



# Encuentro Nacional de **SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN** Sector Construcción

VOLUMEN 2 - NOVIEMBRE 2018 - ISSN 2590-6771 e-ISSN 2619-340X





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

**ENCUENTRO NACIONAL  
DE SEMILLEROS DE  
INVESTIGACIÓN  
SECTOR CONSTRUCCIÓN**



**ENCUENTRO NACIONAL  
DE SEMILLEROS DE  
INVESTIGACIÓN  
SECTOR CONSTRUCCIÓN**

Noviembre de 2018

# EQUIPO DIRECTIVO DEL SENA

## **Director General**

Carlos Mario Estrada Molina

## **Director Regional**

Cesar Alveiro Trujillo Solarte

## **Coordinador Grupo de Investigación, Innovación y Producción Académica SENNOVA Dirección General**

Emilio Eliecer Navia Zúñiga

## **Subdirector Centro de la Construcción**

Luz Mary Caicedo Murillo (e)

## **Coordinadores Académicos del Centro**

Mauricio Gómez Betancourt

Martha Isabel Martínez

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

Carlos Iván Zuluaga Villamarín

## **Coordinadora de Formación Profesional**

Mariana Andrea Quiñones Céspedes

## **Comité Científico del Centro**

Carlos Iván Zuluaga Villamarín

Jorge Enrique Romero Freites

Diana Maricel Rendón Yangana

Magally González Mancilla

Andrés Felipe Melo

Katherine Lara

Diego Armando Coronel

## **Comité Organizador**

Diego Armando Coronel

Carlos Iván Zuluaga Villamarín

## **Grupo de Investigación**

Tecnología para la Innovación en la

Construcción –TPIC

Categoría C. Código Colciencias

COLO165784

## **Asesora de la publicación**

Aydeé Castro Sánchez

## **Traducción al Inglés**

Juliana Paola Bolaños

## **Corrección de Estilo**

José Ignacio Rodríguez Ramos

## **Diseño e Impresión**

Ingeniería Gráfica S.A.

ISSN en Línea: 2619-340X

ISSN Impreso: 2590-6771

Título: Encuentro Nacional de Semilleros de  
Investigación Sector Construcción

Título abreviado: Encuentro Nac. Semilleros  
Investig. Sect. Constr.

Editor: Servicio Nacional de Aprendizaje

SENA - Sennova

Ciudad: CALI

Periodicidad: Anual

## TABLA DE CONTENIDO

Presentación .....	7
Prólogo .....	8
<b>CAPÍTULO I.</b> <b>ARQUITECTURA, INGENIERÍA, Y URBANISMO</b>	11
Diagnóstico de las causas de las patologías que se presentan en el puente de Los Libertadores en Santander de Quilichao, Cauca, Colombia . . . <i>Diagnosis of the causes of the pathologies that occur in the bridge of Los Libertadores in Santander de Quilichao, Cauca, Colombia.</i> María Isabel Turbay Varona, Johana, Figueroa Adarme, Ximena Carabalí Arrubla	13
Monitoreo, seguimiento y control en proyectos de construcción apoyados en Building Information Modeling: Una revisión sistemática. .... <i>Monitoring, tracking and control in construction projects supported by Building Information Modeling: A systematic review</i> Jherson Jhadir Bohórquez Castellanos, María Camila Mariño Espinel	31
Cartografía digital geológica en el sector Este de Firavitoba, Boyacá, Colombia .....	51
<i>Digital geological mapping in the East zone of Firavitoba, Boyaca, Colombia</i> Pedro Osorio González, Fredy Alexander Fonseca Benítez, Natalia Urrea González	
<b>CAPÍTULO II.</b> <b>MANEJO AMBIENTAL</b>	61
Evaluación de sostenibilidad: Análisis de eficiencia energética del edificio de la Facultad de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad Autónoma del Caribe, Colombia en su sede principal .....	62
<i>Sustainability Evaluation: An energy efficiency Analysis of the faculty of architecture, art and design building of the Autonoma del Caribe University, Colombia at its main campus.</i>	

Jair Diaz Barbosa, Karolayn Diaz Ramos, Julie Carolina Silva Arévalo, Ximena Aguilar Accourt, Julia Angélica Pimienta Daza, Ana Zapata Osorio, Angélica María Rodríguez Concepción, Ranferys Trujillo Marimon Rene José Costa López, Carolina Carbonell Correa, Laura Landázuri Patiño

Diseño e implementación de estrategias para el manejo sostenible del agua en un prototipo de vivienda . . . . . 72

*Design and implementation of strategies for the sustainable management of water in a housing prototype.*

Paola Andrea Bedoya Martínez

Diseño y elaboración de recubrimientos arquitectónicos no cerámicos para pisos y paredes empleando plástico reciclable.. . . . . 84

*Design and elaboration of architectural non-ceramic covering for floors and walls using recyclable plastic.*

Luz Giovanna García Hernández, Yeison García Arias

**CAPÍTULO III.**  
**POLÍTICAS PÚBLICAS Y EMPRENDIMIENTO** . . . . . 90

Incidencia de la política pública con la población vulnerable, una visión en contra de la autogestión, el emprendimiento e innovación social en Colombia. . . . . 91

*Incidence of public policy with the vulnerable population, a vision against self-management, entrepreneurship and social innovation in Colombia*

Carlos Iván Zuluaga Villamarín

Índice de autores. . . . . 107

Ponencias . . . . . 111



## PRESENTACIÓN

Con este trabajo el Centro de la Construcción del SENA Regional Valle, cumple la política de impulsar investigaciones y divulgar estudios que se relacionan con el sector al cual atiende. Es una manera de reconocer el trabajo de grupos de investigación, semilleros e investigadores independientes que desean divulgar los resultados de sus trabajos y así socializar el conocimiento para que se utilice bien sea en procesos de formación, como insumos para otras investigaciones o para solucionar problemas concretos del sector y la sociedad.

En este documento se encuentran trabajos de Grupos de Investigación como GEOMÁTICA de la Universidad Industrial de Santander (UIS), INGEOFÍSICA de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) Sogamoso, GREP de la Fundación Universitaria de Popayán Sede Norte, y de la Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla. Del SENA Regional Caldas, Centro de Procesos Industriales y de Construcción, Grupo GRINDDA e investigadores del Centro de la Construcción del Sena Regional Valle, así como también ponencias de varias instituciones y grupos de investigación.

Los resultados de las investigaciones que aquí se presentan, muestran el cubrimiento geográfico y la capacidad de convocatoria de SENNOVA Centro de la Construcción Sena Regional Valle, con lo cual se hace realidad el propósito de cumplir la política de impulsar la publicación y divulgación de estudios e investigaciones relacionados con el amplio sector de la construcción.

**Carlos Iván Zuluaga Villamarín**

Líder Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico  
e Innovación SENNOVA  
Centro de la Construcción  
SENA Regional Valle



## PRÓLOGO

El ejercicio de escribir, exige del investigador para que su trabajo llegue a un público experto, otro tipo de competencia que va más allá del rigor metodológico, de la capacidad para identificar problemas, analizar datos y hechos, proponer soluciones y obtener conclusiones. Es por esto que el Centro de la Construcción del SENA Regional Valle abre este tipo de escenario para fortalecer la disciplina de la escritura en contextos tecnológicos y científicos.

Cuando un investigador decide publicar de manera escrita los resultados de sus investigaciones, expone ante la comunidad la validez y confiabilidad de sus hallazgos, las críticas sirven para que confirme los resultados, replique la investigación, consulte nuevas fuentes bibliográficas, discuta con sus pares los resultados y metodología utilizada, de esta manera avanza el conocimiento.

En una institución educativa los resultados de las investigaciones se convierten en elemento fundamental para actualizar sus programas de formación profesional y prestar servicios tecnológicos a empresas del sector.

En este texto se encuentran investigaciones tan importantes para la sociedad en temas ambientales como: “Evaluación de sostenibilidad: Análisis de eficiencia energética del edificio de la facultad de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad Autónoma del Caribe, en su sede principal”, aspecto importante en estos momentos para el planeta y por ende para el Ser Humano; el trabajo “Diseño y elaboración de recubrimientos arquitectónicos no cerámicos para pisos y paredes empelando plástico reciclable”, factor que puede reducir costos de construcción pero además contribuir con la descontaminación del planeta. La sistematización de la experiencia de la competencia Solar Decathlon Latinoamérica y el Caribe (SDLAC, 2015) en la ciudad de Santiago de Cali, en la que participó el Centro de la Construcción de Cali, con el trabajo “Diseño e implementación de estrategias para el manejo sostenible del agua en un prototipo de vivienda”.

Otros importantes temas que se presentan son “Diagnóstico de las causas de las patologías que se presentan en el puente de Los Libertadores en Santander de Quilichao, Cauca, Colombia”, tema de suma importancia por el legado cultural que tiene el puente y lo que representa para la historia de la ingeniería y el urbanismo. El trabajo “El Monitoreo, seguimiento y control en proyectos

de construcción apoyados en Building Information Modeling: Una revisión sistemática”. Los resultados de este trabajo se presentan como un aporte para la reducción de costos en el sector construcción. “Cartografía digital geológica en el sector Este de Firavitoba, Boyacá, Colombia”. Aporte fundamental para la información cartográfica y geofísica del Municipio.

Y el trabajo “Incidencia de la política pública con la población vulnerable, una visión en contra de la autogestión, el emprendimiento e innovación social en Colombia”. Donde se demuestra que el emprendimiento y la innovación social, son herramientas fundamentales para no depender de los programas asistencialistas que ofrecen distintas organizaciones tanto gubernamentales como privadas.

Agradecemos a los Grupos de Investigación e investigadores independientes haber aceptado la invitación a participar en este encuentro, que de seguro servirá para incentivar más investigaciones, divulgarlas y así propiciar mejoras en el sector y por ende de la sociedad.

**Luz Mary Caicedo Murillo**  
Subdirectora (e) Centro de la Construcción  
SENA Regional Valle



**CAPÍTULO I**

**ARQUITECTURA, INGENIERÍA,  
Y URBANISMO**



# Diagnóstico de las causas de las patologías que se presentan en el puente de Los Libertadores en Santander de Quilichao, Cauca, Colombia

## Diagnosis of the causes of the pathologies that occur in the bridge of Los Libertadores in Santander de Quilichao, Cauca, Colombia

*Ximena carabali arrubla, colombiana. E-mail: xime-15-1997@hotmail.com*

*Johana, Figueroa Adarme Colombiana, E-mail: johanaarq19@hotmail.com*

*Estudiantes de Arquitectura, Fundación Universitaria de Popayán Sede*

*Norte, Facultad de Arquitectura, Semillero TECNIO+ 1. ½-Grupo de investigación GREP.*

*María Isabel Turbay Varona, PhD (c). Colombiana docente. Fundación*

*Universitaria de Popayán, Facultad de Arquitectura, semillero*

*TECNIO+ 1. ½-Grupo de investigación GREP. Investigadora principal del proyecto*

*E-mail: isaturbay@hotmail.com*

---

Recibido: 21-05-2018 - Aceptado: 15-08-2018

## Resumen

El estudio es un diagnóstico de las causas de las patologías que presenta el puente de Los Libertadores en Santander de Quilichao, Cauca-Colombia, considerado un Bien de Interés Cultural, (BIC) del ámbito nacional, mediante la Resolución 1941 del 3 de julio de 2015, debido a su valor patrimonial. Actualmente, el puente en mención se encuentra en un estado de vulnerabilidad y riesgo. El trabajo comprende un desarrollo progresivo en el cual se detectaron los diferentes diagnósticos sobre el (BIC), se analizaron referentes relacionados con los puentes de arco de fábrica en ladrillo y su vulnerabilidad ante las causas y efectos de las patologías (Unión Europea Feder. CEDEX, 2013). El estudio sobre las patologías que se han desarrollado en los puentes de arco de ladrillo en la región del Alto Cauca, en Colombia y los efectos por incidencia ambiental, la intervención humana y los desgastes propios de la materia que han provocado su deterioro prematuro (Galindo, 2010). Finalmente se plantea una metodología que pretende llegar a la evaluación de las causas y efectos de las patologías presentes sobre el puente de Los Libertadores, reconociendo los daños relacionados con los indicadores de alteración, la evidencia y clasificación de las enfermedades ya sea por incidencia ambiental, antrópica o propia del material, esenciales para conformar insumos en la formulación de un Plan Especial de Manejo y Protección para este bien.



**Palabras clave:** Causas, conservación, materiales, patología, patrimonio.

## Abstract

The present study has focused on making a diagnosis of the causes of the pathologies presented by the bridge of Los Libertadores in Santander de Quilichao, Cauca, considered an Asset of Cultural Interest, BIC, nationally, through Resolution 1941 of July 3 of 2015, due to its equity value. Currently, the bridge in question is in a condition of vulnerability and risk. The work includes a progressive development in which the different indicators of alteration of a patrimonial good in general were detected and a methodology was applied to make a diagnosis about the BIC, analyzing references related to: the brick arch bridges and its vulnerability to causes and effects of the pathologies (Unión Europea Feder. CEDEX, 2013). The study on the pathologies that have developed in brick arch bridges in the region of Alto Cauca, in Colombia and the effects of environmental impact, human intervention and the wear and tear of the material that caused its premature deterioration (Galindo, 2010). Finally, a methodology is proposed that aims to evaluate the causes and effects of the pathologies present on the bridge of Los Libertadores, recognizing the damages related to the alteration indicators, the evidence and classification of the diseases, either by environmental impact, Anthropoc or own material, as important part of the inputs that will serve to form a Special Management Plan and Protection for this good.

**Key words:** Causes, conservation, materials, pathology, heritage

## Introducción

El artículo presenta un diagnóstico de las causas de las patologías que se encuentran en el puente de Los Libertadores en Santander de Quilichao Cauca- Colombia ya que hoy, este inmueble se encuentra en estado de afectación ante cualquier tipo de incidencia ambiental, antrópica o propia del material constructivo, cuyo impacto lo pone en riesgo.

El principal objetivo es realizar el diagnóstico de las causas de las patologías que se presentan en el puente de Los Libertadores en Santander de Quilichao, Para ello se tendrán que reconocer los daños más comunes que se manifiestan sobre los puentes de arco en ladrillo, identificar los indicadores de alteración que



presenta el puente en mención y evidenciar las causas ambientales, antrópicas o propias de los materiales y técnica constructiva que generan deterioro en el puente de Los Libertadores.

Para esto, se asumió un estudio con fuentes documentales, basado en el reconocimiento de las enfermedades o daños comunes que se manifiestan sobre los puentes de arco de ladrillo y arrojó datos claves de apoyo para la identificación de los indicadores de alteraciones que se presentan en el puente Los Libertadores, evidenciando el estado de conservación del mismo.

Se hizo pertinente la realización de un análisis físico en el cual se determinaron las causas ambientales, antrópicas o propias de los materiales y técnica constructiva, siendo el fin de esta investigación el saber de qué manera, cómo y cuáles son las patologías que están deteriorando la integridad del monumento.

Al realizar un análisis detallado de las alteraciones en puentes de arco de ladrillo, se obtiene un diagnóstico patológico del (BIC), con el fin de determinar cuáles son las causas o agentes que están afectando el bien patrimonial, al detectar los indicadores de alteración y saber cuáles son sus causas y posibles consecuencias se podría generar un plan de protección del inmueble y proporcionar alternativas de solución a las patologías que puedan ser controladas por algún tipo de tratamiento.

La posibilidad de determinar las patologías que deterioran este puente servirá para tener en cuenta las medidas de atención e intervención, para en lo posible contrarrestar los daños y contribuir a que este perdure por más tiempo. Es por eso que merece ser examinado y analizado para evidenciar cuáles son los males que está padeciendo, teniendo en cuenta que es de gran valor histórico para el municipio de Santander de Quilichao, Cauca-Colombia.

## **Materiales y métodos**

Para el diagnóstico de las causas de las patologías que se presentan en el puente de Los Libertadores, se plantean dos etapas, un análisis de fuentes documentales y un análisis físico. Figura 1.

**Etapa 1. Análisis de fuentes documentales:** se analiza la teoría basada en referentes, en la cual se tiene en cuenta primero la definición de patología, para luego dar una definición más acertada de daños en bienes patrimoniales seguido



de las enfermedades en puentes de arco de ladrillo y reconocer los daños más comunes en estos puentes e identificar los indicadores de alteración, debido a las causas que se derivan por incidencia ambiental, antrópica o propia del material o método de constructivo.

Se observan las patologías más comunes sobre los puentes de fábrica en ladrillo, posterior a una clasificación por tipología de cada indicador de alteración debido a la incidencia obteniendo la causa. De esta manera se recopila información, la cual sirve de apoyo para establecer un diagnóstico sobre las causas de las enfermedades de el puente de Los Libertadores.

**Etapa 2. Análisis físico:** análisis tipológico de patologías sobre puentes de arco en ladrillo, la clasificación por causa ambiental, antrópica o propias del material y método constructivo, analizando sus indicadores de alteración.

Finalmente se obtendrán resultados tanto del análisis de referencias como prácticos del trabajo de campo que al compararlos aportan para determinar el diagnóstico de las causas de las patologías que se presentan sobre el puente Los Libertadores en Santander de Quilichao, Cauca.

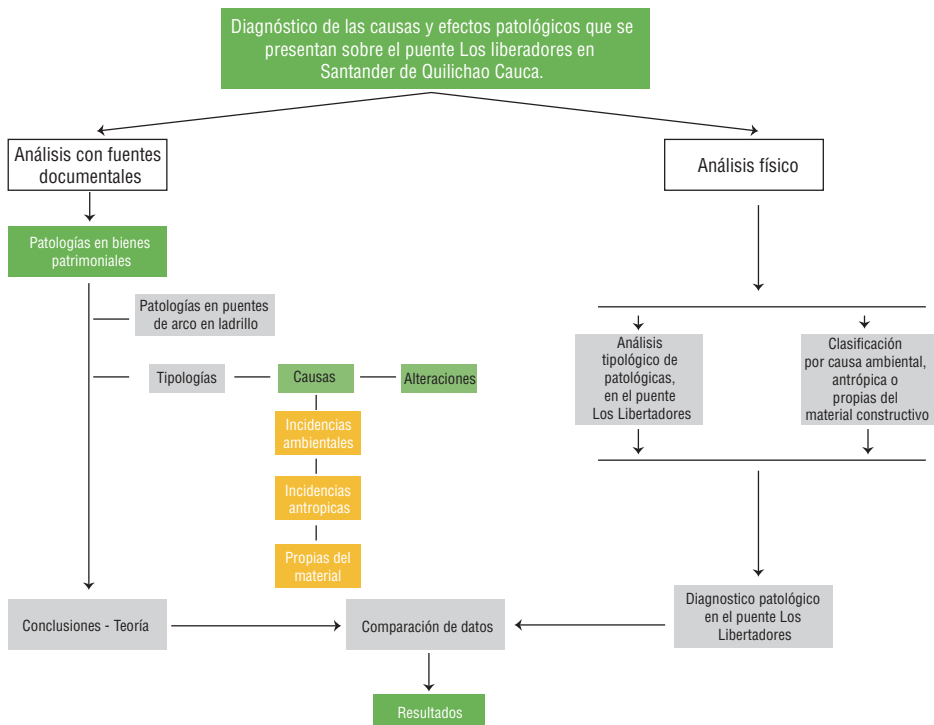


Figura 1. Estructura metodológica

Fuente: Autores

## **Etapa 1 Análisis con fuentes documentales**

### **Patologías en bienes patrimoniales**

La palabra “patología” se clasifica según la real academia española en dos partes, una con inclinación hacia la medicina, y la otra como el grupo de síntomas que se asocian a una determinada enfermedad no necesariamente relacionada con el ser humano o los animales.

