promoción de la investigación científica - Pacífico (Región, Colombia)  
3. Grupos de investigación - Pacífico (Región, Colombia)  
4. Industria de la construcción - Pacífico (Región, Colombia)

I. Zuluaga Villamarín, Carlos Iván, compilador II. Servicio Nacional de Aprendizaje. Regional Valle III. Tit.

001.42 cd 21 ed.

A1555139

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

## **Memorias**

### **I Encuentro de Semilleros de Investigación Región Pacífico**

© 2016 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - Cali

Centro de la Construcción

**ISSN 2539-3758**

Volumen 1, noviembre de 2016

#### **Director General del Sena**

Alfonso Prada Gil

#### **Director Regional Valle**

César Alveiro Trujillo Solarte

#### **Coordinador Grupo de Investigación, Innovación y Producción Académica - Sennova, Sena Dirección General**

Emilio Eliecer Navia Zúñiga

#### **Subdirector Centro de la Construcción**

Jorge Orlando Duque Mora

#### **Coordinadores Académicos**

Efraín Grizales Lañas

Mauricio Gómez Betancourt Gómez

Martha Isabel Martínez

#### **Líder SENNOVA Centro de la Construcción**

Carlos Iván Zuluaga Villamarín

Grupo TPIC - Tecnologías para la Innovación en la Construcción Colciencias - Categoría D

#### **Coordinadora de la Publicación**

Aydee Castro Sánchez

#### **Traducción al inglés**

Hernando Perdomo Gómez

#### **Diseño e Impresión**

Ingeniería Gráfica S.A.

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Conmutador: (572) 431 5800 ext 23500

E-mail: [vallconstruc@sena.edu.co](mailto:vallconstruc@sena.edu.co)

[www.sena.edu.co](http://www.sena.edu.co)

Cali - Colombia

El contenido de esta publicación no compromete el pensamiento de la institución, es responsabilidad absoluta de sus autores.

Este libro no podrá ser reproducido en todo o en parte, por ningún medio impreso o de reproducción sin permiso escrito del titular del copyright.

# CONTENIDO

<b>Presentación</b>	<b>7</b>
<b>Prólogo</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. REUTILIZACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN</b>	
<b>Análisis de las propiedades de concretos no estructurales elaborados con agregados provenientes de lozas de pavimento recicladas</b>	<b>13</b>
Properties analysis of the unstructured concrete made with aggregates from recycled paving slabs	
<b>Evaluación de la transformación y aprovechamiento de materiales reutilizables y reciclables en la ciudad de Pasto-Nariño, Colombia</b>	<b>26</b>
Evaluation of the transformation and use of reusable and recyclable materials in the city of Pasto-Nariño, Colombia	
<b>CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN Y USO DE VIVIENDAS</b>	
<b>Vivienda bioclimática con sistema energético renovable y materiales típicos de la Guajira, Colombia</b>	<b>37</b>
Bioclimatic house with renewable energy system and typical materials of the Guajira, Colombia	
<b>Interpretación arquitectónica en el eje vial de la carrera 5 dentro del centro histórico de Cali, Valle-Colombia</b>	<b>42</b>
Architectural interpretation into the 5 <sup>th</sup> road axis at the historic center of Cali, Valle-Colombia	
<b>Creación de un espacio urbano virtual para los habitantes de la comuna 3 de la ciudad de Cali, Colombia</b>	<b>50</b>
Creation of a virtual urban space for commune 3 inhabitants of Cali, Colombia	
<b>Sistemas livianos de construcción en vivienda de interés social Valle del Cauca</b>	<b>57</b>
Lightweight construction systems used in social housing in Valle del Cauca.	

### **CAPÍTULO III.**

## **SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ALTERNATIVA**

### **Sistema parabólico de secador solar fotovoltaico para café (Coffea arabica L.) en Calarcá, Quindío-Colombia** **73**

Parabolic system of solar photovoltaic dryer for coffee (Coffea arabica L.) in Calarcá, Quindío-Colombia

### **Diseño e implementación de un sistema de energía fotovoltaico como alternativa de energización y método de aprendizaje para el Centro Agro Turístico, SENA-Regional Santander, Colombia** **79**

Design and implementation of a photovoltaic energy system as an alternative energizing and learning method for Agro Tourism center, SENA-Regional Santander, Colombia

### **CAPÍTULO IV.**

## **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y SIG**

### **Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la entrada 4 Ecoparque Río Pance, Cali, Colombia** **97**

Determination of water quality by biological and physico-chemical indicators at the Eco Park Pance River input 4 Cali-Valle, Colombia

### **Lineamientos técnicos dentro del marco de la sostenibilidad ambiental y social para la rehabilitación de viviendas abandonadas en zonas rurales de los Montes de María Departamento de Bolívar, Colombia** **110**

Technical guidelines within the framework of environmental and social sustainability for the rehabilitation of abandoned housing in rural areas of the Montes de María Department of Bolívar, Colombia

### **Implementación de un visor geográfico para el Distrito de adecuación de tierras a pequeña escala contador “Asocontador” Municipio de Pitalito, Huila, Colombia** **118**

Implementation of a geographic viewer for land improvement District to a small-scale counter “Asocontador” Pitalito Municipality, Huila - Colombia

### **Modelación geotécnica de un talud del municipio de la Estrella-Antioquia, Colombia** **124**

Geotechnical modeling of a slope from the la Estrella Municipality - Antioquia, Colombia.

## PRESENTACIÓN

Para el Centro de la Construcción del SENA Regional VALLE es un motivo de orgullo presentar a la comunidad educativa, científica y empresarial la publicación de las “MEMORIAS DEL PRIMER ENCUENTRO DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN REGIÓN PACIFICO” que contiene reflexiones conceptuales alrededor de diseños y desarrollos de procesos constructivos.

Esta publicación es una manera de mostrar los avances que el Centro de la Construcción Regional Valle y otras Instituciones de Educación, logran producto de las actividades de formación que consideran la construcción tanto de infraestructura como de vivienda, satisfacer necesidades de los ciudadanos y así mejorar la calidad de vida de los habitantes de una zona, barrio, región y país.

El diseño y construcción de obras no es solo una actividad estética y de cemento, arena, hierro, entre otros materiales, sino que piensa en el Ser Humano que utilizará la vía, el parque, el puente, el terminal terrestre, fluvial o aéreo, el centro comercial, el colegio, la oficina, que habitará la casa el apartamento, la construcción la pensamos como una actividad para y por la dignidad del Ser Humano.

Toda innovación tecnológica alrededor del trabajo con el espacio, los volúmenes, los colores, los materiales, la temperatura, la seguridad, producto de la investigación, tiene como propósito incidir en la calidad de la educación y de esa manera impactar al sector al cual nos debemos, entendemos como actores del sector a los trabajadores, empresarios y en términos más amplios la comunidad en general que se beneficia del trabajo de la construcción, es decir, el Ser Humano.

Sea esta la oportunidad para socializar los trabajos resultados de la convocatoria del Primer Encuentro de Semilleros de Investigación Región Pacífico realizado en Santiago de Cali el 25 de noviembre de 2016 y agradecer a todas las instituciones que aceptaron nuestra invitación.

Carlos Iván Zuluaga Villamarín  
Líder Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico  
e Innovación SENNOVA  
Centro de la Construcción  
Sena Regional Valle





## PRÓLOGO

El Centro de la Construcción Regional Valle del Cauca, en cumplimiento y desarrollo de su Visión 2020: Ser líderes en el ámbito internacional en Construcción Sostenible, ha venido y sigue incentivando la realización de actividades de investigación aplicada mediante la participación de los diferentes integrantes de la comunidad educativa a través de los semilleros de investigación.

Los proyectos de investigación aplicada que nos encontramos realizando, están orientados a encontrar soluciones a situaciones, problemas y oportunidades de las actividades del sector de la construcción de edificaciones e infraestructura con la convicción que si las hipótesis expuestas se validan y comprueban, haremos un gran aporte a los procesos formativos y al sector económico en especial, y que mejor que mediante el concurso y participación de los integrantes de estos semilleros.

Esta publicación recoge resultados de proyectos recibidos para el Primer Encuentro de Semilleros de Investigación Región Pacífico como aporte fundamental al proceso formativo de aprendices y estudiantes de las instituciones educativas que participan en el encuentro.

Como semilleros es el inicio en la compleja actividad de la Investigación, dimensionando las actividades de la Construcción como elementos fundamentales para solucionar problemas humanos, se parte desde la formulación de preguntas e interrogantes, para continuar con el diseño de alternativas de solución mediante trabajos de laboratorio y/o de campo, hasta llegar a obtener resultados que respondan las preguntas iniciales y solucionen los problemas que se identificaron y definieron. Propiciar semilleros de investigación es fundamental para cumplir con el propósito que tiene Colombia de fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación y así impactar al sector productivo mediante la solución de problemas concretos y reales.

Estos semilleros inician el largo trabajo de la investigación tecnológica y una manera de incentivarla es mediante la publicación de los primeros avances de investigaciones, además, de esta manera generar la disciplina de escribir para publicar en revistas indexadas y en textos académicos.

Damos así la bienvenida a los trabajos recibidos de los semilleros de investigación de la Región Pacífico, de otras zonas del país y del Centro de la Construcción del SENA Regional Valle.

Jorge Orlando Duque Mora  
Subdirector Centro de la Construcción  
Regional Valle



# **CAPÍTULO I. REUTILIZACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN**



# Análisis de las propiedades de concretos no estructurales elaborados con agregados provenientes de lozas de pavimento recicladas

## Properties analysis of the unstructured concrete made with aggregates from recycled paving slabs

Mónica Eljaiek Urzola, Leydy Torres Gil y Yineth García Díaz\*

---

Grupo de Investigación Modelación Ambiental, Universidad de Cartagena. Autor para correspondencia: ygarciad1@unicartagena.edu.co

### RESUMEN

En la presente investigación se analizan las propiedades de absorción, densidad y resistencia de adoquines, bloques y concreto de baja resistencia elaborados con agregado fabricado con concreto proveniente de lozas de pavimento. En los tres tipos de elementos se analizaron principalmente los especímenes con 50% de adición de material reciclado y material árido natural. Para el desarrollo experimental fueron elaborados bloques huecos y macizos No. 6, con relación agua cemento 0.6, con 25% de agregado fino reciclado y 25% de agregado grueso reciclado; los adoquines fueron de tipo no biselados y sin refuerzo de acuerdo con la NTC 2017 y solo se utilizó agregado grueso reciclado; la mezcla de los cilindros y viguetas de concreto fueron diseñados para obtener resistencias entre 2000 y 2500 PSI y se utilizó igualmente un 50% de agregado grueso reciclado como reemplazo del tradicional. La absorción y densidad de los concretos resultantes se determinó por pruebas de inmersión. Los ensayos de resistencia para las muestras de adoquines fueron de flexotracción mientras que en los bloques y en las muestras de concreto de baja resistencia fue evaluada la resistencia a compresión. Los resultados muestran que el concreto de baja resistencia tiene una absorción de 6 %, el adoquín de 12% y los bloques 21%, la densidad fue para los bloques de  $2056 \text{ kg m}^{-3}$  y para el concreto de baja resistencia de  $2.613 \text{ kg m}^{-3}$ , la resistencia a flexotracción de los adoquines se encontró en 7 Mpa muy por debajo de la encontrada para las muestras blanco, mientras que la resistencia a compresión de los bloques y el concreto de baja resistencia tuvieron valores de 32.16 Mpa y 33.56 Mpa respectivamente, los cuales se encuentran muy cercanos a los valores de los especímenes sin adición.

**Palabras clave:** Concreto reciclado, agregados, absorción, densidad, resistencia.

## ABSTRACT

In this research the absorption properties, density and resistance pavers, blocks and concrete made with low strength concrete aggregate from slabs of pavement are analyzed. In the three types of elements mainly analyzed specimens with 50% addition of recycled material and natural aggregate material. For experimental development were made hollow blocks and solid No. 6 with 0.6 water cement ratio, with 25% recycled fine aggregate and 25% recycled coarse aggregate; type the cobblestones were not beveled without reinforcement according to the NTC 2017 and was performed only in recycled coarse aggregate; mixing cylinders and concrete joists for resistances among 2000 and 2500 was also used PSI and 50% recycled as coarse aggregate traditional replacement. Absorption and density of the resulting concrete were determined by immersion tests. Strength tests for samples were cobblestones flexural while in the blocks and concrete samples low resistance was evaluated compressive strength. The results show that the concrete low resistance has an absorption of 6%, the cobblestones of 12% and the blocks 21%, the density was for blocks of 2056 kg. m<sup>-3</sup> and concrete of low strength of 2613 kg. m<sup>-3</sup>, the flexural strength of the cobblestones was found in 7 Mpa well below that found for blank samples, while the compressive strength of the concrete blocks and low resistance values were 32.16 and 33.56 Mpa, respectively, which are very close to the values of the specimens without addition.

**Key words:** Absorption, aggregates, density, recycled concrete, resistance.

## INTRODUCCIÓN

El índice de producción de escombros para obras residenciales en la ciudad de Cartagena es de 0.25 m<sup>3</sup>. m<sup>-2</sup> y para otras obras civiles 0.91 m<sup>3</sup>. m<sup>-2</sup>, la disposición de escombros se hace cerca de las avenidas principales en cerca de 64 escombreras satélites (PNUMA, Cartagena, EPA y Colombia, 2009) adicional a esto se reportan pérdidas de cerca de 200 hectáreas de cuerpos de agua por causa de los rellenos con escombros (El Universal Cartagena, 2015). La actividad de la construcción aumenta en la ciudad y se consolida como uno de los más sobresalientes ya que su aporte al PIB pasa de 3,4% en 2000 al 13,2% en 2014 sin embargo, hasta 2011 se genera alrededor de 190.000 metros cúbicos de RCD y de acuerdo con esta situación se requiere actualmente una escombrera con una capacidad de 2.900.000 metros cúbicos para disponer lo generado hasta el año 2018.

En el ámbito nacional se tienen iniciativas políticas, legislativas y modelos de emprendimiento en ciudades como Cali y Medellín que buscan minimizar el impacto de los residuos de construcción y demolición sobre el medio ambiente entre el 30% y el 45% en la región.

Recientemente entró en vigencia un lineamiento técnico ambiental para el manejo aprovechamiento y disposición final de los residuos de construcción y demolición (RCD) en el Distrito de Cartagena en donde se obliga a las empresas generadoras de RCD a hacer un correcto manejo y disposición de éste tipo de materiales (EPA

Cartagena, 2015), sin embargo el aprovechamiento de residuos de construcción específicamente de concreto, posee ciertas dificultades técnicas porque el concreto triturado para su uso como agregado lleva consigo micro fisuras que conducen al aumento de la porosidad, por lo que la absorción aumenta y disminuye la densidad, la resistencia al desgaste, resistencia a la abrasión y otras propiedades, independientemente del origen del concreto (Omary, Ghorbel y Wardeh, 2016). Igualmente el ritmo acelerado de adsorción genera una rápida pérdida en el desempeño óptimo de la mezcla, por lo que algunos autores proponen humedecer el agregado. La incorporación de impurezas, material cerámico o compuestos como el yeso también pueden perjudicar el comportamiento final de la mezcla (Quattrone *et al.* 2016). Por lo anterior algunas muestras hechas a partir de concreto de alta calidad sin refuerzo tales como lozas y prefabricados presentan un buen comportamiento estructural y mecánico (Brito *et al.* 2016).

Como contribución al entendimiento de la variabilidad de las propiedades en los concretos fabricados a partir de agregados reciclados, esta investigación tuvo como objetivo evaluar para este tipo de concretos, las propiedades de la absorción, densidad y resistencia para diferentes tipos de elementos no estructurales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboraron diseños de mezcla de acuerdo al tipo de elemento con agregado calizo de la cantera Cimaco localizada a 14 Km de Cartagena arena proveniente de Ingecost (Arroyo de Piedra) y los escombros procedentes de la demolición de placas de pavimento de la avenida Pedro de Heredia de Cartagena. En la Figura 1 se puede observar la forma del triturado y en la Tabla 1 se pueden encontrar algunas de sus características.



**Figura 1.** Agregado reciclado proveniente de la antigua avenida Pedro de Heredia, Cartagena, Colombia

**Fuente:** Autores



**Tabla 1.***Característica de la placa de concreto Avenida Pedro de Heredia*

<b>Característica</b>	<b>Dato</b>
Espesor Placa	0,21 m
Resistencia Compresión	5000 PSI
Flexión	600 PSI
Triturado:	Calizo con textura rugosa y forma irregular
Edad:	Superior a 30 años

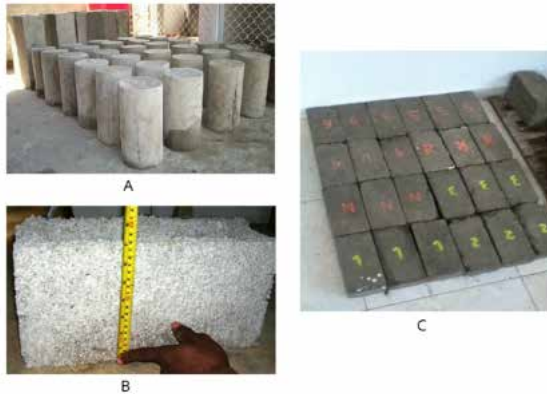
**Fuente:** Transcaribe S.A., 2015

Los escombros fueron triturados en forma manual para la granulometría fina y en una trituradora para granulometría gruesa. Para todos los elementos se analizaron los parámetros de absorción densidad y resistencia con una dosificación del 50% de agregado reciclado.

Los diferentes diseños de mezcla fueron sometidos a ensayos de acuerdo con la Norma Técnicas Colombiana, ensayos de granulometría (NTC 77), peso unitario (NTC 92), densidad (NTC 176) y absorción (NTC 237), humedad (NTC 1776), resistencia al desgaste (NTC 98) y al ataque de sulfatos (NTC 126) que permitieron su caracterización como agregado grueso. Las propiedades del agregado fino y del cemento también fueron estudiadas para adquirir toda la información necesaria para la elaboración del diseño de mezcla.

## **ELABORACIÓN DE CONCRETOS DE BAJA RESISTENCIA**

Para el concreto de baja resistencia en el ensayo a compresión se usaron de 6 cilindros y para muestras de flexión se elaboraron dos viguetas, Figura 2. Dentro del desarrollo experimental se incluyeron otras dosificaciones de material reciclado que se pueden encontrar en la Tabla 2. Adicionalmente las muestras denominadas con CR, corresponden a “concreto reciclado” mientras que la CN corresponde a las muestra de “concreto normal”, las muestras CR(a) tienen las mismas proporciones en peso que las (CR), con la diferencia que a las primeras se les realizó un ajuste granulométrico conforme con la Norma Técnica Colombiana (NTC) 174 y se le practicaron los mismos ensayos buscando verificar su incidencia en la calidad del producto final.



**Figura 2.** Especímenes para ensayos.

A. Cilindros y viguetas de concreto de baja resistencia, B. Bloques No. 6, C. Adoquines sin refuerzo.

**Fuente:** Autores

**Tabla 2.**

*Diseños de mezcla para la elaboración de concreto reciclado*

Muestras/ tipo de agregado	CR1	CR2	CR3	CR4	CN	CR1(a)	CR2(a)	CR3(a)
Agregado reciclado	30%	50%	70%	100%	0%	30%	50%	70%
Agregado Natural	70%	50%	30%	0%	100%	70%	50%	30%

**Fuente:** Autores

Las características particulares para la adición de 50% de material reciclado se encuentran en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Diseño de mezcla para muestra CR2*

Especimen	Agregado reciclado %	A/C	Asentamiento (mm)	Contenido de aire (%)
CR2	50	0,62	80	1,5
CN	0	0,55	79,17	

**Fuente:** Autores

El estudio también contempló un análisis costo/beneficio como indicador de la viabilidad económica del proyecto, en el que se determinaron los ahorros, ganancias o beneficios que su aplicación genera, tales como ahorros en disposición de

escombros, disminución en costos de elaboración del concreto y reducción de la explotación de recursos naturales entre otros.

### Elaboración de bloques de concreto

En el estudio de factibilidad técnica del uso de escombros en la elaboración de bloques de concreto macizos y huecos no estructurales No. 6, se desarrolló a partir de dos diseños de mezcla. El primer diseño de mezcla se conformó por un 50% de agregado natural y 50% de escombros triturados, mientras que el segundo diseño contenía solo un 25% de agregado natural y 75% de escombros triturados. Como punto de comparación con los otros elementos no estructurales se tomaron los resultados del diseño de mezcla número uno. En la Tabla 4 se pueden encontrar los detalles del diseño utilizado para establecer la mezcla de los bloques evaluados.

**Tabla 4.**  
*Diseños de mezcla para elaboración de bloques de concreto*

<b>Diseño de Mezcla No. 1</b>			
<b>Asentamiento</b>	2"		
<b>Contenido de aire</b>	2.5	Naturalmente atrapado	
<b>Estimación Contenido de Agua</b>	100	Kg m <sup>-3</sup>	
<b>Relación Agua/Cemento</b>	0.4		
<b>Contenido de Cemento</b>	250	Kg m <sup>-3</sup>	
<b>Porcentaje de Mezcla de Agregados</b>	Natural	Fino Reciclado	Grueso reciclado
	50 %	25%	25%
<b>Diseño de Mezcla No. 2</b>			
<b>Asentamiento</b>	5	cm	
<b>Contenido de Aire</b>	2.5	Naturalmente atrapado	
<b>Relación Agua/Cemento</b>	0.4	-	
<b>Porcentaje de Mezcla de Agregados</b>	Natural	Fino Reciclado	Grueso reciclado
	0.25	0.50	0.25

Fuente: Autores

Para cada tipo de bloque y para cada diseño se tomaron medidas a partir de 5 muestras. Adicionalmente se realizó un análisis de los costos de producción de los bloques elaborados que comparados con los resultados técnicos obtenidos permitió seleccionar la mejor alternativa.

## Elaboración de Adoquines

La evaluación de la viabilidad técnica del uso de escombros en la fabricación de adoquines para pavimentos, se hizo a partir de ocho diseños de mezcla y 5 especímenes por cada dosificación, bajo la NTC 2017 los ocho experimentos se muestran en la Tabla 5. Como punto de comparación se tomaron solo los datos de los especímenes ARC3 que corresponden a 50% de material reciclado como agregado. Las respectivas proporciones de la mezcla para adoquines fueron respectivamente: Cemento: 1; A/C: 0.5; Arena: 3.2; Agregado grueso: 0.6.

**Tabla 5.**

*Porcentajes de agregado reciclado y natural en los especímenes tipo adoquín*

Especimen	% de agregado reciclado		% de agregado natural
	Ladrillo	Concreto	
ARC1	0%	30%	70%
ARC2	0%	70%	30%
ARC3	0%	50%	50%
ARC4	30%	0%	70%
ARC5	70%	0%	30%
ARC6	50%	0%	50%
ARC7	50%	50%	0%
AN8	0%	0%	100%

**Fuente:** Autores

Adicionalmente estas muestras fueron sometidas a ensayos para determinar la absorción, densidad, resistencia a la flexo tracción (módulo de rotura Mr) y resistencia a la abrasión de acuerdo a la NTC 2017.

## Absorción de agua y densidad

Las muestras de cada mezcla fueron secadas en un horno a temperaturas de 100 °C durante 24 horas y posteriormente se les tomó el peso (A), se sumergieron durante 24 horas dentro de un recipiente con agua a una temperatura entre 15 °C y 27 °C. luego de este período de saturación se pesó cada muestra sumergida en agua, suspendidas mediante un alambre para obtener su masa inmersa en agua y suspendida (C), cada muestra se retiró del agua y se secó para pasar a ser pesada inmediatamente para obtener su masa húmeda superficialmente seca (B). La absorción de agua (Aa) del total de la masa del espécimen se calculó para cada muestra mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Absorción (Aa), \%} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

### Ecuación 1: *Cálculo de la Absorción*

La densidad de cada muestra se calculó con la siguiente ecuación

$$\text{Densidad (D), \%} = \frac{A}{B - C} \times 100$$

### Ecuación 2: *Determinación de la Densidad*

La resistencia a la compresión se determinó para los bloques evaluados conforme a la Norma Icontec 247 y la fuerza a la compresión axial, se determinó acogiéndose a los lineamientos la norma NTC 673.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 6 se exponen las características de los agregados gruesos y de las mezclas entre estos utilizados en la elaboración de concreto de baja resistencia. Se puede observar que la capacidad de absorción de los agregados gruesos reciclados osciló entre 5.39% y 7.75%, respectivamente, éstos no cumplen con los valores recomendados que se encuentran entre 0 y 5%. Esto puede afectar propiedades del concreto como resistencia a la compresión y flexión y principalmente propiedades de durabilidad tal como su resistencia al desgaste. Por otro lado, el agregado natural de Cimaco (AN) presenta una capacidad de absorción de 3,26% (acorde a lo recomendado), que al combinarse con los reciclados no ayuda en gran medida a disminuir la absorción de los agregados reciclados.

**Tabla 6.**

*Características de los agregados gruesos utilizados en la elaboración de concreto de baja resistencia*

Propiedad	Agregado para cada mezcla							
	AN	AR1	AR2	AR3	AR4	AR1(a)	AR2(a)	AR3(a)
%Absorción	3.26	5.39	5.86	7.25	7.75	5.51	6.81	7.08
Densidad Aparente (kg m <sup>-3</sup> )	2470	2298	2257	2201	2188	2362	2233	2219
Humedad Natural W <sub>n</sub> (%)	2.02	1.94	2.42	3.21	3.28	1.31	1.93	2.75

**Fuente:** Autores

Se observó que los agregados finos producto de la trituración y utilizados para la elaboración de bloques, tienen un porcentaje de absorción muy alto dado que el valor máximo recomendado 4%; característica a la cual se le atribuye el aumento de la relación agua/cemento al momento de elaborar los bloques.

En cuanto al desgaste, la NTC 174 recomienda que los agregados utilizados para la elaboración de concretos y bloques presenten como máximo un desgaste del 50% a la abrasión garantizando con esto su uso en cualquier tipo de construcción. Los agregados reciclados cumplieron satisfactoriamente dicha condición como señal

de la buena calidad de dichos materiales. En cuanto a la sanidad al ataque de los sulfatos de magnesio tiene un límite máximo de 18% según la NTC 174, se pudo verificar que el escombro es apto desde este punto de vista para la elaboración de concretos y bloques ya que el porcentaje de pérdida encontrado osciló entre 10.53% y 11.30%.

### Concretos de Baja Resistencia

La resistencia a la compresión es la principal propiedad del concreto ya que influye directamente en las demás. Los resultados mostraron que los concretos reciclados alcanzaron y superaron en su mayoría la resistencia de diseño de 24.5 MPa (3500 PSI) y se mostraron competitivos en relación con las resistencias logradas por el concreto convencional incluso superando en algunas ocasiones los valores alcanzados. En la Tabla 7 se pueden observar las resistencias obtenidas.

**Tabla 7.**

*Resistencia a la Compresión de los Concretos de baja resistencia*

Edad (días)	Resistencia (Mpa)				
	AN	AR1	AR2	AR3	AR4
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	23.48	25.85	29.52	26.34	24.19
14	25.06	29.56	31.49	26.81	26.55
28	27.62	30.66	32.16	30.37	29.136

**Fuente:** Autores

Las resistencias obtenidas confirman que los concretos no son de baja resistencia permiten valorizar a los escombros proveniente de demolición de placas de pavimento y motivar a la vez la realización de estudios más profundos donde desde el comienzo se busque obtener concretos normales y porque no de alta resistencia. En la Tabla 8, se pueden detallar las propiedades de los concretos ensayados.

**Tabla 8.**

*Resumen de las Propiedades de los Concretos de baja resistencia*

Concreto	Peso Unitario (gr.cm <sup>-3</sup> )	Absorción (%)	Densidad Nominal (Kg.m <sup>-3</sup> )	Resistencia a la compresión (Mpa)	Resistencia a la Flexión (Mpa)	Asentamiento	
						mm	Pulg.
AN	2.32	8.04	2554	27.62	4.46	112.50	3.17
AR1	2.3	10.49	2535	30.66	4.87	88.33	4.50
AR2	2.34	6.10	2613	32.16	4.54	100.00	3.53
AR3	2.27	5.54	2363	30.37	4.94	116.67	4.00
AR4	2.29	6.36	2460	29.13	4.45	80.00	3.00

**Fuente:** Autores

Los concretos obtenidos y evaluados en la presente investigación presentan altos porcentajes de absorción que podrían afectar la durabilidad de los mismos. (Omary, Ghorbel y Wardeh, 2016) (PNUMA, Cartagena, EPA, & Colombiano, 2009) (Quattrone *et al.* 2016)

En cuanto a los costos, la Tabla 9 muestra un resumen de costos de producción de cada uno de los concretos elaborados según el contenido de escombros presente.

**Tabla 9.**

*Costo de Producción de los Concretos Elaborados*

Tipo de Concreto	Costo de Producción (Ton)
AN	US\$ 92
AR1	US\$ 87.7
AR2	US\$ 83.9
AR3	US\$ 80.5
AR4	US\$ 75.9

Fuente: Autores

### Bloques para Viviendas

Los bloques elaborados no alcanzaron la resistencia esperada por la NTC 4024, (probablemente por el aumento de la relación agua cemento, por su alta capacidad de absorción y/o por el proceso de elaboración manual) pero la resistencia alcanzada es aceptada por la Norma Icontec 247, que los clasifica como Tipo 3 y Tipo 4.

Los bloques huecos y macizos que alcanzaron mayor resistencia fueron aquellos que contenían en mayor porcentaje los agregados finos reciclados y gruesos reciclados. Es importante resaltar que los bloques huecos tienen mayor consistencia y solidez que los bloques macizos.

También se desarrolló una comparación con los bloques encontrados en el mercado se observa que al igual que los elaborados con escombros, tienen buenas propiedades de resistencia y densidad, excepto con la propiedad de absorción, pues estos presentan mayor absorción que los bloques elaborados con escombros por lo que se puede concluir que los bloques elaborados con escombros producto de la demolición de placas de concreto presentan mejores características que los que se encuentran en el mercado. En la Tabla 10 se pueden observar los resultados de las propiedades bajo estudio y el costo de producción de los bloques.

**Tabla 10.***Propiedades y de bloques elaborados según el diseño de mezcla y costo*

Ensayos	Diseño de Mezcla 1 (50% AR)		Diseño de Mezcla 2 (75% AR)	
	Huecos	Macizos	Huecos	Macizos
Resistencia (kg. cm <sup>-2</sup> )	36.69	30.43	43.56	39.50
Absorción (%)	27.24	27.39	28.25	29.52
Densidad (kg. m <sup>-3</sup> )	2207.87	1904.06	2094.08	1822.50
Costos de producción (\$)	842.70	1581.12	805.06	1506.84

**Fuente:** Autores

### Adoquines

Los resultados obtenidos en el ensayo del módulo de rotura están muy cercanos al exigido por la NTC (4.2 Mpa). Se obtuvieron 3.8 Mpa de resistencia para las mezclas con un 30% de concreto triturado (ARC1). En cuanto al índice de resistencia a la abrasión de los adoquines elaborados, se tiene que la muestra AN8 compuesta por un 100% de agregado natural fue la única con índice de abrasión por debajo del máximo permitido (0.11), es decir, que la inclusión de agregado reciclado en la mezcla afecta de forma negativa la resistencia a la abrasión del adoquín. Por otro lado la absorción superó los valores permisibles según las normas internacionales (INTCR, 2006).