La identificación de las patologías se realiza mediante el estudio de las enfermedades, describiendo la causa, evolución y término de la afectación, con el fin de generar un diagnóstico de daños. (Pérez, 2008)

La enfermedad en los seres humanos produce desgaste, daños y molestias, de la misma manera se presenta en las edificaciones, estas sufren deterioro, tanto por incidencias ambientales, antrópicas o propias del material. Las enfermedades en los bienes patrimoniales se han evidenciado en todo tipo de construcciones o edificaciones.

Los puentes de arco en ladrillo, que se construyen desde los orígenes de la civilización, Unión Europea Feder, Cedex (UEFC, 2013) sufren estructuralmente ya que trabajan con fuerza de compresión, pero al ser sometidos a la fuerza de tracción generan fisuras; además, están expuestos directamente al agua. Estas estructuras son vulnerables ante cualquier tipo de daño y dentro de esos agentes causantes de deterioro están los relacionados con la indecencia antrópica, ambiental y propia del material constructivo, es necesario mencionar las patologías más comunes como la socavación, movimiento en los apoyos y degradación de los materiales (Salazar, 2013).

## **Etapa 2. Análisis físico**

### **Reconocimiento de los daños más comunes que se manifiestan sobre los puentes de arco en ladrillo**

De acuerdo con los tipos de patologías que se presentan en puentes de ladrillo se mencionan algunas causas e indicadores que generan la enfermedad. Tabla 1.



**Tabla 1**

*Tipos de patologías en puentes de ladrillo*

<b>Indicador</b>	<b>Enfermedad</b>	<b>Causa</b>
------------------	-------------------	--------------

### Influencia hídrica

- Perdidas del material.
- Socavaciones.
- Fisuras y grietas sobre el intradós de las bóvedas.
- Erosión de materiales.



#### **Incidencia ambiental**

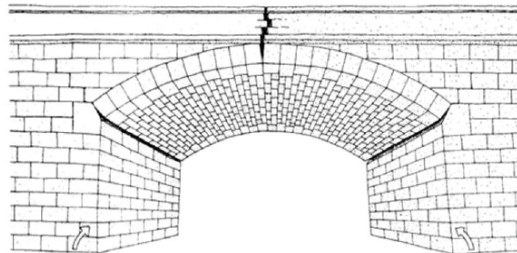
- Crecientes de los ríos

Puente Los Esclavos, 65 km. de Ciudad de Guatemala, río que creció debido a las fuertes

**Fuente:** (Prensa libre Hemeroteca PL. agosto 2017) Guatemala

### Falla en la estructura

- Fisuras y grietas



#### **Incidencia ambiental**

- Remoción de masas

Rotulas en intrados de los arranques y en el extrados de la clave.

**Fuente:** Proyecto (TTIGEM, 2013) Actividad 4. PP. 48, España.

Continúa página siguiente

---

## Colonización biológica

- La vegetación se apodera y se reproduce sobre los puentes
- Producción de varios ácidos orgánicos e inorgánicos (algas, líquenes, hongos y bacterias)



### Incidencia ambiental

- Humedad.
- Mantenimiento inadecuado

Colonización biológica, Acueducto de los molinos.  
**Fuente:** (Fervel, P. 2015).

---

## Capilaridad

- Se genera la cristalización de las sales.
- Aparecen eflorescencias blancas
- Arenización e hinchamiento del mampuesto.
- Micro fisuras por la expansión.
- Erosión.



### Incidencia ambiental

- Humedad
- Evaporización.

Revoco con portland en un puente de la línea ferroviaria Córdoba Málaga  
**Fuente:** (León y Goicolea, 2017, (pp.) 190-201).

---

Continúa página siguiente



## Filtraciones

- Se genera la producción de bio colonias.
- Acumulaciones salinas.
- Eflorescencias.
- Concreciones en la zona.
- Descuelgue de dovelas
- Fractura de piezas por presencia de mayor apoyo en uno de los lados.
- Desplacamiento



Intradós de uno de los dos arcos del puente de Córdoba que muestra filtraciones de agua a nivel de los riñones.

**Fuente:** (León y Goicolea 2017, (pp.) 190-201.

### **Incidencia ambiental**

- Humedad.
- Drenajes deficientes.

- Deformación del material.
- Impacto físico, mal formación del cuerpo por el permanente goteo del agua.
- Depósito de materiales sueltos en los remansos del puente debido a derrame del flujo.
- Deterioro sobre las capas finas de materiales
- Humedad invariable
- Zonas de lavado.
- Pérdida de piezas y juntas.

## Escorrentías superficiales



Manchas en tímpano por lixiviación de elementos de hierro en poste de catenaria, líneas de escorrentía.

**Fuente:** (Paniagua, 2008). (pp.) 522-128

### **Incidencia ambiental**

- Exportación de sales desde el mortero de cemento.
- Anulación del sistema de evapotranspiración de la fábrica al aplicar revocos sobre ella.
- Circulación interna y continúa de humedad.

Continúa página siguiente

---

## Asentamientos diferenciales

- Fracturas en sus basamentos.
- Fisuras dentro de la estructura.
- Alteraciones por falla de cimentación.



Detalle de rotura de pieza por transmisión de cargas diferencial, una vez perdido el mortero en junta. Línea de Alcázar de San Juan

**Fuente:** (Paniagua, 2008). (pp.) 522-128

- Incidencia del material
- Tipología del suelo
- Topografía

---

## Deterioro precoz

- Descamación
- Arenización.
- Descomposición
- Grietas
- Fisuras
- Desgaste



Dovela desprendida por un proceso oculto en un puente de la red ferroviaria cerca de Aguilar de Campo, en la dovela desprendida se observa la capa externa perfecta, e internamente convertida en arena.

**Fuente:** (León y Goicolea, 2017) (pp.) 190-201

- Incidencia del material
- Manejo inadecuado de temperatura a la hora de cocción.
- Variedad de la materia prima.
- Malos procesos de producción en la fabricación del ladrillo.

---

Continúa página siguiente



## Desgaste por contrapeso

- Desgaste
- Deformación
- Fisuras
- Grietas



- Incidencia Antrópica
- Mayor fuerza de compresión y vibración ejercida por el alto tráfico vehicular constante.
- Cargas excesivas e irregulares

Paso de camiones y buses por puente sobre el río Cauca en Popayán.

**Fuente:** (Galindo, 2011) p. 21

## Degradación física

- Grafitis
- Basura
- Quema indiscriminada



- Incidencia Antrópica
- Pérdida de cultura.
- Vandalismo

Grafitis, “El puente de piedra tiene un 60% de afectación”

**Fuente:** (Lujano, O. 2015).

Continúa página siguiente



## Alteraciones debidas a intervenciones anteriores

- Incoherencia de materiales
- Fisuras.
- Grietas.
- Desprendimiento de revoco.



Daños principales en puente de la línea ferroviaria Zaragoza, detalle de grieta en junta del puente original y la intervención.

**Fuente:** (León y Goicolea, 2017) (pp.) 190-201)

- Incidencia Antrópica
- Uso de materiales diferentes a los indicados.
- Incompatibilidad de materiales.

## Resultados y discusión

El puente Los Libertadores de Santander de Quilichao, se entregó a la ciudadanía en el año 1919. Construido de manera artesanal con ladrillo cocido, mortero de cal y un posible relleno a base de restos de teja, ladrillo y material granular. Seguramente fue edificado sobre un basamento en piedra, cuenta con un tajamar para romper el caudal, está conformado por dos arcos abovedados rebajados  $1/3$  de circunferencia, con un aparejo tipo inglés una hilera a soga y otra a tizón conformado por dovelas de ladrillo y en el centro se encuentra la clave, que brinda estabilidad al arco. Este puente seguramente fue intervenido hacia los años sesenta con un ensanche de los arcos mediante bóvedas de concreto re- forzado adosadas, para generar pasó al tráfico vehicular.

### Identificación de los indicadores de alteración y causas por las diferentes incidencias observadas en el puente de Los Libertadores de Santander de Quilichao, Cauca- Colombia

El análisis físico toma como apoyo el análisis de tipologías de patologías en puentes de arco en ladrillo, se documenta con fotográficas y se indaga sobre cuáles son los síntomas o indicadores de alteración que presenta el puente de Los Libertadores volviéndose a su vez un diagnóstico de los posibles daños que este posee. Tabla 2.



**Tabla 2**

*Análisis de tipologías de patologías en puentes de arco en ladrillo*

INDICADOR	PATOLOGIA	CAUSA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproducción de especies vegetales como helechos, líquenes, se presentan en aletas tanto derecha como izquierda y además de un enraizamiento en el tajar, se hallan en la parte interna bovedad con expansión hacia la parte exterior, figuras 1- 2.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Colonización biológica</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>Figura 1</b> Aleta del puente Los libertadors con presencia de vegetación con posible expansión. <b>Fuente:</b> Autoras</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>Figura 2</b> tamajar del puente los libertadors con presencia de vegetación <b>Fuente:</b> Autoras</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;"><b>Incidencia ambiental</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La retención de humedad más la materialidad en arcilla de los mampuestos, generan esta colonización acelerando el desgaste del puente y causando daño en casi toda la parte inferior y exterior de este.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de un alto nivel de eflorescencias, arenización, hinchamiento del mampuesto y micro fisuras que alcanzan un ancho de 0.01m y 0.02m de profundidad variable en casi el 60% de las bóvedas, figura 3.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Capilaridad</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>Figura 3</b> Eflorescencias que se presentan por evaporación del agua ascendente. <b>Fuente:</b> Autoras</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	<p style="text-align: center;"><b>Incidencia ambiental</b></p> <p>Alto porcentaje de humedad que se filtra por la porosidad de los materiales como resultado genera depósito de sales.</p>

Continúa página siguiente

## Filtraciones

- Se observó Desplacamiento de mampuestos, acumulación sales y eflorescencias en la bóveda, figura 4.



**Figura 4** Descuelgue de dovelas y eflorescencias en el puente Los Libertadores  
**Fuente:** Autoras

### **Incidencia ambiental**

Por causa de las filtraciones a través del tablero se ocasiona acumulación de agua en el intradós provocando estos indicadores de alteración.

## Escorrentías superficiales

- Manifestación de una vegetación color verdoso que lava toda la parte externa del puente, desgaste de material figura 5.



**Figura 5.** Presencia de vegetación, causa de humedad por escorrentía.  
**Fuente:** Autoras

### **Incidencia ambiental**

- El agua lluvia, la aparición de humedad, causada por el golpe del agua en el extradós ya que no cuenta con una buena impermeabilización y canalización adecuada. Este problema hace que el deterioro del material sea más acelerado.

Continúa página siguiente



## Deterioro por contrapeso.

- Se analizó que dentro de las bóvedas y sobre todo en la que hay incidencia de quema existen más deformaciones, fisuras y grietas, figura 6.



**Figura 6.** Fisuras y grietas dentro de la bóveda 1  
**Fuente:** Autoras

## Incidencia Antrópica

- Debido a ser parte de una de las vías más importantes de Santander de Quilichao, se deriva a ser una de las más transitadas ya que se comunica con el municipio de Caloto, la presencia de alto nivel de tráfico y a su vez de carga pesada está generando deterioro al puente. Las vibraciones que los vehículos producen, aceleran el desgaste físico y posiblemente la capacidad de resistencia.

- La generación de una **mancha de carbono** que cubre casi toda la parte interna de la bóveda 1, y la aparición de **desechos orgánicos e inorgánicos** que producen fuertes olores y además contaminación del suelo, figura 7 y 8. esto hace que se altere la composición química de los materiales constructivos y a que se vuelvan susceptibles a la humedad y a otros agentes.

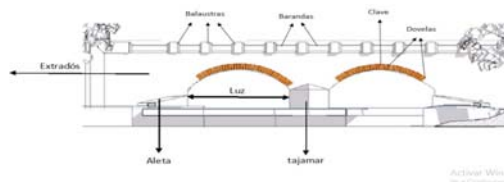
## Degradación física (incendio y basuras)



**Figura 7** Presencia de grafitis y residuos de quema en la bóveda # 1 del puente Los Libertadores.  
**Fuente:** autoras

## Incidencia Antrópica

- El puente en mención demuestra un deterioro por incidencia antrópica, debido a la quema indiscriminada y tiradero de desechos siendo la bóveda número 1 la más afectada ya que el caudal del río es poco profundo, hace más factible el contacto directo con personas.



**Figura 8:** Fachada puente de Los Libertadores,.  
**Fuente:** Autoras

Continúa página siguiente

## Contaminación visual y deterioro de la imagen de bien debido a los grafitis

### Incidencia Antrópica

- Se hace evidente la presencia de grafitis con anuncios con pinturas en aceite, color rojo, alterando la imagen del bien patrimonial, figura 9.



**Figura 9.** Presencia de grafitis y residuos de quema en la bóveda # 2 del puente Los Libertadores.

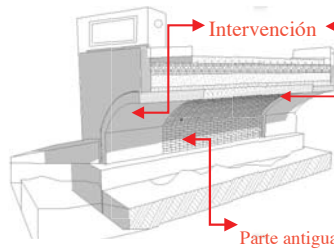
**Fuente:** Autoras

- Debido a que en la bóveda 1 el nivel del agua es poco, se hace factible la entrada de personas al área y ocasionan estas diferentes manifestaciones culturales que impactan visualmente al puente.

## Alteraciones debidas a intervenciones anteriores

### Incidencia antrópica

- El puente fue sometido a una intervención de ensanche de los arcos mediante bóvedas de concreto adosadas, dando como origen grietas, en la junta de la parte antigua y la nueva, las cuales proporcionan filtraciones y desgastes al puente. Posiblemente se reformo el relleno y se aplica una capa asfáltica que en la actualidad presenta fisuras, figura. 10).



**Figura 10.** Separación entre el puente original y la intervención por ensanche del Puente Los Libertadores.

**Fuente:** Autoras

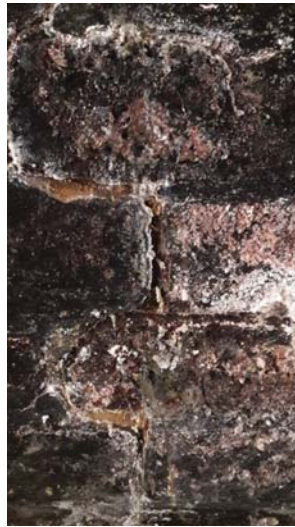
- Al haber realizado esta intervención, no se tuvo en cuenta la materialidad y su adaptabilidad ya que los materiales que se utilizaron (concreto y acero) no se adaptan a los del puente original (ladrillo, mortero de cal y piedra). Provocando los indicadores de alteración ya mencionados.

Continúa página siguiente



## Erosión de los mampuestos

- Se observó que en algunas partes el ladrillo presenta:
  - \*Arenización
  - \*Descamación
  - \*Desgaste
  - \*Eflorescencias, figura 11.



**Figura 11.** Erosión de los mampuestos en algunas secciones de la bóveda del Puente Los Libertadores.  
**Fuente:** Autoras

### **Incidencia del material**

Producido por:

- La humedad.

Agentes contaminantes del tráfico vehicular.

Posiblemente el manejo inadecuado de temperatura a la hora de cocción.

Variedad de la materia prima.

Malos procesos de producción en la fabricación del ladrillo.

## Conclusiones

Se lograron reconocer diferentes tipologías de patologías que se manifiestan sobre los puentes de arco en ladrillo, generando un diagnóstico que contiene el indicador de alteración, su enfermedad y su posible causa.

La mayoría de las construcciones sufren desgaste, debido a la conformación irregular de su materialidad, contiguo con la incidencia del hombre, su poca atención, mantenimiento, cuidado que éste le aporta y el poder de la naturaleza que debido a la humedad ambiental y a la humedad por capilaridad por el contacto directo con el río y los materiales constructivos a base de arcilla generan colonizaciones biológicas que con el pasar del tiempo se vuelven otro agente causante de daño y que al no ser atendido mediante planes de protección, se van deteriorando.

La importancia de saber identificar los indicadores de alteración que se manifiesta en un puente de arco los cuales se presencian mediante grietas,

fisuras, pérdidas del material, la reproducción vegetal, eflorescencias, fracturas entre otras, son de gran importancia para poder determinar los primeros signos de alarma ante las patologías que se empiezan a desarrollar por causa de las diferentes incidencias.

## Referencias

- Fervel, P. (2015). Estampas y Rincones Granadinos, una aproximación al patrimonio monumental. Rincones Poco Conocidos. Acueducto de Los Molinos.
- Galindo, J. (2010). Puentes de arco de ladrillo en la región del Alto Cauca: una tradición Constructiva olvidada. Documento sobre Daños en puentes históricos de arco de ladrillo en el Alto Cauca. Universidad de San Buenaventura, Cali, Colombia.
- Galindo, J. (2011). Daños en puentes históricos de arco de ladrillo en el Alto Cauca (Colombia), Revista Científica Guillermo de Ockham, vol. 9, núm. 1 Universidad de San Buenaventura, Cali, Colombia.
- León, J. & Goicolea J.M. (2017), Los puentes de piedra o ladrillo Antaño y Hogaño. Celebrado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (UPM). Fundación Juanelo Turriano. Madrid España.
- Lujano, O. (2015). Grafitis: “El puente de piedra tiene un 60% de afectación”. Periódico Correo. Acámbaro, Guanajuato, México.
- Paniagua, I. (2008). Metodología de evaluación y análisis de materiales de los puentes de fábrica de la red ferroviaria. (Tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid, España.
- Pérez, J. & Gardey Ana. (2008), actualización (2012). Definición sobre patología.
- Prensa Libre, (2017) Un periodismo independiente, honrado y digno. Hemeroteca PL. Puente de los Esclavos: obra cuatricentenaria, Considerado patrimonio cultural de la Nación. Guatemala
- Proyecto TTIGEM (2013). Centro de estudios y experimentación de obras públicas. Actividad 4, “transferencia tecnológica a la evaluación del estudio de los vestigios estructurales de obras de fábrica de itinerarios histórico. Pp.48. Recuperado de [http://www.secegsa.gob.es/NR/rdonlyres/6085E31E-D786-43F8-84B8-619C2F94049C/124980/Accion41TTIGEM\\_P.pdf](http://www.secegsa.gob.es/NR/rdonlyres/6085E31E-D786-43F8-84B8-619C2F94049C/124980/Accion41TTIGEM_P.pdf)



Salazar, H. (2013). Tesis sobre, Conservación de Puentes de Piedra en el Perú.

Unión Europea Feder, Cedex. (2013). Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Proyecto TTIGEM. Actividad 4, “Transferencia tecnológica a la evaluación del estudio de los vestigios estructurales de obras de fábrica de itinerarios histórico. P.48



# Monitoreo, seguimiento y control en proyectos de construcción apoyados en Building Information Modeling: Una revisión sistemática

## Monitoring, tracking and control in construction projects supported by Building Information Modeling: A systematic review

Jherson Jhadir Bohórquez Castellanos<sup>1</sup> Colombiano  
Autor principal E-mail: jhersonbohorquez@gmail.com

María Camila Mariño Espinel<sup>1</sup> Colombiana,  
E-mail: camila\_espinel@outlook.com

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías  
Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Grupo de  
Investigación GEOMÁTICA, Gestión y Optimización de Sistemas.  
Bucaramanga, Santander, Colombia

---

Recibido: 25-05-2018 Aceptado: 15-08-2018

### Resumen

En la actualidad es frecuente encontrar retrasos y sobrecostos en las obras de construcción, estos problemas son causados por errores y omisiones en las etapas de planificación y hacen que en la ejecución de las obras se presenten situaciones incontrolables en la que los directores del proyecto se ven obligados a tomar decisiones sobre la marcha para cumplir con el tiempo de entrega de las obras, esas decisiones deben ser efectivas, por tanto se debe tener información en tiempo real del avance y estado de la obra, así que, ¿qué metodología seguir para extraer de la obra información pertinente que ayude a tomar esas decisiones?. Para responder el interrogante planteado se realizó una revisión sistemática para establecer que métodos de Monitoreo, seguimiento y control de proyectos de construcción existen actualmente, como resultado se presenta una línea de tiempo en la cual se encontró que un gran número de métodos de monitoreo, seguimiento y control se apoyan en Building Information Modeling, una tecnología emergente que permite tener la información del proyecto unificada en una base de datos, hacer simulaciones del proceso constructivo y establecer el avance de obra con la adquisición de datos de la construcción.

**Palabras clave:** Monitoreo, seguimiento, control, BIM, proyectos de construcción.



## Abstract

Today find delays and cost overruns in construction projects is frequently, these problems are caused by mistakes and omissions in planning stages and make that in the execution of the work uncontrollable situations appears in which project directors are forced to make decisions on the way to accomplish with the deadlines of the works, thus decisions must be effective, therefore it is necessary to have information in real time of the progress and state of the work, in that order, What methodology is appropriate to follow to extract pertinent information that helps to take those decisions?. To answer this question, a systematic review was committed to establish what methodologies of monitoring, tracking and control of the construction projects currently exists, as a result a time line is presented in which it was found a large number of methods of monitoring, tracking and control are supported in Building Information Modeling, an emerging technology that allows to have the unified project information in one database, to make simulations of the constructive process and to establish the progress of work with the acquisition of construction data.

**Key words:** Monitoring, tracking, control, BIM, Construction Projects.

## Introducción

Los retrasos son problemas comunes y costosos encontrados en los proyectos de construcción, la causa radica en planificaciones poco realistas o en imprevistos que afectan la ejecución del proyecto y el progreso de la construcción (Rebolj, Babič, N., Magdič, A., Podbreznik, P., y Pšunder, 2008), en la práctica se hace casi imposible controlar los factores que causan los imprevistos ya que en la actualidad en la mayoría de proyectos la recopilación de datos y el monitoreo del progreso de la construcción se hacen con base en métodos tradicionales los cuales son lentos, inexactos y costosos; de acuerdo con la experiencia, el monitoreo del inicio y terminación de las actividades es problemático en el nivel diario (Rebolj *et al.*, 2008), razón que hace que sea necesario implementar sistemas o metodologías de monitoreo, seguimiento y control en los proyectos que permitan una extracción de información de obra fiable y pertinente (Rebolj *et al.*, 2008); sistemas de información y gestión con nuevos enfoques, por ejemplo, planificación dinámica que ajuste las actividades afectadas por imprevistos para cumplir con el tiempo, costo y alcance del proyecto.

El control de proyectos de construcción se refiere a los procesos requeridos para monitorear, analizar y regular el avance y el desempeño del proyecto (Project Management Institute, Inc. (PMI, 2013)).

Un plan de control eficiente, mediante el uso de sistemas de monitoreo, favorece considerablemente la eficiencia del proyecto ayudando a reducir los problemas de la construcción y los retrasos de las obras (Cheng y Chen, 2002); un sistema de monitoreo automatizado se desarrolla con el propósito de recopilar datos y analizarlos para así entregar una respuesta al director de obra sobre el desarrollo actual del proyecto (Rebolj *et al.*, 2008). Realizar el monitoreo del progreso de la construcción manualmente, es una actividad realmente extensa y tediosa, además genera costos innecesarios, por lo que se hace común encontrar trabajos incompletos e inexactos (Bosché, Guillemet, Turkan, Haas y Haas, 2014), por este motivo durante los últimos años se desarrollaron e implementaron métodos automatizados que están equipados con un gran número de tecnologías para el seguimiento de obra en sitio con el fin de facilitar el control y monitoreo en la construcción (Omar y Nehdi, 2016). En la actualidad, el control de obras se realiza al comparar modelos en cuatro dimensiones (4D), también conocidos como modelos BIM 4D o 4D CAD, con registros fotográficos, grabaciones, videos. Estas tecnologías de recopilación de datos de obra se usan desde los años 90 (Abdelrehim, 2013) en donde el control y gestión de la obras se realizó de forma rápida y con mayor eficiencia, adicionalmente, se observó una disminución de costos innecesarios (Costin, A. Pradhananga, y Teizer, 2014; El-Omari y Moselhi, 2011; Fang, Cho, Zhang, y Perez, 2016; Hajian y Becerik-Gerber, 2009; Han y Golparvar-Fard, 2015; Rebolj *et al.*, 2008).

La tecnología BIM, sigla de Building Information Modeling es una herramienta emergente en la industria de la construcción (Kim, 2012) en la que es posible tener toda la información de un proyecto en una única base de datos. Esta tecnología permite representar digitalmente el proceso de construcción para facilitar el intercambio de información (Becerik-Gerber, Jazizadeh, Li, y Calis, 2011), lo que puede representar una mejora del rendimiento y eficacia de los procesos de toma de decisiones en todas las fases del ciclo de vida del proyecto (Lu, Peng, Shen, y Li, 2012). BIM es una poderosa herramienta para el diseño y el modelado de la construcción, además proporciona una plataforma en la que es posible la visualización del flujo de trabajo, propiedad que puede ser usada para realizar el monitoreo, seguimiento y control en tiempo real del progreso de la construcción (Bargstädt, 2015); se observa en diversas investigaciones que además BIM favorece la estimación de horarios y costos en la realización de las distintas actividades de obra, también facilita la toma de decisiones en las fases del ciclo de vida de los edificios: diseño, planificación, construcción y



operación; permitiendo tomar acciones correctivas ante los errores evitando retrasos y costos innecesarios durante la ejecución de los proyectos, BIM tiene el potencial para mejorar el control de los proyectos de construcción ya que incrementa la eficiencia en la comunicación y coordinación entre las partes que interactúan durante el proceso de construcción de las obras (Fang *et al.*, 2016; Omar y Nehdi, 2016).

En la literatura diversos métodos son propuestos y aplicados para el seguimiento del progreso de la construcción, métodos que realizan la recolección de datos de obra utilizando registros fotográficos y video, sistemas inalámbricos e identificación por radio frecuencia (RFID), entre otros, los datos recolectados se integran o comparan con modelos BIM (Omar y Nehdi, 2016) ya que facilitan la toma de decisiones debido a que almacenan toda la información de obra en una base de datos y a que permiten representar digitalmente el proceso de construcción. Según lo expuesto anteriormente, el objetivo de la presente investigación es caracterizar los avances en Monitoreo, seguimiento y control de proyectos de construcción apoyados en BIM mediante una revisión sistemática.

## Metodología

La revisión sistemática propuesta se realizó para identificar de forma general las investigaciones que se han realizado en el área de monitoreo, seguimiento y control de obras de construcción, observándose que hay una reciente cantidad de publicaciones relacionadas con dichas áreas que se apoyan en la tecnología BIM lo cual hace necesario caracterizar los avances relacionados con BIM, monitoreo, seguimiento y control de obras de construcción, a su vez se observó que con la tecnología BIM se integra y compara la información de obra obteniendo datos en sitio mediante el uso de tecnologías como escáner laser y la fotogrametría.

La revisión sistemática da respuesta a problemas de investigación a través de la integración objetiva y metódica de los resultados de investigaciones publicadas. Estas revisiones críticamente evalúan y resumen los resultados que reportan dichas publicaciones, lo cual se constituye en evidencia científica que permite generalizar conclusiones (Valentine, Hedges, y Cooper, 2009). En general, el proceso de revisión sistemática mostrado en la Figura 1 siguió la siguiente metodología: en primer lugar, se definió el alcance que podría tener la revisión y la intención de la investigación con el fin de estimar el número de fuentes a consultar como se observa en el objetivo planteado, luego se determinaron las bases de datos y se tuvo en cuenta que el área de aplicación de algunas de ellas no solamente fuera Ingeniería Civil sino también otras ramas de la ingeniería ya que podrían contener información relevante sobre el área de interés, posteriormente se definieron y combinaron las palabras claves y se tabularon, luego se buscaron

los artículos por palabra clave en cada base de datos y se procedió a extraer los detalles relevantes de cada investigación para evaluar la calidad de los estudios, se interpretó y organizó la evidencia en un mapa mental con el fin de clasificar las investigaciones por tema de estudio, finalmente, se concluyó sobre las posibles líneas de investigación que se llevaran a cabo en un futuro y de la implicación que tendrían en la práctica. A continuación, se muestra el proceso detallado que se efectuó para seleccionar los artículos relacionados más relevantes al tema de monitoreo, seguimiento y control de proyectos de construcción.

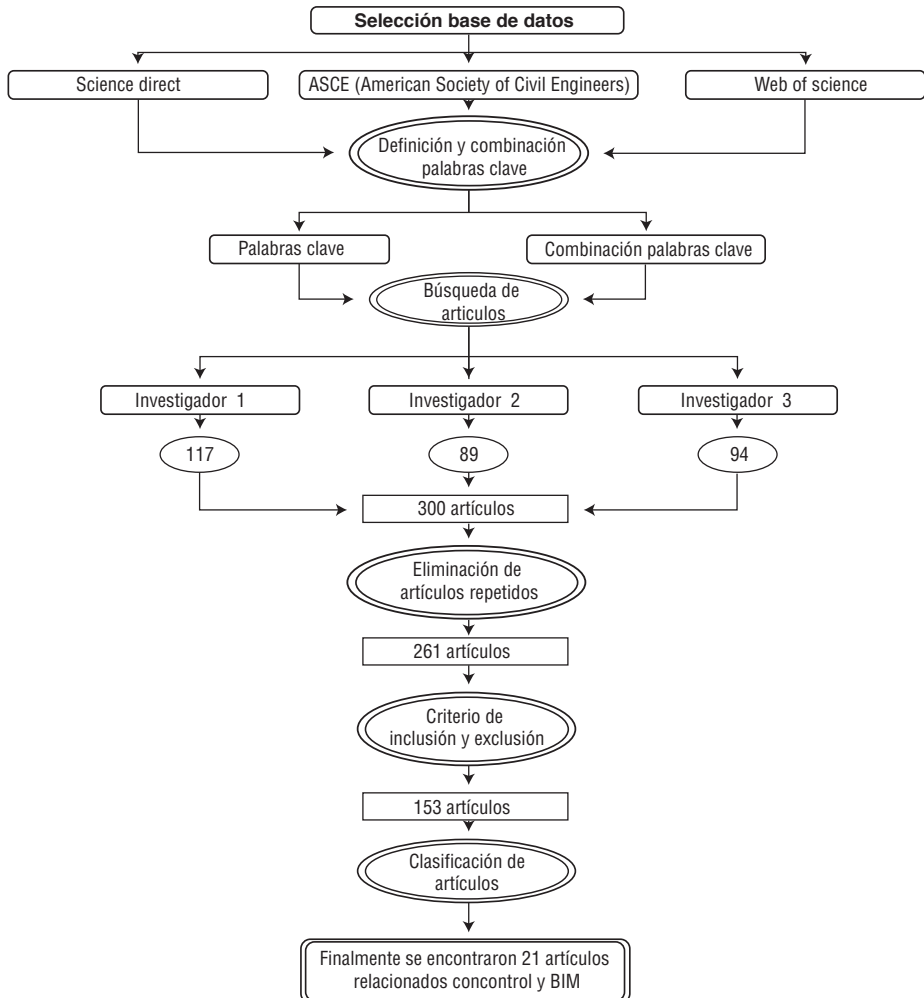


Figura 1. Proceso de monitoreo, seguimiento y control de los proyectos de construcción.

Fuente: Autores



## Revisión bibliográfica

Se seleccionaron 3 bases de datos Science direct, Web of science y ASCE (American Society of Civil Engineers), las dos primeras para identificar resultados generales al tema de monitoreo, control y seguimiento en todas las ramas de la ingeniería y la tercera base de datos para observar investigaciones exclusivas al área de Ingeniería civil, con el fin de observar información relevante del área de interés en otras disciplinas de la ingeniería, las palabras clave de búsqueda y la combinación de estas se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Definición y combinación de palabras claves*

Palabras clave	Combinación palabras clave
Monitoring	Construction monitoring
Tracking	Construction tracking
Control	Construction control
BIM	Construction monitoring and BIM
Scanner laser	Construction control and scanner laser
Construction	

**Fuente:** Autores

## Clasificación de los artículos

Se agrupan las publicaciones por temas en común para direccionar en qué áreas, con qué tecnologías y metodologías se hace seguimiento, control y monitoreo de obras de construcción. Los grupos se relacionan con:

- Valor Ganado (EVM)
- Escáner y sensores laser
- Fotografías y grabación de videos de obra
- Building Information Modeling (BIM)

El área que más artículos agrupó fue la de investigaciones que relacionan el seguimiento, control y monitoreo de obras con BIM con un total de 21 artículos, se observó que la mayoría de esas investigaciones integran BIM con otras tecnologías que recolectan información de obra en un proceso, en el que usan escáner laser, toma de fotos por lapsos de tiempo. Procesos que se

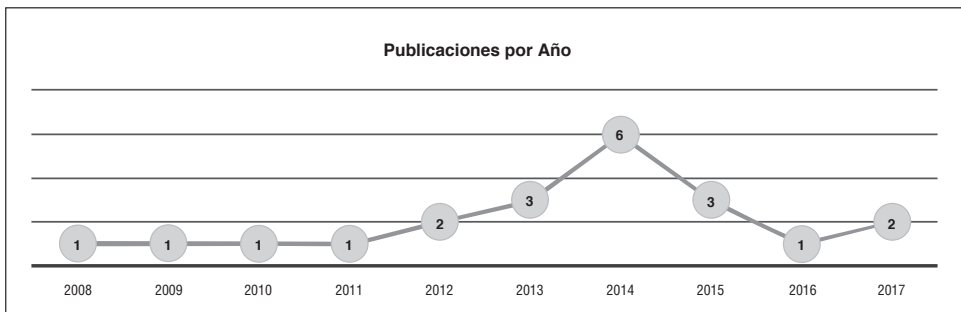
verán detalladamente en la sección de resultados para cumplir con el objetivo de caracterizar los avances y establecer las similitudes y diferencias entre las 21 investigaciones que quedaron al final de la clasificación de los artículos. La Tabla 2 muestra el número y el porcentaje de investigaciones por revista y la Figura 2 el número de publicaciones por año para la totalidad de 21 artículos seleccionados, además se muestra gráficamente la línea del tiempo.

**Tabla 2.**

*Publicaciones por revistas*

Revistas	Publicaciones	Porcentaje (%)
Automation in Construction	11	52,38
Procedia Engineering	2	9,52
Journal of Construction Engineering and Management	3	14,29
Journal of Computing in Civil Engineering	2	9,52
Advanced Engineering Informatics	1	4,76
Journal of Information Technology in Construction	1	4,76
Journal of Civil Engineering and Management	1	4,76

**Fuente:** Autores



**Figura 2.** Número de publicaciones por año, línea del tiempo

**Fuente:** Autores

## Resultados

A continuación, se muestran los principales aportes y avances en el monitoreo, seguimiento y control de proyectos de construcción desde el año 2008 hasta el año 2017 para observar por año los aportes de cada uno de los 21 artículos



seleccionados al final del proceso de revisión sistemática, además en la Figura 3 se muestra gráficamente la línea del tiempo.

Rebolj *et al.* (2008) implementaron un sistema con tres componentes: un sistema automatizado de seguimiento de actividades de construcción (4D-ACT), un componente para el seguimiento de recursos materiales y un ambiente de comunicación dinámica (DyCE); el sistema les permitió hacer seguimiento al avance de las actividades de obra mediante la adquisición de imágenes del edificio en construcción las cuales comparaban con el modelo 4D del edificio.

Sacks, Treckmann y Rozenfeld (2009) desarrollaron una interfaz llamada “Workmanager” la cual une a la tecnología BIM/4D CAD el concepto de construcción libre de pérdidas (Lean Construction), en la interfaz los trabajadores pueden identificar el trabajo a realizar y actualizar la información del trabajo que realizaron, permite monitorear el estado de la construcción.

Sacks, Radosavljevic y Barak (2010) implementaron el sistema KanBIM (sistema de gestión de construcción de flujo de tracción activado por BIM con base en el sistema Last Planner System) para realizar la supervisión durante el proceso de construcción. Se mejoró el flujo de trabajo, se redujo el desperdicio y se visualizaron tanto del producto de construcción como del proceso de producción. El sistema brinda información en tiempo real sobre los cambios que se presenten en el plan de trabajo a todos los integrantes del proyecto dentro y fuera del sitio.

Turkan, Bosche, Haas y Haas, (2011) presentan un enfoque en el cual integran un modelo 3D CAD de un proyecto de construcción y su programación de obra (Schedule información) (modelo 4D) con nubes de puntos tridimensionales generados a partir de datos de escáner laser 3D para hacer el seguimiento de obra; con el escáner laser obtienen las condiciones actuales del sitio de obra y con el modelo 4D la información planeada de obra (as-planned).

Becerik-Gerber, Jazizadeh, Li y Calis (2012) utilizaron una interfaz basada en BIM para FM (Facilities Management) con el fin de realizar el control y monitoreo en proyectos de infraestructura eléctrica.

Davies y Harty (2012) utilizaron BIM en dispositivos móviles para que los trabajadores reportaran la calidad y actualizaran las actividades hechas, además tenían acceso al diseño y a los datos del proceso de obra.

Wang, Weng, Wang y Chen (2013) realizaron el modelo 3D de una obra en AutoDesk Revit e hicieron una simulación de la construcción usando el lenguaje



Stroboscope, la simulación resultante se llevó al modelo 4D con el software Autodesk Navisworks con el fin de generar y controlar el calendario del proyecto como apoyo en la realización de las actividades de obra en sitio.

Tserng, Ho y Jan (2013) desarrollaron el sistema ConBIM-SM para mejorar la visión del avance del programa y la eficiencia en el seguimiento de obra permitiendo al contratista controlar y gestionar el progreso en el sitio donde se construye el proyecto.

Gurevich y Sacks (2013) implementaron el sistema KanBIM para ayudar a los equipos de trabajo a gestionar las actividades a realizar, además integraron la realidad virtual para generar el ambiente del sitio de construcción con el modelo BIM para realizar control de las actividades realizadas.

Golparvar-fard, Peña Mora, y Savarese (2014) generaron un modelo BIM 4D basado en IFC realizando el seguimiento del progreso de la construcción a través de fotografías diarias tomadas en el sitio.

Wang, Truijens, Hou, Wang, y Zhou (2014) enfatizan la necesidad de una metodología que integre la realidad aumentada en BIM para poder solucionar problemas de baja productividad en la recuperación de información y baja eficiencia en la comunicación y solución de problemas.

Zhou, Ding, Wang, Truijens y Luo (2014) aplicaron el modelado y la simulación BIM 4D para realizar el seguimiento de un megaproyecto de construcción redes de gas natural licuado LNG integrando realidad aumentada (AR) como guía para la instalación de las redes.

Chen y Luo (2014) exploraron los beneficios que puede tener la implementación de modelos BIM 4D codificando las actividades de construcción como alternativa al control y seguimiento de un proyecto de construcción.