En cuanto a las propiedades para las dosificaciones de 50% de material reciclado se puede decir que mostraron resultados positivos debido a que se mantienen muy cerca o sobrepasan los valores de las muestras blanco, exceptuando la resistencia a compresión de los adoquines.

En la Tabla 11, se pueden observar los resultados generales para los tres tipos de elementos ensayados.

**Tabla 11.***Resultados para absorción, densidad y resistencia para los tres tipos de elementos no estructurales*

Tipo de muestra con 50% de Agregado reciclado	Absorción de agua promedio %	Densidad (kg.m <sup>-3</sup> )		Resistencia (Mpa)		
		Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	
Adoquín concreto	11,51	11,46	-	-	7	87
Bloque Hueco	21,5	25	2208	2265	36,69	34
Bloque macizo	21,18	25	1904	2265	30,43	34
Concreto de baja resistencia	6,1	8,4	2613	2554	32,16	27,62

**Fuente:** Autores



## CONCLUSIONES

Con base en los resultados se puede concluir que a pesar de no cumplir con propiedades como la absorción, es posible el uso de escombros como agregado grueso para la fabricación de concretos reciclados, ofreciendo buenas resistencias a la compresión, con dosificaciones del 50% y del 30 % se obtienen resultados favorables para densidad y resistencia en los distintos elementos.

En los elementos no estructurales estudiados la mayor absorción la presentaron los bloques que a su vez tuvieron una relación agua cemento mayor influenciada por la falta de manejabilidad que se presentó durante su elaboración, éste hecho puede estar relacionado igualmente con la alta absorción como lo indica la literatura (Omary, Ghorbel y Wardeh, 2016). La menor absorción la presentaron los concretos de baja resistencia con valores de 6,1 %, sin embargo, está por encima del valor admisible de 5%. Se observó igualmente que los concretos obtenidos mostraron resistencias que los pueden catalogar como concretos normales.

La densidad por su parte tuvo valores muy cercanos a los de la muestra de referencia pero se nota una disminución en esta propiedad exceptuando el concreto de baja resistencia en donde además se presentó la mayor densidad. En cuanto a la resistencia se obtuvo valores entre los 7 y los 36 Mpa teniendo un mejor comportamiento las muestras de bloque hueco; en esta propiedad es destacable la gran diferencia negativa entre la muestra de adoquín con material reciclado (7 Mpa) y sin él (87Mpa).



## BIBLIOGRAFÍA

- Brito J. D. Ferreira J. Pacheco J. Soares D. and Guerreiro M. (2016). Structural, material, mechanical and durability properties and behaviour of recycled aggregates concrete. *Journal of Building Engineering*, 6, 1-16. doi: 10.1016/j.jobbe.2016.02.003.
- Caracterización del comercio en Cartagena y Bolívar, 2000-2014. (2015). *Documentos de trabajo sobre economía regional*, 1-49.
- El Universal Cartagena. (5 de Octubre de 2015). *Escombros están acabando con los cuerpos de agua*. <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/escombros-estan-acabando-con-los-cuerpos-de-agua-epa-207642>.
- EPA Cartagena. (1 de Julio de 2015). Resolución 130 de 2015. <http://epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2013/12/RESOLUCION-130-2015.pdf>.
- Instituto De Normas Tecnicas De Costa Rica. (2006). *INTE CTN 06 Adoquines de concreto para pavimentos*. San José: Secretaría: INTECO.
- Omary S. Ghorbel E. and Wardeh G. (2016). Relationships between recycled concrete aggregates characteristics Relationships between recycled concrete aggregates characteristics. *Construction and Building Materials*, 108, 163–174. doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.01.042.
- PNUMA Cartagena I. A. EPA y Colombiano O. D. (2009). *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano : Geo Cartagena*. Cartagena de Indias: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

- Porras Á. C. Cardona A. M. y López Ó. J. (2012). Análisis de información sobre el manejo y gestión de escombros a nivel nacional e internacional. [http://www.umng.edu.co/documents/10162/745280/V3N1\\_11.pdf](http://www.umng.edu.co/documents/10162/745280/V3N1_11.pdf).
- Quattrone M. Cazacliu B. Angulo S. Hamard E. and Cothenet A. (2016). Measuring the water absorption of recycled aggregates, what is the best practice for concrete production? *Construction and Building Materials*, 123, 690–703. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.07.019.

# Evaluación de la transformación y aprovechamiento de materiales reutilizables y reciclables en la ciudad de Pasto-Nariño, Colombia

## Evaluation of the transformation and use of reusable and recyclable materials in the city of Pasto-Nariño, Colombia

Oscar Fabián Betancourth\* y Edward Alberto Mera

---

Institución Universitaria CESMAG. Centro de Estudios Superiores María Goretti. San Juan de Pasto-Nariño, Colombia. Autor para correspondencia:ozkr14@live.com

---

### RESUMEN

El objetivo de la investigación fue el de fomentar la producción a partir de materiales reciclables y contribuir así a la protección del medioambiente. Partiendo de esta idea y teniendo en cuenta la gran generación de vidrio en Nariño ( $246.96t.mes^{-1}$  en el 2007), se determinó la viabilidad de crear un producto a partir de vidrio molido, ligado al cemento, similar a una losa, ideal para ser utilizado en los acabados de cocina en firmas constructoras de viviendas de interés social, debido a que el producto ofrecerá beneficios similares al del mármol a mejores precios. Con base a lo anterior, se definieron las compañías más competitivas en el mercado de los mesones (Mármoles Putumayo), se identificó la demanda de los clientes potenciales y se determinó la frecuencia de las posibles contrataciones teniendo en cuenta la tendencia edificadora de viviendas de interés social en la ciudad de Pasto. La investigación se desarrolló a través de un paradigma positivista, con un enfoque cuantitativo y un método descriptivo, por cuanto se recolecta información estadística que permita conocer el mercado de los mesones en la ciudad de Pasto. Las técnicas e instrumentos de colecta de información, son encuestas a través de formato aplicado a las firmas constructoras identificadas en Cámara de Comercio de Pasto y revisión documental a través de fichas bibliográficas. En adición, se implementó las normas NTC2849, las cuales permiten determinar las propiedades adecuadas del producto. Como resultados parciales se encontró el precio teniendo en cuenta el escenario actual del mercado (\$198.420), la aceptación inicial del producto por parte de las firmas constructoras, justificada en los buenos precios y la contribución a la protección del medio ambiente, junto con la demanda en cantidades del producto para el año 2020, se estima en 3.351 mesones.

**Palabras clave:** Viabilidad, reciclable, método descriptivo, clasificación física de los residuos sólidos.

## ABSTRACT

The aim of the research was to encourage production from recyclable materials and thus contribute to environmental protection. With this in mind and given the large generation glass in Nariño ( $246.96 \text{ t} \cdot \text{month}^{-1}$  in 2007), the feasibility of creating a product from the ground glass was determined, linked to the cement, similar to a slab, ideal for use in cooking finishes construction firms of affordable housing, because the product will offer similar to the marble benefits at better prices. Based on the above mentioned, the most competitive companies were defined in the market mesons (Putumayo Marble), demand from potential customers was identified and the frequency of potential recruits was determined taking into account the building trend target housing office in the city of Pasto. The research is carried out with a positivist paradigm, with a quantitative approach and a descriptive method, due to the statistical information to help determine the market mesons in the city of Pasto. The techniques and instruments for the collection of information are surveys throughout formatting applied to construction firms identified in Commerce Chamber of Pasto and document review with bibliographic records. In addition, the NTC2849 standards are implemented, which allow determine the appropriate properties of the product. As partial results price found considering the current market stage (\$198.420), the initial acceptance of the product by the construction firms, justified by the good prices and the contribution to environmental protection, along with demand quantities of the product in 2020, is estimated to be 3351 mesons.

**Key words:** Viability, recyclable, descriptive method, physical classification of solid waste.

## INTRODUCCIÓN

El producto surge de la necesidad actual de fomentar la producción a partir de materiales reciclables y contribuir así a la protección del medioambiente. El producto se consigue con agregados decorativos mezclados con un aglutinante de cemento, para finalmente pulirse con equipos industriales. El material que se añade es principalmente vidrio reciclado recogido localmente; luego todo este material reciclado es lavado, triturado, y mezclado. La cantidad de energía que se utiliza para la producción es realmente pequeña, aunque a esa huella de carbono habría que sumarle la del cemento utilizado en la mezcla, pero aun así estas baldosas se pueden considerar como “ecológicas”, si se comparan con las tradicionales (Gómez, 2005).

El hecho de que el producto se realice de vidrio reciclado en la región es muy importante ya que en Nariño dentro de la clasificación física de los residuos sólidos establecida en PGIRS Pasto (2007), se define el vidrio como el residuo inorgánico más producido con un porcentaje de 3,92% y una producción mensual de  $246.96 \text{ t} \cdot \text{mes}^{-1}$ .

Además de ser un negocio inclusivo, es un producto amigable con el medio ambiente ya que busca minimizar el uso del mármol, una piedra caliza que al ser extraída con explosivos y maquinaria pesada directamente de la tierra, implica una alteración drástica del paisaje, de las formas del terreno, las pendientes de las laderas, y

destrucción de hábitat de vida silvestre. Se debe tener en cuenta que el reciclado de productos es una de las vías que garantiza firmemente la salvaguarda del medio ambiente, ya que significa volver al ciclo (Rivas y Revelo, 2009).

Castillo (2013), argumenta que incluso el vidrio molido ha sido utilizado como reemplazo parcial de cemento en el hormigón, teniendo como resultados, además de un hormigón compatible con el convencional en condiciones técnicas, mejora de la resistencia y absorción de humedad, lo que resulta en la mejora de características de durabilidad que también podrían atribuirse a los mesones adquiridos de este material. En un crecimiento exponencial de la construcción de viviendas de interés social en la ciudad de Pasto, como lo indica CAMACOL (2016), este tipo de productos sería muy competitivo, ya que al tener un menor precio, las firmas constructoras disminuirán los sobrecostos en los que se incurre al realizar los acabados de los apartamentos.

El objetivo de la presente investigación es evaluar la viabilidad del producto teniendo en cuenta las variables determinantes y comercializar el producto en el mercado de los acabados de cocina (mesones) en firmas constructoras (VIS) de la ciudad de Pasto, Nariño-Colombia.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Investigación descriptiva**

El instrumento que se utilizó para la investigación es la encuesta donde se establecieron preguntas para identificar características del mercado: precios, propiedades o requisitos que el cliente espera, cantidades utilizadas, e interés por el nuevo producto, entre otras. La Cámara de Comercio de Pasto, proporcionó la información necesaria sobre la cantidad de arquitectos y firmas constructoras en la Ciudad de Pasto, lo que se convirtió en el insumo base para realizar el muestreo, conocer los nombres y ubicación para aplicar las encuestas.

Se utilizó este tipo de herramienta porque a través de encuestas realizadas a fuentes primarias, se puede tabular y conseguir información mucho más exacta para dar respuesta al objetivo planteado, utilizando procesos detallados, instrumentos estructurados y trabajo de campo en pro de una toma de decisiones más asertiva.

### **Paradigma inductivo**

Para esta investigación se utilizó un método inductivo para establecer el número total de las firmas constructoras en la ciudad de Pasto y realizar el debido muestreo con las firmas constructoras y la aplicación final de la encuesta. A partir de esta primera fase se infieren las características totales de las firmas constructoras como elemento poblacional de la presente investigación.

### **Enfoque cuantitativo**

Para lograr información detallada, se realizaron encuestas enfocadas a los arquitectos e ingenieros de las firmas constructoras obteniendo datos que se pueden cuantificar y concluir a través de estadísticas y porcentajes. Se utilizó la prueba de Chi cuadrado para establecer diferencias significativas entre los datos obtenidos a partir de las encuestas establecidas en la ciudad de Pasto-Nariño-Colombia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a las firmas constructoras se establecieron como sigue:

### Tipo de población y muestra

Teniendo en cuenta el crecimiento exponencial de la construcción en el departamento de Nariño, que para el año 2015 presentó un total de 1456 construcciones nuevas, además del interés del gobierno por ofrecer viviendas de calidad (CAMACOL, 2016), con precios accesibles a personas de bajos recursos, se definió como población objetivo las firmas constructoras de viviendas de interés social en el área de estudio.

### Firmas constructoras que han instalado mesones en viviendas de interés social

Se pudo observar que el 87% de las firmas constructoras han instalado mesones en viviendas de interés social y tan solo un 13% se ha encargado de construir viviendas de interés social sin mesones.

### Tipo de mesón que prefieren trabajar las firmas constructoras

Se logró identificar que el granito es el material más utilizado en las construcciones con un 76%, por lo que este mineral debe considerarse como la principal competencia. Por otro lado, el mármol es el material que menos se utiliza con un 9%, ya que en este tipo de edificaciones, para personas de escasos recursos, no se utilizan materiales tan costosos como el mármol. En el caso del cemento, es el segundo material más utilizado para este tipo de viviendas con un 15% debido a que es económico, sin embargo se utiliza principalmente para proyectos de interés prioritario no viviendas de interés social.

### Razones por las que se prefiere ese tipo de mesones

Como es evidente lo que más busca un ingeniero al desarrollar edificaciones es la calidad en los productos utilizados, asegurando el cumplimiento de los requisitos de la construcción, por lo que esta es la razón principal en la elección del material con un 37%, se lograron identificar características influyentes como la resistencia, costos, durabilidad, elegancia y dominio en el mercado, siendo estos los pilares a seguir en la producción de mesones a partir de vidrio reciclado Figura 1.



*Figura 1.* Mesones a base de vidrio reciclado utilizados en viviendas de interés social

Fuente: Autores

## **Industrias con mayor preferencia en el mercado**

Se identificó que la principal competencia para la implementación de este tipo de producto es la empresa Mármoles Putumayo con una participación del 33%, quienes fabrican productos sustitutos a los de ECOBLASS. En el segundo lugar, se encuentran los prefabricados con un 20%. En tercer lugar las industrias de madera con un 7% ya que estos ofrecen cocinas enteras. Por último en el mercado, se identificaron industrias que fabrican en porcelanato, la industria ALFAROS, la empresa INSITU y la empresa ATIS.

## **Precio de la competencia**

El mercado es bastante competitivo en relación con los precios. Así por ejemplo, Mármoles Putumayo maneja varios precios dependiendo del material requerido, siendo el mármol el material más costoso, seguido por granito y por último el cemento. Los precios preferidos por las constructoras se encuentran en su mayoría en el rango de \$100.000 a \$400.000.

## **Nivel de interés de las firmas constructoras por conocer el producto**

Es evidente que todos los ingenieros y arquitectos encuestados de las firmas constructoras, quieren conocer el producto de la empresa, gracias a que el mesón ofrece características importantes y llamativas como son la originalidad y el buen precio.

## **Prueba de concepto de producto**

Al dar información del producto y visualizar una demostración en imágenes, las firmas constructoras emitieron un juicio sobre el diseño del producto, reflejando interés y expresando calificaciones positivas. 53% consideran que es muy prometedor, y un 47%, lo califican como bueno ya que no tuvieron un contacto directo con el producto, pero generalmente su respuesta es muy positiva.

## **Desinterés por algunas firmas constructoras en adquirir el producto**

Se logró identificar una razón de insatisfacción, que de acuerdo con lo respondido por las firmas constructoras es de un 93%, debido a que no ofrece la seguridad y confianza que proporcionan los productos ya conocidos. Otra razón pero no tan representativa, es el precio que para algunos ingenieros es muy alto.

## **Análisis de precios demandados**

Las firmas constructoras están dispuestas a pagar hasta \$299.900 por un mesón. A partir de este precio, después de identificar los costos en los que se incurriría al fabricar el producto a gran escala, se podrían identificar los dividendos de la idea de negocio.

## **Estrategia de promoción**

En cuanto a la promoción del producto, se hicieron dos preguntas a la hora de elegir qué tipo de compra elegiría el posible consumidor, según la encuesta, las firmas constructoras prefieren descuentos por cantidad ya que los proyectos que éstas manejan, compran productos a gran escala.

## Medios publicitarios para elección del producto

Los integrantes de las firmas constructoras decidieron que las revistas especializadas son el medio de comunicación pertinente ya que en estas se encuentran adjunto la oferta de distintos proyectos de vivienda y se podría adquirir productos especializados en el tema.

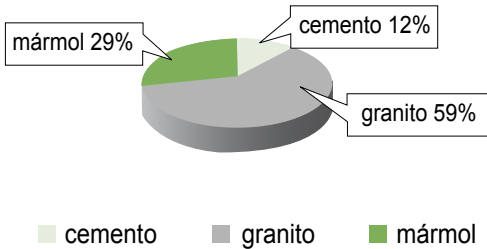
## Proyección de la construcción de viviendas de interés San Juan de Pasto-Nariño, Colombia

Teniendo en cuenta que cada una de las viviendas de interés social, requieren de un mesón con unas medidas específicas promedio de 1.6m de largo por 60cm, el crecimiento exponencial de la construcción en el departamento de Nariño, que para el año 2015 presentó un total de 1456 casas nuevas y una tasa de crecimiento de 1.37%, según la Tabla 1 y Figura 2 exponen los resultados de predilección de las empresas consultadas.

**Tabla 1.** Tipo de mesón que prefieren trabajar las firmas constructoras

Material	Número	Porcentaje
Otro	0	0%
Madera	0	0%
Cemento	1	15%
Granito	10	76%
Mármol	4	9%

Fuente: Autores



**Figura 2.** Tipo de mesón que prefieren trabajar las firmas constructoras

Fuente: Autores

Se logró identificar que el material más utilizado en las construcciones es el granito con un 76%, por lo que este mineral debe considerarse como la principal competencia. Por otro lado el mármol es el material que menos se utiliza con un 9%, ya que en este tipo de edificaciones, para personas de escasos recursos, no se utilizan materiales tan costosos como el mármol. En el caso del cemento, es el segundo material más utilizado para este tipo de viviendas con un 15% debido a que es económico, sin embargo se utiliza principalmente para proyectos de interés prioritario no viviendas de interés social.



Como es evidente lo que más se busca al desarrollar edificaciones es la calidad en los productos utilizados, asegurando el cumplimiento de los requisitos de la construcción, por lo que esta es la razón principal en la elección del material. Con un 37%, se logró identificar características influyentes como la resistencia, costos, durabilidad, elegancia y dominio en el mercado, siendo estos los pilares a seguir en la producción de mesones a partir de vidrio reciclado, Figura 3.

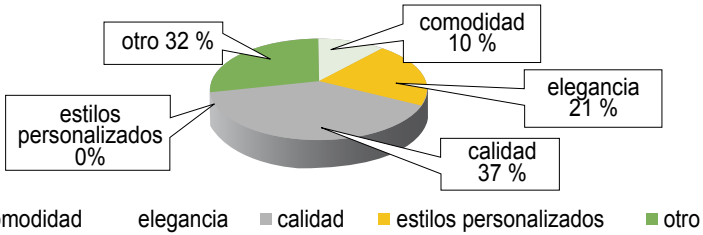


Figura 3. Razones para preferir el tipo de mesón evaluado

Fuente: Autores

El mercado para la empresa es bastante competitivo en relación a los precios. Así por ejemplo Mármoles Putumayo maneja varios precios dependiendo del material requerido, siendo el mármol el material más costoso, seguido por granito y por último el cemento. Los precios preferidos por las constructoras se encuentran en su mayoría en el rango de \$200.000, \$300.000 y \$400.000, también existe un alto porcentaje que prefieren mesones de \$100.000, \$200.000 y algunos prefieren precios menores a \$200.000 lo que evidencia que en el mercado se deben manejar precios bastante flexibles, Figura 4.

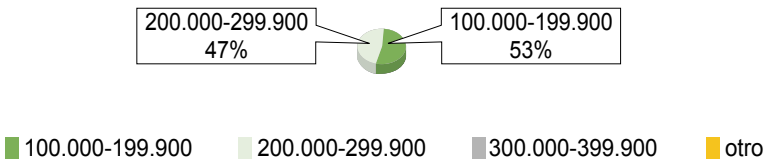
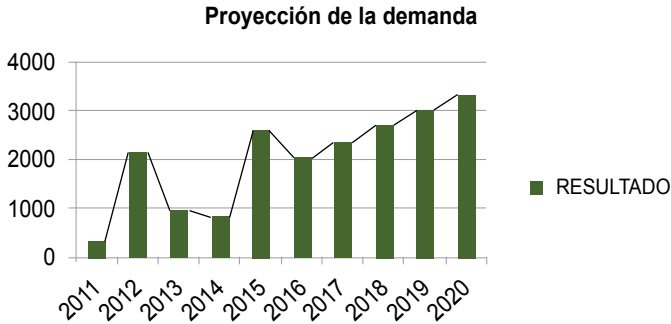


Figura 4. Análisis de precios demandados

Fuente: Autores

De acuerdo con los resultados obtenidos las firmas constructoras están dispuestas a pagar hasta 299.900 por un mesón. A partir de este precio después de identificar los costos en los que se incurriría al fabricar el producto a gran escala se podrían identificar los dividendos de la idea de negocio, Figura 5.



**Figura 5.** Proyección de la construcción de viviendas de interés San Juan de Pasto

**Fuente:** Autores

## CONCLUSIONES

El uso de vidrio molido en la fabricación de mesones es una práctica viable que otorga un lugar significativamente importante en términos de ahorro en acabados, con beneficios ambientales. Debido al amplio crecimiento en el sector de la construcción la propuesta aquí presentada se convierte en una opción viable y rentable. Como resultado de las encuestas se tiene que las firmas constructoras están dispuestas a adquirir el producto debido a que poco después de observar el diseño del producto, las empresas constructoras encuestadas calificaron el producto como bueno y excelente.



## BIBLIOGRAFÍA

- Balanco G. (2007). Como preparar un plan de negocios exitoso. McGraw- Hill. p400.
- CAMACOL. (2016). Construcción de viviendas en San Juan de Pasto. <http://www.camacolnarino.org/>.
- Castillo P.M. (2013). Consultoría para: comercialización de vidrio molido a base de vidrio reciclado para aplicaciones secundarias. WWF (eds.). p117.
- Gómez A. J. L. (2005). Arquitectura y educación: Materiales de construcción innovadores. p25. [http://aducarte.weebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/5.\\_materiales\\_innovadores.pdf](http://aducarte.weebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/5._materiales_innovadores.pdf).
- Méndez R. (2016). Formulación y evaluación de proyectos. Enfoque para emprendedores. (Novena edición). Lemoine Editores. p 486.
- NTC 2849. (1997). Ingeniería civil y arquitectura. Baldosas con superficie de Grano-Terazo. ICONTEC (Eds.). p 17.
- PGIRS- Pasto. (2007). Alcaldía de Pasto. Plan de gestión integral de residuos sólidos. p412.
- Rivas V.E. y Revelo C. E. (2009). Diseño arquitectónico ambiental: aportes desde el programa de dibujo arquitectónico y decoración de la Fundación Academia de Dibujo Profesional. <http://www.fadp.edu.co/publicaciones/proyinvarq-14.pdf>.



## **CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN Y USO DE VIVIENDAS**



# Vivienda bioclimática con sistema energético renovable y materiales típicos de la Guajira, Colombia

## Bioclimatic house with renewable energy system and typical materials of the Guajira, Colombia

Alcibíades E. Castellanos Pérez\*, Carlos E. Robles Palomino y Esmerlis Camargo Torres

---

Centro Industrial y de Energías alternativas del Servicio Nacional de Aprendizaje “SENA” Regional Guajira. Autor para correspondencia: [acastellanos@sena.edu.co](mailto:acastellanos@sena.edu.co)

### RESUMEN

El propósito de esta investigación es plantear el diseño de una vivienda bioclimática con ventilación natural para ahorro energético, trazada con materiales típicos de la región, brindado con ello las mínimas condiciones de vida saludable a las comunidades no interconectadas. La metodología utilizada se organizó en fases detalladas en el diseño, trazado, replanteo, cimentación, instalación de pozas de ventilación, estructuras en concreto, estructuras prefabricadas, cubierta, instalaciones sistemas de energías renovables y los acabados. Como resultado de este proyecto se planteó el diseño de un prototipo de vivienda bioclimática tipo posada turística, la cual permitió en los aprendices, el fortalecimiento de conocimientos en aplicación de las energías renovables y la utilización de materiales de construcción.

**Palabras clave:** Cimentación, estructuras prefabricadas, posada turística, ventilación natural, zonas no conectadas.

### ABSTRACT

The aim of this research is to present the design of a bioclimatic house with natural ventilation for energy saving, drawn with typical materials of the region, thereby provided the minimum conditions for healthy communities not interconnected life. The methodology used was organized in detailed design, layout and staking phases, foundations, pozas installation of ventilation, concrete structures, prefabricated structures, cover, installations of renewable energy systems and finishes. As a result of this project the design of a prototype bioclimatic type tourist lodge, which allowed for apprentices, strengthening knowledge application of renewable energy and the use of building materials was raised.

**Key words:** Areas not connected, foundations, natural ventilation, prefabricated structures, tourist hostel.

## INTRODUCCIÓN

En la región de la Guajira las zonas rurales no se encuentran interconectadas al sistema eléctrico nacional que les pueda brindar a las comunidades las condiciones mínimas para la habitabilidad que puedan generar una buena instancia de las personas.

En ese sentido, se amerita buscar nuevas opciones para otros tipos de vivienda que apunten a condiciones normales de vivienda y salud con espacios más confortables, utilizando materiales de la región con conciencia medioambiental, combinados con el aprovechamiento de sistemas de energía renovables.

En la Guajira las altas temperaturas son sinónimo de incremento de consumo de agua, tanto para su uso interno como externo, también para bajar las temperaturas a un estado de confort mínimo, teniendo en cuenta que aclimatizar los ambiente o espacios a un mínimo de confort nos genera una gran demanda en costos energéticos. Ante esta situación, las comunidades indígenas Wayuu, a través del tiempo han podido mitigar este problema de altas temperaturas, por medio de métodos tradicionales con materiales típicos de la región como son: El cactus, yotojoro, dividivi, barro, madera, paja y palma; estos son materiales dentro de su contexto muy básicos.

Según Garzón (2007), la casa bioclimática incorpora recurso de diseño que permiten aprovechar las condiciones favorables del clima y del medio natural, mientras ofrece protección de los impactos desfavorables del ambiente externo.

En ese sentido, García y Fuentes (2005), opinan que la utilización de la energía en la arquitectura y el urbanismo ha tenido un gran impacto, se ha malgastado una gran cantidad de energía en la edificaciones e infraestructura para iluminar, ventilar, climatizar y energizar los espacios y para otros usos donde el hombre desarrolla su múltiples actividades, creándose una dependencia nociva de los energéticos fósiles, altamente contaminantes.

Por otro lado, De Juana (2003), plantea que las energías renovables y energías limpias cobran mayor fuerza puesto que aportan contribuciones beneficiosas a la doble problemática del aumento del consumo y de la protección del medio ambiente, son llamadas fuentes de energías renovable por ser producida continuamente por la naturaleza y no agotarse por su uso.

Es por ello que el proyecto de vivienda bioclimática, pretende incorporar este tipo de vivencia muy antigua con unos nuevos componentes bioclimáticos para desarrollar un nuevo prototipo y dar respuesta a minimizar las necesidades de la región.

En consecuencia, la actual investigación propone la construcción de viviendas bioclimáticas como prototipo que permita la ventilación natural sin utilizar un sistema de enfriamiento acondicionado, la cual contará con un diseño auxiliar de ventilación que baja la temperatura de la vivienda; otro componente que tiene el proyecto es que se utilizan materiales abundantes de la región con diseños tradicionales de vivienda indígenas, también se utilizarán sistemas energéticos renovables apropiados para zonas no conectadas a la red energética tales como aerogenerador, paneles fotovoltaicos y biogas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación es experimental de campo, la población está conformada por aprendices del programa de Técnico en Construcción de Edificaciones del Centro Industrial y de Energías Alternativas del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Regional Guajira.

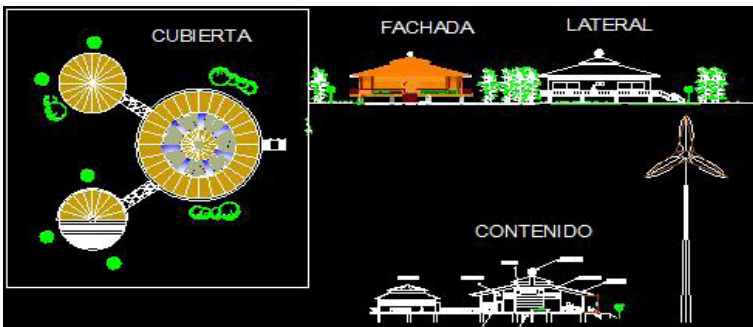
El prototipo se desarrolla por múltiples fases como lo son diseño, trazado, replanteo, cimentación, instalación de pozas de ventilación, estructuras en concreto, estructuras prefabricadas, cubierta, instalaciones sistemas de energías renovables (aerogeneradores, fotovoltaica, y biogás) y acabados. Algunos de estos nuevos componentes son:

- Botellas de agua en la cubierta para poder aprovechar la luz del día y no gastar energía en la iluminaria de la vivienda.
- Tubería de ventilación que permita hacer cambio de temperatura fría a caliente y caliente a fría con principios geotérmicos y utilizando el agua para la aireación.
- Levantamiento de la edificación del terreno a una altura no superior a 1.5 metros para que la ventilación también se genere desde los cimientos.
- Ventanas de refrigeración con botellas plásticas tipo embudo que permitan aumentar el flujo del viento y bajar la temperatura. Este tipo de ventana refrigerante ya se está implementando en las partes más vulnerables de la India.
- Estos nuevos componentes bioclimáticos junto con materiales típicos de la Guajira, permiten bajar la temperatura por lo menos 10 grados de diferencia, generando una sensación térmica adecuada para el confort humano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de este proyecto se plantea el diseño de un prototipo de vivienda bioclimática tipo posada turística Figura 1, puede bajar aproximadamente a 23°C, donde la temperatura promedio es de 27°C hasta un máximo de 45°C, que tenga sistemas naturales de ventilación y minimice la contaminación ambiental.

Estudios alternativos sobre materiales propios de la región en abundancia y competitivos, permitió analizar en primer lugar la iluminación natural a través de botellas plásticas de agua que igualan a un foco de 60 Watts, sistema creado por el mecánico brasileño Alfredo Moser, Citado por Castaños (2016).