Bosché *et al.* (2014) implementaron el método 'Scan VS BIM' para realizar el control y seguimiento de trabajos mecánicos, eléctricos y de tuberías, mediante el escáner láser generaban una nube de puntos 3D que comparaban con el modelo BIM 4D, el cual incluía la programación de actividades. Además, Bosché y Guenet (2014) con base en el método 'Scan VS BIM' realizaron el seguimiento de la llanura superficial del acabado del piso.

Bargstädt (2015) describió las características de un modelo BIM 5D con el cual se puede generar un control al avance real del proyecto; el modelo BIM 5D se realizó integrando el calendario de obra y los costos.



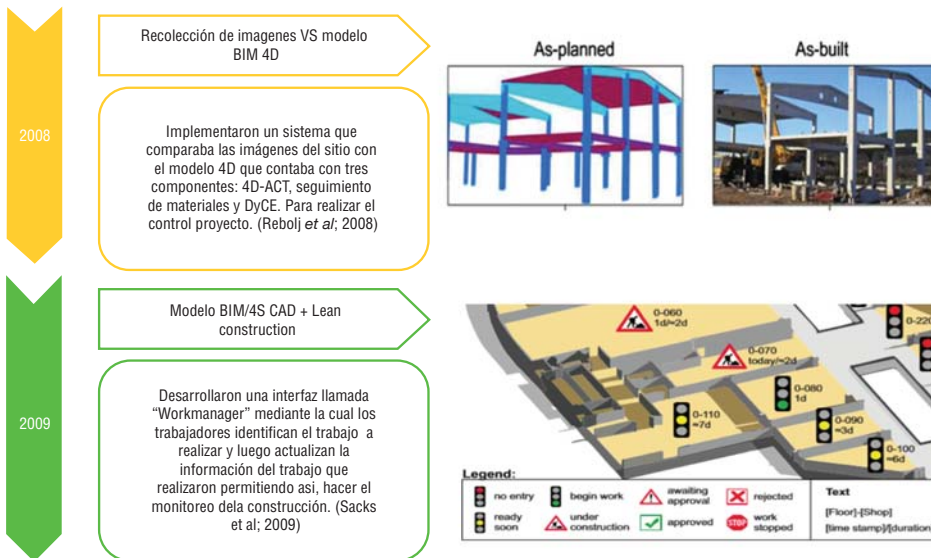
Han y Golparvar-Fard (2015) realizaron el control y monitoreo de un proyecto de construcción mediante la comparación de un modelo 4D con el modelo de nube de puntos generado a partir de fotos por lapso de tiempo, clasificando los elementos de acuerdo con su apariencia.

Costin, Teizer y Schoner (2015) utilizaron la integración ‘BIM-RFID’ para realizar el seguimiento al personal de una gran construcción en tiempo real, con el fin de controlar el protocolo de construcción. La unión de estas tecnologías mejoró la productividad y la calidad del proyecto, además de que aportó a la seguridad y protección.

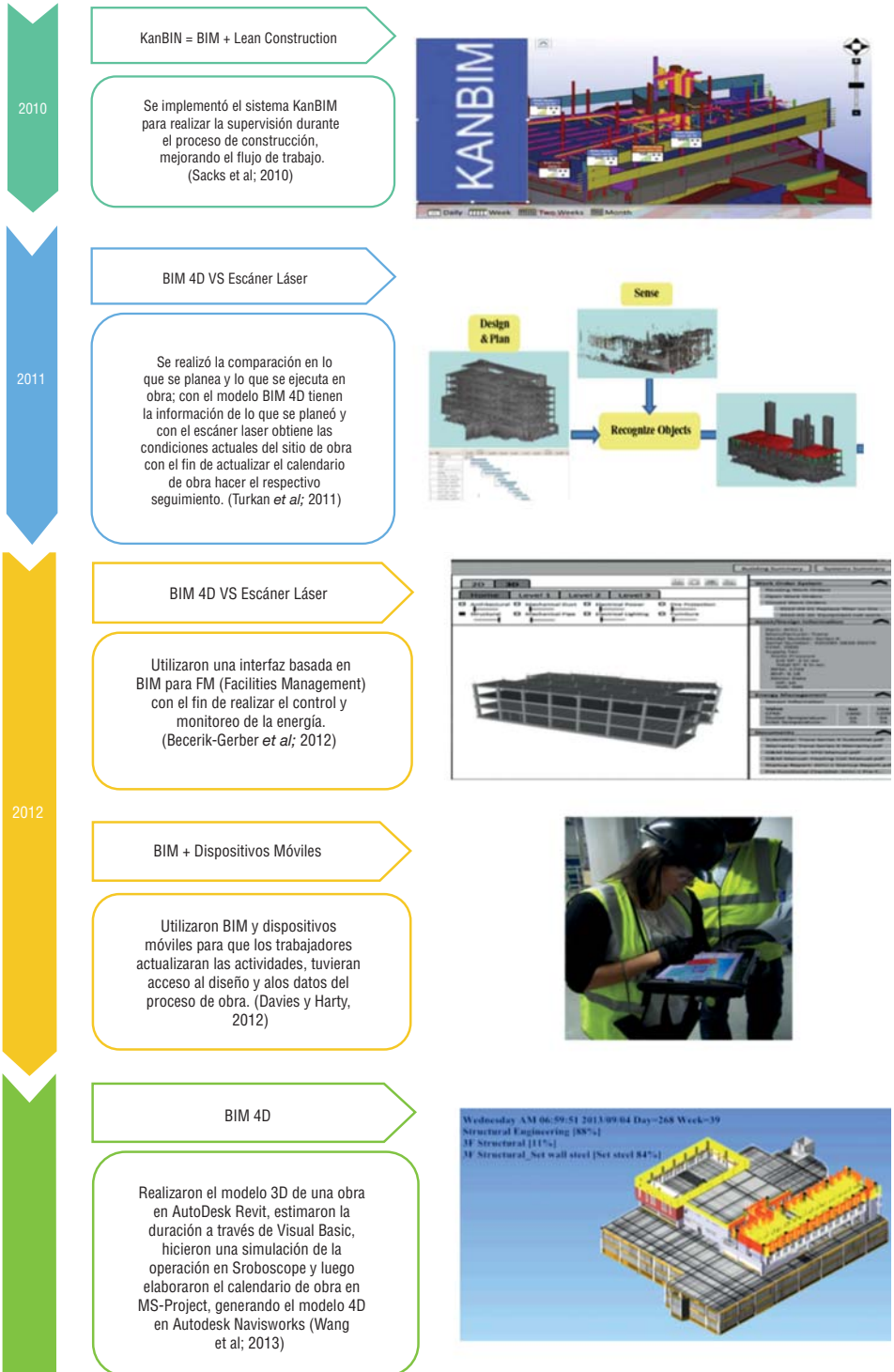
Fang *et al.* (2016) desarrollaron un modelo BIM el cual lo integraron con un sistema de localización RFID cargando los datos del progreso de obra en la nube para realizar el monitoreo y control en tiempo real.

Park y Cai (2017) generaron un modelo BIM 3D con una estructura desagregada del costo (CBS) y los registros de la construcción almacenados en la WBS con el fin de tener todos los datos de la obra para la toma de decisiones, control y mantenimiento de esta.

Lou, Xu y Wang (2017) plantearon una estructura de control de la calidad del proyecto basada en BIM y combinada con tecnología de realidad aumentada, que permite a los trabajadores guardar y recopilar información en tiempo real mediante equipos móviles.



Continúa página siguiente





2013

BIM + Dispositivos Móviles

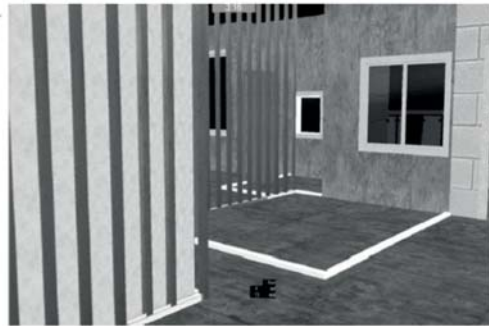
Plantearon el sistema ConBim-SM para mejorar la visión del avance del programa y la eficiencia en el seguimiento de obra permitiendo al contratista controlar y gestionar el progreso en el sitio donde se construye el proyecto (Tserng *et al*; 2013)



2013

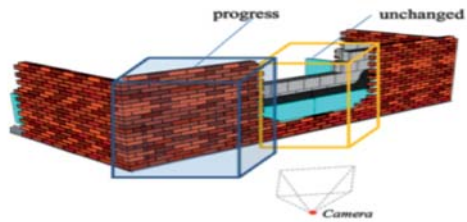
BIM + VR

Implementaron el sistema KanBIM mediante el cual ayudaban a los equipos de trabajo a gestionar las actividades. Permitted tener mayor control sobre las actividades a realizar y las realizadas. Aplicando realidad virtual, se generaba el sitio de construcción y junto con el sistema de información (BIM) realizaban el control a los trabajos. (Gurevich y Sacks, 2013)



BIM + fotografías diarias

Generaron un modelo BIM 4D basado en IFC (Industry Foundation Classes), realizaron el seguimiento del progreso de la construcción a través de fotografías diarias tomadas en el sitio. (Golparvar-fard *et al*; 2014)



Continúa página siguiente

2014

BIM 4D + AR (Realidad Aumentada)

Realizaron un modelo 3D que integraron con la programación desarrollada en primavera 6 para generar el modelo BIM 4D mediante AutoDesk Navisworks y así realizar el seguimiento y control de un módulo de un megaproyecto de gas natural licuado. La realidad aumentada (RA) permitió guiar la instalación del módulo (Zhou *et al*; 2014). Implementaron un método que usaba BIM junto con realidad aumentada (AR) para controlar el proceso de construcción en megaproyectos de gas natural licuado. (Wang *et al*; 2014)



BIM 4D

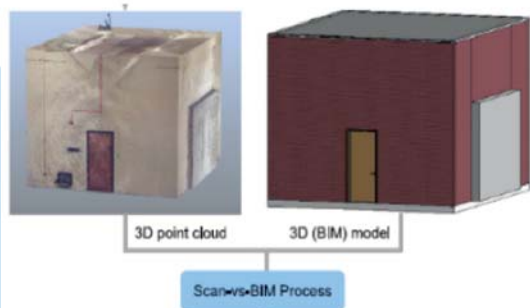
Aplicaron un modelo BIM 4D basado en códigos de construcción a un proyecto de construcción para realizar el seguimiento. Usaron Autodesk Revit y Naviswork para generar el modelo. (Chen y Luo, 2014)



2014

BIM 4D VS Escáner Láser

Implementaron el método 'Scan VS BIM' para realizar el control y seguimiento de: la planura del piso (Bosché y Guenet, 2014) y trabajos mecánicos, eléctricos y de tuberías (Bosché *et al*; 2014). Mediante el escáner láser generaban una nube de puntos 3D que comparaban con el modelo BIM 4D, el cual incluía la programación de actividades. Imagen tomada de (Bosché y Guenet, 2014)



Continua página siguiente



**BIM 5D**

Elaboraron un modelo BIM 3D que al integrarlo con el cronograma de actividades y costos generaron el modelo 5D. (Bargstädt, 2015)

**BIM 4D + nubes de puntos (fotos por lapso de tiempo)**

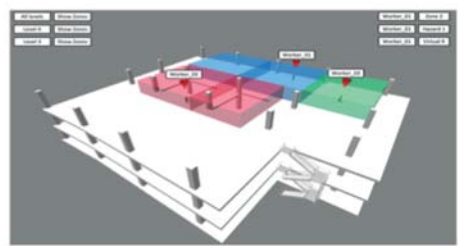
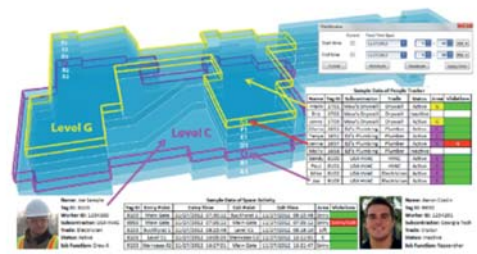
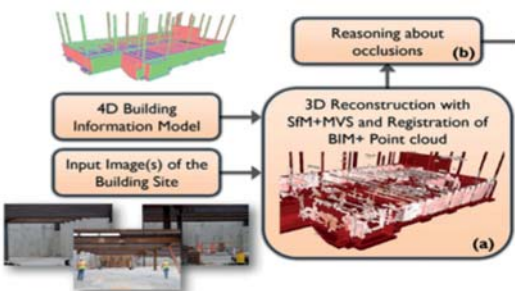
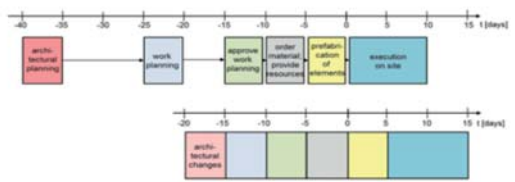
Realizaron el control y monitoreo de un proyecto de construcción mediante la comparación de un modelo 4D con el modelo de nube de puntos generado a partir de fotos por lapso de tiempo, es decir, clasificaban los elementos basándose en su apariencia (Han y Golparvar-Fard, 2015).

**BIM + RFID (Identificación por radio frecuencia)**

Utilizaron la integración 'BIM-RFID' para realizar el seguimiento al personal de una gran construcción en tiempo real, con el fin de controlar el protocolo de construcción. La unión de estas tecnologías mejoró la productividad y la calidad del proyecto, además de que aportó a la seguridad y protección. (Costin *et al*; 2015)

**BIM + RFID + Nube**

Desarrollaron un modelo BIM el cual lo integraron con un sistema de localización RFID cargando los datos del progreso de obra en la nube para realizar el monitoreo y control en tiempo real. (Fang *et al*; 2016)



Continua página siguiente

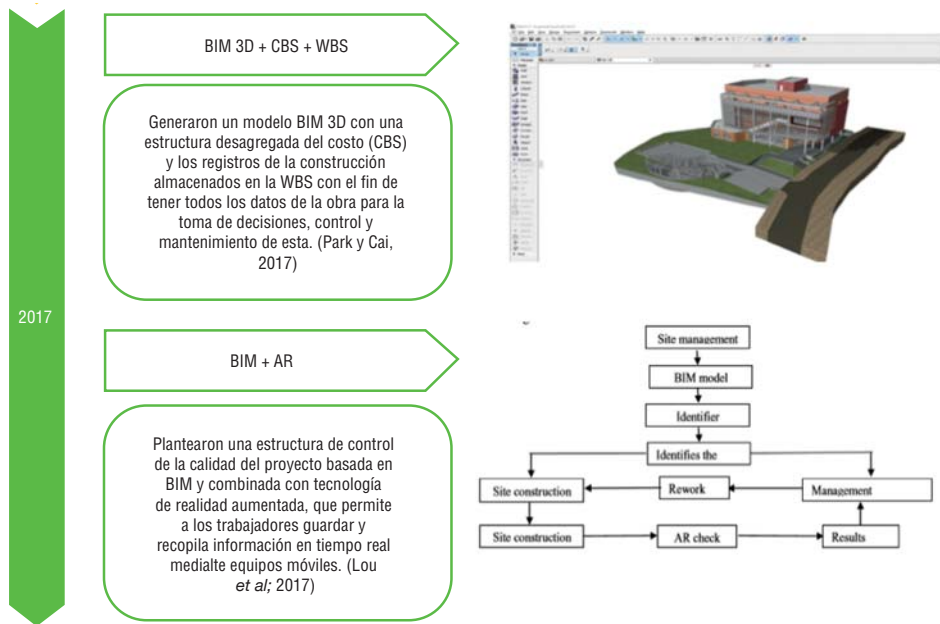


Figura 3. Línea del tiempo

Fuente: Autores.

## Discusión

Durante el desarrollo de la línea del tiempo se observó que las similitudes y/o diferencias entre las distintas investigaciones de monitoreo, seguimiento y control de proyectos de construcción radican en la forma en cómo se obtienen, procesan y se muestran los datos reales del sitio de construcción y cómo se comparan o integran a los modelos BIM (Building Information Modeling). Entre las distintas formas de tomar los datos de obra se destaca la generación de nubes de puntos en 3D a partir de escáner laser o fotos por lapso de tiempo y la identificación por radio frecuencia para hacer el seguimiento de los trabajadores. Además se encontraron investigaciones en las que desarrollaron alguna interfaz o software, como Workmanger, KanBIM y ConBIM-SM para la identificación del trabajo a realizar, el reporte y supervisión del trabajo ejecutado con el propósito de mejorar la gestión y control en tiempo real de la construcción; otro enfoque a tener en cuenta en el área de monitoreo seguimiento y control de obras se observa desde el año 2014 en donde al proceso n-D BIM le están integrando la realidad aumentada AR para generar un ambientes de realidad virtual que facilitan el control y la simulación del trabajo en las construcciones.



## Conclusiones

Durante el desarrollo de la investigación se observó que las diferencias encontradas entre las diferentes propuestas radican en la forma en cómo se obtienen, procesan y se muestran los datos reales del sitio de construcción y cómo se integran a los modelos BIM. Entre las distintas formas de tomar los datos de obra se destaca la generación de nubes de puntos a partir de láser escáner, fotografías programadas y la identificación por radio frecuencia para hacer monitoreo y seguimiento. Complementariamente, las propuestas ofrecieron desarrollos de interfaces como Workmanger, KanBIM y ConBIM-SM para supervisión y reporte del trabajo ejecutado, con el propósito de mejorar la gestión y control en tiempo real de la construcción.

En la última década hubo un avance tecnológico en los sistemas de adquisición de datos reales de obra que muestran que es conveniente plantear y aplicar sistemas de monitoreo, seguimiento y control apoyado en BIM a los proyectos de construcción para observar las ventajas y desventajas potenciales que permita su implementación a gran escala en la industria de la construcción.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al profesor Guillermo Mejía Aguilar por contribuir con su conocimiento y experiencia en el desarrollo de esta investigación.

Agradecen también al profesor Hernán Porras Díaz director del grupo de investigación GEOMÁTICA, Gestión y Optimización de Sistemas y al semillero de Modelado y Gestión de la Construcción de la Universidad Industrial de Santander por brindarnos su acompañamiento, apoyo económico y tecnológico durante este proceso.

## Referencias

- Abdelrehim, M. (2013). Interactive Voice - Visual Tracking of Construction As - Built Information.
- Alizadehsalehi, S., & Yitmen, I. (2016). The Impact of Field Data Capturing Technologies on Automated Construction Project Progress Monitoring. *Procedia Engineering*, 161, 97–103. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.504>
- Bargstädt, H. J. (2015). Challenges of BIM for construction site operations. *Procedia Engineering*, 117(1), 52–59. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.123>



- Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2011). Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. *Journal of Construction Engineering and Management*, (March), 431–442. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000433](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000433).
- Bohn, J. S., & Teizer, J. (2010). Benefits and Barriers of Construction Project Monitoring Using High-Resolution Automated Cameras. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(June, 2010), 632–640. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000164](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000164)
- Bosché, F., & Guenet, E. (2014). Automating surface flatness control using terrestrial laser scanning and building information models. *Automation in Construction*, 44, 212–226. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.028>
- Bosché, F., & Haas, C. T. (2008). Automated retrieval of 3D CAD model objects in construction range images. *Automation in Construction*, 17(4), 499–512. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.09.001>
- Bosché, F., Guillemet, A., Turkan, Y., Haas, C. T., & Haas, R. (2014). Tracking the Built Status of MEP Works: Assessing the Value of a Scan-vs-BIM System. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 28(4), 5014004–5014013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000343](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000343)
- Bügler, M., Borrmann, A., Ogunmakin, G., Vela, P. A., & Teizer, J. (2017). Fusion of Photogrammetry and Video Analysis for Productivity Assessment of Earthwork Processes. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 32(2), 107–123. <https://doi.org/10.1111/mice.12235>
- Chen, L., & Luo, H. (2014). A BIM-based construction quality management model and its applications. *Automation in Construction*, 46(October), 64–73. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.009>
- Cheng, M. Y., & Chen, J. C. (2002). Integrating barcode and GIS for monitoring construction progress. *Automation in Construction*, 11(1), 23–33. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(01\)00043-7](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(01)00043-7)
- Costin, A. M., Teizer, J., & Schoner, B. (2015). RFID and bim-enabled worker location tracking to support real-time building protocol control and data visualization. *Journal of Information Technology in Construction*, 20(January), 495–517.
- Costin, A., Pradhananga, N., & Teizer, J. (2014). Passive RFID and BIM for Real-Time Visualization and Location Tracking Aaron. *Construction Research Congress 2014*, (2008), 140–149. <https://doi.org/10.1061/9780784413517.176>
- Davies, R., & Harty, C. (2012). Implementing “site BIM”: A case study of ICT innovation on a large hospital project. *Automation in Construction*, 30, 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.024>
- El-Omari, S., & Moselhi, O. (2011). Integrating automated data acquisition technologies for progress reporting of construction projects. *Automation in Construction*, 20(6), 699–705. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.12.001>
- Fang, Y., Cho, Y. K., Zhang, S., & Perez, E. (2016). Case Study of BIM and Cloud-Enabled Real-Time RFID Indoor Localization for Construction Management Applications. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(7), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001125](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001125).
- Golparvar-Fard, M., Peña-Mora, F., Arboleda, C. A., & Lee, S. (2009). Visualization of Construction Progress Monitoring with 4D Simulation Model Overlaid on Time-Lapsed



- Photographs. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 23(6), 391–404. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2009\)23:6\(391\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2009)23:6(391))
- Golparvar-Fard, M., Peña-Mora, F., & Savarese, S. (2011). Integrated Sequential As-Built and As-Planned Representation with Tools in Support of Decision-Making Tasks in the AEC/FM Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(December), 1099–1116. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000371](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000371).
- Golparvar-fard, M., Peña Mora, F., & Savarese, S. (2014). Automated Progress Monitoring Using Unordered Daily Construction Photographs and IFC-Based Building Information Models. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 29(1), 147. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000205](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000205)
- Gurevich, U., & Sacks, R. (2014). Examination of the effects of a KanBIM production control system on subcontractors' task selections in interior works. *Automation in Construction*, 37, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.003>
- Hajian, H., & Becerik-Gerber, B. (2009). A research outlook for real-time project information management by integrating advanced field data acquisition systems and building information modeling. *Proceedings of the 2009 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering*, 346, 83-94. [https://doi.org/10.1061/41052\(346\)9](https://doi.org/10.1061/41052(346)9)
- Han, K. K., & Golparvar-Fard, M. (2015). Appearance-based material classification for monitoring of operation-level construction progress using 4D BIM and site photologs. *Automation in Construction*, 53, 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.007>
- Kang, J., & Choi, J.-W. (2005). Observation Error of Time-Lapsed Photos in Construction Operation Monitoring. *Computing in Civil Engineering 2005*.
- Kim, J. (2012). Use of BIM for effective visualization teaching approach in construction education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 138(3), 214–223. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000102](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000102).
- Lin, Y.-C. (2015). Use of BIM approach to enhance construction interface management: A case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 21(2), 201–217. <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.802730>
- Li, J., Hou, L., Wang, X., Wang, J., Guo, J., Zhang, S., & Jiao, Y. (2014). A project-based quantification of BIM benefits. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.5772/58448>
- Lou, J., Xu, J., & Wang, K. (2017). Study on Construction Quality Control of Urban Complex Project Based on BIM. *Procedia Engineering*, 174, 668–676. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.215>
- Love, P. E. D., Edwards, D. J., Watson, H., & Davis, P. (2010). Rework in Civil Infrastructure Projects: Determination of Cost Predictors. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(3), 275–282. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000136](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000136)
- Lu, Q., Lee, S., & Asce, A. M. (n.d.). Image-Based Technologies for Constructing As-Is Building Information Models for Existing Buildings. NO DATA. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000652](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000652).
- Lu, W., Peng, Y., Shen, Q., & Li, H. (2012). A Generic Model for Measuring Benefits of BIM as a Learning Tool in Construction Tasks. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(February), 441. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000585](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000585)

- Memon, Z. A., Majid, M. Z. A., & Mustaffar, M. (2005). An Automatic Project Progress Monitoring Model by Integrating Auto CAD and Digital Photos. *Computing in Civil Engineering* (2005), 1–13. [https://doi.org/10.1061/40794\(179\)151](https://doi.org/10.1061/40794(179)151)
- McCoy, A. P., Golparvar-Fard, M., & Rigby, E. T. (2014). Reducing Barriers to Remote Project Planning: Comparison of Low-Tech Site Capture Approaches and Image-Based 3D Reconstruction. *Journal of Architectural Engineering*, 20(1), 5013002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000118](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000118)
- Omar, T., & Nehdi, M. L. (2016). Data acquisition technologies for construction progress tracking. *Automation in Construction*, 70, 143–155. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.06.016>
- Park, J., & Cai, H. (2017). WBS-based dynamic multi-dimensional BIM database for total construction as-built documentation. *Automation in Construction*, 77, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.021>
- PMI. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK®)*. Project Management Institute, Inc.
- Rebolj, D., Babic, N., Magdic, A., Podbreznik, P., & Pšunder, M. (2008). Automated construction activity monitoring system. *Advanced Engineering Informatics*, 22(4), 493–503. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2008.06.002>
- Sacks, R., Radosavljevic, M., & Barak, R. (2010). Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. *Automation in Construction*, 19(5), 641–655. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.02.010>
- Sacks, R., Treckmann, ; M, & Rozenfeld, O. (2009). Visualization of Work Flow to Support Lean Construction. *ASCE Journal of Computing in Civil Engineering*, 135(December), 1307–1315. <https://doi.org/10.1061/ASCECO.1943-7862.0000102>
- Shrestha, P. P., Burns, L. A., & Shields, D. R. (2013). Magnitude of construction cost and schedule overruns in public work projects. *Journal of Construction Engineering*, 2013(2), 1–9. <https://doi.org/10.1155/2013/935978>
- Siu, M.-F., Lu, M., & AbouRizk, S. (2013). Combining photogrammetry and robotic total stations to obtain dimensional measurements of temporary facilities in construction field. *Visualization in Engineering*, 1(1), 4. <https://doi.org/10.1186/2213-7459-1-4>
- Teizer, J. (2015). Status quo and open challenges in vision-based sensing and tracking of temporary resources on infrastructure construction sites. *Advanced Engineering Informatics*, 29(2), 225–238. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.03.006>
- Tserng, H. P., Ho, S., & Jan, S. (2013). Developing BIM-Assisted As-Built Schedule Management System for General Contractors. *Journal of Civil Engineering and Management*, <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.851112>
- Turkan, Y., Bosche, F., Haas, C. T., & Haas, R. (2011). Automated progress tracking using 4D schedule and 3D sensing technologies. *Automation in Construction*, 22, 414–421. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.10.003>
- Valentine, J. C., Hedges, L. V., & Cooper, H. M. (2009). *The Handbook of Research Synthesis and Meta-Analysis*. New York: Russell Sage Foundation.
- Vallejo-Borda, J. A., Gutierrez-Bucheli, L. A., Pellicer, E., & Ponz-Tienda, J. L. (2015). Behavior in Terms of Delays and Cost Overrun of the Construction of Public Infrastructure in Sibragec Elagec 2015, (November), 66–73. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2496.5849>
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109–127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>



- Wang, W. C., Weng, S. W., Wang, S. H., & Chen, C. Y. (2013). Integrating building information models with construction process simulations for project scheduling support. *Automation in Construction*, 37, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.009>
- Wang, X., Truijens, M., Hou, L., Wang, Y., & Zhou, Y. (2014). Integrating Augmented Reality with Building Information Modeling: Onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry. *Automation in Construction*, 40, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.12.003>
- Yang, J., Park, M. W., Vela, P. A., & Golparvar-Fard, M. (2015). Construction performance monitoring via still images, time-lapse photos, and video streams: Now, tomorrow, and the future. *Advanced Engineering Informatics*, 29(2), 211–224. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.01.011>
- Zhou, Y., Ding, L., Wang, X., Truijens, M., & Luo, H. (2014). Applicability of 4D modeling for resource allocation in mega liquefied natural gas plant construction. *Automation in Construction*, 50(C), 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.10.016>

# Cartografía digital geológica en el sector Este de Firavitoba, Boyacá, Colombia

## Digital geological mapping in the East zone of Firavitoba, Boyaca, Colombia

*Pedro Osorio González, Colombiano, estudiante tesista de la carrera de Ingeniería Geológica UPTC, Seccional Sogamoso, Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia, UPTC. Grupo de Investigación INGEOFÍSICA UPTC  
E-mail: pedro.osorio@uptc.edu.co*

*Fredy Alexander Fonseca Benítez, Colombiano. Ingeniero Geólogo, MSc. Hidrocarburos, Universidad de Viña del Mar, Chile; Ciencias Geológicas, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba  
Grupo de Investigación INGEOFÍSICA UPTC, Sogamoso  
E-mail: frefonseca@yahoo.com*

*Natalia Urrea González, Colombiana, estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica UPTC, Seccional Sogamoso, Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia, UPTC  
Grupo de Investigación INGEOFÍSICA UPTC, Sogamoso, Boyacá  
E-mail: nataliapolaris@gmail.com*

---

Recibido: 18-05-2018 Aceptado: 15-08-2018

## Resumen

La importancia de este estudio es realizar una cartografía en el sector Este de Firavitoba, Boyacá Colombia, se utilizarán los métodos geofísicos de gravimetría y magnetometría, para recolectar información y establecer una metodología propia para realizar cartografía digital. Este trabajo, además de ser un gran aporte para la caracterización geofísica del Departamento de Boyacá, debido a que esta zona parece carecer de la modelación por métodos geofísicos, será de gran utilidad para futuros proyectos que se quieran aplicar en la misma zona de estudio.

**Palabras clave:** Geofísica, gravimetría, magnetometría, Firavitoba, Boyacá.

## Abstract

The importance of carrying out this study, is to carry out an adequate cartography in the east zone of Firavitoba, Boyacá Colombia, in which the



methods of gravimetry and magnetometry will be used, obtaining by means of them and a collect an information, to establish an own methodology to perform digital cartography. This work, in addition to being a great contribution to the geophysical characterization of the Department of Boyacá, because this area seems to lack modeling by geophysical methods, will be very useful for future projects that are to be applied in the same study area.

**Key words:** Geophysics, gravimetry, magnetometry, Firavitoba, Boyacá

## Introducción

La información geofísica con que se cuenta en el departamento de Boyacá es escasa. Los resultados obtenidos en investigaciones previas a este trabajo, solo son relacionadas con los métodos de sondeos eléctricos verticales para la búsqueda de aguas subterráneas, (Galvis, 2017) y muy poca a estudios gravimétricos y magnetométricos (Fonseca, 2017). Los informes de estos estudios en su mayoría no se encuentran disponibles al público, igualmente, no existe una base de datos que permita tenerlos en cuenta para efectuar estudios más completos.

Este trabajo busca ayudar a solventar este problema por lo menos en el sector Este de Firavitoba, Boyacá, por medio de los métodos de gravimetría, y magnetimetría, se busca dejar una base de datos de la zona, la cual se usará para hacer una cartografía más detallada de la zona de estudio a una escala 1:10.000, dejando una posible interpretación a las anomalías que pudieran aparecer.

## Materiales y métodos

El sector de estudio se encuentra ubicado al este de la ciudad de Firavitoba, Boyacá, Figura 1, donde se ubicaron varios puntos de medición, que finalmente, permitieron elaborar los perfiles AA' y BB'.

Los equipos empleados en esta investigación fueron:

- Gravímetro o gravitómetro: instrumento que se utiliza en gravimetría para medir el campo gravitacional local de la Tierra, lo cual permite medir diferencias muy finas en la gravedad.

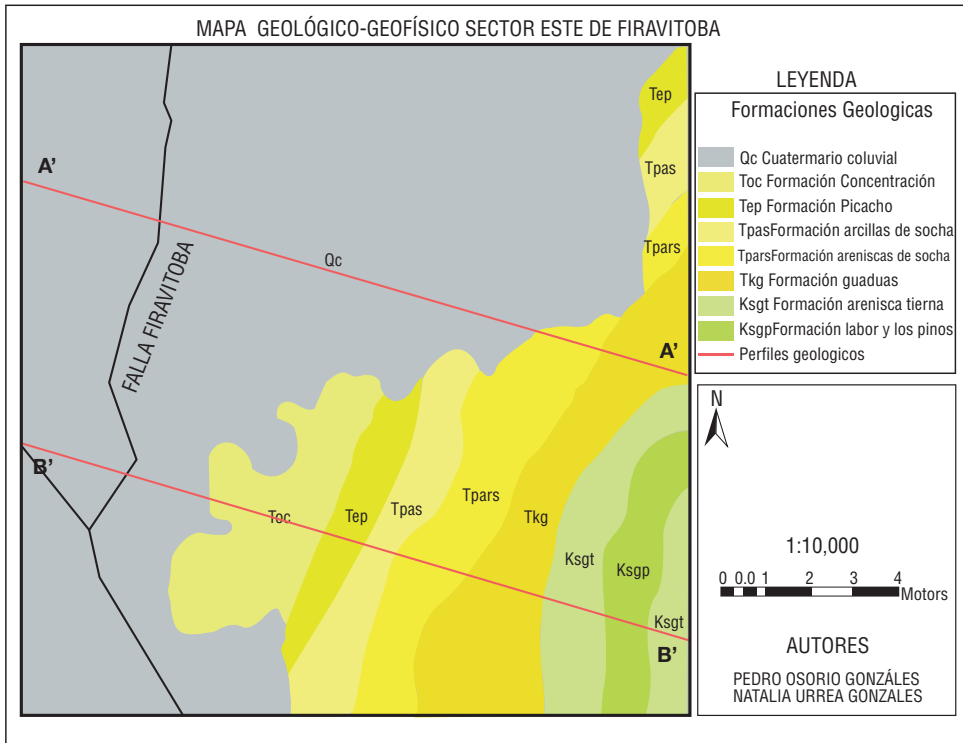


Figura 1. Mapa geológico – geofísico del sector Este de Firavitoba.

Fuente: Autores

- Magnetómetro: permite medir componentes de los campos magnéticos, tomando datos de cualquier anomalía magnética en la superficie de la tierra, la cual podría provenir de un yacimiento.
- Brújula: Determina ángulos azimutales o rumbales, mide ángulos verticales o el porcentaje de gradiente, halla planos horizontales y comprueba la inclinación de los objetos.
- GPS: Sistema que permite determinar en toda la tierra la posición de un objeto, persona o vehículo con precisión de hasta centímetros, lo que es de gran ayuda en diversos campos de la geología.

Se emplearon los softwares:

- Surfer: Programa que genera superficies tridimensionales a partir de varios puntos. Es de gran utilidad ya que permite importar y exportar archivos en diversos formatos vectoriales y matriciales.



- ArcGIS: Sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.

Se contó con un mapa geológico a escala 1:50 000.

- Mapa geológico: Representación sobre un mapa topográfico de los diferentes tipos de rocas que afloran en la superficie terrestre y los tipos de contactos entre ellas. Para distinguir las rocas se utilizan colores, en el mapa también se reflejan las estructuras tectónicas (pliegues y fallas), yacimientos fósiles, fuentes, recursos minerales, (DAPLAM, 2000).

Igualmente, con la escala granulométrica.

- Herramienta que se utiliza para clasificar los diámetros de los sedimentos. Las partículas de más de 64 mm de diámetro se clasifican como cantos rodados. Las partículas más pequeñas corresponden a guijarros, gránulos, arena y limo. Las de menos de 0,0039 mm corresponden a las arcillas.

Los métodos geofísicos aplicados fueron:

- Gravimetría: En la exploración gravimétrica se utiliza el campo natural gravitatorio de la Tierra (campo gravitacional). Al estudiar la distribución del campo gravitacional, se revelan perturbaciones en su distribución normal, que son las anomalías gravitacionales relacionadas con los cuerpos geológicos, (González y Fonseca (2017)).
- Magnetometría: En la Tierra, y el espacio que la rodea, existe un tipo especial de materia denominada campo magnético, que se manifiesta de diferentes formas. La magnetometría se ocupa del estudio del campo magnético de la Tierra y de la prospección de las anomalías provocadas por las rocas y minerales imantados. Su análisis no solo permite obtener los datos necesarios sobre su distribución, sino que también permite determinar aproximadamente sus dimensiones, forma y profundidad de yacencia, (González y Fonseca (2017)).

Se realizó la cartografía digital del sector de estudio, durante este proyecto se siguieron varias etapas del trabajo, las cuales conllevaron a:

- Revisión bibliográfica de documentos de carácter geológico de la zona con el objetivo de crear una base de datos digital. Esta base de datos se utilizó para definir los puntos preliminares o teóricos iniciales en la red de puntos, para las mediciones gravimétricas y magnetométricas, que más adelante serían la base o soporte de los argumentos para el análisis de los resultados.



- Trabajos de campo. Se eligió un punto de control o base, en el cual se realizaron las mediciones. Luego, se ubicaron los puntos ordinarios y se realizaron las mediciones de campo.
- Procesamiento de la información. Los datos de campo se digitalizan en una tabla Excel, donde se realizan las correcciones a los datos, dando como resultado el valor de la anomalía de Bouguer ( $10^{-5}\text{m/s}^2$ ). Otra hoja se crea para las correcciones a los datos de flujo magnético.
- Interpretación de la información. Una vez corregidos los datos, se procede a utilizar el programa SURFER para el diseño de los mapas, y es con base en ellos que se realiza el mapa de isoanómalas de cada campo físico para generar cortes y modelos geológico-geofísicos. En este trabajo se exponen dos cortes con sus respectivos gráficos de gravedad y flujo magnético.

## Resultados y discusión

Para la interpretación de los resultados se tiene como base en los estudios geológicos efectuados por Reyes (1990), en el departamento sobre el altiplano Tunja-Sogamoso.

Según los mapas de anomalías de gravedad y anomalías de flujo magnético, fue posible delimitar la zona que comprende al Cuaternario Coluvial, el cual registró valores de gravedad inferiores al  $924 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$ . Para las formaciones se obtuvieron valores más complicados de diferenciar, debido a las intercalaciones de arenas y arcillas presentes en las Formaciones Concentración, Picacho, Arcillas de Socha, y Areniscas de Socha. Para la Formación Guaduas, se registran valores de gravedad superiores a  $980 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$ , los cuales permitieron diferenciar de manera más clara los límites de esta Formación.

Las Formaciones pertenecientes al grupo Guadalupe tuvieron valores similares, siendo la Formación Arenisca Tierna, la que presenta un rango menor en comparación con las demás, que va de  $952 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$  a  $954 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$ , lo que dificultó su localización. El mapa presenta una falla perceptible por los equipos magnetométricos empleados para su elaboración. Esta falla que en el mapa geológico regional aparece inferida como subterránea, pero no nombrada, se le colocó por nombre “Falla Firavitoba”, debido a su cercanía con el municipio y la columna estratigráfica extraída de la plancha geológica, la cual se localizó a partir de la interpretación de los datos, mostrando que las formaciones se encuentran concordantes.