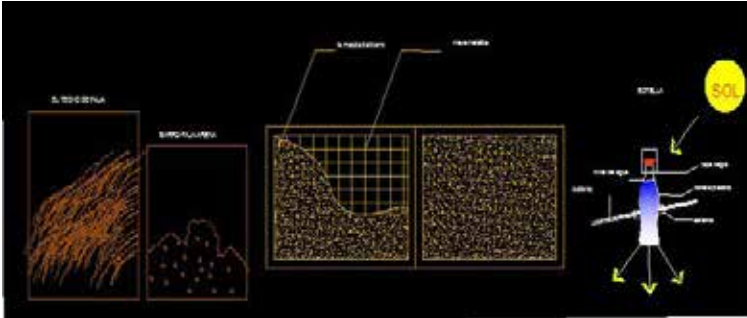


*Figura 1.* Diseño de un prototipo de vivienda bioclimática tipo posada turística

**Fuente:** Castellanos, 2015.

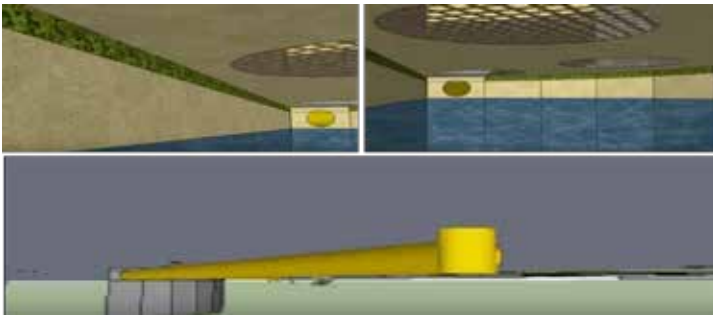


Este sistema de iluminación con botellas de agua inicia con una simple botella de plástico vacía la cual se llena con agua de la llave y una parte de cloro o detergente desinfectante, enseguida se expone la botella al sol y en este momento empieza una reacción fotoquímica que excita la mezcla poniéndola luminiscente Figura 2.



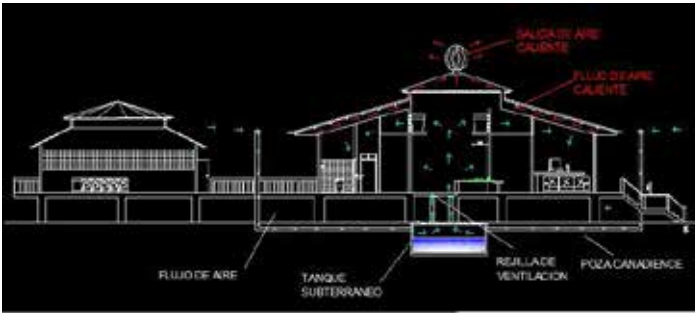
**Figura 2.** Sistema de iluminación con botellas de agua  
**Fuente:** Castellanos, 2015.

En segunda instancia, la realización de pozas de ventilación, la cual consiste en una serie de tubos, colocados a la profundidad deseada, que recorren una determinada cantidad de metros por debajo de la tierra, por los que circula aire, permitiendo que ocurra un intercambio de calor entre el aire que circula y la tierra que lo rodea, Figura 3.



**Figura 3.** Tubos para pozas de ventilación  
**Fuente:** Castellanos, 2015.

Ante ese fenómeno, el calor se mueve desde los cuerpos más calientes a los más fríos, la temperatura del aire es mayor que la temperatura media (a 2 metros de profundidad), por lo que al circular el aire por los tubos, cederá calor y llegará a la casa con varios grados menos refrigerando los ambientes, Figura 4.



**Figura 4.** Pozos de ventilación

**Fuente:** Castellanos, 2015.

## CONCLUSIONES

En el diseño del prototipo se planteó bajar aproximadamente a 23°C, la temperatura promedio con un sistema natural de ventilación, seguidamente se propone una iluminación natural a través de botellas plásticas de agua que igualan a un foco de 60 Watts, finalmente se implantan unas pozos de ventilación consistentes en una serie de tubos colocados a la profundidad determinada en metros por debajo de la tierra, por las cuales circulará el aire permitiendo que ocurra un intercambio de calor entre el aire que circula y la tierra que lo rodea. Una vez terminado el diseño continúa la construcción del prototipo de vivienda bioclimática tipo posada turística en clima trópico como siguiente fase o continuación de este proyecto de investigación.

Esta propuesta es altamente relevante porque sirve como puente para el empoderamiento de conocimientos en aplicación de las energías renovables y la utilización de materiales de construcción típicos de la Guajira, sus propiedades térmicas y criterios de ventilación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Castaños G. (2016). Pensamiento en montaña rusa. Creatividad en tiempos sin tiempos. V&R Editoras. p 256.
- De Juana J. (2003). Energías renovables para el desarrollo. Editorial Paraninfo. Madrid, España. p 336.
- García J. Fuentes V. (2005). Viento y Arquitectura. El viento como factor de diseño arquitectónico. Editorial Trillas S.A. México. p186.
- Garzón B. (2007). Arquitectura Bioclimática. Editorial Bibliografía de Voros S.A. Buenos Aires, Argentina. p 184.
- Hernández R. Fernández C. Baptista P. (2006). Metodología de la Investigación. 4ª Edición. Editorial Mc Graw Hill. México. p 882.
- Monedero J. (2015). Simulación visual de la iluminación: Teoría, técnicas, análisis de casos. Iniciativa Digital Politécnica. Universitat Politècnica de Catalunya (Eds.). Barcelona, España. p 448.
- SENA. (2014). Manual Proyecto Educativo Institucional PEI. <http://compromiso.sena.edu.co/documentos/vista/download.php?id=579>.

# Interpretación arquitectónica en el eje vial de la carrera 5 dentro del centro histórico de Cali, Colombia

## Architectural interpretation into the 5<sup>th</sup> road axis at the historic center of Cali, Colombia

Lissa Marieth Urbano Argote y Lilian Marcela Pulido.

---

Fundación Academia de Dibujo profesional. Grupo de investigación: EIDON. Semillero: Trazo. Cali, Valle-Colombia. Autora para correspondencia: [lisurte.arquitecturaingenieria@gmail.com](mailto:lisurte.arquitecturaingenieria@gmail.com)

### RESUMEN

Todo parte de la curiosidad de querer rescatar el legado patrimonial arquitectónico que se tiene en Santiago de Cali, de una forma dinámica e interactiva, partiendo de un sector predominante de la ciudad como lo es el eje vial de la Carrera 5 entre calle 5 y calle 8; considerado como un núcleo común para los ciudadanos y un sector social dominante, que combina formas arquitectónicas patrimoniales, usos financieros y comerciales, así como funciones de desplazamiento interurbano. Centrándose en el desarrollo de un análisis juicioso del lugar en sus condiciones edificatorias, determinando de esta manera los diferentes tipos edificatorios y reconociendo los valores arquitectónicos presentes en cada edificio. Se trabajará con 5 fases de desarrollo las cuales estructuran la organización del tiempo y de documentación del proceso investigativo. Cada fase constituye una herramienta de organización en la elaboración del proyecto para llegar al desarrollo de un modelo virtual interactivo de lo considerado como el núcleo común para los ciudadanos caleños y que las personas visualicen todo el espacio sin tener que transportarse. Durante el proceso se quiere lograr un efecto visual de tal manera que los espectadores lleguen a pensar: ¿Es real o es una muy buena fotografía? Esta es una pregunta común que nos hacemos con frecuencia; y para lograr esta incógnita en los espectadores, nosotros los diseñadores navegamos en un mundo tecnológico para acercarnos a la realidad y a la perfección. Cada proyecto de visualización se piensa como el inicio de una nueva investigación tecnológica y se debe tener en cuenta el impacto que se quiere causar y así acoplarlo al software indicado. En el caso de la arquitectura existe un gran océano de mecanismos de representación, y cada uno contiene nuevas soluciones digitales, pero con todos y con cualquier elección se consigue un gran efecto.

**Palabras clave:** Análisis, animación, escenarios, realidad, software.

## ABSTRACT

Everything starts with the curiosity of wanting to rescue the architectural heritage legacy that perform Santiago de Cali, a dynamic and interactive way, from a predominant sector of the city as it is the road axis of Carrera 5 among street 5 and street 8; considered a common core for citizens and a key social sector, combining heritage architectural forms, financial and commercial uses and functions of intercity travel. Focusing on the development of a careful analysis of building conditions. Therefore to determine the different building types and recognizing architectural values present in each building. It will work with 5 phases of development, which structure the organization of time and documentation of the research process. Each phase is an organizational tool in developing the project to reach the development of an interactive virtual model of what is considered as the common core for caleños citizens and people visualize all the space without having to be transported. During the process you want to achieve a visual effect so that the viewers get to thinking: Is it real or is it a very good photograph? This is a common question we often do; and to achieve this mystery in the audience, we sail designers in a technological world to get closer to reality and to perfection. Each visualization project is intended as the beginning of a new technological research, and should take into account the impact you want cause and thus attach the appropriate software. In the case of architecture there is a great ocean of representation mechanisms, and each contains new digital solutions, but with all and any choice is achieved a great effect.

**Key words:** Analysis, animation, escenarios, reality, software.

## INTRODUCCIÓN

El centro de la ciudad es por esencia y desde sus orígenes considerado de gran importancia para la referencia e identidad cultural de cada uno de sus habitantes. Se debe tener en cuenta que existen diversos tipos de identidades culturales; respecto al proyecto a trabajar, el rescate de la identidad cultural se evidencia mediante las diferentes edificaciones presentadas en el sector a trabajar; se observa la combinación de formas arquitectónicas patrimoniales, usos financieros y comerciales de igual forma funciones de desplazamiento interurbano. El proyecto se centra en el desarrollo de un análisis juicioso del lugar en condiciones edificatorias, y dar respuesta a la unión de tipologías edilicias que posee cada construcción, bajo los referentes teóricos locales.

Con la finalidad de representar de manera interactiva mediante un modelo virtual que enseñe a cada espectador las características de los edificios analizados y caracterizados en la matriz de análisis sin estar presentes en el lugar pero sentir la experiencia de estar en el espacio. Todo se logra mediante la utilización de mecanismos tecnológicos, que corresponden a diversos software que ayudan a la realización de dicho modelo, y logran un efecto de hiperrealismo arquitectónico, la cual es una realidad definida y asistida por un software especializado.

Esta investigación pretende determinar cómo los diferentes tipos edificaciones sobre la Carrera 5 en el centro histórico de Cali, influyen en la calidad de su espacio

público reconociendo los valores arquitectónicos de los edificios que confinan el perfil de la Carrera 5, en el centro histórico, a partir de su estudio formal, generando de esta manera, una clasificación tipológica articulada al espacio público.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología propuesta se enmarca en 5 fases de desarrollo, las cuales estructuran la organización del tiempo y de documentación del proceso investigativo, que plantea la arquitecta y docente de la Fundación Academia de Dibujo Profesional Victoria Rivas, a partir de una guía metodológica, desarrollo de proyectos arquitectónicos como proceso formativo en investigación, se ha contemplado para tres periodos semestrales donde cada uno de ellos contempla una fase del desarrollo de la siguiente forma:

### **2015 A**

**Fase 1.** Conceptualización: Planteamiento del problema de investigación. Marco de referencia: Referentes teóricos y estado del arte.

**Fase 2.** Contextualización: Contexto en el cual se desarrolla el proyecto.

**Fase 3.** Recolección de Datos: Observatorio del lugar por medio de toma de datos en sitio y levantamiento arquitectónico.

### **2015B**

**Fase 2.** Contextualización: Exploración del P.O.T (Plan de Ordenamiento Territorial) 2014 capítulo IV. Bienes del patrimonio natural y cultural de Santiago de Cali y el artículo 107.

**Fase 3.** Recolección de Datos: Observatorio del lugar, desde la digitalización de la información.

### **2016A**

**Fase 4.** Método–desarrollo de la propuesta: Etapa preliminar: Clasificación edificatoria. Análisis desde una matriz. Descripción tipológica de las edificaciones bajo los referentes establecidos. Definición de los valores edificatorios que influyen en el espacio urbano, a través del dibujo de perspectivas, renders, planos en 2D, maqueta de detalle.

**Fase 5.** Conclusiones y recomendaciones: Determinar si se resolvió el problema y cuáles son los aportes en diferentes campos.

## **TIPOLOGÍAS**

La tipología se utiliza en diversos campos de estudio para definir diferentes categorías, puede estar relacionada con la tipografía, teología, arquitectura, arqueología, psicología, entre otros. En el ámbito de la arquitectura que es el tema en este proyecto, corresponde al estudio de los tipos elementales que pueden formar una norma que pertenece al lenguaje arquitectónico. (Significados.com, 2013).

## CLASIFICACIÓN DE TIPOLOGÍAS

### Tipologías de acabados

Esta clasificación es relevante frente al análisis que se realiza en el eje vial de la carrera 5, ya que se fundamenta en la modalidad de trabajo que implica la ejecución del acabado y el tipo de relación que se da entre este y su respectiva obra negra. (Lozada, 2008). De igual forma esta definición despliega una clasificación que ayuda al análisis y la comprensión de la estructura de las fachadas que corresponden a las edificaciones que están comprendidas en el tramo establecido por el proyecto. La Tabla 1, presenta cada uno de las tipologías de acabados, cada clasificación tipológica posee características específicas que alimentan al análisis y visualización en los edificios para lograr una representación, un dibujo casi real, hiperrealista.

**Tabla 1.**

*Especificación de cada uno de las tipologías de acabados presentes en el análisis del proyecto*

Tipologías de acabados a la vista	Revestimientos
Mampostería a la vista	Revestimientos pesados
Entramados de componentes longilíneos a la vista	Revestimientos semipesados
Fundición de obras de concreto visto	Revestimientos ligeros
Recubrimientos	
Recubrimiento de piel gruesa	
Recubrimiento de piel semi - gruesa	
Recubrimiento de piel delgada (pinturas)	

**Fuente:** Autores

### Tipologías de estilos arquitectónicos

Conforme con lo expuesto por Jiménez (2009), los diferentes estilos arquitectónicos característicos de la ciudad de Santiago de Cali, hacen parte del gran grupo y los cuales son característicos de los factores a tener en cuenta en el análisis del presente proyecto, cada uno con un gran aporte y contribución del análisis realizado en el eje vial de la carrera 5, con sus respectivas fechas. El primer estilo arquitectónico que se menciona y el más predominante del proyecto es el colonial, este se observa en gran parte del análisis ya que son los edificios que inicialmente constituían la ciudad y de último considerado como el estilo arquitectónico ecléctico, el cual contiene algunos edificios por su simplicidad en las fachadas, Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Especificación de cada uno de las tipologías de estilos arquitectónicos presentes en el análisis del proyecto*

Estilos Arquitectónicos
Estilo arquitectónico del periodo Colonia 1536 – 1810
Estilo arquitectónico Barroco 1700 - 1780
Estilo arquitectónico Neoclasicismo 1749 - 1830

## Estilos Arquitectónicos

Estilo arquitectónico Art Nouveau 1894 - 1914

Estilo arquitectónico del periodo Republicano 1810 - 1930

Estilo arquitectónico Art Deco 1920 - 1939

Estilo arquitectónico del periodo de Transición a la modernidad 1930 - 1945

Estilo arquitectónico del periodo Moderno 1945 - 1959

Estilo arquitectónico Racionalismo Siglos XVII - XVIII

Estilo arquitectónico Eclecticismo Siglo XIX

Fuente: Autores

### Matriz de análisis organizacional

La matriz de análisis organizacional se desarrolla mediante un proceso racional de orden jerárquico y comprende tres etapas fundamentales:

- Identificación y clasificación de las actividades requeridas. (Establecidas mediante los referentes de tipologías según estilos arquitectónicos).
- Agrupamiento de estas actividades de acuerdo con los objetivos que se pretende lograr. (Cada edificio que se contempla en el proyecto)
- Determinación de los flujos de coordinación horizontal y vertical. (El desarrollo de la Tabla)

Cada etapa conceptual de dicha matriz va direccionada a las actividades que se puedan presentar ya sea en el ámbito empresarial o en el ámbito investigativo, en el caso específico de este proyecto se establece en el ámbito investigativo con categorías de clasificación en diseño. El propósito de la revisión teniendo como base la matriz es para obtener una clasificación contigua desde diversos puntos clasificatorios, comprendida entre las tipologías según acabados y las tipologías según estilos arquitectónicos con referentes específicos como lo son Álvaro Losada, con el libro: **La piel del edificio**; y Susana Jiménez con el libro: **La arquitectura de Cali. Valoración Histórica**. Al analizar la tabla se puede evidenciar por ejemplo ubicándonos en la esquina predominante del proyecto donde están edificios significativos como lo son: El Teatro Municipal Enrique Buenaventura, El Centro Cultural de Cali, Banco de la Republica (Museo del Oro) y La Casa Proartes que contienen diversas tipologías, que al momento de llevarlos a la tabla tenemos que El Teatro Municipal Enrique Buenaventura tiene entramados de componentes longilíneos a la vista, revestimiento pesado, revestimiento semi-pesado, recubrimiento de piel delgada (pinturas), contenidos en un estilo arquitectónico Republicano. El Centro Cultural de Cali posee mampostería a la vista y está contenido en el estilo arquitectónico transición a la modernidad. El Banco de la República (Museo del Oro) esta con entramados de componentes longilíneos a la vista, revestimiento pesado, recubrimiento de piel delgada (pinturas) y pertenece al estilo arquitectónico moderno. La casa Proartes posee mampostería a la vista y pertenece al estilo arquitectónico transición a la modernidad. Bajo ese análisis detallado se logró realizar un modelo a escala, una maqueta, de los edificios, tomando como ejemplo la esquina más representativa del

proyecto, en donde se evidencia un gran detalle en sus acabados y la gran diversidad de estilos. Con este orden que genera la matriz se logra acceder al proceso y trabajo de digitalización, ambientación y aplicación de hiperrealismo a cada edificio.

### **Hiperrealismo arquitectónico**

Se correlaciona como un gran vínculo con las profesiones relacionadas al diseño, ya que sus muestras son una mezcla de arte y tecnicismo e invade el campo de la arquitectura como uno de los principales aliados. El proceso se lleva a cabo mediante la ilustración de las ideas de diseño, y luego de tener una idea clara se inicia la búsqueda del software acorde para la representación gráfica que se desea tener al final del proceso y enseñarle al cliente, cada software tiene grandes ventajas y generalmente detrás de cada Render ( se define como representación tridimensional por medio de un software) se esconde un conjunto de programas que dan acabados antes de la presentación.

El hiperrealismo no solo se observa en la arquitectura, también se observa en los escenarios y ambientes de los videojuegos, el componente de realidad crea emociones en el espectador y en el jugador, la unión de programas da una solución digital que se presenta en cada proyecto como presentación final en la recopilación de imágenes que se muestran en este artículo, se puede observar el gran trabajo y el vínculo que se estrecha con el software, para luego crear la incógnita al espectador: “¿Es real o es una muy buena fotografía?”. Todo parte del entusiasmo y la pasión que se tiene al momento de realizar los proyectos, y lo que se quiere dar a conocer.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados se evidencian poco a poco mediante la digitalización de cada uno de los edificios existentes en el tramo escogido a trabajar, con grandes detalles arquitectónicos, y especificaciones técnicas en cada uno, mediante el análisis realizado bajo la orientación de la matriz organizacional, Figuras 1, 2 y 3.



**Figura 1.** Render de una de las esquinas predominantes del proyecto, Carrera 5 con calle 7

**Fuente:** Autores





**Figura 2.** Render del proyecto, comprendido en con los edificios Banco de la Republica y Droguería Alonso, ubicados en la Carrera 5 con calle 8.

**Fuente:** Autores



**Figura 3.** Rrender de una de las esquinas predominantes del proyecto, Carrera 5 con calle 7. Desde una perspectiva más completos de los edificios.

**Fuente:** Autores

## CONCLUSIONES

Con la presente investigación se logran conclusiones preliminares ya que en el momento se encuentra en curso. Se establece una materialización a fondo y con grandes detalles de los edificios mediante esquemas gráficos digitales fieles a la realidad, conceptualizando y dando valor al hiperrealismo, el cual permite que el usuario pueda vivir el espacio sin estar en él, existiendo de esta manera una memoria de la ciudad con los espacios de interacción cultural olvidados, y poder dejar un legado de la cultura caleña en el momento que las edificaciones pierdan su condición actual.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración y confianza del Grupo de Investigación EIDON y del Semillero TRAZO, a la docente, Arquitecta y Coordinadora del Programa Mónica Hurtado, quien siempre ha respaldado el proceso de investigación.



## BIBLIOGRAFÍA

- Graus. (2013). “Tipología”. <http://www.significados.com/tipologia/>.
- Henry Goss Architects. (2012). Site by Groundnation. <http://henrygossarchitects.com/contact/>.
- Howarth D. (2013). Magazine De Zeen. <http://www.dezeen.com/2013/08/01/staithe-end-house-by-henry-goss-architects/>.
- Jiménez C. S. (2009). La arquitectura de Cali, Valoración histórica. Valle del Cauca, Santiago de Cali: Editorial Bonaventuriana. p226.
- Lozada L. Á. (2008). Capítulo quinto Tipologías de acabados, La piel del Edificio (pp. 154 - 181). Valle del Cauca, Santiago de Cali, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.

# Creación de un espacio urbano virtual para los habitantes de la comuna 3 de la ciudad de Cali, Colombia

## Creation of a virtual urban space for commune 3 inhabitants of Cali, Colombia

Daniela Llanos Herrera\* y Juan David Puertas Castañeda

---

Fundación Academia de Dibujo profesional. Grupo de investigación: EIDON Semillero: Trazo. Cali, Valle-Colombia. Autora para correspondencia: nani\_llanos12@hotmail.com

---

### RESUMEN

El proyecto se sitúa en el centro de la ciudad de Cali. El tema que encierra se basa en el espacio público y su resultado debe ser entendido a través de modelos tridimensionales. En el proceso de investigación acerca de la implementación de la permacultura como solución a la problemática principal del centro de Cali y del uso de la tecnología para sustentar la propuesta, se encontraron problemas dentro de la zona correspondientes a la movilidad vial y peatonal (andenes y calzadas), contaminación visual y falta de vegetación, por lo tanto, se considera necesario implementar nuevos sistemas de construcción y tecnologías auto sustentables y energías renovables, que mitiguen el impacto ambiental y creen un ambiente que genere una mejora en el sector; debido a ello, se propone una intervención a nivel urbano, donde el usuario se asume como actor principal, quien mediante su participación activa logra un buen funcionamiento de los sistemas integrados dentro de la construcción. El objetivo principal de la investigación es generar imágenes claras del espacio donde acoja todas las problemáticas ambientales de los habitantes y usuarios del sector de la comuna 3 de la ciudad de Cali; teniendo en cuenta que la utilización de la tecnología digital brinda claridad sobre los cambios y planteamientos que se desean realizar sobre la zona para crear una conciencia cultural enfocada al cuidado del medio ambiente y lograr a través de la permacultura el mejoramiento de la calidad de vida que se implemente en diferentes espacios de la ciudad o del país. Con la creación de recorridos virtuales y de imágenes realistas se busca evidenciar claramente los diferentes elementos arquitectónicos y decorativos que integra la solución urbana en un eje vial en el centro de Cali.

**Palabras clave:** Movilidad, recorridos virtuales, renovable, sostenible, urbanismo.

## ABSTRACT

The project is located in the center of the city of Cali. The issue contains is based on public space and its result to be understood through three-dimensional models. In the research process on the implementation of permaculture as a solution to the main problem of the center of Cali and the use of technology to support the proposal, problems were found in the corresponding area of road and pedestrian mobility (platforms and roads), visual pollution and lack of vegetation, therefore, it is necessary to implement new systems and technologies building self-sustainable and renewable energy, to mitigate the environmental impact and create an environment which allows to generate an improvement in the sector. Because of this, an intervention at the urban level, where the user is assumed as the main actor, who through their active participation achieve a well-functioning integrated within building systems is proposed. The aim of this research is to generate clear images of space where avails all the environmental problems of the inhabitants and users of the commune 3 of the Cali city; considering the use of digital technology would provide clarity about changes and approaches to be milled about the area, creating a cultural awareness focused on caring for the environment, achieved through permaculture, improving the quality of life and to be achieved deployed in different areas of the city or the country. With the creation of virtual tours and realistic images, it seeks to clearly demonstrate the different architectural and decorative elements that integrates urban solution in a vial axis in the center of Cali.

**Key words:** Mobility, virtual, renewable, sustainable routes, urbanism.

## INTRODUCCIÓN

La permacultura es un sistema auto sostenible que se basa principalmente en la agricultura, donde abarca tanto saneamiento y reutilización de los desperdicios del hombre hasta la creación de alimento, vivienda y fuentes para satisfacer todas las necesidades que una persona puede tener, como energía eléctrica, ventilación y agua, manteniendo un equilibrio.

Mollison y David (1975), fueron los primeros en acuñar este término proponiendo un sistema donde exponen las principales claves para promover una cultura de manera permanente, claves como el manejo de la tierra y la naturaleza, educación y cultura, salud y bienestar espiritual, propiedad del terreno y auto gobernación, etc.

Para poder identificar las necesidades del usuario dentro de la zona, se elaboró un estudio donde se determinan que tipo de falencias se viven en la cotidianidad de las personas que se desenvuelven en el entorno, tales como: poca movilidad, un ambiente donde hay total ausencia de vegetación, polución sin filtro que amortigüe su impacto y una falta de estética que conlleva a un estrés visual.

Debido al uso excesivo de energía eléctrica y al poco interés por el reciclaje y al cuidado del medio ambiente evidente en el centro se considera necesario el uso de energías renovables y de sistemas de reciclaje donde se pueda aprovechar los

recursos naturales al máximo y se garantice el cuidado del medio ambiente que genere estabilidad, mitigue el impacto ambiental que se causa a diario. Gracias al uso de modelos tridimensionales digitales, se puede dar a conocer el impacto que produce la intervención y amplíe la perspectiva de los usuarios sobre la importancia de implementar nuevos y mejores sistemas de construcción.

Con esta investigación se quiere representar virtualmente un espacio urbano que incluya la solución a las necesidades de los habitantes del sector de la comuna 3 de la ciudad de Cali, mediante el uso de la permacultura y la generación de imágenes digitales tridimensionales donde se maneje el realismo por medio de recorridos virtuales y de renders que permitan una mejor visual del proyecto.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

**Fase 1.** Conceptualización; Planteamiento del problema de investigación. Marco de referencia: Referentes teóricos y estado del arte.

**Fase 2.** Contextualización: Contexto en el cual se desarrolla el proyecto. Normativa del lugar. Marco legal, exploración del POT y otras normativas temáticas.

**Fase 3.** Recolecciones de datos: Observatorio del lugar, por medio de toma de datos en sitio y levantamiento arquitectónico y del espacio público. Digitalización de la información recolectada en sitio. Planos existentes del contexto. Observatorio de proyectos referentes.

**Fase 4.** Método – desarrollo de la propuesta: Definición de la problemática de diseño, proceso de boceto y propuesta de diseño. Modelación tridimensional de la propuesta.

## **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

Debido a las problemáticas que se pueden encontrar en la zona, se propone una intervención a nivel de circulación, movilidad y ambientación creando un bulevar que amortigüe el impacto visual y permita una recíproca comunión naturaleza–hombre. Para esto se considera necesario un túnel para el uso exclusivo del transporte masivo MIO que liberará el espacio necesario para reubicar a los vendedores ambulantes que son los principales causantes de la obstrucción de la circulación y movilidad tanto peatonal como vehicular y que también sea aprovechado para incluir la vegetación que es nula en lo actual, creando una comodidad tanto de los visitantes como de sus habitantes. Cambiar la organización visual de las edificaciones y el protocolo de los avisos publicitarios de los almacenes, brindar un lugar de esparcimiento sustentable que permita mejorar la calidad de vida a través de la permacultura dando así un desarrollo socioeconómico encaminado hacia un futuro más productivo que incluya la riqueza natural.

Para implementar la permacultura dentro del diseño existen dos conceptos básicos: el primero puede ser adaptado según las condiciones climáticas y culturales del espacio y la segunda está asociada con las técnicas y prácticas que ya existan dentro del entorno.

La zona a intervenir viene desde la carrera 5 entre calles 12 y 13, hasta la carrera 8 entre calles 12 y 13, en esta zona que abarca tres manzanas completas, encontramos

sucursales bancarias, centros comerciales y almacenes de gran recorrido en la ciudad. Los vientos de esta zona vienen del oeste en dirección calle 12 a calle 13, con vientos que bajan de la cordillera occidental, y que vienen de la costa pacífica colombiana. El paso del sol viene en dirección calle 13 a calle 12 en diagonal con dirección carrera 5 a la carrera 8. El municipio de Cali cuenta con una temperatura media anual es de 25°C. Como mínima 20°C y como máxima 31°C, ya que es una ciudad con un clima muy caliente. En la carrera 5 entre calle 12 y 13 encontramos el edificio del Banco de Occidente; sobre la carrera 6 entre calles 12 y 13 encontramos el Centro Comercial Plaza de Cayzedo que abarca toda la cuadra con 8 pisos elevados y un piso subterráneo. Las edificaciones referentes vendrían siendo: Plaza de Cayzedo, Banco BBVA, Notaria 12, Almacén Bata y Centro Comercial Plaza de Cayzedo y la calle 13, donde circula el transporte masivo MIO.

## **MATERIALIDAD**

La pérgola mayor estará hecha en acero inoxidable blanco, apoyado sobre una base hecha en concreto pulido color blanco hueso, el eje en madera igual que las sillas y materas centrales. Las materas laterales en acabado de cemento pulido blanco igual que las salidas de emergencia y la textura del piso en piedra castillo beige, el césped ornamental; tienen un alto nivel estético, de hoja muy fina y gran densidad y homogéneo no soporta el pisoteo frecuente. Las flores de jazmín en forma de enredadera reconocible por su intenso perfume y llamativo color en las materas del bulevar.

Los muros de los locales en ladrillo decorativo "Caravista" el cual es fabricado para ser colocado sin recubrimiento tanto en exteriores como en interiores de una edificación, con la cubierta en madera donde estarán situado los paneles solares. Las salidas de emergencia en muros de concreto pulido blanco y las escaleras antideslizantes y ascensores hidráulicos para las personas con discapacidad.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

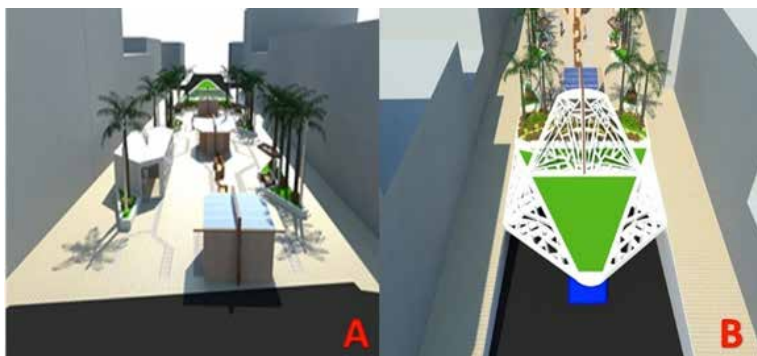
Una vez analizado el sector se pudo observar que las necesidades básicas del hombre están causando falencias como libre movilidad, tranquilidad visual, ambiente fresco y ordenado. Se desarrolló una propuesta para satisfacer estas problemáticas y fortalecerlas.