En las Figuras 2 y 3, es posible apreciar los gráficos de anomalías de Bouguer y de Flujo magnético pertenecientes al corte A-A'. En el gráfico de anomalías de Bouguer, Figura 3, es posible apreciar el ascenso de la gravedad, mientras va pasando por las formaciones, siendo el coluvial quien registra las anomalías más bajas de la zona. Es posible apreciar cambios de gravedad dentro del rango del coluvial que comprende desde el kilómetro 0 hasta el kilómetro 4. Las Formaciones Arenas de Socha y Guaduas, se pueden registrar entre el kilómetro 4 y el kilómetro 5, dentro de estos valores es posible observar un aumento considerable, marcando un punto de inflexión y la zona de transición entre estas dos formaciones.

El Flujo magnético, figura 4, muestra con mayor claridad que efectivamente existen zonas dentro del coluvial en las cuales los equipos registran la yacencia de algún tipo de material o posiblemente de interferencia producida por las múltiples construcciones que allí se encuentran, como ejemplo el aeropuerto, así como la falla presente en el área.

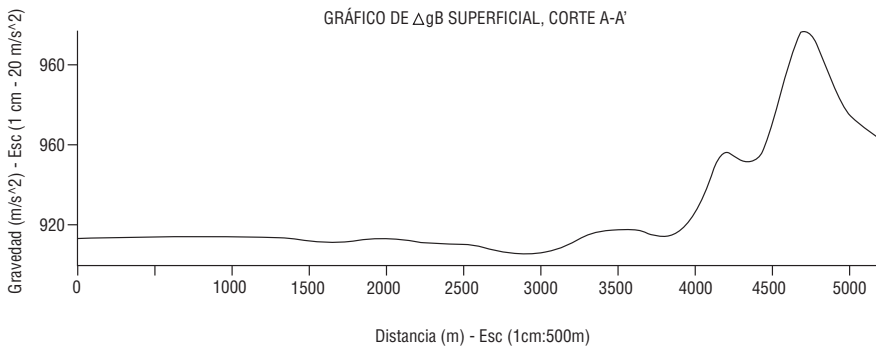


Figura 2. Gráfico de anomalías de Bouguer, ( $10^{-5}m/s^2$ ), perteneciente al corte A-A'.

Fuente: Autores

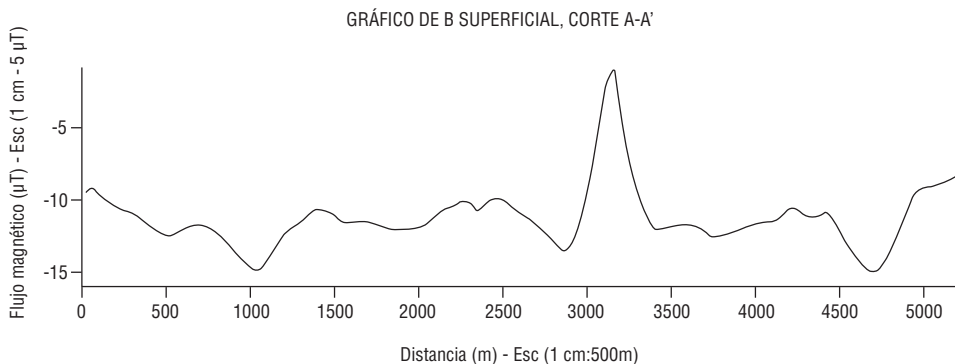
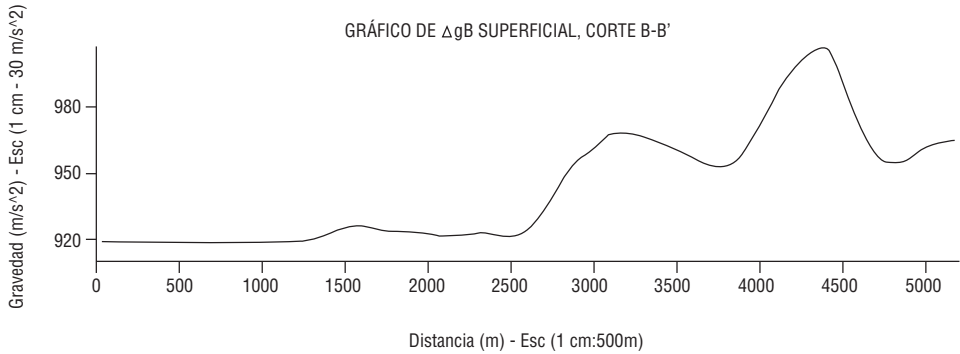


Figura 3. Gráfico de anomalías de Flujo magnético perteneciente al corte A-A'.

Fuente: Autores

En las Figuras 4 y 5, se aprecian los gráficos de anomalías de Bouguer y de Flujo magnético pertenecientes al corte B-B'

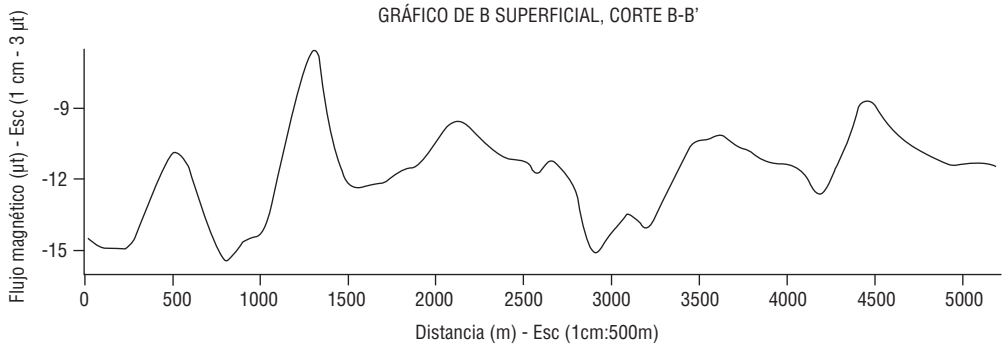


**Figura 4.** Gráfico de anomalías de Bouguer, ( $10^{-5}m/s^2$ ), perteneciente al corte B-B'.

**Fuente:** Autores

El gráfico de anomalías de Bouguer, Figura 4 en el cual si es posible diferenciar las formaciones, desde el kilómetro 0 hasta el 1,4 aproximadamente, se encuentra el coluvial por los valores inferiores de  $924 \times 10^{-5}m/s^2$  que fue el rango dado para éste; después del kilómetro 1,4 hasta el 2,75 aproximadamente, se localiza la Formación Concentración con rango de  $925 - 945 \times 10^{-5}m/s^2$ ; en los tramos, 2,75 al km 3, y del km 3 al 3.6, se localizan las Formaciones Picacho y Arcillas de Socha respectivamente, marcando rangos de  $9475 - 950 \times 10^{-5}m/s^2$  y  $962 - 980 \times 10^{-5}m/s^2$ . Desde el km 3,6 hasta el 4 km, se localiza la Formación Areniscas de Socha con rango de  $950 - 952 \times 10^{-5}m/s^2$ ; la Formación Guaduas, localizada entre los 4 y 4,5 kilómetros, presenta los mayores valores, los cuales son superiores a  $980 \times 10^{-5} m/s^2$ ; el Grupo Guadalupe tiene un rango de  $452 \times 10^{-5}m/s^2$  a  $462 \times 10^{-5}m/s^2$ , del cual se estableció en base al gráfico, que, la formación Arenisca Tierna presenta un rango pequeño de  $452 \times 10^{-5}m/s^2$  al  $454 \times 10^{-5}m/s^2$ , característica muy difícil de percibir.

El flujo magnético, Figura 5, es diferente al campo anterior, ya que vuelve a presentar anomalías en el coluvial desde el km 0 hasta el km 1,5, en este gráfico como ocurría en el del corte A-A', sin embargo, desde el km 1,5 es evidente la distorsión generada por viviendas y elementos aledaños a estas, por lo que se dificultó el poder definir rangos para las formaciones.

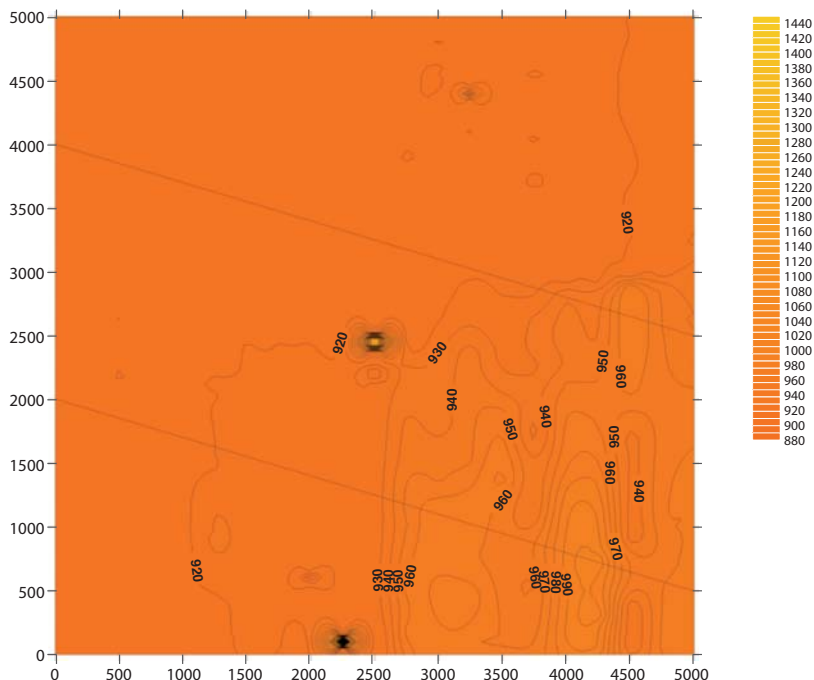


**Figura 5.** Gráfico de anomalías de Flujo magnético, (CGSM), perteneciente al corte B-B'.

**Fuente:** Autores

En las Figuras 6 y 7, se observan los mapas de anomalías de Bouguer y de Flujo Magnético obtenidos para el área de estudio.

Los valores en la Figura 6, van desde los  $880- 1440 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ , siendo la isolínea  $920 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ , la cual representa el contacto entre las formaciones presentes y el cuaternario del área de estudio. Los valores más bajos se asocian al cuaternario.



**Figura 6:** Mapa de anomalías de Bouguer ( $10^{-5} \text{ m/s}^2$ ) del sector este de Firavitoba.

**Fuente:** autores

En la Figura 7 se aprecia que los valores varían desde -29 hasta 3 UCGSM, lo cual indica que las rocas presentes no son magnéticas. Se encontraron puntos aislados dentro del área de estudio, donde existen puntos que pueden representar rocas de muy bajo flujo magnético.

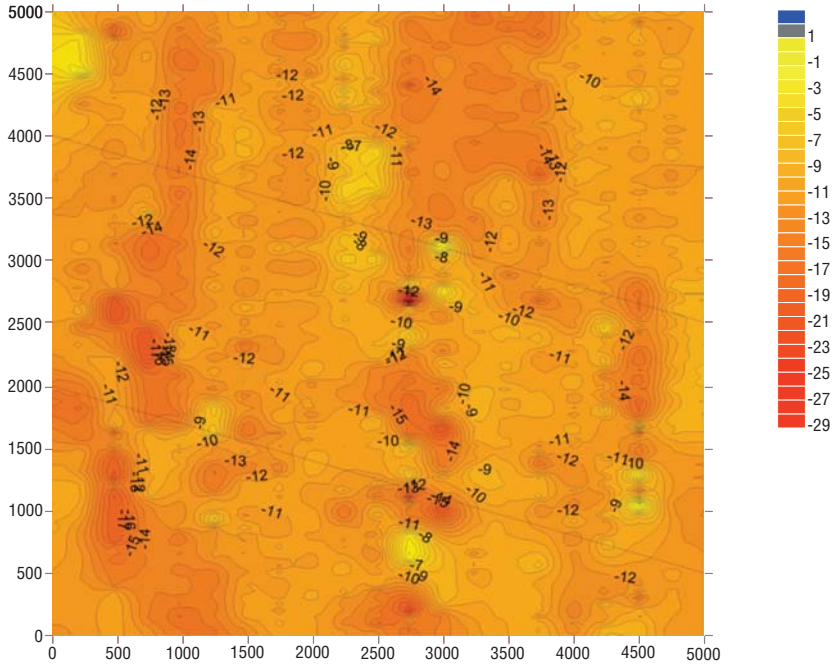


Figura 7. Mapa de anomalías de Flujo Magnético, (CGSM), del sector Este de Firavitoba.

Fuente: Autores

## Conclusiones

Al generar el mapa geológico – geofísico el sector Este de Firavitoba, por medio de la cartografía digital, se identifican las formaciones que se encuentran en el área de estudio, también se determinó su ubicación aproximada, debido a que solo se basa en los datos, sin embargo, no es 100% confiable solo basarse en ella pues se encuentra sujeta a muchos errores, en su mayoría humanos.

Al comparar los resultados obtenidos con la información de la base de datos compilada para este trabajo, fue posible marcar notorias diferencias entre las interpretaciones realizadas por los métodos empleados, una de las más importantes es la determinación de la ubicación de las formaciones y sus límites entre ellas, también fue posible detectar variaciones producidas por objetos en la zona de estudio, marcando una ventaja clara con respecto a interpretaciones previas hechas en el área.



Al utilizar el método de Cartografía digital para la realización completa de este trabajo, se concluyó que es un método confiable para futuros estudios y trabajos, como los de construcción, además este método emplea otros que disminuyen los costos al momento de realizarlo, volviéndolo una buena opción, pero como ya se mencionó, es necesario tener presente que tiene sus alcances y limitaciones.

## Referencias

- Fonseca, B. (2017). Aplicación de los Métodos Geoeléctricos y Radiometría para el mapeo geológico – geofísico. Caso: Gámeza 1 y Corrales 1, Boyacá, Colombia. Capítulo del libro: Métodos geofísicos aplicados a problemas ingenieriles, isbn: 978-958-48-0272-9, Vol. 1. No.1. 2017.
- Fonseca, B. (2018) Métodos Geofísicos en Sogamoso, Boyacá, Colombia, Revista Minería y Geología, Editorial Cubana.
- Galvis, N. (2017) Prospección geo-eléctrica del recurso hídrico subterráneo, La Ramada, Sogamoso, Boyacá. Capítulo del libro: Métodos geofísicos aplicados a problemas ingenieriles, isbn: 978-958-48-0272-9, Vol. 1. No.1.
- González, Caraballo & Fonseca B. (2017) Consideraciones sobre la aplicabilidad de la prospección magnetométrica. Capítulo del libro: Métodos geofísicos aplicados a problemas ingenieriles, isbn: 978-958-48-0272-9, Vol. 1. No.1
- Reyes, Chitaro I.(1990). Observaciones sobre el Cuaternario del altiplano Tunja-Sogamoso. Rev. Geología Colombiana, 17, pp. 151-157, 6 Figs., Bogotá.
- Sistema de Información Geográfica. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Sogamoso. DAPLAM. (2000). Mapas geológico e hidrogeológico escala 1:25000. Año 2000

**CAPÍTULO II**  
**MANEJO AMBIENTAL**

# Evaluación de sostenibilidad: Análisis de eficiencia energética del edificio de la facultad de arquitectura, arte y diseño de la Universidad Autónoma del Caribe, Colombia en su sede principal

## Sustainability Evaluation: An energy efficiency Analysis of the faculty of architecture, art and design building of the Autonomia del Caribe University, Colombia at its main campus

Jair Diaz Barbosa<sup>1</sup>, Colombiano, Magister en Energía, Universidad Federal do ABC-2015.  
Coordinador de investigación del programa de arquitectura, Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Colombia. Autor para correspondencia: E-mail: [jair.diaz37@uautonoma.edu.co](mailto:jair.diaz37@uautonoma.edu.co)

Julie Carolina Silva Arévalo<sup>2</sup>, Colombiana [juliesilvare@gmail.com](mailto:juliesilvare@gmail.com)  
Karolayn Díaz Ramos<sup>2</sup>, Colombiana [karolayn.diaz14@gmail.com](mailto:karolayn.diaz14@gmail.com)  
Ximena Aguilar Accourt<sup>2</sup>, Colombiana [ximenaguilar123@gmail.com](mailto:ximenaguilar123@gmail.com)  
Julia Angélica Pimienta Daza<sup>2</sup>, Colombiana [nekapimienta@gmail.com](mailto:nekapimienta@gmail.com)  
Ana Zapata Osorio<sup>2</sup>, Colombiana  
Angélica María Rodríguez Concepción<sup>2</sup>, Colombiana, [angelicamrc91@gmail.com](mailto:angelicamrc91@gmail.com)  
Ranferys Trujillo Marimon<sup>2</sup>, Colombiana [ranferis10@hotmail.com](mailto:ranferis10@hotmail.com)  
Rene José Costa López<sup>2</sup>, Colombiano [rcosta-16@hotmail.com](mailto:rcosta-16@hotmail.com)  
Estudiantes de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Caribe, Grupo de Investigación Arquitectura Bioclimática<sup>2</sup>

Estudiantes de Diseño de Espacios de la Universidad Autónoma del Caribe, Grupo de Investigación Fibra Interior<sup>3</sup>  
Carolina Carbonell Correa<sup>3</sup>  
Laura Landazuri Patiño<sup>3</sup>

---

Recibido: 18-05-2018 Aceptado: 15-08-2018

## Resumen

La humanidad actual necesita, para mantener su calidad de vida y de confort, un elevado consumo de energía. Por tanto, el desafío consiste en buscar el desarrollo sostenible, manteniendo el nivel de actividad, transformación y de progreso, pero ajustando las necesidades a los recursos existentes y evitando el despilfarro energético. En este sentido se hace necesario realizar una evaluación sostenible enfocada en la perspectiva de eficiencia energética, se desarrolló una metodología dirigida a edificaciones del sector académico, el estudio de caso del presente trabajo de investigación se relaciona como referencia el edificio de la Facultad de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad Autónoma del Caribe



en su sede principal. La metodología describe el proceso para optimizar el desarrollo productivo de los usuarios del claustro académico, se parte de identificar la edificación académica, resaltando el estado general, sus elementos arquitectónicos, estudios realizados, diseños y ocupación del edificio, de igual manera se define y establece una política energética, extensión de las actividades cotidianas de cada espacio y los límites físicos u organizacionales. Después de la identificación se procede a efectuar una evaluación de desempeño energético, considerando el uso de la energía, la forma en que se consume, la intensidad energética y registrando cuándo y dónde se consume la energía. La evaluación del edificio académico, con el método de Calificación Energética de Edificios Existentes, que sigue los parámetros establecidos, determina la envolvente térmica, las instalaciones de refrigeración, calefacción e iluminación, obteniendo una etiqueta automáticamente incluida en el documento, indicando la calificación asignada al edificio en diferentes escalas, que van desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente). El resultado de la calificación energética representa la cantidad de kilogramos de dióxido de carbono por metro cuadrado ( $\text{kg} \cdot \text{CO}_2/\text{m}^2$ ) que genera la edificación. A partir de la etiqueta de calificación energética se analiza el resultado, que incluye las variables que afectan el desempeño energético, identificando y señalando las posibles reducciones en el uso y los consumos significativos para formular un plan de acción contemplando las tres dimensiones (social, económico y ambiental) de la sostenibilidad.