Como solución principal se crea un hundimiento sobre la calle 13 para uso exclusivo del transporte masivo MIO liberando un terreno amplio y aprovechable como base estructural del proyecto, Figuras 1 y 2.



**Figura 1.** Maqueta Boulevard. **A).** Hundimiento sobre la calle 13. Entrada transporte masivo MIO. **B).** Vista superior

**Fuente:** Autores



**Figura 2.** Render general Calle 13. **A).** Entrada hundimiento paso del MIO. **B).** bulvar sobre la calle 13

**Fuente:** Autores

Como eje jerárquico se creó una estructura que marca la pauta del bulvar, esta estructura se basó en la interacción de las telarañas con el viento en donde la forma básica primaria viene siendo la estructura que sostiene el peso de la pérgola que a su vez es la entrada del túnel, esta gran materia se une a otra pérgola que le da dirección al bulvar se une a todo el trayecto por medio de un eje de madera que se transforma en mobiliario y vuelve a ser parte de los locales comerciales que siguen este ritmo; el eje se trabajó en madera para lograr una integración más acertada con el ámbito de la permacultura. La base de la silla y protectores de las materas están hechas de bambú y guadua, los laterales están dispuestos en materas con forma geométricas rectas y diagonales que son el soporte de grandes palmas, arreglos florales y lámparas.

La iluminación y soporte eléctrico del bulvar son de paneles solares sobre la cubierta que están conectados a una bobina de tesla que se encarga de aumentar el voltaje que recibe de los paneles y envía esta energía a los locales y lámparas dando como resultado un sistema autónomo de energía renovable. En la parte subterránea

se dispone de salidas de emergencia que cuentan con un ascensor hidráulico para los discapacitados y escaleras que llevan al bulevar. Dentro del espacio de salida se encuentran puertas que llevan a un pasillo donde está todo el cableado, reemplazando así las cajas de inspección. En la carrera 5, 7, 8 y la calle 12 se trabaja con las texturas recreando el espacio para darle un confort a la zona para generar conexiones entre ellas y así mismo puntos de encuentro.

Respecto a las fachadas se logró evidenciar que existe una pronunciada contaminación visual se encontró cantidad notable de avisos que no deja apreciar la arquitectura de los edificios, hay necesidad de diseñar un tipo de avisos más amigables con el medio ambiente para que se vean más limpias las fachadas. El objetivo principal del proyecto de investigación crea imágenes hiperrealistas y recorridos virtuales que ayudan a la completa visualización del diseño enfocado a la permacultura como sistema sostenible de interacción social. Obtener el total entendimiento del impacto que genera este sistema dentro de la zona de la ciudad de Cali para abrir paso a la idea de implementar en otros sectores de la ciudad o del país y crear una cultura más consciente sobre el cuidado del medio ambiente que contribuya a la solución de la problemática que se observa en esta investigación.

## **CONCLUSIONES**

Las conclusiones son preliminares ya que el proyecto está en proceso debido a los cambios climáticos, los sistemas aplicados dentro de la permacultura deben aplicar a la ciudad ya que su impacto logra mitigar el daño causado por el hombre. En el desarrollo de la propuesta, el apoyo digital es necesario para poder tener una visión clara del espacio donde se plantea llevar a cabo el proyecto, se puede hacer una comparación entre antes y después y así mismo poder sustentar la idea frente a cualquier espectador expertos en el tema o un ciudadano curioso.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Karen Delgado, psicóloga de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Palmira, quien con sus aportes y sus consejos ayudaron a mejorar la presentación de este proyecto y a la profesora Lilian Marcela Pulido, por su apoyo y voto de confianza.



 **BIBLIOGRAFÍA**

- Garzón B. (2007). Arquitectura Sostenible. Base soportes y casos. Nobuko (Eds.) Madrid, España. p 238.
- González R. (2015). Cuál es la diferencia entre sustentable y sostenible. Educación un cómo. <http://educacion.uncomo.com/articulo/cual-es-la-diferencia-entre-sustentable-y-sostenible-21657.html>.
- Hernández P. C. (2010) Un Vitrubio Ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible. Gustavo Gili (Eds.). Madrid, España. p160.
- Lezama J. Domínguez J. (2006). Medio ambiente y sustentabilidad urbana. *Pap Poblac*, 12(49), 153-176.
- Mollison B. (1970). Introducción a la permacultura. Tagari (Eds.) p208.
- Serra R. y Coch H. (1991). Arquitectura y energía natural. Universitat Politècnica de Catalunya, SL. (Eds.) Barcelona, España. p395.
- Van Campen B. Guidi D. and Best G. (2000). Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenible. Documento de Trabajo sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, 3. p 92.

# Sistemas livianos de construcción en vivienda de interés social, Valle del Cauca

## Lightweight construction systems used in social housing in Valle del Cauca

Sandra Vidal Revelo  
 Centro de la Construcción, Cali, Construcciones Livianas  
 svidalr@misena.edu.co

### RESUMEN

Enmarcado en la implementación de los sistemas livianos de construcción en seco en Colombia y su introducción en el mercado de la vivienda, se advierte su uso en proyectos de construcción que requieren de consideraciones especiales de calidad, función y diseño sobre: materiales y procesos constructivos. Resulta clave comprender el sistema para poder abordar con responsabilidad un proceso que signifique la utilización de materiales específicos y acabados, dado que en varios escenarios han reemplazado procesos tradicionales con mampuesto en arcilla por su rapidez, versatilidad y economía.

**Palabras clave:** Construcción de ensamble, módulos, drywall, Steel.

### ABSTRACT

Framed in the implementation of dry lightweight construction systems in Colombia and its introduction into the housing market, its use is seen in construction projects that require special quality considerations, function and design of materials and construction processes. It is key to understand the system responsibly to address a process that needs the use of specific materials and finishes, since in several scenarios it has been replaced with traditional processes with clay masonry for its speed, versatility and economy.

**Keywords:** assembly Construction, modules, drywall, Steel.

### INTRODUCCIÓN

El presente documento nace de la inquietud de profundizar en el tema de la construcción modular ensamblada con materiales livianos (placas de fibrocemento, placas de base cementicia y de yeso) en viviendas de interés social, reflexionando sobre el grado de implementación de estos sistemas en nuestro contexto regional y su impacto en la industria de la construcción.

Teniendo en cuenta lo anterior, resulta clave como primer paso abordar la aceptación de los sistemas constructivos livianos como parte de una solución viable, segura y

asequible en Colombia, este ítem se puede abordar desde el crecimiento mismo del consumo de los insumos del sistema por parte de las empresas constructoras.

Para lo anterior existen estudios que realizan entidades como Camacol, que arrojan datos estadísticos e información a nivel nacional y regional sobre el consumo de los materiales y su incorporación en obras.

Igualmente, el sistema constructivo se contextualiza con respecto a la Normatividad existente, tendencias del sector, ventajas a nivel de diseño, implementación de sistemas de iluminación, aislamiento termo-acústico, resistencia al fuego y automatización, entre otras.

El análisis de la evolución que han tenido los sistemas livianos en Colombia y en la región, la visión de las empresas del sector y finalmente las instituciones de formación, pueden arrojar posibles hipótesis sobre el porqué de la importancia de su implementación en la construcción de vivienda tipo (VIS) y su impacto en el medio local.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Correspondiente con el análisis del cómo ingresó el sistema liviano a Colombia está el porqué del grado de implementación actual en edificaciones de vivienda.

Los sistemas livianos de construcción en Colombia (1) entraron al país en los años ochenta para aplicaciones tales como: muros y cielos rasos suspendidos, en edificios de carácter comercial e institucional. En países tales como Chile, Bolivia o Perú, entre otros, el sistema ingresa en la construcción de viviendas con placas de yeso y fibrocemento, situación que contribuye a disparar el consumo per cápita de los insumos que componen el sistema Drywall (2), esto es, placas, perfiles, masillas y fijaciones. En un inicio, la aceptación del sistema en países latinoamericanos se dio a paso lento dados los sistemas constructivos tradicionales heredados desde la época de la Colonia (Construdata, 2014). En Colombia, ya en los años noventa, el consumo de los insumos usados en divisiones de placas de yeso se proyecta en ascenso, tal como se puede evidenciar en la Figura 1.

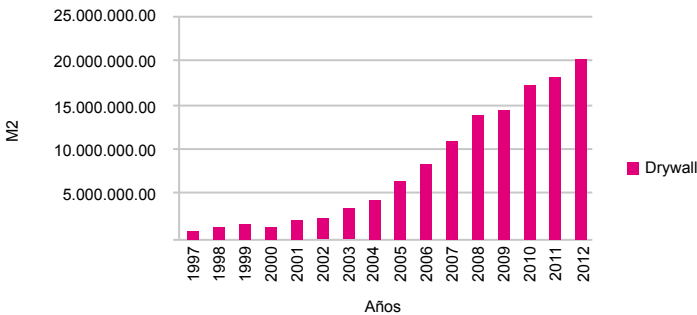


Figura 1. Crecimiento del sistema drywall en Colombia

Fuente: Informe académico, Camacol, 2012

“Sistemas livianos de construcción” es un concepto que abarca desde la construcción en sistemas tradicionales de cerramientos en guadua, pasando por la construcción en madera hasta llegar a sistemas como el Steel Framing entre otros. En este aparte se hace referencia a la entrada a Colombia del Drywall como sistema constructivo de cerramiento.

Entiéndase Drywall como un sistema de cerramiento no portante de cargas, que se realiza con perfiles de lámina galvanizados, con espesor de 0.45 mm y láminas de yeso o fibrocemento.

“Pese a que la construcción liviana en seco ha tenido un crecimiento rápido y sostenido - según cifras de la USG - el consumo de metros cuadrados de drywall para vivienda en Colombia ha aumentado significativamente desde 1997. Además, se proyecta un crecimiento anual cercano al 15% entre 2013 y 2016; uno de los retos más importantes sigue siendo la entrada al mercado de la vivienda”. (Construdata, 2014).

Con el terremoto sucedido en Armenia en 1999, se inicia la construcción de algunos proyectos en tecnologías prefabricadas como el “Steel framing” para viviendas temporales y aplicaciones en fachada, entrepisos y bases de cubierta en edificaciones mixtas. (Figura 2).



*Figura 2.* Proyecto de vivienda con perfilería galvanizada portante.

**Fuente:** Cónsul Steel. Argentina. 2014

Igualmente se advierte en municipios del Eje Cafetero el uso de esta misma tecnología en proyectos aislados. Uno de ellos es el desarrollado por Toptec, denominado “Cumbres” en la ciudad de Manizales.

Esta solución constructiva (Steel Framing), que puede plantearse como construcción prefabricada in situ (a desarrollarse constructivamente en el mismo sitio de la obra) o a manera de panelizados (construcción de paneles de cerramiento con antelación al desarrollo de la misma), se viene dando a paso lento en Colombia, contrario a lo sucedido con el sistema drywall cuya perfilería es no portante. Una de las razones, quizás la más importante, es porque se requiere su inclusión como proceso constructivo con perfiles de lámina galvanizados portantes en el Código de

Construcción Colombiano NSR-10 Título F y aprobación por parte de la Comisión Asesora, situación que posibilitaría su uso masivo en proyectos de vivienda; igualmente se requiere del conocimiento de este tipo de sistemas por parte de las entidades que aprueban, financian y aseguran los proyectos.

Esta última situación se debe a que hay una tendencia a creer que la construcción de tipo prefabricado, como el Drywall y Steel Framing, puede fácilmente ser trasladada de un sitio a otro por su carácter prefabricado y carecen de garantías al momento de su aprobación por parte de curadurías urbanas y de financiación de entidades bancarias.

El sistema Steel Framing como solución portante en la construcción de soluciones de vivienda, al igual que el Drywall frente a divisiones no portantes de cargas, poseen un potencial en el desarrollo de la temática de vivienda prefabricada, debido a la rapidez en su instalación y a la limpieza y versatilidad.

**Steel Framing:** Sistema constructivo portante de cargas que utiliza perfiles de lámina galvanizada de mayor espesor en la construcción de edificaciones.

- Confort y ahorro de energía
- Durabilidad
- Reciclaje
- Facilidad en la instalación de acometidas
- Aislamientos termoacústicos
- Muros cortafuegos

### **Aplicaciones.**

La construcción liviana en seco, presenta diferentes opciones, de acuerdo con las tecnologías constructivas a implementarse en estructura y cerramiento, así:

#### **Estructura**

- Steel Framing (Se realiza con perfiles portantes galvanizados para muros de fachada, entrepisos y bases de cubierta)
- Estructuras metálicas en perfiles de acero
- Estructura en madera
- Estructura en guadua

#### **Cerramientos:**

**Steel Framing:** El cerramiento para este sistema estructural se realiza con perfiles portantes galvanizados (espesor 0.90 mm) y placas OSB (para cerramientos de fachada, entrepisos y base de cubierta) o bien cruces de San Andrés (riostras en lámina galvanizada que reemplazan las placas de OSB, a las que posteriormente se adosarán placas de base cementicia o de fibrocemento). (Figura 3).



**Figura 3.** Construcción en estructura de acero

**Fuente:** Autora

**Placas de fibrocemento:** (espesores de 10 y 12 mm para fachadas y, de 17 y 20 mm para entrepisos), placas de base cementicias (espesores 8 mm a 10 mm para fachadas) y placas de panel yeso (espesores de 1/2" y 5/8") en interiores o exteriores, de acuerdo con la especificación de la misma.

**Estructura metálica:** Los cerramientos en este caso pueden ser de carácter mixto. Involucran perfilería de lámina galvanizada con placas de yeso y /o fibrocemento, lo que depende de la aplicación (interior o exterior); igualmente se abren las posibilidades hacia paneles de lámina metálica, PVC, icopor con malla electro-soldada y madera plástica, entre otras opciones.

**Estructura en madera:** Los cerramientos se pueden construir en el mismo material (madera), o utilizando el sistema Drywall en interiores con placas de yeso y placas de fibrocemento para exteriores.

**Estructura en guadua:** Para un cerramiento en este tipo se considera la esterilla de guadua o panelizados en este material, placas de yeso, fibrocemento o cemento, igualmente se puede trabajar el muro tendinoso entre otras tecnologías. (Figura 4).



**Figura 4.** Escuela Croydon. Proyecto de cafetería en guadua y cerramientos en fibrocemento.

**Fuente:** Autora

La aplicabilidad de los sistemas constructivos livianos en la presente década, en países como Colombia, puede ir en aumento según las necesidades de construcción a gran escala que suscitan los proyectos de vivienda de interés prioritario y de interés social. Empresas constructoras del sector a nivel local, muestran interés en apostarle al diseño de unidades de vivienda cercanas a las necesidades económicas y sociales de comunidades vulnerables que tengan como valores agregados el confort, la economía del inmueble, y parámetros relacionados con eficiencia energética, como es el caso de Constructora Alpes que se mostró interesada en el proyecto construido por el SENA en el marco del evento Solar Decatlón 2015.

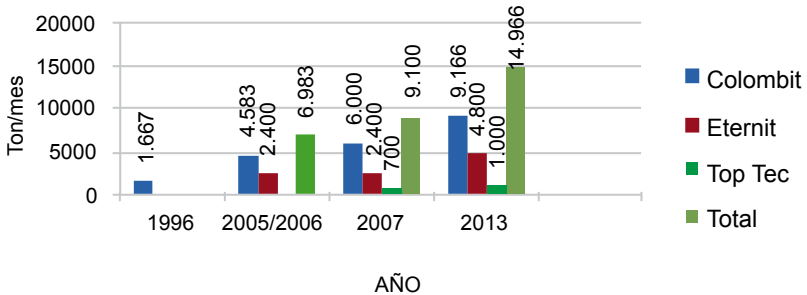
**Placa de yeso para exteriores:** Sustrato que se coloca sobre los perfiles al exterior especificado para soportar la humedad y que debe ser recubierto por otro sustrato como el OSB y superficie impermeabilizante en un sistema EIFS “Sistema de Aislación Exterior y Acabado Final”, o bien por una malla de fibra de vidrio y mezcla de tipo cementicia.

Pese a lo anterior, existe el reto de convencer a los usuarios de los estratos 1, 2 y 3 para la implementación masiva del sistema en proyectos de vivienda; en estratos 4, 5 y 6 los clientes en su mayoría, y tal como lo afirma el Arquitecto Carlos Martínez, de Eternit, tienen referentes norteamericanos y europeos, y conocen sus propiedades de versatilidad, flexibilidad, durabilidad y sismorresistencia.

La construcción en sistemas livianos con placas de fibrocemento y panel yeso especificado para exteriores se viene dando como solución a muros exteriores de fachadas, entresijos y bases de cubierta por parte de empresas como Eternit, Skinco, Gyplac y Toptec; en el 2016 hacen su entrada a Colombia Panel Rey (industria mexicana exportadora de placas de yeso) y KNAUF empresa alemana fabricante de placas de yeso y placas de base cementicia, comprando la planta de Toptec en Manizales.

**Muro tendinoso:** Realizado en un pórtico sobre el cual se temple malla de gallinero o malla venada, para posteriormente revocar con mortero a lado y lado.

Las placas base de cemento contribuyen a la búsqueda de soluciones efectivas en fachada y cielos rasos dado que no generan polvo en el momento del corte (se corta con bisturí), su peso se reduce aproximadamente en 3 kg con respecto a la placa de fibrocemento y tienen gran flexibilidad al momento de realizar curvaturas por la fibra de vidrio que se encuentra inserta dentro de la placa y que no amerita ningún otro proceso más que el de forzarla manualmente para que llegue a la curvatura exigida, siempre que se halle dentro de los parámetros del material. (Figura 5).



**Figura 5.** Evolución de la capacidad de producción de placas de fibrocemento autoclavado  
**Fuente:** Memorias Diplomado Construcción liviana en seco. Camacol Valle-SENA. 2015

En la actualidad, empresas del sector de producción de perfilería galvanizada a nivel nacional, observan con preocupación el aumento de las importaciones de perfilería o chapa galvanizada a ser formada en frío en espesores más bajos a los estimados por la Norma. Esta situación ha desencadenado la venta en masa de estos insumos importados de baja calidad en algunas regiones del país, entre las cuales figura el Valle del Cauca.

Mientras que el calibre 26 se maneja en espesores entre 0,47mm y 0,45 mm, la perfilería importada se maneja en espesores entre 0,40 mm y 0,43 mm, produciendo efectos contraproducentes a las empresas locales fabricantes, que buscan con líneas económicas (en perfiles con espesores menores a 0,45 mm) no verse afectadas por la creciente entrada de este insumo. (Tabla 1).

**Tabla 1.**  
**Espesor del acero base**

Espesor de diseño		Espesor mínimo del acero base	
mm	pulgadas	mm	pulgadas
0.478	0.0188	0.455	0.0179
0.719	0.0283	0.683	0.0269
0.792	0.0312	0.752	0.0296
0.879	0.0346	0.836	0.0329



Espesor de diseño		Espesor mínimo del acero base	
1.146	0.0451	1.087	0.0428
1.438	0.0566	1.367	0.0538
1.811	0.0713	1.720	0.0677
2.583	0.1017	2.454	0.0966
3.155	0.1242	2.997	0.1180

Fuente: Autora

El 30 de septiembre de 2014, Deacero, S.A.P.I. de C.V. (“Deacero”) y Aceros Camesa, S.A. de C.V. (“Camesa”), o en su conjunto, las “Solicitantes”, dieron paso a la investigación administrativa por prácticas desleales de comercio internacional, en su modalidad de discriminación de precios, sobre las importaciones de productos de pres fuerzo, originarias de la República Popular China (China), del Reino de España (España) y de la República Portuguesa (Portugal), independientemente del país de procedencia.

Esta situación viene disminuyendo significativamente la calidad de los trabajos realizados en drywall en edificaciones comerciales o institucionales, dado que los perfiles en estos espesores al ser tan delgados pueden llegar a provocar, en el mejor de los casos, fisuras de acabado dado su espesor y la carga que ejerce la placa de yeso de 1/2”, o bien la placa de fibrocemento (en divisiones interiores o cielos) y en el peor de los escenarios un desprendimiento de las láminas (8) sin que sea posible exigir trazabilidad o garantía sobre el insumo.

En cuanto al uso de vivienda, al no estar incorporado el capítulo de construcción liviana con perfiles galvanizados portantes en la NSR 10, hoy en día se dificulta la gestión de proyectos macro de vivienda. Ante la perspectiva de incluir en las obras insumos que cumplan la Norma en cuanto a su fabricación resulta vital la revisión de la calidad de los mismos. Para la construcción en Steel Framing este último punto es calve, dada la importancia que subsiste en las perfilerías galvanizadas que son a su vez cerramiento y estructura de la edificación.

El SENA, como institución de formación, respalda el uso de materiales de buena calidad para la especificación, diseño y construcción de propuestas de unidades de vivienda de interés prioritario o social que puedan ser valoradas como soluciones viables, igualmente y desde sus programas de formación y certificación por competencias laborales propende al uso del sistema encaminado hacia las buenas prácticas constructivas.

Es una realidad que los proyectos de construcción de vivienda tipo VIS deben realizarse dentro de los parámetros de calidad anteriormente expuestos y a su vez encajar en las estrategias gubernamentales de reconstrucción del tejido social para constituirse como soluciones efectivas.

Eventos como Tecnoconstrucción en Cali, realizado anualmente por Camacol - Valle son escenarios donde se muestran alternativas innovadoras de vivienda; una de ellas la “Casa Molécula” del Ingeniero Industrial Matías Konstandt (año 2014), que se desarrolla a través de un sistema de ensamble en aluminio que consta de un nudo

que encastra tubos a manera de moléculas. Estos módulos, que se unen a criterio del diseñador, constituyen la estructura de la vivienda a la que posteriormente serán adosadas las placas de cerramiento OSB y sistema de aislamiento térmico exterior –EIFS- (9). La anterior construcción es extremadamente liviana (2,98 kg x m<sup>2</sup>), 20 veces más liviana que la mampostería tradicional.

Complementando, los desarrollos en el mundo de materiales como los plásticos reforzados con fibras de vidrio, carbono, aramida, las mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) y conglomerados con yeso (González Madariaga, 2008) se incorporan a la fabricación de diferentes tipos de placas de cerramiento para mejorar las condiciones de peso y sismorresistencia.

El 6 de marzo del 2016, El País.com.co, relata la noticia del desprendimiento de un cielo raso en la discoteca Space en Menga-Cali, que lejos de ser un evento aislado evidencia la enorme importancia que tiene escoger insumos de calidad e incorporarlos a buenas prácticas constructivas.

El sistema EIFS corresponde al recubrimiento de la estructuración de muros con placas OSB, película impermeabilizante Tyvek, icopor de alta densidad, malla en fibra de vidrio y un recubrimiento total con un mortero flexible.

De igual forma se pueden ver avances significativos en materiales relacionados con aislamientos termoacústicos del sistema, tales como escorias metalúrgicas, fibras de madera, derivados de algodón, áridos expandidos y fosfoyeso, entre otros (Elias Castells, 2012).

A nivel regional y local las soluciones constructivas en vivienda de interés social se dan desde la aplicación del sistema con placas convencionales de fibrocemento y panel yeso en cielos rasos, divisiones de muros y revoque seco (10) (sistemas híbridos con estructuras en concreto, metálicas y cerramientos en sistema liviano), hasta la construcción de viviendas a menor escala en Steel Framing.

Profesionales del diseño y la construcción en Cali han desarrollado propuestas alrededor del tema que resultan apropiadas y coherentes con respecto a la vivienda de interés social; una de las contribuciones realizadas por el SENA como entidad formadora, se logra a través de su estrategia de formación por proyectos que propende hacia la construcción en sistemas livianos.

En este marco se han trabajado proyectos de investigación aplicada, direccionados a la construcción de edificaciones sostenibles en el marco de concursos de arquitectura como Fórmula Vivienda y Solar Decatlón 2015, concurso a nivel mundial desarrollada en la ciudad de Cali en las instalaciones de la Universidad del Valle, donde el SENA construyó un modelo de vivienda de interés social según los parámetros exigidos por el concurso. (Figura 6).



**Figura 6.** Vivienda Solar Decatlón

**Fuente:** Grupo Solar Decatlón SENA 2015

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especificaciones técnicas de la anterior propuesta (Vrissa) construida en sistema liviano en seco, ofrece amplias posibilidades de utilizar diferentes tipos de materiales aislantes en la misma unidad de muro, cielos rasos y bases de cubierta. Estas combinaciones tienen como fin lograr confort térmico y acústico en el marco de una construcción energéticamente eficiente.

El revoque seco se refiere a la pega directa de la placa de yeso sobre muros en mampostería para evitar procesos constructivos que involucren agua en su aplicación y permitan mayor celeridad.

Empresas agremiadas del sector de la construcción en las líneas de producción de perfilería, placas de fibrocemento, panel yeso y acabados, conformaron desde el año 2008 el Comité de Construcciones Livianas en Seco en la ciudad de Cali, manifestando un interés abierto hacia nuevos diseños que puedan ser dispuestos para proyectos masivos de vivienda.

Para el gremio resulta claro que los proyectos de vivienda tipo VIS en sistema liviano beneficiarían a la población, proveedores de insumos e instaladores que tienen amplias expectativas en la evolución e incursión de los mismos desde una propuesta estética, funcional y confortable, que capitalice las experiencias de entidades de formación y de empresas del sector en la búsqueda conjunta de desarrollos innovadores.

Para tener una visión global sobre el tema en investigación se aborda como primer paso revisar la evolución de los sistemas livianos en el país y su participación en las construcciones en general y soluciones de vivienda existentes; para este efecto se tienen en cuenta las intervenciones realizadas en obra nueva (vivienda), cielos rasos, fachadas, bases de cubierta, entresijos y muros divisorios que hacen alusión al mantenimiento y construcción de edificaciones nuevas o existentes de usos diferentes al residencial.

Lo anterior implica la interpretación de informes estadísticos y encuestas para analizar las posibles tendencias del sector.

Como paso siguiente desde la actualización de datos por parte de las empresas constructoras, productores de insumos y bibliografía existente se pretende arrojar una visión global del panorama edificatorio con sistemas livianos de construcción en Cali, concluyendo sobre su impacto a nivel local, implicaciones de las actuales prácticas constructivas y aplicación de las mismas en el tema edilicio de vivienda focalizándose en construcciones tipo VIS.

A través de un paneo previo de tecnologías modulares de ensamble en la ciudad de Cali y su uso por parte de comunidades en estratos 1, 2 y 3 se concluirá sobre la implementación de los sistemas livianos de construcción en actividades edificatorias relacionadas con vivienda de interés social, sus ventajas al momento de lograr confort térmico, acústico y de aislación contra el fuego de acuerdo con las normativas vigentes. Figuras 7, 8 y 9.



**Figura 7.** Modelo Tibú. Vivienda celular

**Fuente:** Eternit, Bogotá, Colombia, Noviembre, 2008



**Figura 8.** Modelo vivienda de emergencia desarrollada por Origamitek, empresa Caleña de construcción prefabricada.

**Fuente:** Página web Origamitek. Marzo, 2014



*Figura 9.* Modelo vivienda de emergencia desarrollada por el arquitecto Jaime Cárdenas Matallana y su equipo de trabajo, construido por personal SENA Arq. Sandra Vidal, Expoarquitectura

**Fuente:** Autora

## CONCLUSIONES

- A nivel local, la implementación de sistemas livianos en vivienda tipo VIS se da en sistemas híbridos de construcción y revoque seco, se espera a futuro construir con perfiles galvanizados portantes en el sistema denominado Steel Framing en condiciones de calidad que garanticen un buen producto final.
- La búsqueda de modelos idóneos en la construcción de vivienda de interés social está marcada por el constante mejoramiento de los procesos constructivos y la calidad de los materiales disponibles en los mercados local, nacional e internacional. Para lo anterior resulta indispensable que entidades gubernamentales y empresas privadas de fabricación de insumos aborden la problemática de calidad en los procesos de importación y comercialización bajo norma, para contribuir a este propósito.
- El factor innovación en la construcción de viviendas se logra llevando el producto final a las necesidades económicas, funcionales de confort y estética del cliente; para este efecto ya se cuenta con nuevas tecnologías en materia de insumos importados y fabricados a escalas nacional y local que aportan al trabajo en diferentes aplicaciones tales como: divisiones de muros, entrepisos, bases de cubierta, fachadas, cielos rasos planos y curvos.

- Los resultados en materia de diseño de vivienda realizados por entidades como el SENA y búsquedas aisladas de los empresarios del sector demuestran que la construcción de vivienda ensamblada en sistemas livianos es una opción válida para desarrollos de proyectos a gran escala, por ende, resulta necesario que la NSR 10 incluya en el capítulo F lo concerniente al diseño estructural con perfiles de lámina galvanizados portantes, en la búsqueda de masificar esta práctica constructiva, dadas las ventajas que ofrece frente a los sistemas tradicionales de construcción y en pro de una nueva generación de empleos.
- Se requiere de mayor difusión de los procesos constructivos con sistemas livianos entre aseguradoras, bancos y comunidad en general, para generar mayor confianza en la inversión en proyectos de vivienda a gran escala.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Camacol Valle. (2012). *Manual de construcción liviana en seco*. Cali: Comité de Construcción Liviana en Seco.
2. Camacol Valle. Sitio web: <http://www.camacolvalle.org.co/portal/>
3. Casa Molecule. Sitio web: <http://www.molecule.com.ar/>
4. Colombit. (2007). *Manual técnico Superboard, ideas arquitectónicas y soluciones constructivas*. Manizales.
5. Construdata (2014). *Informe especial Construcción Liviana en Seco*.
6. Cónsul Steel. (2008). *Manual de procedimiento construcción con Steel Framing*. Buenos Aires
7. Consul Steel. Sitio web: <http://consulsteel.com/>
8. Domínguez Echeverri, Alberto. (1997). *Sistema Celular (SCE)*. Bogotá.
8. Díaz, Hernán y Castro, Gilberto Antonio. (2011). *Vivienda de interés prioritario para población desplazada: Problemática, lineamientos y propuesta de modelo de implementación*. Cali: (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana.
9. Castells, Elías, X. (2012). *Residuos destinados a la fabricación de materiales aislantes*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
10. Eternit. (2007). *Eterboard, manual técnico*. Bogotá.
11. García, Sergio. (2011). *Fibras y materiales de refuerzo: Los poliésteres reforzados aplicados a la realización de piezas en 3D*. Revista Iberoamericana de Polímeros. 268-282.
12. González Madariaga, F. J. (2008). *Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS), conglomerados con yeso o escayola para su uso en la construcción*. Informes de la Construcción, 60(509), 35-43.
13. Jáuregui, Esteban. (2009). *Introducción al sistema Steel framing: Construyendo con perfiles de acero galvanizado*. Buenos Aires: Nobuko.
14. Perfiles rolados en acero para construcción liviana Sitio web: <http://www.tuboscolmena.com/web/index.php/widgetkit/perfiles>
15. Toptec. Sitio web: <http://www.toptec.com.co/>



## **CAPÍTULO III. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ALTERNATIVA**





# Sistema parabólico de secador solar fotovoltaico para café (*Coffea arabica* L.) en Calarcá, Quindío-Colombia

## Parabolic system of solar photovoltaic dryer for coffee (*Coffea arabica* L.) in Calarcá, Quindío-Colombia

Gustavo Adolfo Urrego Franco; Katherine Naranjo Plata; Mariana Serna Ibañez; Jhon Jairo Vélez Ospina; Johanna Andrea Jurado Giraldo y Leider Gaitán Laguna\*

---

Semillero de investigación TSE (Tecnología Sistematizada En Electricidad). Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Construcción y la Industria Regional Quindío. Salento, Quindío – Colombia. Autor para correspondencia: lgaitan@sena.edu.co

### RESUMEN

El desarrollo de tecnologías apropiadas en ese sector es fundamental. Existe además un gran escalón entre la producción industrial y la de menor escala, y por lo tanto es importante desarrollar tecnologías eficientes y accesibles a pequeños productores. El estudio enfatiza en los procesos de secado café en Córdoba, Quindío, se analiza la posibilidad de emplear secaderos parabólicos fotovoltaicos como alternativa potencial de solución para reducir dicho escalón y mejorar los procesos a todos los niveles de producción. En adición a lo anterior, se estima el volumen de producto a secar, así como los métodos empleados habitualmente en Colombia a todas las escalas. Cabe anotar que se resalta el rol fundamental de las características y requerimientos de un proceso de secado de calidad y alternativas de solución empleando nuevas tecnologías, se propone sustituir las tecnologías basadas en fuentes de energía convencionales por avances que empleen energía solar. En la producción a pequeña escala, se proponen soluciones basadas en secado solar fotovoltaico la cuales pretenden mejorar los procesos convirtiéndose en tecnologías accesibles y viables.