**Palabras Clave:** evaluación, sostenibilidad, eficiencia energética, edificaciones académicas.

## Abstract

Nowadays, the humanity to keep its quality of life and comfort need a high levels of energy. Therefore, the challenge is based on looking for the sustainable development, keeping the levels of activity, transformation, and progress, but adjusting the needs to the already existing resources and avoiding the wasting of energy. In this sense, it becomes necessary to make a sustainable evaluation focused on the perspective of the energy efficiency, so it was developed a methodology leaded to buildings belonged to the academic area, for the case study of this research paper, its related as point of reference the Faculty of Architecture, Art, and Design Building of the Autonomia del Caribe University at its main campus. The methodology presented describes the process to optimize the productive academic development, starting from an identification of the academic building, highlighting the general conditions of the building, its architectonic



elements, studies completed, designs and the occupancy of the building, defining, and establishing an energy policy, an extension of the daily activities of each space and the physic or organizational limits. After identifying, it proceeds to make the evaluation of energy performance, considering the use of the energy, the way it is consumed, the energy intensity and recording when and where the energy is consumed. Once it is completed the evaluation of the academic building, with the method of the Energy Classification in Existing Buildings, that follows the established parameters, determining the thermal envelope, the cooling, heating, and lighting installations, obtaining an automatic label included in the document, indicating the qualification assigned to the building in different scales, which go from the letter A (the most efficient building) to the letter G ( the less efficient building), the energy qualification results represent the amount in kilograms of carbon dioxide per square meter ( $\text{Kg} \cdot \text{CO}_2/\text{m}^2$ ) generated by the building. From the Energy Efficiency Qualification Label, it is analyzed the result, realizing the variables affecting the energy development, identifying, and pointing out the possible decrease in the significant use and consume, to formulate an action plan, contemplating the three dimensions (social, economic, and environmental) of sustainability.

**Key words:** Evaluation, sustainability, energy efficiency, academic buildings

## Introducción

La crisis mundial económica y financiera de la década de los 80<sup>s</sup> del siglo pasado, produjo la primera caída en el consumo de la energía global, siendo uno de los momentos de impulso a la generación de energía con fuentes renovables, además, el compromiso sostenible durante estos últimos 40 años, en los cuales se han llevado a cabo conferencias y cumbres mundiales sobre medio ambiente, como son la de Naciones Unidas (UN, 1972) donde se introduce y se reconoce la necesidad de tratar el deterioro medio ambiental; en UN (1987) en el cual se define por primera vez el desarrollo sostenible; y la importancia de trabajar de manera unificada en las dimensiones medio ambiental, económica y social, como triada o trípode fundamental de la sostenibilidad, Figura 1, a nivel global; la UN (2002) reafirma el compromiso de la comunidad mundial con el desarrollo sostenible y la protección del planeta; y la UN (2013), para construir una economía ecológica; la UN (2016), define 17 objetivos alineados a mejorar la calidad de vida de los habitantes del planeta, de manera sostenible; En este sentido, todas las anteriores constituyen un proceso y comparten un propósito: el Desarrollo Sostenible a escala mundial.



*Figura 1.* Trípode de sostenibilidad

**Fuente:** Ramos y Barbosa, 2016

En las últimas décadas el panorama económico y social muestra una tendencia al crecimiento, proporcional, a la demanda de energía. Ese efecto podría ser visto como un impacto positivo para el escenario energético futuro. Según International Energy Agency (2015) registra que la inversión en energía tiende a disminuir durante los últimos años, desacelerado el desarrollo de nuevos recursos y tecnologías eficientes, esta depresión es aún más preocupante para la generación de energía renovable. Dada la importancia de las principales fuentes de energías, se introduce el concepto de eficiencia energética.

Actualmente existen sistemas de evaluación energética de edificios utilizados en 156 países, la World Green Building Council, (2014), es una de las principales organizaciones dedicada a la certificación de proyectos de construcción sostenible. Las edificaciones presentan oportunidades significativas de ahorro energético y económico, a través del diseño estratégico de instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas; la adopción y uso de equipos tecnológicos avanzados y eficientes, la adaptación de formas y características arquitectónicas de la edificación de acuerdo con el medio, la implantación de medidas activas y pasivas sostenibles, y el mejoramiento de los hábitos y rutinas de los usuarios de la edificación.

El Ministerio de Minas y Energía (2015), plantea los lineamientos enfocados a lograr el abastecimiento interno y externo de energía de manera eficiente, con el mínimo impacto ambiental negativo y generando valor para las regiones y poblaciones, definido en cinco objetivos específicos focalizados a la oferta energética, la demanda, la universalización, las interconexiones internacionales



y la generación de valor alrededor del sector energético, para facilitar la implementación de la política energética nacional. Uno de los objetivos busca reducir el consumo energético del país, para contribuir al desarrollo enfocado en la producción baja de carbono y así suplir las necesidades de la demanda, generar estrategias para eficiencias de consumo, mejorar los hábitos de los usuarios del edificio y adoptar nuevas y mejores tecnologías direccionadas a la eficiencia energética lo que permite mayor confiabilidad del suministro y simultáneamente mitigar el impacto ambiental de la explotación, generación y transporte de la energía. Según el programa de Uso Racional de Energía (URE, 2010) define que, con mejorar la eficiencia energética es posible disminuir el consumo energético considerablemente, con un ahorro entre el 10% y un 30% en edificaciones, siendo la eficiencia energética la mejor alternativa para suplir demandas futuras de energía sin invertir en infraestructura para generación.

Además, la Universidad Autónoma del Caribe (UAC), es una institución de educación superior ubicada en la ciudad de Barranquilla del departamento del Atlántico, Colombia, tiene como uno de sus propósitos crear consciencia de su entorno y de su propio impacto al medio ambiente; El Proyecto Institucional Educativo (PEI) de la Universidad Autónoma del Caribe, en uno de sus lineamientos plantea la conciencia ambiental como principio institucional, con el propósito de aprovechar racionalmente los recursos naturales, tecnológicos y humanos y velar por la protección y conservación del medio ambiente lo cual permite generar espacios que articulen la dimensión ambiental. Según el Rankin Mundial Green Metric, publicado en 2016 por la Universidad de Indonesia, clasificó a la Universidad Autónoma del Caribe como la tercera de la región caribe colombiana en demostrar compromiso con el desarrollo de una infraestructura y política institucional ecológica, para tener un ambiente sostenible en posición, entorno, infraestructura, energía, gestión de residuos, agua, transporte y educación durante los últimos cinco años. Otro de los aspectos evaluados en la medición, es el manejo de energía y cambio climático, en donde la Universidad Autónoma del Caribe se quedó con la tercera posición en la regional y de trece en el país. Así mismo, se destaca en el manejo de residuos, ocupando tercer lugar del ranking, tanto regional como nacional. Con el objetivo de mantener o superar el índice en el Ranking de Green Metric, se implementó la metodología para realizar un diagnóstico y generación del índice sostenible de la Universidad Autónoma del Caribe.

Esta investigación pretende alinear los esfuerzos para continuar siendo una de las universidades sostenibles del país en eficiencia energética. Este procedimiento, relaciona índices técnicos considerados en procesos de certificación estandarizados, mediante el uso de modelos computacionales enfocados a la

estimación de eficiencia energética, representado en la cantidad de kilogramos de dióxido de carbono generados por metro cuadrado ( $\text{Kg CO}_2/\text{m}^2$ ). El objeto del proyecto consiste en ofrecer un estudio y diagnóstico avanzado sobre el uso eficiente de la energía en el edificio de la facultad de Arquitectura, Arte y Diseño, convirtiéndose en un índice para generar estrategias arquitectónicas y así lograr reducir el consumo de energía y el impacto que sus actividades producen, contribuyendo a impulsar el desarrollo social, ambiental y económico, mediante la optimización de los procesos relacionados con la eficiencia energética.

## Metodología

A continuación, se describe las fases necesarias para determinar la calificación energética del edificio:

- **Identificar la Edificación Académica:** En esta fase se realiza un estudio e identificación del comportamiento y características principales de la edificación, mediante un reconocimiento previo de esta, determinando su estado general y los elementos arquitectónicos que la componen, con base en estudios y diseños previos y la ocupación del edificio; se relacionan las fuentes de información proporcionadas, establecen y formulan una política energética e identifica la extensión de las actividades y los límites tanto físicos como organizacionales.
- **Diagnóstico de Desempeño Energético:** La segunda fase corresponde a analizar el uso de la energía, la forma en que esta se consume, la intensidad energética y las posibles medidas que pueden ayudar a la eficiencia y ahorro energético. Para esta etapa es necesario contar con información clara sobre los datos energéticos del edificio, siendo estos datos relacionados en la Tabla 1.

Tabla 1.

*Datos energéticos del edificio académico. Diagnóstico*

División	Datos	Variabes
1	Datos administrativos: Localización e Identificación del Edificio, Datos del Cliente, Datos del Técnico Certificador	Nombre del edificio: Ciudad /Departamento: Referencia Catastral - Nombre o razón socia: Dirección: Teléfono:

Continúa página siguiente



2	<p>Datos Generales: Definición del Edificio</p>	<p>Tipo de Edificio; Año de Construcción; Perfil de Uso; Localidad; Zona Climática; Superficie Útil Habitables; Altura Libre de Planta; Número de Plantas Habitables; Ventilación del Inmueble; Demanda diaria de Accesorios Sanitarios; Masa de las Particiones Internas.</p>
3	<p>Envolvente Térmica: Cubierta, Muros, Suelo, Particiones Interiores, Huecos/Lucernario, Puente Térmico</p>	<p>Dimensiones; Características; Parámetros Característicos del Cerramiento; Propiedades Térmicas.</p>
4	<p>Instalaciones: Equipos Sanitarios, Equipos de Refrigeración, Ventilación, Iluminación, Contribuciones Energéticas.</p>	<p>Características; Demanda Cubierta; Rendimiento medio Estacional; Eficiencia Energética; Consumo Energético Anual.</p>
5	<p>Calificación Energética: Indicador kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup></p>	<p>Demanda de Calefacción; Demanda de Refrigeración; Emisiones de Calefacción; Emisiones de Refrigeración; Emisiones de Accesorios Sanitarios; Emisiones de Iluminación.</p>

Fuente: Autores

- La recopilación de estos datos es fundamental para establecer la línea base, definir la cantidad de kilogramos de gas carbónico por metro cuadrado de la edificación y gestión de la energía, luego se identifican los datos de consumo de energía utilizando las facturas de servicios energéticos, las lecturas de medidores y otros datos como el histórico de consumos de energía, también las variables relevantes en el uso de esta. Si es necesario se deben recopilar los datos implícitos de la edificación académica como: tamaño de las instalaciones, horas de operación, niveles de trabajo.

Finalmente se identifican todas las fuentes de energía, es decir, se hace un inventario de todos los datos encontrados y generados por la edificación como electricidad, gas, combustibles residuales y agua.

- Calificación Energética:** En la fase tres se realiza la calificación energética de acuerdo con las condiciones del edificio y los datos obtenidos en el diagnóstico, aplicando el método de certificación energética, para obtener como resultado una calificación energética de la edificación.

Luego de la calificación energética obtenida, se procede al análisis de los datos energéticos, los cuales ayudan a comprender las variables que afectan el desempeño energético y la tendencia del consumo de energía. Este análisis también permite identificar las posibles reducciones en el uso, y los consumos energéticos más significativos.

Después de identificada la edificación, se realiza un levantamiento de datos de los diferentes parámetros necesario para generar la calificación energética, mediante la interfaz simplificada de Certificación Energética de Edificios Existentes (CE3X). Finalmente se obtiene la Calificación Energética del Edificio Facultad de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad Autónoma del Caribe. Descrita en la figura 2.

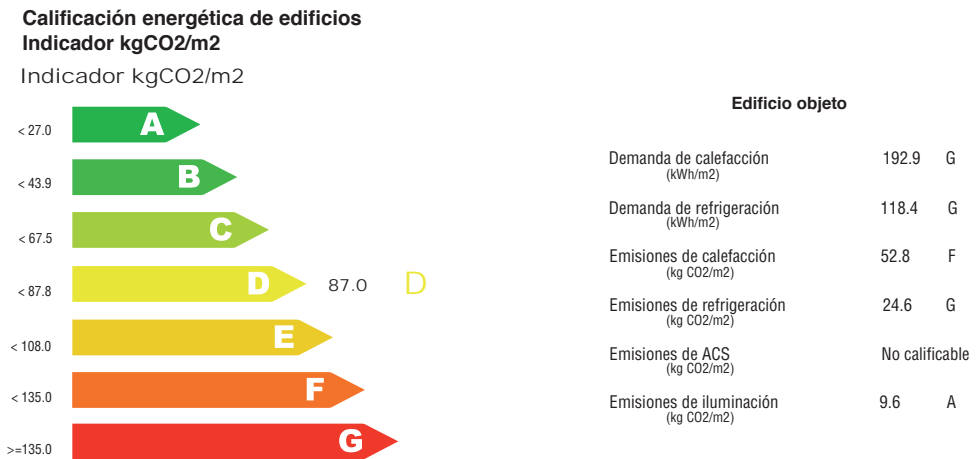


Figura 2. Calificación energética del bloque A de la Universidad Autónoma del Caribe

Fuente: Calificación Energética de Edificios Existentes, CE3X.



## Conclusiones

Como resultado de la investigación implementada para el análisis de eficiencia energética se determinó que el índice para el bloque A, Facultad de Arquitectura, Arte y Diseño, 87.0 Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> y ubicada la etiqueta en la letra D, representando una demanda de calefacción en 192.29 Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> representada en la etiqueta con la letra G; una demanda de refrigeración de 118.4 Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> con la etiqueta en G; emisiones de calefacción con 52.8 Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> correspondiente a la etiqueta en F; emisiones de refrigeración con 24.6 Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> en la etiqueta G; no representa emisiones de ACS (Agua Caliente Sanitaria); y las emisiones de iluminación corresponden a 9.6 Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> referenciada en la etiqueta en A, siendo este el índice con mayor eficiencia energética en la edificación.

Los anteriores índices representan un nivel medio de eficiencia energética del bloque A, lo que es insumo fundamental para diseñar y ejecutar planes de acción de mejora continua y proceder a formular las estrategias de mejoramiento arquitectónico pertinentes sobre el desempeño energético del edificio. La implementación del plan de acción debe tener un seguimiento orientado a mejorar el desempeño energético, teniendo en cuenta la socialización, sensibilización y capacitación del personal, facilitando el desarrollo adecuado de los indicadores energéticos. Para obtener buenos resultados es importante realizar una evaluación periódica del desempeño energético, ya que permite medir la eficacia de las estrategias y proyectos de eficiencia energética aplicados, tomar decisiones para futuros proyectos y documentar oportunidades de ahorro adicionales, así como beneficios no cuantificados previamente.

## Referencias

- International Energy Agency, (2015). Excerpt From: Energy Balances of OECD Countries. IES's.
- Ministerio de Minas y Energía, (2015). Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. Bogotá, Colombia: Unidad de Planeación Minero Energética, UPME.
- Naciones Unidas, (1987). *Desarrollo y Cooperación Económica Internacional: Medio Ambiente Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Ginebra: Oxford University Press.
- Naciones Unidas, (2002). *Le sommet de Johannesburg recommande une série de mesures pour réduire la pauvreté et protéger l'environnement*. Johannesburg, Afrique du Sud: Division de l'information et des médias - New York.



- Naciones Unidas, (2013). *Resolution adopted by the general assembly on 27 July*. Rio de Janeiro: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas, (2016). *Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible*. Santiago: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas. (1972). *Informe de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio ambiente*. Estocolmo: Naciones Unidas.
- Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no convencionales ,URE (2010). Bogotá D.C.: Ministerio de Minas y Energía.
- Ramos, M. S., Ascanio, M. A., & Barbosa, J. A. (2016). Evaluación de sustentabilidad: Análisis de Eficiencia Energética en edificaciones de instituciones académicas. Madrid - España: Construible.es.
- World Green Building Council. (2014). Impact Report.

# Diseño e implementación de estrategias para el manejo sostenible del agua en un prototipo de vivienda

## Design and implementation of strategies for the sustainable management of water in a housing prototype

Paola Andrea Bedoya Martínez, *Colombiana,*  
*Ingeniera Sanitaria, Grupo de investigación*  
*TPIC, SENA Centro de la Construcción. Cali, Colombia.*  
*E-mail: bedoyapaola@misena.edu.co*

---

Recibido:15-05-2018 Aceptado:15-08-2018

### Resumen

La acelerada urbanización que se presenta en América Latina y la presión que esto genera sobre los recursos hídricos, trae consigo la necesidad de concebir asentamientos urbanos y viviendas que incorporen criterios de sostenibilidad, como se plantea desde la Agenda 21 para el desarrollo sostenible y en los objetivos de Desarrollo Sostenible para el 2030, los cuales apuntan de manera directa al mejoramiento de la calidad del agua y la necesidad de garantizar gestión sostenible, disponibilidad y saneamiento para todos. Asamblea General de Naciones Unidas (NU, 2015). En el marco de la competencia Solar Decathlon Latinoamérica y el Caribe (SDLAC, 2015) en la ciudad de Santiago de Cali – Colombia, se desarrolló este proyecto, donde se construyó y probó un prototipo de vivienda con estrategias para la gestión integrada y eficiente del agua, tales como reciclaje de agua gris, calentamiento solar del agua, separación de flujos y recolección de aguas lluvias.

**Palabras clave:** Vivienda sostenible, urbanización, manejo, reciclaje y uso racional del agua, Sustentabilidad Urbana, Gestión Integral Agua.

## Abstract

The accelerated urbanization that has been generated in Latin America and the pressure that this generates on water resources, brings with it the need to conceive urban settlements and housing that incorporate criteria of sustainability, as proposed from Agenda 21 for sustainable development and in the Sustainable Development objectives for 2030, which aim directly at the improvement of water quality and the need to guarantee sustainable management, availability and sanitation for all. United Nations General Assembly (UN, 2015). In the framework of the competition Solar Decathlon Latin America and the Caribbean (SDLAC,2015) in the city of Santiago de Cali - Colombia, this project was developed, where a housing prototype was constructed and tested with strategies for integrated and efficient water management, such as gray water recycling, solar water heating, flow separation and rainwater harvesting.

**Key words:** Sustainable Housing, Urbanization, Management, Recycling and Rational Water Use, urban sustainability, Integral Water Management.

## Introducción

América Latina y el Caribe (ALC) es la región en desarrollo que registra la más rápida urbanización en el mundo. El porcentaje de población urbana pasó del 41% en 1950 al 80% en 2010 Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2011) lo que implica mayor presión del recurso hídrico en los territorios urbanizados, la modificación de los flujos naturales del ciclo hidrológico y la contaminación de las fuentes hídricas receptoras de aguas residuales y pluviales. Aunque no todos los cuerpos de agua contaminados son producto de un alto desarrollo urbano, todas las cuencas altamente urbanizadas generan degradación de las fuentes de aguas receptoras. United State Environmental Protection Agency (USEPA, 1993).