**Palabras clave:** Dispositivo eléctrico y electrónico, grano de café, pequeños productores, planta de secado.

### ABSTRACT

The development of appropriate technologies in this sector is essential. There is also a large step between industrial production and smaller scale, and therefore it is important to develop efficient and affordable technologies to small producers. This research emphasizes the processes of drying coffee in Cordoba, Quindío, the possibility of using solar parabolic drying as a potential alternative solution to reduce this step and improve processes at all levels of production is analyzed. In

addition to the above mentioned, the volume of product to be dried and the methods commonly performed at all scales in Colombia is estimated. It should be noted the fundamental role of the characteristics and requirements of a drying process quality and alternative solution using new technologies is highlighted, replace technologies based on conventional energy sources throughout advances with solar energy performance, is proposed. In small-scale production based on photovoltaic solar drying solutions which aim to improve the processes and more accessible and viable technologies, are proposed.

**Key words:** Electrical and electronic device, coffee bean, small producers, plant drying.

## INTRODUCCIÓN

El secado de productos agrícolas es de gran importancia como parte del proceso para obtención del producto final. Este requerimiento es fundamental para mejorar la preservación del producto y condiciones de transporte (Salas, Moya y Córdoba, 2008). En la producción del cultivo de café (*Coffea arabica* L.), existen diferencias significativas entre la cadena de producción a nivel industrial y la de pequeña escala. En la industria se prefiere el paquete de tecnología suficiente y necesaria para el debido proceso de los productos. En la mayoría de los casos, este proceso obedece a la incorporación de fuentes convencionales de energía, la búsqueda de nuevas tecnologías con base en energía renovable se constituye en parte fundamental para los pequeños productores que no tienen acceso a herramientas tecnológicas. Esta investigación se desarrolló en el sistema de producción de café del municipio de Calarcá que tiene el café como principal producto en la economía de la región, esto facilita la promoción y potencial adopción de nuevas tecnologías apropiadas para el secado como es el caso de la implementación de secaderos solares parabólicos fotovoltaicos para productores a pequeña escala y/o comunidades rurales. El secado del grano de café comprende tres mecanismos diferentes como la difusión de las partículas de agua dentro del producto hasta la superficie, la evaporación desde la superficie al aire ambiente, la presencia de una corriente de aire para evitar la respectiva saturación.

Para llevar a cabo el proceso de secado se hace necesario un aporte calórico que permita la difusión y evaporación después se vincula en el proceso un gradiente de presión que posibilite la entrada del flujo de aire. El gradiente de presión puede producirse por convección natural e implica la circulación natural de aire, o que impide el uso de ventiladores adicionales. Cuando el flujo natural de aire no es suficiente para los requisitos del proceso de secado se emplean ventiladores que inducen una corriente forzada de aire, los secaderos solares absorben radiación solar y la transfieren a una corriente de aire que circula en torno al producto a secar, dentro de la gama existente de secadores respecto a la configuración establecida se tiene las siguientes variaciones:

- **Secaderos activos:** implican el uso de ventiladores y por ende, el uso de la electricidad.
- **Secadores pasivos:** emplean la convección natural donde el aire calienta directamente la cámara de secado.

- **Secadores solares directos:** permiten la entrada de la radiación solar
- **Secadores solares indirectos:** vinculan la protección del producto de la radiación, calentando el aire en un colector solar para conducirlo posteriormente a la cámara
- **Secaderos solares mixtos:** la combinación de los dos anteriores.

Dadas estas condiciones se convierte en una tecnología muy versátil que aporta una solución apropiada en un amplio espectro de tipologías de secado requeridas para países en desarrollo situados en su mayoría en la franja tropical donde la irradiación diaria supera los  $4.2\text{kWh.m}^2$  (Oliveros et al. 2006).

Esta investigación tuvo objetivo la implementación de un sistema parabólico de secador solar fotovoltaico optimizado para pequeños caficultores en el que se permite la estimación del volumen de producto a secar, los requerimientos y métodos de secado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación tuvo lugar en el municipio de Calarcá, Quindío, Colombia con el establecimiento de un secador solar con cubierta plástica, denominado parabólico, Figura 1, el cual ha gozado de gran aceptación por los pequeños productores para secar la totalidad del café de la finca y por aquellos de mediana y alta producción para secar el graneado, la pasilla y el café de la cosecha sanitaria, ó ReRe. Entre las características que más han favorecido su rápida adopción están su bajo costo y sus facilidades de construcción y operación (Oliveros et al. 2008).



*Figura 1.* Secador solar parabólico

**Fuente:** Oliveros *et al.* 2008

Esta investigación se estableció en las instalaciones cafeteras de la Finca La Portada, vereda Travesías de Calarcá-Quindío, Colombia. La implementación del sistema parabólico de secador solar fotovoltaico comprendió las siguientes etapas de conexión:

Sistema fotovoltaico, secador parabólico y control de la temperatura de secado, en las Figura 2, se expone la interface de la simulación virtual del circuito electrónico

para el control de temperatura y el respectivo diseño virtual del sistema parabólico de secador solar.

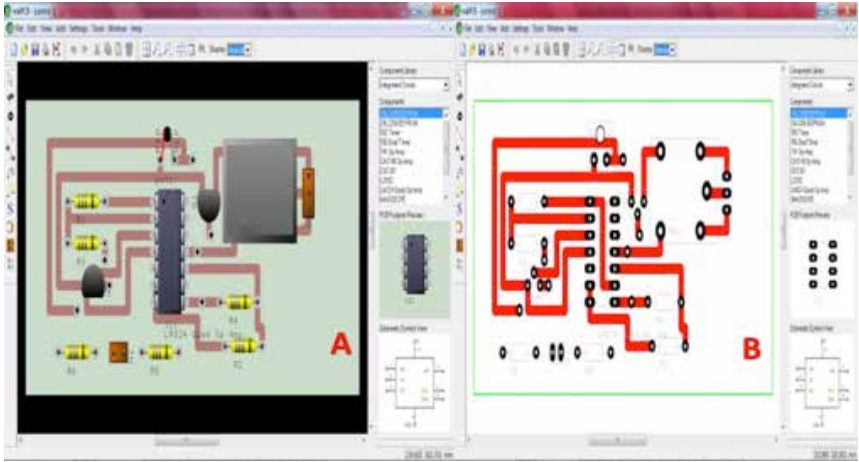


Figura 2. Simulación virtual del circuito electrónico para verificar el comportamiento de las magnitudes eléctricas. A) Sistema de control temperatura. B) Diseño virtual del sistema.

Fuente: Autores

El sistema parabólico de secador solar fotovoltaico cuenta con los siguientes elementos: modulo fotovoltaico, baterías, controladores de carga, lámparas, convertidores AC/DC y caja de fusibles, así como también el correspondiente sistema de calefacción.

### ENSAMBLE DEL PROTOTIPO SECADOR FOTOVOLTAICO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

La construcción y ensamble del circuito se establece de acuerdo con lineamientos y procedimientos técnicos estándar para ser probado según los requerimientos del proyecto Figura 3.



Figura 3. Ensamble, calibración y pruebas de funcionamiento para el sistema parabólico de secador solar fotovoltaico.

Fuente: Autores

## IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN

La evaluación del sistema fotovoltaico parabólico en el secado de granos de café comprende las diferentes combinaciones posibles de parámetros como sigue: espesor de la capa de grano, caudal y temperatura del aire de secado para seleccionar las combinaciones que presentan el mínimo tiempo de secado y el mínimo coeficiente de variación del contenido de humedad final del grano de café y la máxima capacidad dinámica del secador fotovoltaico parabólico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La debida implementación del sistema parabólico de secador solar fotovoltaico para granos de café permite la obtención de los siguientes datos correlacionados: producto, lugar, tipo de sistema y datos del aire de secado.

Salas, Moya y Córdoba (2008), estima la vida útil del secador solar fotovoltaico en 30 años, correlaciona las variables climatológicas presentadas en el área de estudio, controla la temperatura y permite una adecuada aireación de los granos de café. La adopción de esta tecnología por parte de los pequeños productores de café en el eje cafetero colombiano, implica una relación costo beneficio satisfactorio y un incremento en la calidad de presentación final del grano de café.

## CONCLUSIONES

Con la implementación del sistema fotovoltaico para el secado de granos de café se quiso satisfacer las necesidades de pequeños productores, se logró secar los granos de café en menor tiempo y el grano seco de café presentó un incremento de mayor calidad para cumplir satisfactoriamente con los requerimiento y parámetros establecidos en términos de funcionalidad y calidad de presentación, comparado con las prácticas tradicionales adoptadas por el productor de café promedio en la región del eje de cafetero colombiano.

Para optimizar la presentación final del grano de café se prevé un mejor desempeño para el control de la temperatura y el secado del grano de café se desarrolle en el menor tiempo posible.

## AGRADECIMIENTOS

Al Comité de Cafeteros del Quindío, Colombia por su invaluable apoyo y acompañamiento en la investigación, al semillero de investigación TSE (Tecnología Sistematizada en Electricidad) del Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Construcción y la Industria Regional Sena Quindío y al Tecno Parque Pereira.



## BIBLIOGRAFÍA

- Benítez R. Calderón A. (1993). Secador solar para madera. Tegucigalpa, Ho, Cemapif - Cuprofor. 1-23.
- Helwa N. (2004). Experimental evaluation of solar kiln for drying wood. *Drying Technology* 22(4), 703-717.
- Oliveros C. E. Ramírez C. A. Sanz J. R y Peñuela A. E. (2006). Secador solar de túnel para café pergamino. *Cenicafé. Avances Técnicos*, 353. 1-8.

- Martínez-Pinillos, E. 1997. Diseño y ensayo de una secadora solar para madera. *Madera y Bosques* 3(2), 13-28.
- Méndez J. y Cuervo R. (2008). *Energía solar fotovoltaica* 2<sup>da</sup> edición. FC Editorial, Madrid. p250.
- Salas G. C, R Moya R. R, Córdoba F. R. (2008). Diseño y construcción de un secador solar para madera. *Kurú: Revista Forestal*, 5 (14). 1-26p.
- Simpson, W.T. (1992). Drying technology issues in tropical countries. Conference. In: IUFRO (International Union of Forestry Research Organisations). *Forest Products* (1992, Nancy, FR). *Proceedings of All-Division*. Nancy, FR, IUFRO. p. 497–507.
- Victoria, Á. H. R., & Jaramillo, J. C. B. (2005). Disponibilidad térmica solar y su aplicación en el secado de granos. *Scientia Et Technica*, 1(27), 127-132.

# Diseño e implementación de un sistema de energía fotovoltaico como alternativa de energización y método de aprendizaje para el Centro Agro Turístico, SENA-Regional Santander, Colombia

## Design and implementation of a photovoltaic energy system as an alternative energizing and learning method for Agro Tourism center, SENA-Regional Santander, Colombia

Octavio Roberto Villanueva Guzman\*, Luis Carlos Valbuena Mantilla, Neider Giovanni Amorochó Sanchez, Sergio Iván Vargas Tangua y Belky Jamin Parra Guarín

---

**Grupo GITIP-MB-Semillero Sispae. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Regional Santander.**  
**Autor para correspondencia:** *octaviovilla@misena.edu.co*

### RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es la implementación de un sistema de energía fotovoltaica como estrategia didáctica para el proceso de formación relacionados con la generación de energía alternativa en el CAT, siguiendo la metodología de la instalación. Consiste en el montaje de una planta fotovoltaica (PF) que requiera poco mantenimiento, y que sea de bajo costo, para esto se elige el sistema On Grid por prescindir de baterías. No obstante, al fijar una vida útil de 25 años y al tratarse de un servicio que resulta imprescindible para el día a día, se considera que es una idea viable. Se Montó una planta fotovoltaica (PF), relacionando el conexionado eléctrico con los saberes aprendidos en la formación técnica para aprendices interesados en este tipo de aplicaciones. El reconocimiento, interpretación y comprensión del proceso de generación de energía fotovoltaica (EF) con base en el aprovechamiento de fuentes renovables como la EF, orientan a la población en implementar este tipo de tecnologías en lugares alejados o en espacios que tengan un flujo eléctrico continuo. Según el análisis estadístico que se desarrolló con soportes físicos (recibos de energía eléctrica) y tablas en Excel, se puede observar que el porcentaje producido por la planta piloto fotovoltaica fluctúa entre el 1% y el 10% teniendo en cuenta los años anteriores (2013, 2014, 2015). La identificación de costos por disminución del consumo de energía eléctrica en el edificio principal del Centro



Agroturístico (CAT) muestra a la comunidad en general sobre las ventajas económicas, tributarias y arancelarias en implementar un sistema de este tipo. Un factor innovador del proyecto es porque en las provincias Comunera y de Guantá no existen procesos en entidades públicas de este tamaño y los que existen son pequeños sistemas.

**Palabras clave:** Planta fotovoltaica, On Grid, incidencia solar, ley 1715.

### ABSTRACT

The aim of this research is the implementation of a photovoltaic power system as a teaching strategy for process related to the generation of alternative energy in the CAT training, following the methodology of the installation. Assembly consists of a photovoltaic plant (PF) that requires little maintenance, and is inexpensive to this the On Grid system is chosen to dispense with batteries. However, when setting a lifespan of 25 years and being a service that is essential for day to day, it is considered to be a viable idea, a photovoltaic plant (PF) was developed, linking the electrical connection with the knowledge learned in technical training for students interested in this type of application. Recognition, interpretation and understanding of the process of photovoltaic power generation (EF) based on the use of renewable sources such as EF, guide the people to implement these technologies in remote areas or in areas that have a continuous electrical flow. According to statistical analysis developed with physical media (receipts power) and Excel tables, it can be seen that the percentage produced by photovoltaic pilot plant ranges between 1% and 10% taking into account the previous year (2013, 2014, 2015). Identifying costs decreased consumption of electricity in the main building of the Center Agrotourism (CAT) shows the general community on economic, tax and duty to implement a system of such benefits. An innovative project factor is due to the Guantá and Comunera provinces and there are no processes in public entities of this size and there are small systems there.

**Key words:** Photovoltaic plant, On Grid, solar impact, law 1715.

### INTRODUCCIÓN

En Colombia se aprovecha los recursos naturales para la generación de electricidad, especificando el caso de la EF, (Tiempo, 2015) por lo tanto se identifica una oportunidad para el SENA a través del Centro Agroturístico (CAT) para implementar una planta fotovoltaica (PF) que disminuya los costos en el consumo eléctrico, por medio de su montaje y puesta en marcha. Así mismo el CAT, evidencia la oportunidad para orientar procesos formativos que involucre la implementación de una PF en el aprendizaje de este sistema, que se fundamenta como un tema de exploración para el Semillero de investigación, Sistemas Productivos Agropecuarios y de Emprendimiento (SISPAE), dentro del Grupo de Investigación en Tecnología Innovación y Pedagogía Manuela Beltrán (GITIP-MB). Para tener en cuenta

también es la decisión de implementar la PF, para contribuir al ahorro energético y el desarrollo de aplicaciones que se obtengan al investigar en estos sistemas para las provincias Guanentá y Comunera del departamento de Santander, en donde está el cubrimiento poblacional del CAT, y así contribuir al cuidado del medio ambiente que reduce la quema de combustibles fósiles y la producción de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), los cuales están produciendo grandes cambios climáticos. (Terra, 2008).

Un aspecto importante sobre las ventajas de la energía fotovoltaica, es que no tendremos alguna preocupación por la escasez de esta energía en un futuro cercano, (Neoteo, 2009) ya que los recursos de carbón, petróleo y gas son finitos, para un gasto energético que aumenta considerablemente, disminuyendo las reservas de estos combustibles fósiles en Colombia. (Tiempo, 2015).

En un entorno económico se aporta una iniciativa de ahorro que podemos disminuir el costo en las facturas del agua y la electricidad, el aumento de inversiones en proyectos de esta índole pueden producir más empleo (República, 2014). En un contexto social podemos equipar estos sistemas en las zonas rurales más alejadas y familias de bajo recursos, para que las comunidades de las provincias, puedan tener acceso a la energía renovable, siendo la EF un aporte a solucionar el problema energético y ambiental. (Rural, 2016).

En relación al montaje e instalación de los módulos de EF existen referencias con resultados enfocados hacia la producción de esta energía renovable las cuales se basan en la obtención energética, mediante el aprovechamiento de fuentes naturales inagotables y limpias como sería el sol, el agua, el viento y la temperatura también se encuentran proyectos que incluyen la praxis para el fortalecimiento conceptual y creativo en pro de mejorar las capacidades de aprendices o estudiantes de universidades. Los proyectos que incluyen parámetros relacionados con la implementación de un sistema fotovoltaico para la presentación de este trabajo son los siguientes:

**SUNSENA:** Proyecto de transferencia tecnológica para promover ideas y planes relacionados con energía fotovoltaica en Colombia. (Portafolio, 2014).

Este proyecto está en ejecución desde el 2012 y su objetivo es “promover las energías alternativas en Colombia a través de la transferencia de tecnologías y conocimientos en el área de la energía fotovoltaica”. Orienta la adaptación de este tipo de tecnología en fortalecimiento de competencias, para contribuir por medio de actividades de disseminación y transferencia y capacitación según necesidades sociales. Su lugar de ejecución es el centro de electricidad, electrónica y telecomunicaciones (CEET) en la ciudad de Bogotá. (Nempeque, 2012). El proyecto tiene las siguientes características técnicas:

Generación eléctrica: 20KW (capacidad).

Energía (KWh/ mes): 100.

Tipo de conexión: Conectado al sistema Interconectado (renovable, 2016).

### ***Curso de energía fotovoltaica.***

Es orientado por la Escuela Colombiana de Carreras Industriales, aplica su formación al ensamble y configuración de los elementos de una PF real, se dirige a titulados

universitarios, tecnólogos y personal interesado, relacionado con el manejo de la tecnología fotovoltaica. Orienta sus prácticas en sesiones de ensamble, conexas, diagnóstico y prueba de una planta fotovoltaica básica. (Industriales, 2016).

***Jorge Tadeo Lozano, universidad movida por energía solar.***

El Centro de Investigación en Procesos de Ingeniería (CIPI), es un proyecto el cual inició aproximadamente hace 3 años de la idea de los directivos de esta universidad los cuales quisieron implementar un lugar en el cual se pudiera desarrollar investigaciones con los equipos necesarios para las ingenierías relacionadas con estos temas. El CIPI es un espacio el cual fue diseñado para mejorar los métodos pedagógicos y proveer prácticas a los estudiantes, para que puedan ejercer sus proyectos con más conciencia ambiental, cuenta con 24 paneles fotovoltaicos los cuales transforman la energía del sol en energía eléctrica la cual es la encargada de suministrar cerca de un 8% de la energía consumida por el edificio, este proyecto no solo permitirá tener un ahorro energético, sino que también tendrá un impacto amigable con el medio ambiente y un cambio en el modelo educativo de la institución. (Energy, 2016).

***Solar Star:*** Es una central fotovoltaica ubicada cerca de Rosamond, California (EEUU) y actualmente es la segunda planta solar más grande del planeta, está conformada por 1.7 millones de paneles solares de alto rendimiento, los cuales fueron fabricados por SunPower (SunPower, 2016), se encuentra instalados en un área de 13 kilómetros cuadrados, la cual produce 579 MW producción diaria, la planta fue terminada en Junio del 2015. En este proyecto utilizaron paneles de telurio de cadmio (CdTe)<sup>2</sup> y no las convencionales tecnologías cristalinas de silicio. Los beneficios que trajo consigo no solo fueron ambientales, también económicos ya que gracias a esta empresa se produjo desarrollo empresarial local e incluso público con la generación de empleos tanto para la construcción como para las operaciones de mantenimiento y administrativas. (Energía, 2015).

***La energía solar en las veredas de Santander:*** Este es un programa piloto liderado por la alcaldía de Bucaramanga en el cual se espera llevar la energía solar a las viviendas más alejadas y de bajos recursos como en hogares donde no se cuenta con un toma de corriente, el sistema instalado en las viviendas está previsto para que sea autónomo por 3 días seguidos con una potencia pico de 200W un banco de baterías de 440 A-H un inversor 12vDC a 110vAC de 300W, un controlador de carga 12v/20 a 5 lámparas fluorescentes de 12V/15W. (Rueda, 2010).

***Problema:*** La visión hacia nuevas tecnologías en cuanto el uso y la aplicación de energías renovables es mínima en las provincias Guantá y Comunera que influyen en el CAT, determinado por los siguientes factores:

Un alto consumo de energía eléctrica y poco aprovechamiento de los recursos naturales para la generación de energía, específicamente de los rayos solares, esto

implica perder la oportunidad de implementar estrategias sostenibles, que permitan disminuir los impactos negativos causados por los procesos convencionales de generación de energía eléctrica.

En las provincias mencionadas no existe un módulo didáctico funcional y aplicado, para la enseñanza y aprendizaje de energías renovables, provocando en la población sólo hipótesis de la energía fotovoltaica, que no pueden aplicar por medio de la experimentación, y por ende ni comprobación con la teoría explicada.

Por esto se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo mejorar las condiciones de formación orientada hacia los aprendices de forma real y dinámica en el tema energía fotovoltaica?

Al no tener un sistema de aprovechamiento e implementación didáctico de un recurso natural como la luz del sol, se toma la decisión de involucrar la temática del sistema fotovoltaico en el aprendizaje del técnico en implementación y mantenimiento de equipos electrónicos industriales, en cuanto instalar y monitorear dispositivos electrónicos y eléctricos para convertir una energía renovable como es la del sol en energía eléctrica.

Por ser un sistema innovador para la zona mencionada, como respuesta para la disminución del consumo eléctrico en la sede CAT, con sostenibilidad y tener una eficiencia energética orientada al aprendizaje se propone implementar un sistema de energía fotovoltaica como estrategia didáctica para el proceso de formación relacionados con la generación de energía alternativa en el CAT e instalar una planta piloto fotovoltaica, que permita relacionar los conocimientos de potencia eléctrica con los saberes de formación técnica.

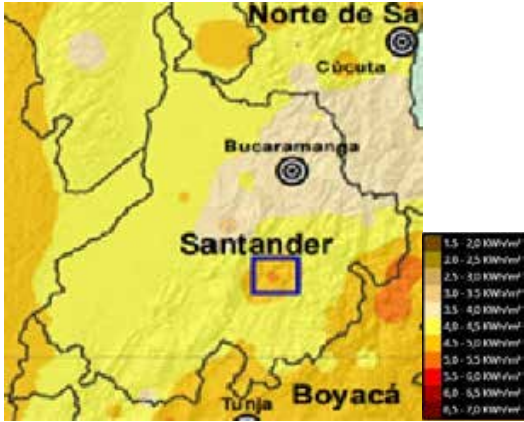
Identificar procesos de generación de energía Fotovoltaica, como alternativa funcional de fuentes renovables y los beneficios de la implementación de un sistema generación de energía fotovoltaica en una edificación.

### ***Estado del Arte***

El proyecto se desarrolló en dos espacios que permiten a los aprendices relacionar la teoría en EF, para implementarla en montajes prácticos. El primer espacio comprende el ambiente de aprendizaje en donde se recibe el conocimiento orientado a la EF para después desarrollar la praxis en un segundo espacio que corresponde al montaje y direccionamiento de los paneles solares en la terraza del CAT, ubicada en el municipio de San Gil. Para comprender el lugar epistemológico en donde estamos ubicados en la implementación de una PF, se recurre a la búsqueda de parámetros que incluyan la EF como propuesta funcional en el departamento de Santander. La primera referencia incluye el montaje de PF como respuesta al consumo de energías no renovables (Economía, 2013), con base en esta información desde el año 2013 se implementan en la ciudad de Bucaramanga PF en edificios residenciales optimizando la red energética, disminuyendo emisiones de gases tóxicos y recuperando los recursos invertidos en un tiempo de cuatro años.

Una referencia geográfica cercana de implementación en paneles solares es en la ciudad de Bucaramanga, capital del departamento Santander, esta tiene una posición latitudinal norte del 7°13' y a 73°07' de longitud occidental por ángulos

de incidencia entre 75° y 120° como zona tropical, esto demuestra la favorabilidad para montar una PF según (Cala, 2010) Relacionando el caso del municipio de San Gil que se encuentra a 6° 33' de latitud norte y a 73° 8' de longitud occidental, con una incidencia en kilovatio por metro cuadrado (kWh/m<sup>2</sup>) de 5.0 a 5.5 sobre la comparación en Bucaramanga de 3.5 a 4.0 kWh/m<sup>2</sup> en el julio de 2015 con la anterior confrontación podemos afirmar la incidencia solar que tiene el municipio de San Gil en donde se encuentra el CAT como ventaja para implementar los paneles solares en la región. (IDEAM, 2015). Figura 1.



**Figura 1:** Departamento de Santander con respecto a la radiación solar en Julio de 2015  
**Fuente:** IDEAM 2015

**MARCO TEÓRICO**

Teniendo en cuenta que la región cuenta con la energía fotovoltaica, como alternativa limpia para generación de un sistema de potencia, podemos mencionar las siguientes implementaciones fotovoltaicas en el CAT, para conocer a fondo sus características:

**Sistema On Grid.**

La energía generada por sus paneles se inyecta a su consumo, ya que es directamente conectada a la red local, produciendo importantes ahorros en el pago de la electricidad. Su principal ventaja es que no utiliza banco de baterías haciendo que su montaje sea más económico. La desventaja es que siempre debe tener acceso a la red local, lo que trae como consecuencia que este tipo de sistema no funciona en lugares aislados de una acometida eléctrica. (Fotovoltaica, 2014). Figura 2.

Por lo tanto este sistema es ideal para los usuarios que estén conectados a la red local, se pueden instalar en:

Entes descentralizados, gubernamentales de administraciones municipales y departamentales. Centros Educativos (colegios, escuelas, Institutos técnicos, institutos tecnológicos, academias, sedes SENA).Establecimientos de salud

(hospitales regionales, hospitales universitarios, puestos de salud, puestos de vacunación, unidades administrativas de salud).



**Figura 2.** Componentes del sistema On Grid

**Fuente:** Autores

Los componentes de este sistema están por paneles fotovoltaicos que recogen la energía fotovoltaica o térmica, para generar el voltaje directo que convierte el inversor, para alimentar los equipos eléctricos por medio de un voltaje alterno. El contador bidireccional es que mide la producción de energía eléctrica y la resta del consumo de la red local.

### **Sistema Off Grid.**

Este sistema es ideal para los usuarios que no están conectados al sistema eléctrico nacional, se pueden instalar en áreas rurales. Se debe tener en cuenta el tamaño de los bancos de batería para su capacidad de almacenamiento y el material del cual están hechos. Figura 3.



**Figura 3.** Componentes del sistema Off Grid.

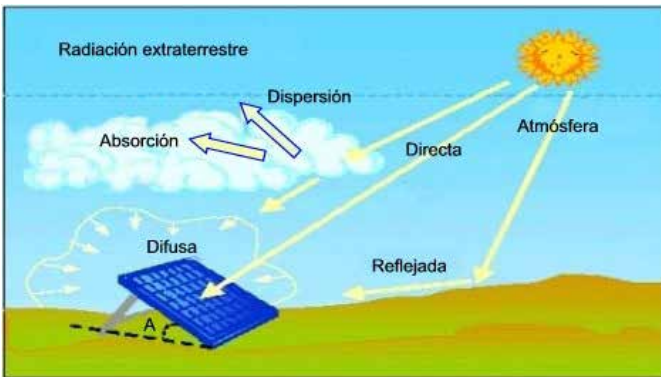
**Fuente:** Autores

Sus componentes difieren del sistema On Grid en el banco de baterías que permite almacenar la electricidad, el controlador de carga que asegura la carga de baterías protegiendo de las sobrecargas, no tiene el contador bidireccional. (Renovable, 2015). Sumado a esto La ley 1715 de 2014 promueve el aprovechamiento de la energía fotovoltaica en Colombia, reduciendo los gases de efecto invernadero, promoviendo el desarrollo, utilización e integración de este sistema, incentivando beneficios tributarios (exclusión del IVA, Impuesto sobre la renta, exención de aranceles), propiciando la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias. (Eléctrica, 2014).

### ***Incidencia Solar.***

Es el ángulo con el que llegan al planeta los rayos solares tiene gran importancia ya que gracias a eso se define el valor o potencia que tiene cada rayo, la forma de saber que tan potente es, sería definiendo que tan cerca está del paralelo del ecuador y que altura tiene en metros sobre el nivel del mar, el elemento para la medición de los rayos solares es el piranómetro y los resultados se dan en kWh/m<sup>2</sup>. La forma en que se dirigen los rayos electromagnéticos a la superficie terrestre, se clasifica de este modo:

- Incidencia solar directa, es la que llega al planeta sin sufrir cambio alguno en el ángulo con el que sale disparado del sol se caracteriza por producir una sombra en los cuerpos.
  - Incidencia solar difusa, ésta es la radiación que sufre cambios en la forma de las ondas un ejemplo claro es la variación que sufren algunas ondas al pasar por la atmosfera ya que ésta frena los rayos y cambia su ángulo.
  - Incidencia solar reflejada, es producido por la superficie terrestre la cantidad de rayos que produzca se debe a la capacidad de reflexión que tenga el lugar en donde choquen.
  - Incidencia solar global, es la suma de las incidencias directa, difusa y reflejada.
- Figura 4. (Juárez, 2016).



**Figura 4:** Incidencia solar (Bonanza, 2010).

**Fuente:** Autores

### ***Radiación Solar.***

La radiación solar es la energía que recibimos mediante la exposición directamente a las ondas electromagnéticas como la luz infrarroja, la luz ultravioleta y la luz visible viajan desde el sol a más de 300.000 km/s, aunque algunos tipo de luz, no entran totalmente por la impedancia que opone la capa de ozono, Las ondas electromagnéticas que logran atravesar esta capa son las que se aprovechan para la obtención de EF (Juarez, 2016). Figura 5.

### ***Panel Fotovoltaico.***

Es el elemento que utiliza la radiación proveniente del sol para transformarla en electricidad mediante el efecto fotovoltaico, proceso en que se basa la energía luminosa produciendo cargas positivas y negativas en dos semiconductores, generando un campo eléctrico, que produce corriente. El material principal para los dos elementos mencionados son el silicio y el arseniuro de galio que se encuentran en la superficie terrestre.

Los paneles solares se dividen en dos tipos los mono cristalinos y los poli cristalinos, los primeros están compuestos por solo una capa de material semiconductor los cuales son reconocibles por la forma de sus celdas las cuales son curvas en las puntas, los poli cristalinos están hechas por pequeñas partículas cristalizadas entre los dos tipos es mejor el mono cristalino aunque su valor y peso es mucho mayor. (Solares, 2013). Figura 6.



**Figura 5:** Tipos de radiación solar (Villalobos, 2006).  
Fuente: Autores  
Fuente : Autores



**Figura 6:** Tipos de paneles solares:  
A: Panel mono cristalino  
B: Panel Poli Cristalino (Solares,2013)

### ***Inversor.***

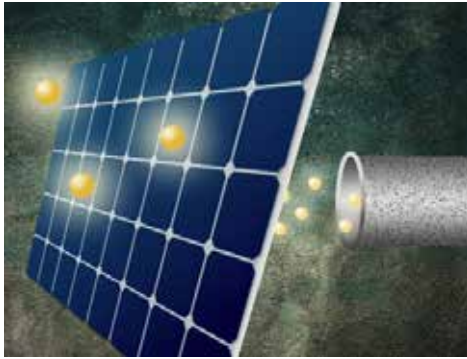
Este es un dispositivo el cual está diseñado para transformar la corriente continua (DC) en corriente alterna (AC) teniendo un voltaje de entrada y convirtiéndolo en un voltaje de salida totalmente distinto estos dispositivos han sido muy útiles en la incorporación para los sistemas fotovoltaicos porque sin la utilización de estos no sería posible inyectar la energía producida por los paneles al sistema de red eléctrico el funcionamiento de un inversor se basa en que se tiene un flujo de DC el cual es totalmente liso y en un solo sentido positivo o negativo el inversor tiene



un sistema electrónico el cual permite que el flujo de corriente cambie de dirección periódicamente y así hacer una onda sinusoidal y también aumentar el voltaje para hacerla más similar a un flujo de corriente AC. (Curiosando, 2014).

### ***Energía Fotovoltaica.***

El sol es la fuente de energía más grande y posiblemente más duradera que existe, se estima que la energía que produce el sol en 20 minutos sería capaz de abastecer las necesidades eléctricas de todo el planeta durante un año. Gracias a que es una fuente de energía que no produce gas carbónico ni residuos tóxicos, podemos aclarar que es una fuente de energía renovable y amigable con el ambiente, su principio de funcionamiento está en la captura de los fotones de luz que produce el sol, mediante la recepción en celdas fotovoltaicas que debido a su composición crean electricidad. (America, 2016). Figura 7.



**Figura 7.** Proceso de funcionamiento de la energía fotovoltaica. (Mosquera, 2013).

**Fuente:** Autores

El principal motivo para la elección de la PF ha sido, la necesidad continua de la electricidad por parte de la sociedad, además se trata de una energía renovable, en auge y conocida como energía verde (no perjudicial con el medio ambiente), también se realizó el proceso en investigación de los tipos de sistemas útiles para la generación de energías renovables en Colombia según factores climatológicos y de locación, para después obtener como respuesta que los sistemas fotovoltaicos eran los que tenían más afinidad por la recepción de sol que se tiene en Santander, se dio inicio a la caracterización de proveedores y equipos a nivel nacional, los que se desarrollaron orientados por el SENA. Después de la instalación de las estructuras, se procedió a cablear e instalar los sistemas inversores y contador eléctrico pertinente. Figura 8.



**Figura 8.** Instalación de los paneles

**Fuente:** Autores

El sistema utilizado en la planta piloto es el On Grid (En la red Eléctrica) el cual no requiere inversión en sistemas acumuladores o pilas, lo cual lo hace más económico, innovador y funcional. Figura 9



**Figura 9.** Sistema On Grid

**Fuente:** Autores

Para el desarrollo del análisis del porcentaje de generación de la planta se solicitó a la sede principal, material como recibos de la energía eléctrica suministrada al CAT para hacer un promedio de consumo vs valor monetario de ese mismo consumo durante 4 periodos (2013, 2014, 2015 y 2016 solo hasta el mes de Agosto). Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Consumo Kwh\* Años Vs Valor monetario hasta el mes de Agosto de cada año.*

<b>Año</b>	<b>Consumo Kwh* años</b>	<b>valor monetario \$</b>
2013	107.300	\$ 50.830.067
2014	137.000	\$ 61.488.340
2015	126.800	\$ 68.222.539
2016	131.000	\$ 78.699.499

Luego se procede a hacer la diferencia de consumo entre año y año, para posteriormente analizar el porcentaje exacto que ha generado planta en los 8 meses de funcionamiento. Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Porcentaje de ahorro en comparación de periodos 2015-2016 de Enero a Agosto*

Fecha período	Período	Porcentaje de Ahorro %
Desde: 03/ENE/2015-2016 Hasta: 30/ENE/2015-2016	1	1
Desde: 31/ENE/2015-2016 Hasta: 02/MAR/2015-2016	2	10
Desde: 03/MAR/2015-2016 Hasta: 31/MAR/2015-2016	3	9
Desde: 01/ABR/2015-2016 Hasta: 30/ABR/2015-2016	4	10
Desde: 01/MAY/2015-2016 Hasta: 01/JUN/2015-2016	5	8
Desde: 02/JUN/2015-2016 Hasta: 01/JUL/2015-2016	6	6
Desde: 02/JUL/2015-2016 Hasta: 01/AGO/2015-2016	7	8
Desde: 02/AGO/2015-2016 Hasta: 31/AGO/2015-2016	8	8
		8 promedio en los años 2015-2016

**Fuente:** Autores

La orientación de datos en la tabla anterior se identifica el porcentaje de ahorro en un 8%, nótese que en el primer periodo enero, no existe gran porcentaje de ahorro (1%) debido al error en la conexión en ese mes. Los colores de la tabla se explican en los resultados dando a conocer la trazabilidad del ahorro explicado. Se realizó la interpretación de la ficha técnica básica de la PF para comprender su aplicación y posterior implementación. Por último se realizan procesos de formación con aprendices, para monitorear la potencia entregada e identificación de partes instaladas. Tabla 3.

**Tabla 3.***Ficha Técnica Planta fotovoltaica.*

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
<b>32 paneles fotovoltaicos</b>	Potencia 1.8 KW Corriente Max 8.2 <sup>a</sup> Voltaje Max 36.6V Dimensión 1956 x 992 x 40 mm Peso 27 kg
<b>2 Inversores</b>	Nominal output power 5000KW Maximum output power 5000W Rated grid AC voltage 208V 240V 277V
<b>1 Contador monofásico</b>	Tensión nominal 120-220 VAC +- 20% Corriente Máxima :60 amp Dimensiones 120x167x2
<b>2 cajas de combinación para cableado de paneles</b>	PVCB-16S-1000_352003010015 Max. PV array voltage 1000Vdc Communication interface RS 485

**Fuente:** Autores

## RESULTADOS

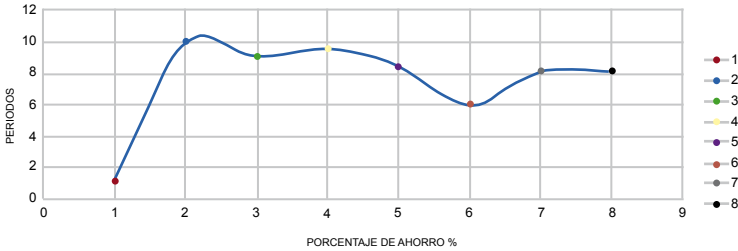
Cada Kw generado es solo un aporte a mitigar los impactos ambientales de las diferentes actividades productivas del hombre.

- Inversión Total del sistema: \$ 91.756.580.
- Recuperación estimada de la inversión: 7 años.
- Vida útil del sistema: 25 años.
- Mantenimiento: Cada 2 años aproximadamente.
- Generación aproximada de energía media mensual: 1125Kwh\*mes.
- Al ser un piloto ahorra un 8% del total que provee la centrales eléctricas.
- Sistema escalable, el cual sólo requeriría mayor cantidad de paneles para robustecer el sistema.

Según revisión del mes de agosto de 2016, se han generado 10800 Kwh\*mes en promedio, lo cual se ve reflejado en el pago de los recibos de electricidad con disminución de \$4.912.162.

La planta presentó una falla en los meses de enero y mitad de febrero esto se genera por una mala conexión en el cableado de salida de los paneles que presentaron humedad la cual produjo un corto circuito, gracias al sistema de protección que tienen los paneles (fusible) y al sistema inversor inteligente solo apagó el sistema sin presentarse daños que alteraran el proceso físico, por lo tanto este fallo se evidencia en la producción de energía. Este error se muestra en la Tabla 2 en el primer periodo facturado que se encuentra de color rojo, demostrando el bajo nivel de porcentaje de ahorro que se reflejó en ese tiempo. También se muestran en la Tabla 2, los colores

que reflejan los periodos de ahorro en los años 2015-2016, ahorro máximo en periodo dos (color azul), dando promedio de 8% fluctuante entre un mínimo de 1% y un máximo de 10%. Figura 10

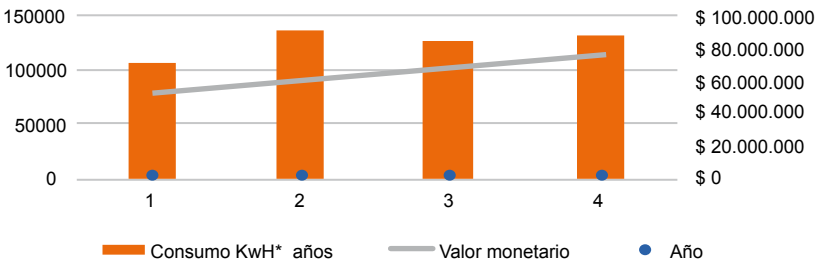


**Figura 10:** Porcentaje de Ahorro Vs periodos Años 2015 -2016

**Fuente:** Autores

El valor monetario también aumenta por la variación del precio kWh en el 2016 pero al observar la variación de ahorro promedio de la Tabla 2, y el costo en el ahorro que proporciona la PF, el resultado de \$4.912.162, ventaja para CAT en cuanto a la implementación de nuevas tecnologías que comprueben el ahorro energético y su aplicación didáctica.

Este sistema se empieza a regular en los meses de Junio, Julio y Agosto de 2016 según la comparación que se hizo con el año 2015 en donde aumenta la potencia requerida por la institución puesto que el CAT está implementando mayores equipos de cómputo y sistemas ventilación. Figura 11.



**Figura 11:** Consumo potencia en los años 2013-2015 en el CAT

**Fuente:** Autores

## CONCLUSIONES

Cada Kw que se genera es solo un aporte a mitigar los impactos ambientales de las diferentes actividades productivas por el hombre, esta nueva forma de energización se basa en el aprovechamiento de la energía producida por el sol y la conversión que realizan las celdas fotovoltaicas para el consumo en el CAT, lo que evita que se produzcan agentes contaminantes que desgastan y alteran el medio ambiente.

La planta piloto implementada en el CAT proporciona la información necesaria para que los aprendices SENA y las demás personas puedan tener fundamentos sobre el rendimiento y aprovechamiento de un PF, es necesario para el sistema On Grid tener acceso a la red todo el tiempo para producir electricidad, por lo tanto en horas de la noche o cuando hay interrupciones eléctricas, el sistema es insuficiente.

También la ley 1715 de 2014 promueve la regulación del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía y dan prioridad a la autogeneración con beneficios tributarios y arancelarios para quienes lo implementen. (Eléctrica, 2014). Se plantea en esta investigación implementar un sistema Off Grid, e identificar las posibilidades en el punto de acumulación de energía en baterías y estos procedimientos pueden realizar puntos de comparación en los aprendices sobre ambos sistemas para aplicarlos en diferentes zonas ya sean urbanas o rurales.



## BIBLIOGRAFÍA

- America, G. E. (2016). Green Energy Latin America. Obtenido de Green Energy Latin America: <http://www.greenenergy-latinamerica.com/es/energia-solar-solar-fotovoltaica-197>
- Bonanza, C. (2010). Ecopotencia. Recuperado el 11 de Septiembre de 2016, de Ecopotencia: <http://www.ecopotencia.com/incidencia.html>
- Economía, R. (04 de junio de 2013). Periodico Vanguardia. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de Periodico Vanguardia: <http://www.vanguardia.com/economia/local/211039-empresa-santandereana-le-apuesta-a-la-energia-solar>
- Energía, e. p. (2015). el periodico de la energía. Recuperado el 2016 de septiembre de 2016, de el periodico de la energía: <http://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plan-tas-fotovoltaicas-del-mundo/>
- Energy, Q. (15 de julio de 2016). Quantum Energy. Recuperado el 25 de agosto de 2016, de Quantum Energy: <http://www.ingenieriaquantum.com/2016/07/15/jorge-tadeo-lozano-la-universidad-movida-por-energia-solar/>
- Cala G. Camilo (02 de febrero de 2010). Diseño de un sistema de suministro de energía eléctrica con suministro de energía eléctrica con tecnología solar fotovoltaica. Bucaramanga, Santander, Colombia.
- Fotovoltaica, A. (2014). La guía solar. Recuperado el 01 de 08 de 2016, de La guía solar: <http://www.laguiasolar.com/que-es-una-instalacion-fotovoltaica-on-grid/>
- IDEAM. (s.f.). atlas.ideam.gov.co. Recuperado el 8 de septiembre de 2016, de atlas.ideam.gov.co: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Industriales, E. C. (03 de 2016). Bogotá Ecce. Recuperado el 01 de 08 de 2016, de Bogotá Ecce: Escuela Colombiana de Carreras industriales
- Juarez, A. (2016). Oni Escuelas de Argentina. Obtenido de Oni Escuelas de Argentina : <http://www.oni.esuelas.edu.ar/2008/CORDOBA/1324/trabajo/radiacionsolar.html>

- Mosquera, P. (17 de Mayo de 2013). Renewable Energy Magazine. Obtenido de Renewable Energy Magazine: <http://www.renewableenergymagazine.com/article/dos-fotones-por-cada-electron--20130517-1-1>
- Nempeque, A. K. (01 de septiembre de 2012). Unidad de Planeación Minero Energética. Recuperado el 01 de 08 de 2016, de Unidad de Planeación Minero Energética: [http://www1.upme.gov.co/sgic/sites/default/files/Resumen\\_proyecto\\_SUNSENA.pdf](http://www1.upme.gov.co/sgic/sites/default/files/Resumen_proyecto_SUNSENA.pdf)
- Neoteo. (8 de abril de 2009). Neoteo. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de Neoteo: <http://www.neoteo.com/la-muerte-del-sol-15449>
- Portafolio, R. (12 de 02 de 2014). Portafolio. Recuperado el 01 de 08 de 2016, de Portafolio: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/SENA-formara-tecnicos-energia-solar-fotovoltaica-67108>
- Renovable, F. (17 de 09 de 2015). Futuro renovable. Recuperado el 01 de 08 de 2016, de Futuro renovable: <http://www.futurorenovable.cl/energia-solar-fotovoltaica-on-grid-un-acierto-off-grid-un-fracaso/>
- Republica, C. D. (13 de Mayo de 2014). Alcaldía Bogotá . Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de Alcaldía Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=57353>
- Rueda, E. A. (02 de Noviembre de 2010). Vanguardia.com. Recuperado el 26 de Agosto de 2016, de Vanguardia.com: <http://www.vanguardia.com/historico/80886-la-energia-solar-ya-brilla-en-las-veredas>
- Rural, E. (2016). Energía Rural. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de Red Social de Energías Renovables: <http://energia-rural.com/renovables-rurales/energia-solar-fotovoltaica-aislada/>
- Solares, T. s. (junio de 2013). paneles-fotovoltaicos.blogspot.com. Obtenido de paneles-fotovoltaicos.blogspot.com: <http://paneles-fotovoltaicos.blogspot.com/2013/01/que-es-y-como-funciona-un-panel.html>
- SunPower. (2016). SunPower. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de SunPower: <https://us.sunpower.com/>
- Terra. (mayo de 2008). terra.org. Obtenido de terra.org: <http://www.terra.org/categorias/articulos/las-emisiones-de-dioxido-de-carbono-se-aceleran-rapidamente>
- Tiempo, P. e. (22 de junio de 2015). disminución. Recuperado el 13 de septiembre de 2016, de El tiempo: <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/reservas-de-petroleo-en-colombia/15985501>
- Tiempo, P. e. (05 de Junio de 2015). El tiempo. Recuperado el 12 de septiembre de 2016, de El tiempo: <http://www.eltiempo.com/contenido-comercial/especiales-comerciales/empresas-colombianas-con-certificacion-b/15899756>
- Villalobos, J. A. (10 de Mayo de 2006). Cincetec. Obtenido de Cincetec: <http://www.cientec.or.cr/ciencias/radiaciones.html>

## **CAPÍTULO IV. SERVICIOS ECOSISTÉMICO Y SIG**





# Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la entrada 4 Ecoparque Río Pance, Cali, Colombia

## Determination of water quality by biological and physico-chemical indicators at the Eco Park Pance River input 4 Cali-Valle, Colombia

*Mayra Bravo, Eliana González, y María Fernanda Urbano, Yulieth Banguera, María Camila Jurado, María Angélica Vernaza, Johana Fernández*

---

Tecnología en Control Ambiental, Centro de la Construcción del Sena Cali. Laboratorio CINARA, Laboratorio CDTI Regional Valle, Cali, Colombia. Autora para correspondencia: ybanguera@gmail.com

### RESUMEN

En este trabajo se realizó un análisis integral de calidad de agua del Río Pance en su zona media correspondiente a la entrada 4 del ecoparque Río Pance, de la ciudad de Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia con el fin de determinar los niveles de contaminación que están ocasionando un vertimiento puntual procedente de un lago piscícola. Para ello, se realizó un muestreo en 4 sitios de esta entrada, donde se determinaron parámetros físico químicos como: DBO<sub>5</sub>, sólidos, conductividad, estos se realizaron por medio de análisis volumétricos, gravimétricos y un equipo multiparamétrico. Los parámetros biológicos evaluados fueron macroinvertebrados acuáticos, los cuales se identificaron mediante observación con estereoscopio; y los parámetros microbiológicos; cianobacterias, protozoos y algas fueron identificados por medio de tinción de Gram y observación de microorganismos en fresco. Finalmente, se determinaron los índices de calidad del agua (BMWP, Simpson, Margalef, Shannon.). Los resultados obtenidos evidencian que el vertimiento está afectando la calidad del agua del efluente, sin embargo, se evidencia capacidad de amortiguamiento en el cauce del Río Pance para la zona de muestreo estudiada.

**Palabras clave:** Diagnóstico, muestras, parámetros, niveles de contaminación.

## ABSTRACT

This paper presents a comprehensive analysis of water quality of the Pance River in the corresponding middle zone at the entrance 4 of the Pance River Eco Park in the city of Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia-. This research was carried out in order to determine levels of pollution which is causing a dumping spot from the fish lake. For this, a sampling in 4 sites were performed where physical and chemical parameters were determined as follows: BOD<sub>5</sub>, solids, conductivity, these were performed using volumetric analysis, gravimetric and a multiparameter team. The biological parameters were evaluated with aquatic macroinvertebrates, which were identified by observation with stereoscope, and microbiological parameters: cyanobacteria, protozoa and algae, were identified by Gram staining and observation of microorganisms in fresh. Finally, water quality indices (BMWP, Simpson, Margalef and Shannon.) were determined. The results show the dumping is affecting water quality effluent, however, buffering capacity is evident into the bed of the Pance River for the sampling area studied.

**Key words:** Diagnosis, samples, parameters, levels of contamination.

## INTRODUCCIÓN

A medida que la sociedad se desarrolla, se incrementa la demanda del recurso hídrico y al mismo tiempo los niveles de impacto a las cuencas hidrográficas, dado que el aprovechamiento del recurso no es de forma sustentable. El agua es un recurso vulnerable ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, entre otros. El Río Pance es una importante fuente hídrica para la ciudad de Santiago de Cali, ya que sus aguas son destinadas al consumo y actividades recreativas, por esto el deterioro de este efluente implica impactos significativos, no sólo para la salud humana sino también para la biota en general. Debido a esto es importante determinar el estado actual del río con relación a su calidad. En este trabajo investigativo se evaluó la calidad del agua por medio de parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos. Dada la diversidad de factores que están influyendo sobre la dinámica del recurso hídrico es insuficiente la evaluación basada simplemente en los parámetros fisicoquímicos, ya que impiden tener una visión global de la calidad del agua en los ríos, pues al ser puntuales no muestran los impactos causados en los ecosistemas acuáticos a lo largo del tiempo. Por esto es importante evaluar la biota acuática en forma paralela a la caracterización fisicoquímica ya que organismos como los macroinvertebrados acuáticos son muy sensibles a las alteraciones del medio, lo cual los posiciona como modelo indicador de la calidad del agua. Dada la importancia del Río para la ciudad, el presente trabajo investigativo se enfocó a evaluar desde el punto de vista biológico y fisicoquímico, la calidad del agua de la entrada 4 posiblemente afectada por un vertimiento piscícola.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La cuenca del río Pance se encuentra al sur del municipio de Santiago de Cali, nace en los Farallones de Cali a 4.200 msnm. Tiene una extensión de más de 25 km y desemboca en el Río Jamundí. El Ecoparque del Río Pance se encuentra ubicado en la parte baja de la cuenca entre el km 12 y 14 de la vía La Vorágine a una altura aproximada de 1.125 - 1.240 msnm con extensión de 59,9 hectáreas, corresponde es una zona de bosque seco tropical y bosque húmedo pre montano. Figura 1.



**Figura 1.** Ubicación del ecoparque río Pance

**Fuente:** Autoras

Los materiales y equipos utilizados en laboratorio se mencionan en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Materiales y equipos para cada parámetro.*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS</b>
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Botellas winkler de 300 mL; Balón aforado de 200 ml; Erlenmeyer; Pipetas graduadas y aforadas; Base metálica; Probeta; Sulfato de Manganeso ( $M_nSO_4$ ); Cloruro de Calcio ( $CaCl_2$ ); Cloruro Férrico ( $FeCl_3$ ); Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ); Álcali yoduro; Tiosulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3$ ); Almidón.
<b>SÓLIDOS</b>	Filtro fino; Crisol; Pinzas; Bomba de vacío; Erlenmeyer; Probetas; Horno; Multímetro con electrodo pH; Multímetro; Balanza analítica; Desecador; Mufla.
<b>SIEMBRA DE MUESTRA</b>	Mechero; Asa bacteriológica metálica; Auto clave; Cabina flujo laminar; Incubadora; Balanza analítica; Caja Petri; Erlenmeyer; Probetas; Vaso de precipitaciones; Agar; Agua destilada.
<b>TINCIÓN DE GRAM</b>	Placa y porta placa; Portaobjetos; Mechero; Asa bacteriológica; metálica; Cultivo de la muestra; Tarro plástico y dos soportes; Cabina flujo laminar; Microscopio; Agua destilada; Azul de metileno; Cristal violeta; Lugol; Alcool; Safranina; Acetona.
<b>DETERMINACIÓN MACRO-INVERTEBRADOS</b>	Redes de muestreo: red tipo D, red pantalla y red rectangular; Colador; Ziploc; Guantes; Tarros para muestras; Pinceles; Micropunta; Cinta de enmascarar; Papel pergamino; Estereoscopio; Clave roldan; Clave dicotómica; Caja Petri; Cucharón; Pinzas de relojero; Pinceles; Alcohol; Agua destilada.

Fuente: Autoras

## **METODOLOGÍA**

### **Toma de muestras**

Para la toma de muestras en la zona del vertimiento proveniente de una piscícola, se realizó un transecto de 25 metros a lo largo del canal, donde se realizó una muestra integrada con un volumen final de 2L. En este punto también se tomó una muestra de sedimentos en el sector del vertimiento, posteriormente el volumen recolectado se trasladó a una bolsa ziploc, este proceso se repitió 6 veces con el fin de tomar una muestra representativa, ambas muestras se tomaron contracorriente. Para la zona de la desembocadura se tomó una muestra puntual en un recipiente de 1L y aguas abajo del vertimiento se tomó una muestra compuesta con un volumen final de 2L. Figura 2.

Para la recolección de macroinvertebrados se utilizaron redes tipo D, tipo pantalla y colador. Los macroinvertebrados recolectados fueron almacenados en frascos plásticos con alcohol al 98% para su conservación.

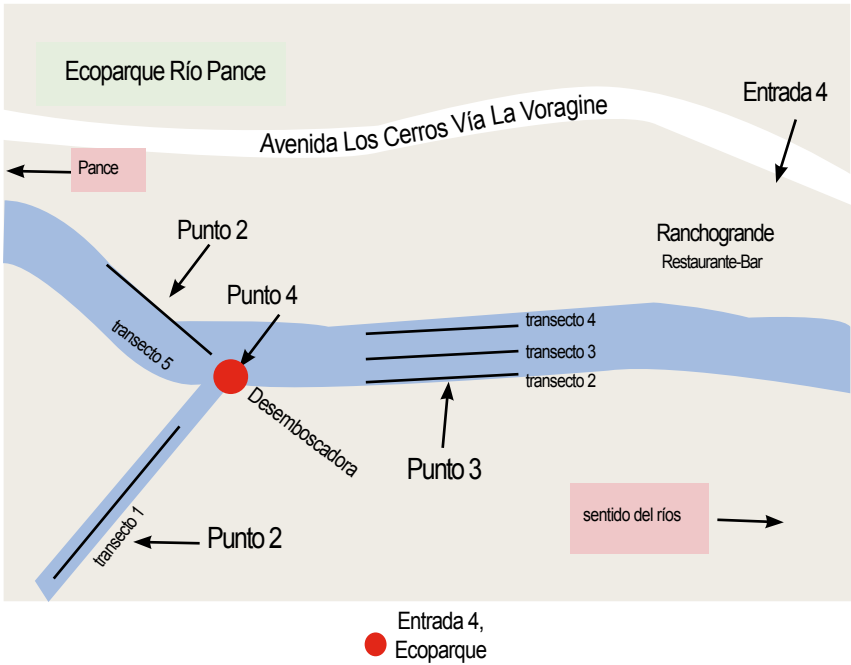


Figura 2. Esquema de muestreo.

Fuente: Autoras

### Procesamiento de las muestras

El análisis para parámetros fisicoquímico, microbiológico y biodiversidad se llevó a cabo en el laboratorio utilizando los métodos y equipos que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2.

Métodos de análisis.

Parámetros Físico Químicos	
Parámetros	Método de análisis
DBO <sub>5</sub>	Método Winkler
Sólidos	Método Gravimétrico
Conductividad, pH y Temperatura	Método automático con medidores multipropósitos.

**Tabla 1.** continuación

<b>Parámetros microbiológicos</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Método de análisis</b>
<b>Algas, Cianobacterias y Protozoos</b>	Siembra en Agar y observación de cultivos mediante microscopio.
<b>Bacterias en tinción Gram</b>	Siembra en Agar, frotis, tinción compuesta y observación de cultivos mediante microscopio.
<b>Biodiversidad</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Método de análisis</b>
<b>Macro invertebrados</b>	Observación mediante estereoscopio y clave Roldán.

**Fuente:** Autoras

### Resultados y Análisis.

Los resultados de las muestras analizadas en el laboratorio para parámetros fisicoquímicos se resumen en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Resultados de laboratorio, parámetros físicos químicos.*

<b>Parámetros</b>	<b>Muestra</b>		
	<b>Desembocadura</b>	<b>Vertimiento</b>	<b>Aguas debajo del vertimiento</b>
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	5,1	4,5	1,2
ST (mg/l)	320	345	5
SST (mg/l)	75	9	3
SFT (mg/l)	240	320	60
SD (mg/l)	108	240	35
SV (mg/l)	Valor negativo	320	Valor negativo
Conductividad (µmho/cm)	18,56	189	27,13

**Fuente:** Autoras

Se encontró que los valores de más altos se registraron en la zonas que se esperaba fueran las más impactadas, el punto de vertimiento con 4,5 mg/LDBO<sub>5</sub> y la desembocadura de éste con 5,1 mg/LDBO<sub>5</sub> presentándose entonces el resultado más bajo en la muestra tomada aguas abajo de la desembocadura del vertimiento con 1,2 mg/LDBO<sub>5</sub> se puede inferir mediante los resultados obtenidos y la observación en campo realizada, que esas zonas presentaban gran indicio de descarga de aguas residuales, lo que representa grandes cantidades de materia orgánica y una mayor generación de sólidos. El valor

más elevado registrado fue en la desembocadura con 5,1 mg/LDBO<sub>5</sub>, éste valor puede haberse presentado debido a que esta desembocadura se estanca debido a una modificación antropogénica, en donde posiblemente hay una mayor concentración de materia orgánica.

Teniendo en cuenta los resultados de la DBO<sub>5</sub> en las tres muestras y basándose en el *Lítera A. (11.2.2 Procesos mínimos de tratamiento en función de la calidad de agua de la fuente) del RAS 2000* la muestras, agua del vertimiento y desembocadura presentan una calidad de agua “muy deficiente” y la calidad para la muestra aguas abajo del vertimiento es “Aceptable”. Esta calificación es verídica, pues responde a los diferentes factores que contaminan el agua y es coherente con los valores de DBO<sub>5</sub> encontrados

Estos valores son concordantes con las determinaciones de sólidos totales, este es un parámetro que permite estimar los contenidos de materias disueltas, suspendidas y sedimentables, presentes en el agua. Su determinación se basa en una medición cuantitativa del incremento de peso que experimenta una cápsula. Los análisis de sólidos son importantes, en el control de procesos de tratamientos biológico y físico de aguas residuales debido a que estos nos indican la calidad de agua y de contaminantes presentes en esta.

En este estudio se encontró que la muestra del vertimiento tenía la mayor concentración de sólidos totales, probablemente por la gran exposición a descargas de aguas residuales o filtraciones provenientes de otras fuentes. Figura 3.