Además de los impactos en los recursos hídricos que trae consigo el cambio del uso del suelo producto de la urbanización, los escenarios de cambio climático proyectados para el periodo 2011-2100 muestran que Colombia es un país vulnerable y se prevé que la temperatura media anual podría incrementarse gradualmente para el fin del Siglo XXI (año 2100) en 2.14°C, así como la afectación de los regímenes de precipitación que podría ocasionar que los efectos de fenómenos de variabilidad climática como El Niño o La Niña tengan mayor impacto en los territorios y sectores, lo cual trae como consecuencia la pérdida



de fuentes y cursos de agua, intensificación de los procesos de desertificación, impactos sobre la salud humana, incremento de la posibilidad de deslizamientos, afectación de acueductos veredales e inundaciones en áreas planas del país. Para el Valle del Cauca se espera aumento promedio del 6% de las precipitaciones sobre el valor actual y particularmente para las provincias Occidente, Sur y Centro se espera aumento con valores de hasta un 20% (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, y CANCELLERÍA, 2015).

La gestión y el desarrollo sostenible de las ciudades son fundamentales para la calidad social, económica y ambiental de la vida en los asentamientos urbanos, como se plantea desde la Cumbre de la Tierra de 1992 en Río, cuando se formuló la Agenda 21 para el desarrollo sostenible, en particular el capítulo 7 que hace referencia al papel de los asentamientos humanos en el desarrollo sostenible (UN, 1992). Así mismo, los objetivos de Desarrollo Sostenible involucra de manera directa la gestión del agua y las ciudades bajo los principios de sostenibilidad, en sus objetivos 6 y 11: “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” y “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” respectivamente (NU, 2015).

Bajo este marco el presente proyecto plantea la incorporación de dichos objetivos en un prototipo de vivienda sostenible que incorpore estrategias para el Manejo Sostenible del Agua tales como reciclaje de agua gris, sistemas urbanos de drenaje sostenibles, aprovechamiento de agua lluvia, optimización de consumos y cultura por el Agua, entre otros, para contribuir a la promoción y realización de proyectos de urbanización sostenibles que optimicen la utilización de los recursos hídricos.

## Marco conceptual

La Gestión Integral de Aguas Urbanas GIAU, se encuentra dentro de un marco más amplio de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), es un enfoque que se articula y contribuye al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible mencionados; consiste en asegurar el acceso a la infraestructura y a los servicios hídricos y de saneamiento, en gestionar las aguas de lluvia, las aguas residuales, las aguas de lluvia en escorrentía, los residuos sólidos y la contaminación por escorrentía, en controlar las enfermedades transmitidas por el agua y las epidemias, y en reducir el riesgo de amenazas relacionadas con el agua que incluyen inundaciones, sequías y deslizamientos. Proporciona a las ciudades un nuevo marco para la planificación, el diseño y

la gestión de los sistemas hídricos urbanos (Bahri, 2012). Su enfoque permite ver de manera integral el sistema hídrico urbano y facilitar el desarrollo de soluciones innovadoras para la gestión hídrica urbana y en todo momento, las prácticas de la gestión hídrica deben prevenir la degradación del recurso. No obstante, la aplicabilidad de la GIAU debe contextualizarse con las condiciones particulares de las ciudades para lograr la generación de soluciones sostenibles que involucren las características de la comunidad y su entorno.

Por otra parte, el Solar Decatlón es un concurso internacional creado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, donde las universidades de todo el mundo conforman equipos para diseñar, construir y operar una casa que involucra la utilización de energía solar y tecnologías sostenibles ambiental y socialmente, mientras se someten a diez pruebas del concurso. La primera versión del concurso en Latino América y el Caribe - SDLAC realizada en diciembre de 2015 en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia, tuvo como propósito fomentar la construcción de prototipos de vivienda social con características de autosuficiencia energética, amigabilidad con el medio ambiente y accesible a familias de bajos ingresos, en el contexto de Latino América y el Caribe, mediante la construcción de prototipos funcionales de vivienda social sostenible para 5 personas que incorporen en el diseño las características mencionadas.

En el marco de la Gestión Integral de Aguas Urbanas (GIAU) y el Solar Decatlón Latino América 2015, a continuación, se muestran los resultados del diseño y la implementación de estrategias para el manejo sostenible del agua en un prototipo de vivienda social urbana ubicada en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia.

## Metodología

El proyecto se desarrolló en la ciudad de Santiago de Cali durante el año 2015, en el marco de la competencia internacional Solar Decathlon 2015, que consiste en desarrollar prototipos de vivienda urbana que puedan responder a las necesidades de las personas en el área de LAC, con hogares de 5 miembros (3 adultos 2 niños), costo máximo de USD 50,000 y que involucren criterios de sostenibilidad en la energía, el suministro de agua y la gestión de residuos, y aumente la conciencia de las soluciones sostenibles para vivienda. El prototipo de vivienda se ensambló en la Villa Solar, ubicada en el campus de la Universidad del Valle sede Meléndez. La metodología utilizada se describe a continuación.



## **Revisión bibliográfica y recolección de información**

Se realizó búsqueda de información científica y experiencias acerca de tecnologías para el manejo, reúso y reciclaje del agua en urbanizaciones y viviendas, a nivel global y posteriormente a nivel regional y local. Se analizó la disponibilidad y adaptabilidad de las soluciones y tecnologías de manejo integral del agua en zona tropical para proyectos de vivienda social urbana, teniendo en cuenta aspectos culturales, climatológicos locales y accesibilidad para personas de bajos ingresos. Paralelamente, se buscaron las empresas y materiales disponibles en la región para la implementación de la propuesta, que permitieran su industrialización, sostenibilidad y cumplimiento de las normas técnicas y legislación pertinente.

## **Análisis de oferta y demanda de agua gris y agua lluvia**

El balance entre oferta y demanda por vivienda y por urbanización se realizó con el propósito de establecer los volúmenes de agua, criterios de diseño y potenciales ahorros que se pueden generar en la implementación de estrategias de reciclaje y reúso de agua, así como del aprovechamiento de agua lluvia que contribuya a hacer viable las propuestas.

El análisis de demanda de agua se realizó con la información disponible de los últimos cinco años (desde el 2008 hasta el 2013), particularmente de los suscriptores de estratos 1 y 2 legalmente constituidos ante la empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Cali “EMCALI”, se tomó del reporte oficial Cali en Cifras 2014 de la Alcaldía de Santiago de Cali (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014). La oferta de agua gris se determinó de acuerdo con la distribución de los consumos diarios de agua por actividad y por persona según el promedio per cápita de consumo de agua para los estratos 1 y 2, bajo la premisa de una vivienda con 5 integrantes: madre, padre, dos hijos y adulto mayor. Por otra parte, el análisis de oferta de agua lluvia se realizó con base en los promedios mensuales de precipitaciones de los últimos diez años de la zona sur de la ciudad de Cali, datos que se tomaron de la estación meteorológica de la Universidad del Valle.

## **Diseño conceptual**

En ésta fase se generaron las estrategias a nivel conceptual para el uso sostenible del agua, agrupándolas en dos niveles: el primero al interior de las

viviendas y el segundo en la urbanización. Para el primer nivel, se apuntó a la reducción del consumo de agua mediante la instalación de aparatos y accesorios de bajo consumo, fuente alterna de abastecimiento de agua para usos no potable: descarga de los sanitarios y labores de limpieza; separación de los diferentes tipos de aguas para su aprovechamiento: gris, negras y lluvias y calentamiento solar del agua, como se expresa en la Figura 1. En el segundo nivel de urbanización se planteó la implementación de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible SUDS para el manejo de agua lluvia, el reciclaje y reúso de aguas grises para mantenimiento de áreas comunes y riego de zonas verdes, huertos urbanos y la implementación de sistemas de goteo para riego.

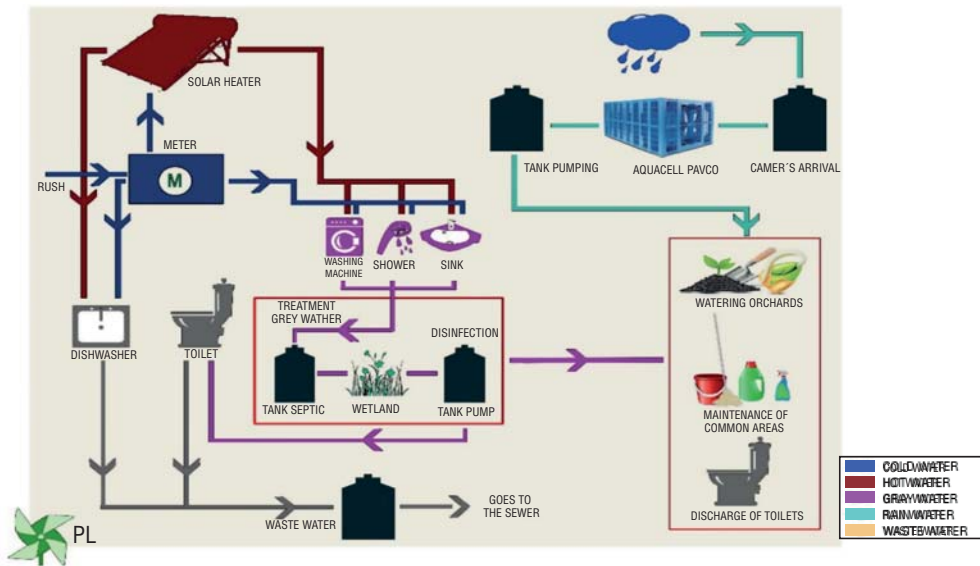


Figura 1. Esquema General del Manejo de Agua

Fuente: Autora

## Diseño de detalle y expresión gráfica

En ésta fase se realizó el diseño de detalle de la propuesta conceptual para el manejo sostenible del agua, articulado con la propuesta arquitectónica, bioclimática, social y estructural de la vivienda, generando los planos de detalle, memoria de cálculo, despiece de materiales, presupuesto requerido y cronograma de ejecución.



## Construcción del prototipo y materiales utilizados

La construcción del prototipo de vivienda inició el mes junio de 2015 en el lote de la avenida sexta propiedad del Centro de la Construcción de Cali, donde se ensamblaron las redes que se encontraban al interior de los muros, cielo falso y piso, probando su hermeticidad mediante pruebas hidrostáticas y de estanqueidad. Posteriormente en el mes de noviembre de 2015 se trasladó el prototipo aún sin terminar, al campus de la Universidad del Valle, sede de la competencia SDLAC, donde se ensamblaron los elementos externos de agua lluvia, tratamiento y bombeo de agua gris, tanques y calentador solar con las redes internas de la vivienda. Se utilizaron tuberías y accesorios de PoliCloruro de Vinilo - PVC presión, PVC Sanitaria, CPVC para agua caliente, tanques plásticos, aquaceldas de polipropileno, geomembrana de polietileno, bomba solar, aparatos sanitarios y griferías de bajo consumo, como se observa en Figura 2.



Figura 2. Construcción de las estrategias para manejo sostenible del agua en la vivienda

Fuente: Autora



## Sistematización del proyecto (Manual)

Las fases antecedentes se sistematizaron a través de un manual, cuyo principio gestor es el Manejo Sostenible del Agua.

## Validación del funcionamiento (Pruebas simuladas)

El funcionamiento de los sistemas de manejo sostenible del agua construidos en el prototipo de vivienda se validaron durante un periodo de 13 días consecutivos a través de la medición de los consumos diarios de agua potable demandados en la ejecución de las pruebas relacionadas en la tabla 1, las cuales simulan el consumo de agua para una familia de 5 personas. Las mediciones se realizaron con un micro medidor de ½” pulgada previamente calibrado.

**Tabla 1.**

*Actividades diarias realizadas para validar el funcionamiento del prototipo*

Actividades que consumieron agua potable		Actividades que consumieron agua reciclada	
Actividad	Frecuencia	Actividad	Frecuencia
Preparación de Jugo con licuadora y lavado de los utensilios utilizados.	Diaria	Descarga de sanitarios	Diaria
Hervir agua en estufa y en microondas.	Diaria	Actividad social para 10 personas.	Una vez
Lavado de ropa en lavadora	Diaria	Riego de Huertos y plantas ornamentales	Diaria
Utilización de agua caliente en ducha (150 litros)	Diaria	Lavado y Aseo de la vivienda	Diaria
Actividad social para 10 personas.	Una vez		

**Fuente:**Autora

Adicionalmente, el agua reciclada proveniente del efluente del sistema de tratamiento de agua gris se utilizó en actividades tales como la limpieza diaria de la vivienda y el riego de los huertos urbanos y las plantas ornamentales que se encontraban en el perímetro del prototipo, según tabla 1. Dichas mediciones se realizaron por diferencia de nivel en el tanque de almacenamiento de agua reciclada.



Con las mediciones mencionadas se realizó un balance de los consumos y ahorros obtenidos por la implementación de las estrategias, excepto la recolección y aprovechamiento de agua lluvia debido a que no se presentaron eventos de precipitación durante el periodo de validación.

## Resultados

Durante la recolección de la información no se encontró ninguna urbanización construida en la ciudad de Cali y los municipios aledaños que aprovechara y tratara el 100% de agua gris como se propone en éste proyecto; lo más aproximado es el aprovechamiento de agua lluvia para uso en las zonas comunes de la urbanización.

De acuerdo con los promedios de consumo de agua en la ciudad de Cali durante los años 2008 al 2013, el consumo per cápita promedio para estrato 1 y 2 es de 137 y 144 litros por habitante-día respectivamente, como se observa en la figura 3. Estos valores se utilizaron para dimensionar el sistema.

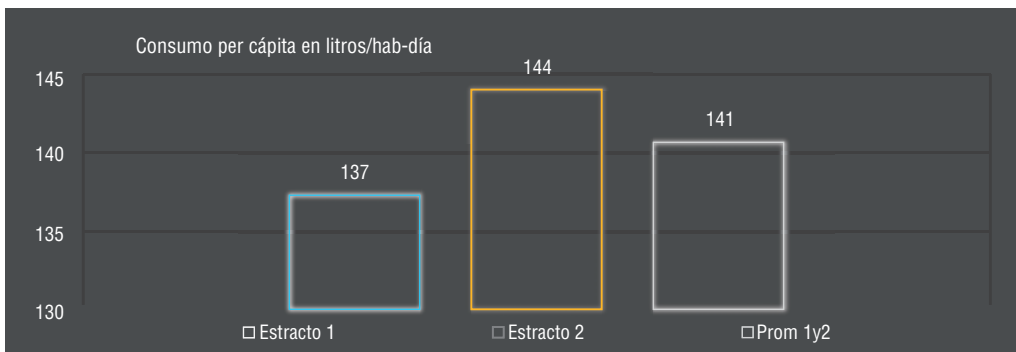


Figura 3. Consumo per cápita estrato 1 y 2 de Cali

Fuente: Adaptado de Alcaldía de Santiago de Cali, 2014

## Estrategias Construidas en el prototipo de Vivienda

El esquema general del manejo de agua en la vivienda y urbanización que hace parte del diseño conceptual de la propuesta y que fueron construidos en el prototipo se detalla en la figura 2. La recolección de aguas grises provenientes de la ducha, lavamanos y lavadora se realizó por tubería independiente para su posterior tratamiento biológico, mediante sistema de tanque séptico como tratamiento primario, humedal de flujo subsuperficial como tratamiento secundario y cloración como barrera de desinfección. El agua gris tratada se

utilizó para la descarga de sanitarios, riego de huertos y limpieza de la vivienda y su bombeo se realizó con bomba conectada a paneles solares.

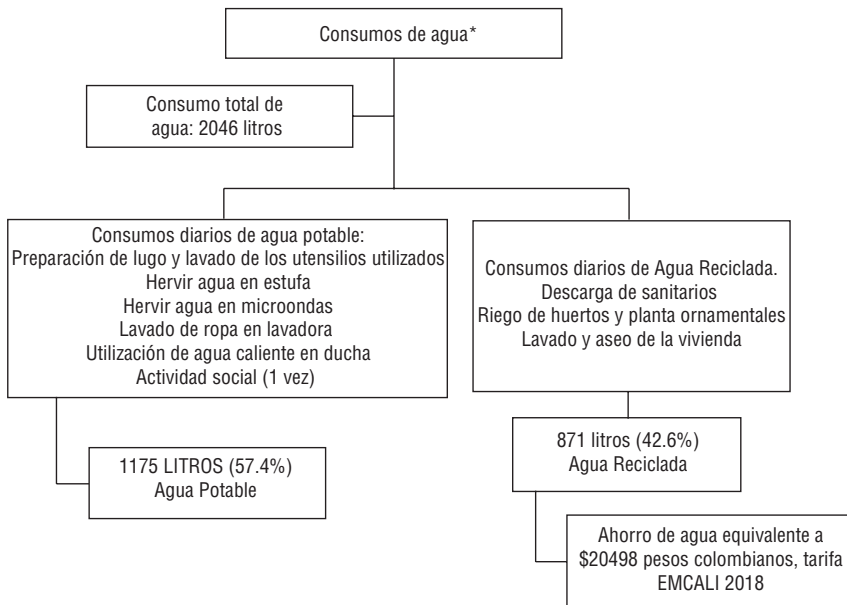
El sistema de aprovechamiento de agua lluvia se construyó con acuaceldas de polipropileno con doble propósito: almacenar una parte del agua lluvia para reutilizarla y la otra parte se infiltra para recargar acuíferos, tal como ocurre en el suelo sin urbanizar. Por razones técnicas y de reglamento del concurso, no se implementó en el prototipo la propuesta de infiltración de agua lluvia. El sistema de acuaceldas mostró que es sencillo, práctico y fácil de instalar, con respecto a las estructuras de concreto, puesto que no requieren grandes inversiones en maquinaria, tiempo y mano de obra.

Se instaló el calentador térmico solar en la cubierta del prototipo para aprovechar la radiación térmica solar, que permitió proveer agua en cantidad suficiente para la demanda diaria de la vivienda y con temperatura de 70°C durante el día. Todos los aparatos y griferías instalados en la vivienda fueron de bajo consumo y adicionalmente se instaló válvula reguladora de presión en la acometida hidráulica, con el propósito de controlar la presión de entrada y disminuir los caudales de agua consumidos dentro de la vivienda. No se presentaron fugas de agua en las redes.

El volumen total de agua potable que se midió en el micro medidor para los 13 días de pruebas fue de 1175 litros, correspondiente a los consumos de las actividades detalladas en la tabla 1. No se presentaron fugas de agua durante y posterior a la instalación del sistema, lo cual demuestra que al utilizar buenas prácticas de ingeniería y realizar prueba de hermeticidad antes de puesta en marcha e instalación de aparatos, tanques y griferías, se previene el desperdicio del recurso hídrico.

El volumen de agua gris que se recicló y utilizó para las actividades relacionadas en la tabla 1 durante el periodo de pruebas fue 871 litros, por tal razón el volumen total de agua potable y agua reciclada consumida fue 2046 litros, los cuales se distribuyen en 57.4% para usos potables (cocina, ducha, lavamanos y lavadora) y un 42.6% para los usos no potable (aseo, descarga de sanitarios, riego de huertos y ornamentación).

Este último valor representa un ahorro equivale a \$20.498 pesos colombianos, calculados con el promedio de la tarifa de estrato 1 y 2 del año 2018 de la empresa de servicios de acueducto y alcantarillado de Cali EMCALI S.A. E.S.P., sin tener en cuenta el aprovechamiento de agua lluvia, puesto que no se presentaron precipitaciones durante los días de prueba. Figura 4.



\*Periodo evaluado: 13 días.

**Figura 4.** Consumos de agua para el funcionamiento del prototipo de vivienda durante los 13 días de prueba (validación).

**Fuente:** Autora

## Conclusiones

El consumo promedio per cápita para los estratos 1 y 2 en la ciudad de Santiago de Cali es de 141 litros/Habitante-día para el periodo comprendido entre los años 2008 y