El valor más alto de sólidos suspendidos totales corresponde a la zona de la desembocadura del vertimiento, con una concentración de 75 mg/l, seguido por el vertimiento con 9 mg/l y por último aguas abajo del vertimiento con 3 mg/l. Esto es debido a que en esta zona, las aguas se mantienen retenidas por un dique, tienen poca circulación y mucho más tiempo de residencia.

Los análisis de sólidos volátiles (SV) evidencian valores negativos para la zona de aguas abajo del vertimiento y desembocadura, a diferencia de la zona del vertimiento, la cual presentó un valor de 320 mg/l; los valores negativos pudieron deberse a errores en el procedimiento como por ejemplo pérdida de materia volátil en el secado o la presencia de altas concentraciones de sólidos fijos mientras, que el valor alto en la zona de vertimiento indica las altas concentraciones de sólidos volátiles provenientes de la piscícola. Tabla 3 y Figura 3.

Para el caso de altas concentraciones de sólidos fijos se recomienda su cuantificación por otro método como el de carbono orgánico total (TOC) el cual se determina midiendo la cantidad de carbono unido a un compuesto orgánico y se usa frecuentemente como un indicador no específico de calidad del agua. Se mide por la cantidad de dióxido de carbono que se genera al oxidar la materia orgánica en condiciones especiales. (MAVDT, 2000)



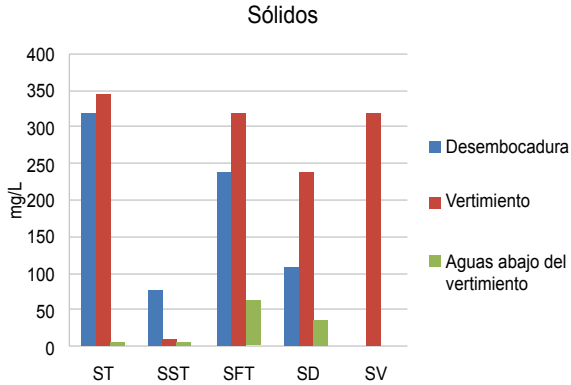


Figura 3. Resultados obtenidos en sólidos.

Fuente: Autoras

Otro parámetro químico que se midió en las tres muestras de agua fue la conductividad. Esta arrojó resultados altos en la muestra del vertimiento respecto a las muestras de la desembocadura y aguas abajo del vertimiento, estos resultados fueron 189, 18,56 y 27,13  $\mu\text{mho/cm}$  respectivamente. Estos valores por debajo de lo estipulado en el artículo 3° de la Resolución 2115 de Junio de 2007 para agua potable, la cual indica que la conductividad debe de estar por debajo de los 1000  $\mu\text{mho/cm}$  y que sirvió como referencia para este estudio. Al comparar este parámetro con los ST, la muestra del vertimiento presentó la mayor concentración de sólidos totales y conductividad, debido a que se espera que a mayor concentración de sólidos haya una mayor conductividad. Sin embargo, en los otros puntos de muestreo los resultados no muestran esta relación entre conductividad y ST, debido a un mal manejo de la muestra o a la presencia de sustancias con características oleosas, que disminuyeron la conductividad en las muestras. Figura 4.

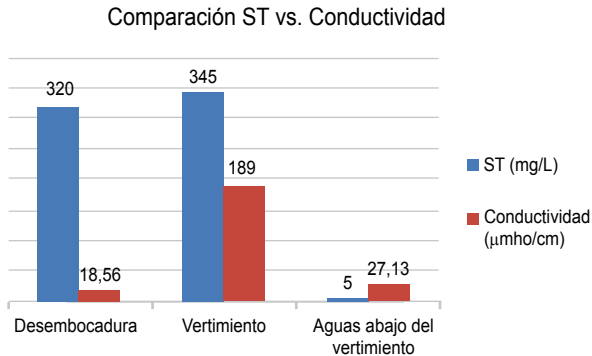
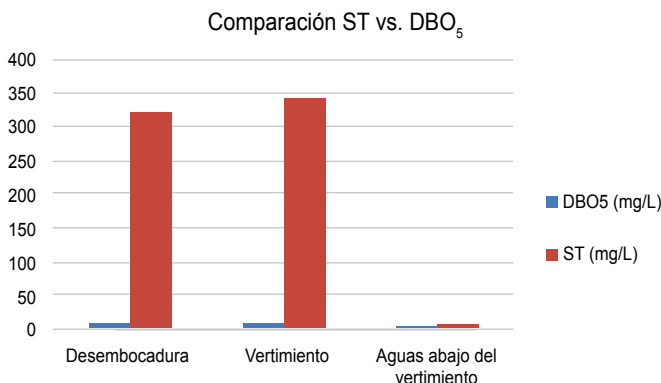


Figura 4: ST y Conductividad.

Fuente: Autoras

En teoría se espera que al haber presencia elevada de materia orgánica el valor de  $\text{DBO}_5$  sea directamente proporcional a esta, parte de la materia orgánica se presenta como sólidos, según la Figura 5 los resultados de ST comparados con  $\text{DBO}_5$  esta relación no se cumple en las muestras analizadas. Es importante resaltar que las pruebas de estos parámetros pueden estar sujetas a errores debido a falla de instrumentos, personal o método, lo cual se conoce como error sistemático (Universidad del Valle de México Coyoacán, 2011-2012).



**Figura 5:** ST y  $\text{DBO}_5$ .

**Fuente:** Autoras

Para el estudio microbiológico se observó en el microscopio la muestra de vertimiento, encontrando diversos microorganismos, entre algas unicelulares de la clase Diatomea género *Pinnularia*; cianobacterias del género *Oscillatoria*, *Lyngbya* y *Scytonema*; protozoos del género *Peranema* y *Euglena*. Estas especies son bastantes específicas a las condiciones en las que viven, por ejemplo a la alcalinidad, salinidad, nivel de nutrientes. Debido a esto y a la gran abundancia que pueden llegar a tener, es posible utilizarlos como indicadores ambientales. Cabe resaltar que las muestras posiblemente fueron alteradas por las lluvias presentadas el día de la toma de muestra, por lo cual es probable que la observación microscópica de Algas, Cianobacterias y Protozoos no arroje resultados representativos.

Al hacer un análisis que involucra los microorganismos encontrados en la zona de vertimiento, se puede deducir que en su mayoría contienen características de baja calidad de agua, con alto contenido orgánico y presentes en ríos; estas características están relacionadas directamente con las condiciones del agua que se encuentra en la zona del vertimiento, el único género que comprende características diferentes a las de la zona es *Pinnularia* ya que se asocia a pH ligeramente ácidos y baja conductividad y según los resultados obtenidos en el análisis de estos parámetros esta zona presentaba un pH alcalino de 9,31  $\mu\text{mho/cm}$  y la conductividad más alta entre todos los puntos, con un resultado de 189  $\mu\text{mho/cm}$ .

En la tinción se observó mediante el microscopio la muestra de agua del vertimiento (40X) se evidenció la presencia de bacterias que mostraban formas de Coco (*diplococos*) y bacilos, estos microorganismos se visualizaban en poca cantidad y de un color violeta lo que indica su condición de bacterias *Gram* positivas, algunas de estas están asociadas a enfermedades. Es común encontrar este tipo de bacterias en aguas residuales, ya que este es un ambiente propicio para su supervivencia.

De igual forma, se hizo la evaluación de macroinvertebrados acuáticos, la cual permitió determinar el estado real del efluente a partir de sus cualidades como bioindicadores. Se recolectó un total de 219 macroinvertebrados acuáticos, distribuidos en un Filo (arthropoda), dos clases, nueve órdenes y 22 familias. El Filo Arthropoda estuvo representado por las clases Annelida e Insecta; siendo la última la más diversa y abundante (88.88%) en la entrada 4 del ecoparque Río Pance. Los órdenes encontrados, *Efemeroptera* (41,6%) y *Coleoptera* (19,68%) fueron los más abundantes, seguido por *Trichoptera* (10,0%) y *Hemiptera* (9,1%); y los menos abundantes fueron los órdenes Odonata (4,1%), *Megaloptera* y *Annelida* (1,4%). Las familias más abundantes fueron *Leptophlebiidae* (19,63%), *Elmidae* (16,4 %) y *Leptoxyphidae* (12,33 %) y los menos abundantes fueron las familias *Gyrinidae* y *Ceratopogonidae* (0,5 %).

El orden más representativo para este muestreo fue *Efemeroptera*, estos macroinvertebrados por lo regular viven en aguas claras, bien oxigenadas con bajo contenido de carga orgánica de desecho y, por tal razón, se consideran indicadores de aguas de buena calidad. En los transectos 3 (punto aguas abajo del vertimiento) y 5 (punto aguas arriba del vertimiento) se encontraron la mayor cantidad de efemerópteros. Esto es congruente con la concentración encontrada para la demanda de materia orgánica ( $DBO_5$ ) pues el transecto 3 fue de 1.2mg O<sub>2</sub>/L, que es la más baja en comparación con los otros puntos de muestreo. Sin embargo, para el transecto 5 no se pudo obtener esta información.

La mayoría de los efemerópteros viven en los bentos de las corrientes, debajo de las piedras, troncos, hojas y sustratos similares, solo algunas especies viven enterradas en fondos lodosos y arenosos y otros pocos grupos se hallan asociados con la vegetación acuática enraizada. Las familias representativas de los *ephemeropteros* son *Leptophlebiidae*, *Leptoxyphidae* y *Baetidae*, estas familias habitan muchos tipos de corrientes en especial las corrientes rápidas y ocurren en una variedad de sustratos, vegetación sumergida y debajo de rocas y troncos. *Leptophlebiide* prefiere aguas con buen nivel de oxígeno disuelto y baja carga orgánica residual en cambio *leptoxyphidae* tolera muy bien ríos con alguna carga de desechos orgánicos antrópicos.

El análisis para  $DBO_5$  del transecto 3 (1.2mg O<sub>2</sub>/L), también es coherente con el segundo orden más representativo, *Coleoptera*, estos organismos viven en aguas limpias con concentraciones de oxígeno altas, en aguas someras en donde la velocidad de la corrientes no es fuerte y las temperaturas son medias. El orden *Coleoptera* habita en zonas lóaticas como el Río Pance en donde los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, piedras arenas y la vegetación sumergente y emergente.

Al igual que las *ephemeropteros* y los *coleopteros*, *lostricopteros* fueron encontrados en mayor cantidad en los puntos de muestreo aguas abajo y aguas arriba, lo que desde ya nos indica que son indicadores de buena calidad de agua. En cuanto al orden hemiptera se encontraron las familias *veliidae*, *naucoridae*, *gerridae* y *corixidae*, los hemipteros ocupan un hábitat muy específico dentro de la película superficial del agua debido a que se les encuentra en aguas abiertas, de flujo lento, así como en ambientes acuáticos lóticos y lénticos. Esta información es coherente con la cantidad de organismos de las familias *veliidae* y *gerridae* encontradas pues estas se hallaron en su mayoría en el punto 1 transecto 1, Zona del vertimiento, en donde el flujo del efluente es lento.

Sin embargo los patinadores recolectados, no están sujetos a una buena calidad del agua, por el contrario son indicadores de contaminación en la misma. Hay que mencionar además que los hemipteros patinadores como su nombre lo indica habitan en aguas con tensión superficial no rebajada, que pueden ser calificadas como limpias pero en este caso más que ser calificadas como limpias estos grupos pueden ser usados como indicadores de presencia de sustancias tensoactivas como los detergentes que rompen la tensión superficial del agua.

Pero no solo los hemipteras están asociados en su mayoría a ambientes contaminados, en la hojarasca extraída del transecto 1 correspondiente al vertimiento del lago piscícola se hallaron la mayoría de individuos representativos del orden Díptera, 3 de las familias de este orden (*tipulidae*, *chironomidae* y *ceratopogonidae*) están asociadas a categorías de indicadores menores de 4. El hábitat acuático más común de los tipulidae, chironomidae y ceratopogonidae es el lodo el fango y con abundante materia orgánica en descomposición, todas estas características son propiedades de la hojarasca, muestra en donde se encontraron su mayoría de representantes.

Los órdenes menos característicos del muestreo fueron *odonatamegaloptera* y *annelida*, en estos órdenes se encontraron menos de 10 individuos. Pero en general estos 3 órdenes son indicadores de buena calidad del agua. En cuanto al orden odonata, se encontraron dos familias, *Gomphidae* y *Libellulidae*, estas se encuentran en aguas quietas poco profundas con fondos arenosos y pedregosos ya que están adaptados para cavar, la organismos de la familia *gomphidae* son indicadores de aguas *mesotróficas*. Por otro lado los megalópteros viven en aguas corrientes limpias, los tres individuos encontrados de este orden pertenecientes a la familia *corydalidae* se hallaron en los puntos de muestreo donde las aguas son aceptables con bajos índices de contaminación. Por otra parte, la relación con ST se da de tal manera que al presentar los valores más elevados como en el caso de vertimiento y desembocadura, la abundancia de macroinvertebrados es menor, esto puede ocurrir debido a que altas concentraciones de algunos tipos de sólidos como los SST pueden depositarse en el fondo del agua afectando huevos y larvas de macroinvertebrados que pueden quedar atrapados o encerrados entre las capas que se forman.

## CONCLUSIONES

En este estudio se pudo determinar que la entrada 4 del Ecoparque Río Pance se encuentra fuertemente impactada por la descarga de vertimientos, en especial en los puntos donde desemboca el vertimiento y antes de este, debido a la actividad en la zona de pesca que vierte sus aguas residuales, en sectores situados antes del ecoparque donde también se realizan distintas actividades de comercio y recreación, se ve afectada la calidad de la cuenca. A pesar de esto, por ser un ecosistema con zonas de alto caudal y mayor presencia de corrientes, el río logra oxigenar y depurar naturalmente sus aguas, lo que se evidenció en el punto aguas abajo del vertimiento en el que el agua presentó una calidad mejor de acuerdo a los resultados de índice BMWP/Col y parámetros físico químicos. Sin embargo es necesario hacer un estudio en distintas épocas del año, ya que los fenómenos climáticos como El Niño y La Niña afectan directamente el comportamiento del río.

Según las clasificaciones del RAS 2000 la zona de aguas abajo del vertimiento obtuvo una calificación aceptable y la desembocadura del vertimiento y vertimiento una calificación deficiente. La situación se hace crítica al tener en cuenta el uso de la cuenca para actividades específicas de la ciudad de Santiago de Cali como consumo doméstico, pues las condiciones de calidad requeridas para tratar el agua de estas actividades puede verse afectada, implicando riesgos para la salud y mayores costos por potabilización.

En la Entrada 4 del Río Pance, se hallan diferencias en los parámetros fisicoquímicos de los puntos de muestreo, estas diferencias tienen gran influencia en las condiciones ambientales que cada familia de macroinvertebrados requiere afectando su distribución, lo cual es un importante indicador permitiendo ver los cambios a través del tiempo en esta zona.

Debe considerarse la opción de evaluar a profundidad las problemáticas locales del Ecoparque Río Pance en la entrada 4 que pueden estar influenciando negativamente la calidad del agua, con el fin de diseñar un estudio que integre las variables sociales y naturales, que contribuya a mejorar y preservar la calidad del agua en este sector y por ende la cuenca del río.



## BIBLIOGRAFÍA

- Arcos P. M. Ávila N. S. Estupiñán T. S. y Gómez P. A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova*, 3(4), 69-79.
- Aznar J. A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*, 2000, 2(23). 12-19.
- Biodiversidad virtual (2013). La palidez de un alga, *Peranema trichophorum*. <http://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Peranema-trichophorum-img1015.html>.

- CIDTA. Universidad de Salamanca. (2005). Módulo en Modelización y Simulación de Plantas Depuradoras de Agua. En CD. Salamanca, España.
- GL-PL-11 (2013). Protocolo para la determinación de sólidos fijos y volátiles a 550 ° C. Universidad de la Guajira, Colombia (Eds.). p6.
- Guillen, A, (2010). Biodiversidad Virtual: *Peranema trichophorum*. Recuperado de: <http://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Peranema-trichophorum-img18.html>
- IDEAM (2007). Sólidos totales secados a 103 – 105°C. p8. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados+a+103+-+105%C2%BAC..pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b101935>.
- Madrazo E. (2009). Agua Potable y Saneamiento Básico en América Latina. Un objetivo compartido y alcanzable. Boletín Económico de ICE 2974.
- MAVDT. (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000: Guia RAS-001 “Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda del agua”. Bogotá D.C.: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo económico. p52.
- Pacheco S.V. (2008) Aspectos biológicos de la calidad del agua. Control de calidad. *Bvsde*, 248-282.
- Ramalho R. (1996). Tratamiento de Aguas Residuales. Barcelona: Editorial Reverté S.A.
- Sánchez O. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología, INECC (Eds.) p.293.
- Universidad del Valle de México Coyoacán. (2011-2012). Apuntes Científicos: Errores Analíticos. Coyoacán, México. Recuperado de : <http://apuntescientificos.org/erroresanaliticos.html>
- Velázquez B. M. Alcántara I. A. y Mendoza C. M. (2006). Uso de Diatomeas para la evaluación de la calidad del agua del río Turbio, afluente del río Lerma, México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC (Eds.). p12.

# Lineamientos técnicos dentro del marco de la sostenibilidad ambiental y social para la rehabilitación de viviendas abandonadas en zonas rurales de los Montes de María Departamento de Bolívar, Colombia

## Technical guidelines within the framework of environmental and social sustainability for the rehabilitation of abandoned housing in rural areas of the Montes de María Department of Bolivar, Colombia

Dayana Carolina Chalá Diaz, Zayceth Romero Benitez y Edgar Quiñones Bolaños\*

---

Universidad de Cartagena, GIMA. Autor para correspondencia: equinonesb@unicartagena.edu.co

### RESUMEN

El propósito de la investigación fue plantear lineamientos técnicos para rehabilitar VA que presenten un alto grado de deterioro estructural, tomando como caso de estudio el corregimiento de Mampuján, en los Montes de María del departamento de Bolívar. 22 de 100 familias fueron entrevistadas, cinco (5) VA y tres (3) viviendas de interés social rural construidas recientemente (2014) por el gobierno nacional (VIS) fueron evaluadas técnicamente describiendo el contexto geográfico, y las condiciones de saneamiento básico de la zona. Las VA evaluadas, presentan grietas longitudinales en muros de tipo medio a alto, pobre calidad de los materiales e inadecuada cimentación para el terreno (arcilloso-limos). En las VIS, hay bajo nivel de iluminación y ventilación lo que hace que el diseño no sea ambientalmente sostenible, las VIS ya presentan fallas constructivas. Los ingresos de las familias son menores al 40% del SMMLV, producto de la agricultura. Hay disposición de residuos a cielo abierto y no hay aprovechamiento de los residuos orgánicos. Para la rehabilitación de las VA se propone una vivienda prototipo con: (a) Uso de morteros a base de cal como alternativa en fallas de mampostería y constructivas, (b) adaptación a criterios bioclimáticos de diseño acordes al entorno ambiental y social, (c) Aplicación de estrategias de sostenibilidad, (d) Inyección de epóxico de alta resistencia en muros agrietados y (e) Un sistema de manejo de residuos sólidos basado en la co-digestión anaeróbica de residuos domésticos y residuos producto de la extracción de palma aceitera de la zona. La propuesta permite reducir costos, y aumentar la vida útil de las VA a nivel rural mejorando la calidad de vida de las comunidades con materiales propios de la zona.

**Palabras clave:** Sostenibilidad, lineamientos, viviendas abandonadas, desplazamiento, saneamiento ambiental.

### ABSTRACT

The aim of this research was to rehabilitate VA pose technical guidelines that present a high degree of structural deterioration, taking as a case study the village of Mampuján, in the Montes de Maria Bolivar department. 22 100 families were interviewed, five (5) VA and three (3) houses rural social interest recently (2014) built by the national government (VIS) were evaluated technically describing the geographical context and the conditions of basic sanitation zone. The VA evaluated, have longitudinal cracks in walls type medium to high, poor quality materials and inadequate foundation for the field (clayey silt). In the VIS, there is low lighting and ventilation which makes the design is not environmentally sustainable, the VIS already have constructive failures. The family incomes are less than 40% of SMMLV, agriculture product. There is a waste disposal in the open and no use of organic waste. For the rehabilitation of housing goes a prototype is proposed (a) Using lime based mortars as an alternative in masonry and construction faults, (b) Adjustment bioclimatic design criteria commensurate with the environmental and social environment, (c) Implementation of sustainability strategies, (d) Injecting epoxy high resistance in cracked walls and (e) A system of solid waste management based on anaerobic co-digestion the domestic and waste arising from the extraction of oil palm waste area. The proposal to reduce costs, and increase the life of the VA in rural areas by improving the quality of life of communities with materials from the area.

**Key words:** Sustainability, guidelines, abandoned homes, displacement, environmental sanitation.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la utilización de la planificación urbana como herramienta para tratar los desafíos a los que se enfrentan las ciudades del siglo XXI son claves para el desarrollo sostenible de los países (OPS-OMS, 2009). La violencia ha ocasionado que en países como Colombia, se presenten situaciones que conllevan a un abandono de viviendas en áreas rurales, de un sin número de familias que habiendo construido y albergado un hogar por tantos años se ven obligadas a dejarlas atrás; con el deseo de regresar.

Dentro de los planes de gobierno que se desarrollan en el país se contemplan los programas que responden a estas problemáticas, pero aun así las condiciones persisten y cada día se hace más difícil reparar a una población que está en constante crecimiento, el estado ha formulado una serie de guías técnicas para la formulación y ejecución de proyectos de Vivienda de Interés Social, como apoyo a los entes territoriales, donde se conciben planes para subsidiar por medio de construcción y/o reparación parcial o total de viviendas a familias de bajos recursos. (MVADT, 2011).



En Colombia se llevan a cabo proyectos similares donde el concepto de *Green Buildings* se ha integrado como el caso del municipio de Chía con “El Programa de Mejoramiento de Vivienda Sostenible para el Municipio de Chía”, que muestra el proceso y metodología utilizada para la propuesta de mejoramiento. Éste, no sólo mejora las condiciones de habitabilidad de la población más desfavorecida también desde el punto de vista técnico, económico y social hace más razonable optar por conservar y rehabilitar las viviendas existentes y combinar construcciones nuevas integradas a la misma área (Zora Hernández & Echeverry, 2005).

Dentro del contexto de una vivienda saludable, Naciones Unidas (2010), establece que es un espacio que promueve la salud de sus moradores. Este espacio incluye: la casa, el hogar, el entorno y la comunidad, en particular, la vivienda saludable cumple con las siguientes condiciones fundamentales:

- Tenencia segura
- Ubicación segura
- Diseño y estructura adecuada
- Espacios suficientes para una convivencia sana
- Servicios básicos de buena calidad
- Muebles, utensilios domésticos y bienes de consumo seguros y eficientes
- Entorno adecuado que promueva la comunicación y la colaboración
- Hábitos de comportamiento que promuevan la salud.

Con esta investigación se pretende diseñar lineamientos técnicos para la rehabilitación de viviendas abandonadas que incluya un plan de gestión en saneamiento ambiental dentro del marco de la sostenibilidad ambiental y social basados en los parámetros que se exponen en las guías para la construcción de viviendas de interés social del país con el fin de que los entes gubernamentales, nacionales y locales tengan nuevas alternativas que permitan plantear soluciones a problemas de vivienda digna para las familias de bajos recursos en zonas rurales teniendo como caso de estudio el corregimiento de Mampuján, en la Zona de los Montes de María.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizó el diagnóstico de tipo Técnico, Social y de Saneamiento Ambiental a partir de información primaria recolectada en visitas de campo a la comunidad de Mampuján sobre diagnósticos que generaron diferentes alternativas con base en técnicas de construcción sostenible para la rehabilitación de viviendas. Se hizo necesario generar una matriz de los niveles de daño en la vivienda, subdividiéndola en aspectos para describir las patologías y otra matriz correspondiente a las alternativas propuestas según cada tipo de daño de esta forma se pudo seleccionar la alternativa adecuada en cada vivienda analizada.

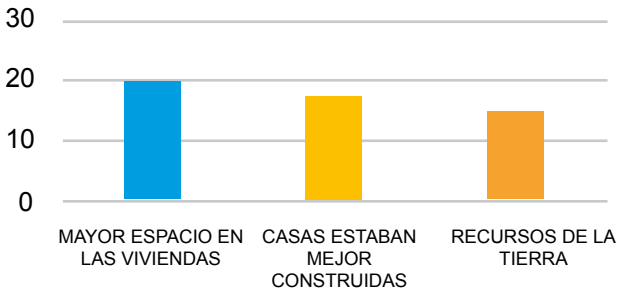
Se procede a realizar un prototipo de la vivienda rehabilitada acorde con las alternativas seleccionadas previamente se le agregaron diversas estrategias de sostenibilidad como techos verdes, túneles de luz, se consideraron conceptos de arquitectura sostenible y bioconstrucción para su planteamiento, además de fichas de

programa de la vivienda a rehabilitar con las matrices de niveles de daño y selección de alternativas que incluyan estas recomendaciones para el manejo de residuos orgánicos y suministro de agua potable.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diagnóstico social

El 90% de las personas entrevistadas manifestó deseo de regresar a sus antiguos hogares ante una eventual recuperación de sus viviendas contando con el mejoramiento de las condiciones básicas para habitabilidad. Las razones expuestas para regresar comprendían desde argumentos en donde destacaban el gran espacio y la calidad de la construcción hasta facilidad de obtener recursos económicos por los trabajos de agricultura en la zona. Figura 1.



*Figura 1.* Razones para regresar a antiguas viviendas

**Fuente:** Autores

### Diagnóstico Técnico

Las viviendas abandonadas poseen dimensiones que oscilaban entre  $8 \times 7 \text{m}^2$  y  $8 \times 11 \text{m}^2$  con alturas de muros de 1.90 m. con amplias cocinas en la parte trasera de la vivienda y baño al final, las casas eran construidas en bloque macizo y con techos en fibrocemento, con placas de piso de 20 cm en su mayoría. Se observó que las viviendas poseen afectación en cuanto a la calidad de la pega de mortero lo cual generó fisuras a lo largo de las juntas en varios muros como se observa en la Figura 2. De igual manera los pisos de las casas poseen grietas debido a los cambios de temperatura en la zona o asentamientos por presencia de humedad en el suelo. Se recomienda realizar drenajes en el perímetro de la vivienda y realizar una reparación de la losa dejando a su vez dilataciones para permitir el movimiento.



**Figura 2.** Patologías en viviendas. A) Patologías en VA. B) Patologías en viviendas de interés social en VA. **Fuente:** Autores

Las viviendas de interés social por otro lado poseen unas dimensiones estándar, un área total de 6 metros de ancho por 6 de largo, con una altura de 2.30m, dos habitaciones de tres metros de ancho por tres de largo.

### **Diagnóstico en saneamiento ambiental**

De acuerdo con lo establecido en el área de estudio, se evidenció lo siguiente:

- No existe un sistema de acueducto ni alcantarillado en la zona
- No se cuenta con el servicio de gas natural
- Solo el 73% de las casas en Mampuján Viejo poseen programas de letrina
- No hay planta de tratamiento
- Falta de sentido de pertenencia de las comunidades y de formación ciudadana
- No se tiene conciencia ambiental sobre los daños que se producen por el vertimiento a cielo abierto de los residuos sólidos
- Se hace evidente la presencia de basureros satélites.

La matriz de daño subdivide las patologías de las viviendas en cinco aspectos: Mampostería, Constructivo, Estructurales, Humedad y Cimentación; partiendo de los daños que comúnmente observamos en las viviendas de la zona durante las visitas técnicas. Para cada uno de los aspectos se realizó una subdivisión en cinco niveles de daño, cada uno con un rango porcentual: Ninguno/ Muy leve (0-10%), Leve (10-30%), Moderado (30-60%), Alto (60-80%) y Severo (80-100%), dependiendo de las observaciones realizadas en la zona y de acuerdo con la información de las guías de viviendas afectadas por sismos, se determinaron características por aspecto que corresponderían a cada nivel de daño. Partiendo de lo anterior se realizó la matriz de alternativas, con varias opciones para rehabilitar cada aspecto afectado, Figura 3.



**Figura 3.** Prototipo de vivienda rehabilitada

**Fuente:** Autores

El aspecto con mayor porcentaje de daño es la humedad era de esperarse debido a que las viviendas han pasado largo tiempo en abandono algunas de ellas sin techo, lo cual permite que el agua lluvia se filtre por los muros y se generen las manchas de humedad. El segundo mayor porcentaje corresponde a la cimentación, en su mayoría las viviendas poseen losas de cimentación las cuales presentan altos niveles de deterioro y algunas otras no es posible identificar si la poseen o no.

Seguido se encuentra el aspecto estructural que define el estado de los elementos estructurales de la vivienda, muchos de estos elementos se encuentran en mal estado y con partes desprendidas, se conoció que en las cinco viviendas analizadas, el aspecto de humedad, cimentación y estructural poseen en promedio niveles de daño severo para las viviendas, mientras que los aspectos constructivos y de mampostería poseen niveles de daño clasificados como alto. En los análisis y diagnósticos técnicos realizados a las viviendas abandonadas en Mampuján Viejo, se ha evidenciado que la afectación más común es la causada por la humedad, debido al tiempo en que las viviendas han quedado a la intemperie y han absorbido grandes cantidades de agua producto de las lluvias.

Se presentan a la vez efflorescencias puesto que la salinidad acumulada en las paredes está saliendo a la superficie de la mampostería, se pudo determinar que las viviendas no se encuentran mayormente afectadas por grietas en la mampostería dado que esta zona no tiene recurrencia de sismos. Al generar alternativas para rehabilitar los aspectos afectados de las viviendas se da la oportunidad de que el ciclo de vida que está a punto de terminar si son demolidas se amplíe a través de la reutilización de los elementos que se poseen. Se propone la implementación de técnicas de sostenibilidad para mejorar el comportamiento energético de las viviendas y la calidad de vida de sus habitantes haciendo que efectivamente el proceso sea sostenible.

## CONCLUSIONES

El costo aproximado de la rehabilitación de las viviendas es menor que el costo de la demolición y construcción de nuevas casas en la zona lo que genera beneficios económicos si se escoge por rehabilitar la vivienda. Además, se da paso a que se obtengan grandes beneficios en niveles de sostenibilidad ambiental, social con reducción en el consumo de energía, lo que se traduce en beneficios económicos. Con las fichas de programa resultantes, las personas que soliciten al Estado la rehabilitación de la vivienda contarán con un diagnóstico de las viviendas a partir de una caracterización cualitativa y con propuestas de rehabilitación producto del tren de alternativas más favorable para el caso.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil. Grupo de Investigación de Modelación Ambiental (GIMA), al Ingeniero Edgar Quiñonez Bolaños, a la Corporación de Desarrollo Solidario para las interacciones con la comunidad de Mampuján.



## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta D. (2009). Arquitectura y construcción sostenible: Conceptos, problemas y estrategias. *Revista de Arquitectura*, 4, 14-23.
- Alcaldía de María la Baja. (2012-2015). Plan de Desarrollo Municipal 2012 – 2015. Municipio de María La Baja – Bolívar. p172.
- ILPES-CEPAL (2009). Manual de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector público. Área de Políticas Presupuestarias y Gestión Pública. p173.
- CITYFIED. (2015). Replicable and innovative future efficient districts and cities. a project designed to support the shift towards high performance energy districts across Europe and beyond. <http://www.buildup.eu/en/news/cityfied-replicable-and-innovative-future-efficient-districts-and-cities-project-designed>.
- Eljaiek U M. Chalá D D. y Romero B Z. (2015). Generación de biogás a partir de la co-digestión anaeróbica de residuos orgánicos domésticos y residuos de la extracción de aceite de palma utilizando reactores de dos fases. Cartagena, Colombia.
- Helene, D. I. (1997). Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. p275.
- IGAC. (2010). Proyecto piloto de restitución de tierras del corregimiento de Mampuján. <http://cccartagena.org.co/mampujan/files/linea-base.pdf>.
- MAVDT. (2011). Calidad en la Vivienda de Interés Social. Ministerio de Ambiente y desarrollo territorial, Bogotá, D.C.
- MAVDT. (2011). Los materiales en la construcción de vivienda de interés social. Ministerio de Ambiente y desarrollo territorial, Bogotá, D.C.
- MAVDT. (2011). Procedimientos en Vivienda de Interés Social. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, D.C.
- OPS-OMS. (2009). Vivienda saludable: reto del milenio en los asentamientos precarios de América Latina y El Caribe. Guía para las autoridades nacionales y locales. p29.

- Osma P G. A. y Ordóñez P J. (2010). Desarrollo sostenible en edificaciones. UIS, 9(1), 103-121.
- Romero S. (2009). An Isolated Village Finds the Energy to Keep Going. New York Times, [http://www.nytimes.com/2009/10/16/world/americas/16gaviotas.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2009/10/16/world/americas/16gaviotas.html?_r=0).
- Tchobanoglous G. (2000). Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. McGraw-Hill. p776.
- Tchobanoglous G. and Theisen H. (1994). Gestion Integral de Residuos Solidos. McGraw Hill. p 645.
- Tilley E. Morel A. y Luthi C. (2005). Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento. EAWAG, Alianza por el Agua y la Cooperación Suiza en América Central. p 543.
- Torres G C. (2010). Rehabilitación y refuerzos de estructuras. Técnicas de Intervención para la recuperación de los sistemas constructivos en los edificios de viviendas en el Centro Histórico de Barcelona. VI Congreso internacional sobre patología y recuperación de estructuras. Córdoba, Argentina.
- Weitzenfeld H. (1995). Selección de alternativas. EIAS.p12.
- Zora H G. and Echeverry D. (2005). Propuesta programa de mejoramiento de vivienda sostenible para el municipio de Chía. Universidad de los Andes. Tesis de Maestría.

# Implementación de un visor geográfico para el Distrito de adecuación de tierras a pequeña escala contador “Asocontador” Municipio de Pitalito, Huila, Colombia

## Implementation of a geographic viewer for land improvement District to a small-scale counter “Asocontador” Pitalito Municipality, Huila – Colombia

Carlos Hernán Ortiz Caviedes y Rosa Elvira Gaviria Torres

---

---

Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, Sena Regional Huila, Colombia. Autor para correspondencia: carlosh.ortiz @misena.edu.co

### RESUMEN

La razón fundamental de la tecnología de los sistemas de información geográfica es la gestión de información espacial que permitan capturar, almacenar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada para apoyar la toma de decisiones de manera más eficaz, aplicada en las áreas de: investigación científica, evaluación de impacto ambiental, ordenamiento territorial, zonificación de sistemas de producción e inventarios y zonificación de suelos. En los sectores productivos de las diferentes regiones del país se evidencia la problemática de la baja sostenibilidad de los sistemas productivos, debido a la no existencia de información estructurada y ordenada cronológicamente y de fácil acceso a los productores, para planear y plantear soluciones estratégicas para mejorar la productividad y competitividad en el mercado. En el caso de los sectores productivos del país, se busca el fortalecimiento de todos los eslabones de la cadena productiva, lo que hace necesario la recopilación, sistematización y administración de la información para la toma de decisiones e implementación en la agricultura de precisión. Por lo tanto, se propone el desarrollo de un sistema de gestión de información, que tiene como propósito la geolocalización de sistemas productivos, evaluación socioeconómica de las apuestas productivas de la región, accesibilidad, rutas óptimas y localización de empresas, interoperabilidad productor – consumidor, oferta comercial y entorno de negocios, planeación estratégica y toma de decisiones empresariales.

**Palabras clave:** Zonificación, sostenibilidad, productividad, planeación.

## ABSTRACT

The fundamental reason for the GIS technology is the management of spatial information which allows to capture, store, analyze, share and display geographically referenced information to support decision-making more effectively applied in the areas of: scientific research, environmental impact assessment, land use planning, zoning and inventory production systems and soil zoning. In the productive sectors of the different country regions, the problem of low sustainability of production systems is evident, due to the absence of structured information ordered chronologically and easily accessible to producers to plan and propose strategic solutions to improve productivity and competitiveness in the market. In the case of the productive sectors of the country, strengthening all links in the production chain sought, thus requiring the collection, systematization and administration of information for decision-making and implementation in precision agriculture. Therefore, the development of an information management system, whose purpose is proposed the geolocation of production systems, socioeconomic evaluation of productive bets in the region, accessibility, optimal routes and location of enterprises, interoperability producer - consumer, shopping and business environment, strategic planning and business decision making.

**Key words:** Zoning, sustainability, productivity, planning.

## INTRODUCCIÓN

En el sur del departamento del Huila está en construcción el Distrito de adecuación de tierras de pequeña escala Contador “Asocontador” en el Municipio de Pitalito, Huila. Las actividades agropecuarias en la zona de Contador y aledañas, están presentando problemas en los índices de producción debido a que en tiempos de sequía la falta de agua hace que las diferentes actividades agrícolas que se desarrollan en la región no cumplan con los requisitos mínimos de sostenibilidad y productividad.

En el distrito de riego se ha vuelto cada vez más imperiosa la necesidad de contar con herramientas que permitan optimizar la integración, análisis y manejo de la información básica que se genera como resultado de su operación. En la actualidad esta actividad que se realiza manualmente, presenta algunos inconvenientes:

- Se requiere de un gran número de personal capacitado y con experiencia que cada vez resulta más difícil de conseguir.

Equipo especial (cuando se tiene es subutilizado), los resultados muchas veces reflejan sólo aproximaciones, y su frecuente extemporaneidad representa el aspecto más desventajoso y le resta valor y utilidad. Una manera de contribuir al mejoramiento de esta situación, es formular un sistema de información geográfica, SIG, que conjuntamente con el procesamiento mediante los actuales equipos de cómputo, dé la información numérico-estadística con la cartografía documental de forma ágil y confiable para que los directivos del Distrito de riego puedan disponer de elementos de juicio adecuados, suficientes y con la oportunidad requerida que les permita evaluar los resultados, así como planear la mejor administración de los recursos a corto y mediano plazo.





GIS Asocontador, Figura 2, es una herramienta que permite capturar, almacenar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada para apoyar la toma de decisiones de manera más eficaz. Consultar y analizar información a través de su representación espacial y sus atributos asociados. Conocer el comportamiento espacial de los datos para resolver situaciones y problemas del mundo real, Figura 3.



Figura 2. Proceso construcción prototipo GIS Asocontador

Fuente: Autores

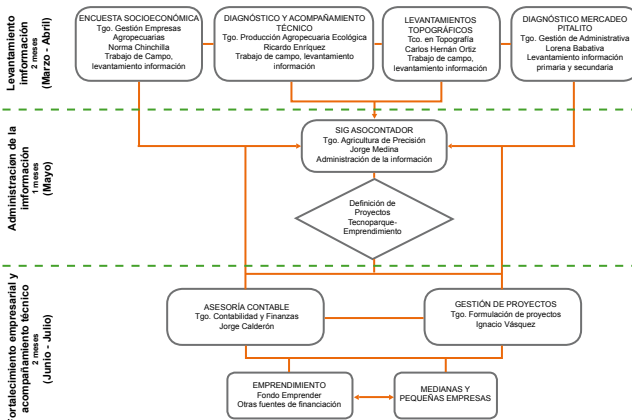
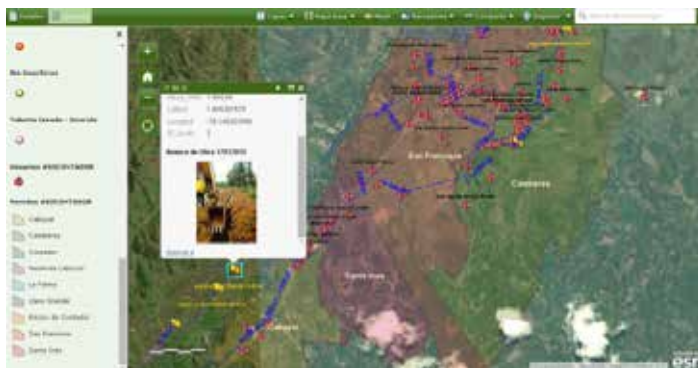


Figura 3. Estructura operativa del proyecto SIG Asocontador

Fuente: Autores

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La razón fundamental de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica es la gestión de información espacial la cual permite capturar, almacenar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada para apoyar la toma de decisiones de manera más eficaz aplicada en las áreas de investigación científica, evaluación de impacto ambiental, ordenamiento territorial, zonificación de sistemas de producción e inventarios y zonificación de suelos, Figura 4.



**Figura 4.** Leyenda visor geográfico Asocontador

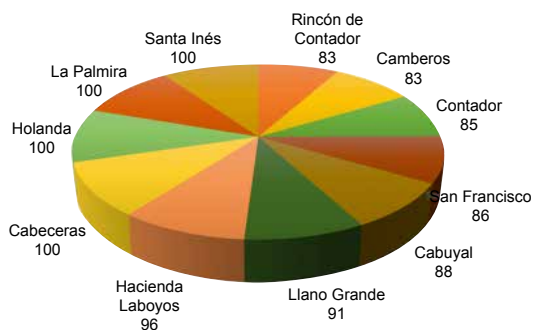
**Fuente:** Autores

### Características de producción

El sistema de gestión de información Asocontador establecido para Pitalito, Huila, tiene como propósito la geolocalización de sistemas productivos, la evaluación socioeconómica de las apuestas productivas (sistemas de producción agrícola) de la región, determina la viabilidad, accesibilidad, rutas óptimas y localización de empresas, la interoperabilidad productor – consumidor y la planeación estratégica en la toma de decisiones empresariales.

El sistema de información geográfico Asocontador, se implementará en web por medio de un visor geográfico. El levantamiento de información comprende la cartografía, georreferenciación y trabajo de campo en el área de estudio. Implica además el análisis y diseño, la estructuración de la base de datos y el procesamiento digital de la información.

La implementación del Sistema de Información Geográfica permite el seguimiento, control y divulgación del Proyecto Asociación de usuarios del distrito de adecuación de tierras de pequeña escala Contador “Asocontador” municipio de Pitalito, Huila, Figura 5.



**Figura 5.** Porcentaje de usuarios encuestados en la zona de influencia

**Fuente:** Autores

## CONCLUSIONES

La implementación del sistema de información geográfica SIG Asocontador, permite el seguimiento, control y divulgación del proyecto asociación de usuarios del distrito de adecuación de tierras de pequeña escala Contador “Asocontador” Municipio de Pitalito, Departamento del Huila. Por todo lo anterior, se convierte en una oportunidad de mejoramiento ambiental propiciando la racionalidad en el uso de los recursos naturales, garantía y prontitud de acción, soporte significativo en la toma de decisiones y la conservación de medio ambiente, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región.

## AGRADECIMIENTOS

A la Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras de Pequeña Escala Contador “ASOCONTADOR” Municipio de Pitalito, Huila y al Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, del SENA, Regional Huila.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aliaga G. (2006). Juan Peña Llopis. Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio. *Rev Geogr Norte Gd.* 36, 97-101. doi: 10.4067/S0718-34022006000200007.
- Gómez D. (2006). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid (España).(2<sup>da</sup> edición).p 279.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015). Visores del área de actividad de Agricultura. Gobierno de España. <http://www.magrama.gob.es/es/cartografia-y-sig/visores/visores-agricultura.aspx>.
- SIAC (2016). Visor geográfico. Sistema de información ambiental de Colombia. <http://sig.anla.gov.co:8083/>
- SIGPAC (2016). Sistema de información geográfica de datos agrarios. <http://sigpac.magrama.es/fega/h5visor/>

# Modelación geotécnica de un talud del municipio de la Estrella-Antioquia, Colombia

## Geotechnical modeling of a slope from the la Estrella Municipality - Antioquia, Colombia.

María Del Mar Gracia Ledezma y Carlos Andrés Ordóñez Ante\*

---

Grupo de investigación GRIDIC, Línea Geotecnia, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín, Colombia. Autor para correspondencia: caordonez@elpoli.edu.co

---

### RESUMEN

Se realizó una modelación geotécnica mediante el software Slide 5.0 de un talud ubicado en el sector Himalaya del municipio de la Estrella- Antioquia, Colombia, permitiendo calcular el factor de seguridad por los métodos de Bishop, Jambu Simplificado, Jambu Corregido, Morgenstern – Price, Ordinario/Fellenius, Corp. of Eng # 1, Corp. of Eng # 2 y Spencer, analizando aproximadamente 4500 superficies potenciales de falla del talud, sometiénolo a diferentes casos de cargas estáticas y dinámicas tal como el comportamiento del talud con condiciones normales (estático), con la presencia de nivel freático (saturación total) y con ausencia del mismo y aplicándole una carga sísmica (seudoestático). Adicional a lo anterior se presenta los resultados obtenidos del perfil geotécnico, la geología de la zona y los parámetros geomecánicos como la cohesión y el ángulo de fricción, calculados mediante correlaciones (búsqueda bibliográfica detallada de la geología del sector), exploración geotécnica, toma de muestras alteradas e inalteradas y ensayos de laboratorio de mecánica de suelos. Al igual que la modelación y los resultados de los factores de seguridad con los métodos constructivos de estabilización propuestos, anclajes atravesando la superficie potencial de falla más crítica y drenes horizontales para garantizar la estabilidad lateral del talud en el tiempo.

**Palabras clave:** Cargas estáticas y dinámicas, factor de seguridad, métodos de estabilización, nivel freático, Slide 5.0.

### ABSTRACT

A geotechnical modeling was performed using Slide 5.0 software a bank located in the Himalayas sector Estrella- municipality of Antioquia, Colombia, allowing calculating the safety factor by methods Bishop, Jambu Simplified, Fixed Jambu, Morgenstern - Price, ordinary / Fellenius, Corp. of Eng # 1, Corp. of Eng # 2 and Spencer, analyzing approximately 4500 potential surfaces of slope failure, subjecting

it to different cases of static and dynamic loads such as the behavior of the slope with normal (static), with the presence of water table (total saturation) and lack thereof and applying a seismic load (seudoestático). Adicional above the results of the geotechnical profile, the geology of the area and geomechanical parameters such as cohesion is presented and the angle of friction, calculated using correlations (detailed literature search of the geology of the sector), geotechnical exploration, making altered and unaltered samples and laboratory testing of soil mechanics. As modeling results and safety factors with the construction methods proposed stabilization anchors through the potential critical failure surface and horizontal drains to ensure lateral stability of the slope over time.

**Key words:** Static and dynamic loads, safety factor, stabilization methods, phreatic level, Slide 5.0.

## INTRODUCCIÓN

El Municipio de La Estrella se localiza al sur del Valle de Aburra, Departamento de Antioquia; limita al norte con el Municipio de Itagüí, y con el corregimiento de San Antonio de Prado de Medellín, al oriente con el Municipio de Sabaneta, al sur con el Municipio de Caldas, y al occidente con el Municipio de Angelópolis. Tiene una extensión total de 36.22 km<sup>2</sup> de los cuales 3.28 corresponden a suelo urbano, una temperatura promedio de 20°C, una altura de 1775 m.s.n.m. y una población de 55746 habitantes aproximadamente. (AMVA, 2012)

El Municipio de La Estrella abarca parte de la vertiente occidental del río Aburrá y un área menor de la vertiente oriental, el sector occidental está compuesto por un respaldo montañoso donde la parte alta de la vertiente es de pendientes fuertes; Los drenajes, cuya principal dirección es occidente – oriente, incisan profundamente formando escarpes. A media ladera y en la parte baja de la vertiente, en dirección al río Aburrá, son notables una serie de lomos con pendientes moderadas a suaves, modelados en depósitos de vertiente del tipo flujo y en suelo residual (AMVA, 2007) De acuerdo con lo expuesto por Suárez (1998), el lugar objeto de estudio, corresponde a una formación geológica definida como Gabro de Romeral; (roca ígnea intrusiva), además de esto se puede afirmar según lo observado en la exploración geológica y geotécnica desarrollada al interior de la zona de estudio, que se tiene una formación superficial bastante extensa, que corresponde a depósitos gravitacionales tipo Flujos de Escombros (porcentaje de fragmentos de roca superior al 50%), también se tienen depósitos aluviales en las márgenes de la Quebrada Maracay, y algunas zonas de llenos. El material parental de estos depósitos de origen gravitacional, corresponde a rocas volcano-sedimentarias pertenecientes al denominado Complejo Quebradagrande, de edad Mesozoica – Cretácea, la cual debe su nombre a un curso de agua situado al sur de la población de la Estrella.

El objetivo de este trabajo de investigación es obtener el factor de seguridad para los diferentes taludes, mediante un software de modelación geotécnica, analizando diferentes condiciones estáticas y dinámicas de los suelos del sector con el fin de obtener el mejor método de estabilización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

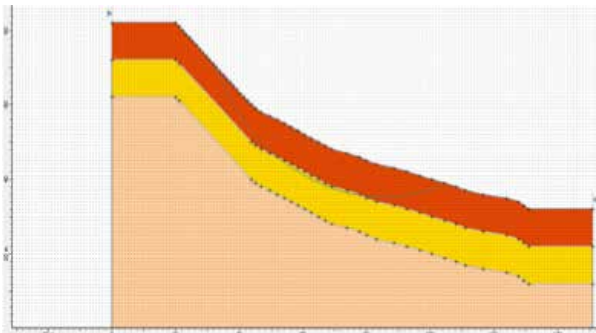
Para el desarrollo de esta investigación se ejecutaron las siguientes actividades básicas en su orden; selección del sector objeto de estudio; búsqueda de información secundaria; trabajo de campo (aspectos geológicos- geomorfológicos, toma de muestras alteradas e inalteradas; topografía del lugar); realización de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos que permitan conocer las propiedades geomecánicas de los suelos necesarias para la modelación (cohesión y ángulo de fricción); modelación geotécnica para obtener los factores de seguridad para los taludes analizados; análisis de la información obtenida; conclusiones y recomendaciones.

### Slide 5.0

Software de modelación geotécnica que utiliza la teoría de equilibrio límite para obtener los factores de seguridad de los taludes, mediante los métodos de Bishop, Jambu Simplificado, Jambu Corregido, Morgenstern – Price, Ordinario/Fellenius, Corp of Eng # 1, Corp of Eng # 2, y Spencer, al igual que permite obtener el factor de seguridad implementando algunos métodos de estabilización y de forma similar obtenerlos por el método probabilístico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de estabilidad se modeló un talud representativo del municipio de la Estrella mostrado en la Figura 1 se observa la geometría del talud de la sección 1. La capa de suelo de color naranja corresponde al limo arcilloso rojizo con motas amarillas, lo subyace una capa de suelo de color amarillo que corresponde al limo arcillo-arenoso rojizo-amarillo-gris que incluye bloques de rocas y la última capa color crema corresponde a la capa de roca, con el software geotécnico SLIDE, los parámetros geomecánicos de cohesión y ángulo de fricción del suelo mostrado en la Tabla 1, fueron obtenidos mediante ensayos de corte directo ejecutados en el laboratorio de mecánica de suelos de la empresa Incigam S.A.S. El análisis realizado permitió obtener los factores de seguridad de las secciones típicas, para el caso estático, analizando su comportamiento con la presencia de nivel freático y con ausencia del mismo, también se modeló el talud con sismo de  $2/3$  de  $0.24 g = 0.16 g$  (caso pseudoestático), con ausencia de nivel freático.



**Figura 1.** Geometría del talud analizado sección 1

**Fuente:** Autores

**Tabla 1.***Propiedades geomecánicas de los suelos utilizados en la modelación geotécnica*

<b>Tipo de suelo</b>	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	<b>C (KPa)</b>	$\Phi$ (°)
Suelo Residual Limo arcilloso, utilizado en la modelación de la sección 1	15	13	20
Suelo Residual Limo arcillo-arenoso, utilizado en la modelación de la sección 1	15	15	25

**Fuente:** Autores

Implementando el software Slide 5.0 y correlacionando la teoría de equilibrio límite para obtener los factores de seguridad de los taludes, mediante los métodos de Bishop, Jambu Simplificado, Jambu Corregido, Morgenstern – Price, Ordinario/Fellenius, Corp of Eng # 1, Corp of Eng # 2 y Spencer; Se permitió analizar 4500 superficies potenciales de falla aproximadamente, Tabla 2.

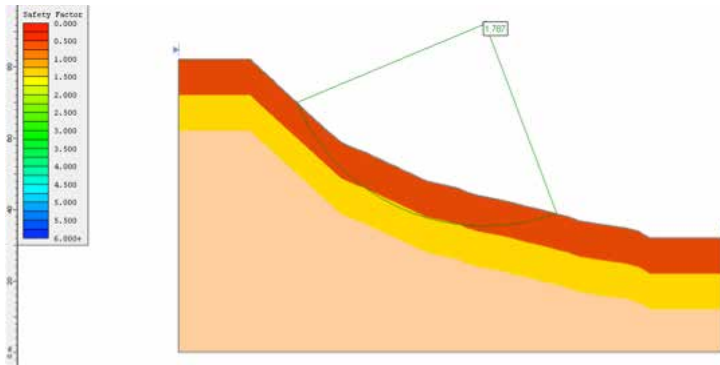
Se calculó el factor de seguridad de la sección, en su estado natural, sin nivel freático condición que fue reportada en las labores de exploración, para condiciones estáticas, posteriormente se modeló el talud suponiendo una saturación total del mismo para el caso estático, y finalmente fue analizada la estabilidad de los taludes con presencia de sismo de 0.16 g (caso pseudoestático). La ubicación de la sección 1, fue realizada teniendo en cuenta las perforaciones ejecutadas, así como sitios considerados de interés, detectados en los trabajos de campo. La superficie de falla más crítica calculada con el método de Bishop Simplificado se puede observar en la Figura 2.

**Tabla 2.***Criterios para seleccionar un factor de seguridad para diseño de taludes*

<b>Descripción de caso</b>	<b>Factor de seguridad</b>
Si puede ocurrir la pérdida de vidas humanas al fallar el talud	1.7
Si la falla puede producir la pérdida de más del 30% de la inversión de la obra específica ó pérdidas consideradas importantes.	1.5
Si se pueden producir pérdidas económicas no muy importantes.	1.3
Si la falla del talud no causa daños	1.2

**Fuente:** Autores





**Figura 2.** Superficie de falla más crítica calculada con el método de Bishop Simplificado

**Fuente:** Autores

Los factores de seguridad (FS) calculados para la sección 1, con las propiedades geomecánicas descritas antes para el caso estático, se enuncian en la Tabla 3.

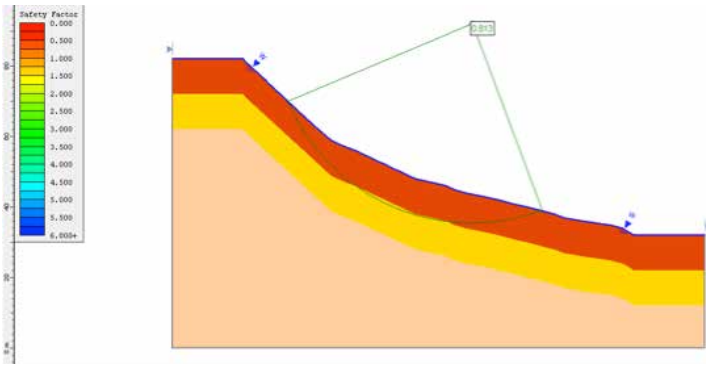
**Tabla 3.**

*Factores de seguridad calculados para la sección 1 (caso estático) sin nivel freático*

Factores de seguridad calculados (FS)	
Método	FS
Ordinary/Fellenius	1.650
Bishop Simplified	1.787
Jambu Simplified	1.589
Jambu Corrected	1.704
Spencer	1.780
Corp of Eng # 1	1.835
Corp of Eng # 2	1.797
Morgenstern - Price	1.775

**Fuente:** Autores

Los factores de seguridad (FS) calculados para la sección 1, con las propiedades geomecánicas para el caso estático con nivel freático, saturación total, se enuncian en la Tabla 4 y la superficie de falla más crítica calculada con el método de Bishop Simplificado se puede observar en la Figura 3.



**Figura 3.** Superficie de falla más crítica calculada con el método de Bishop Simplificado, con nivel freático (saturación total)

**Fuente:** Autores

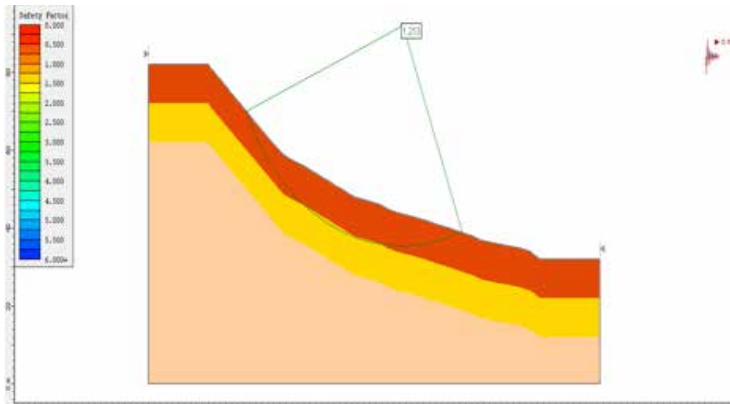
**Tabla 4.**

*Factores de seguridad calculados para la sección 1 (caso estático) con nivel freático, saturación total.*

<b>Factores de seguridad calculados (FS)</b>	
<b>Método</b>	<b>FS</b>
Ordinary/Fellenius	0.659
Bishop Simplified	0.813
Jambu Simplified	0.713
Jambu Corrected	0.764
Spencer	0.818
Corp of Eng # 1	0.866
Corp of Eng # 2	0.833
Morgenstern - Price	0.812

**Fuente:** Autores

Los factores de seguridad (FS) calculados para la sección 1, con las propiedades geomecánicas para el caso seudoestático aplicando un sismo con una aceleración de 0.16 g, se enuncian en la Tabla 5 la superficie de falla más crítica calculada con el método de Bishop Simplificado se puede observar en la Figura 4.



**Figura 4.** Superficie de falla más crítica calculada con el método de Bishop Simplificado, caso seudoestático, aplicando una aceleración de 0.16 g sin nivel freático.  
**Fuente:** Autores

**Tabla 5.** Factores de seguridad calculados para la sección 1 (caso seudoestático) sin nivel freático.

Factores de seguridad calculados (FS)	
Método	FS
Ordinary/Fellenius	1.116
Bishop Simplified	1.213
Jambu Simplified	1.089
Jambu Corrected	1.168
Spencer	1.210
Corp of Eng # 1	1.205
Corp of Eng # 2	1.187
Morgenstern - Price	1.208

**Fuente:** Autores

La tabla 6 presenta el resumen de los factores de seguridad obtenidos para la sección 1.

**Tabla 6.** Resumen de los diferentes factores de seguridad obtenidos en cada situación analizada para la sección 1

Método	Caso estático sin N.F.	Caso estático con N.F. (Saturación Total)	Caso seudo estático sin N.F.
Ordinary/Fellenius	1.650	0.659	1.116
Bishop Simplified	1.787	0.813	1.213
Jambu Simplified	1.589	0.713	1.089
Jambu Corrected	1.704	0.764	1.168
Spencer	1.780	0.818	1.210
Corp of Eng # 1	1.835	0.866	1.205

Método	Caso estático sin N.F.	Caso estático con N.F. (Saturación Total)	Caso seudo estático sin N.F.
Corp of Eng # 2	1.797	0.833	1.187
Morgenstern - Price	1.775	0.812	1.208

Fuente: Autores

## CONCLUSIONES

Para que se obtenga un resultado confiable en la modelación geotécnica es muy importante la obtención de parámetros geomecánicos, ya sea mediante correlaciones bien realizadas o mediante la realización de ensayos de mecánica de suelos apropiados; además de tener claridad en el perfil geotécnico del sitio. Se debe ser consciente que los parámetros geomecánicos obtenidos con los ensayos de mecánica de suelos deben ser analizados con criterio a la luz de la mecánica de suelos tropicales ya que se tiene marcada influencia en la composición mineralógica de los suelos, además de la composición, grado de saturación y de meteorización, todo lo anterior limita cualquier modelación matemática que se desee realizar.

Teniendo la superficie potencial de falla del talud, es importante plantear un método de estabilización que atraviese dicha superficie, además de plantear obras de drenaje ya que al estar el talud seco se disminuye el riesgo de que se sature y ocurra un deslizamiento, todo lo anterior con el fin de aumentar el factor de seguridad.

## AGRADECIMIENTOS

A la docente Arabella Zapata y al Politécnico Jaime Isaza Cadavid, por el apoyo para este proyecto.



## BIBLIOGRAFÍA

- AMVA. (2012). Directrices y lineamientos para la elaboración de los estudios geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidráulicos, hidrogeológicos y geotécnicos para intervenciones en zonas de ladera, en el valle de Aburrá- Acuerdo 009 de 2012. p89.
- AMVA. (2007). Estudio de microzonificación sísmica del Valle de Aburrá. <http://www.metropol.gov.co/Planeacion/Paginas/microzonificaciones.aspx>.
- Bowles J E. (2000). Foundation analysis and design. McGraw-Hill (5<sup>th</sup> edition). p1175.
- Deere D. U. and Patton F D. (1971). Slope stability in residual soils slopes. Proceedings of the fourth Panamerican conference on soil mechanics and foundation engineering, San Juan (Puerto Rico). 1, 87-170.
- ISSMGE. (1981). Technical committee 25 on the properties of tropical and residual soils of the international society for soil mechanics and foundation engineering. Mechanics or residual soils. p1197.
- POT (1997). Acuerdo Número 42. Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de la Estrella. <http://www.laestrella.gov.co/institucional/Proyectos/Plan%20de%20Ordenamiento%20Territorial.pdf>.
- Suárez D J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda. (Eds.).p543.

*Este libro se terminó de imprimir en los talleres de Ingeniería Gráfica S.A., en Cali, Colombia, durante el mes de noviembre de 2016.*

Memorias  
**Encuentro  
Semilleros**  
de Investigación Región Pacífico

**SENNOVA**

---

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación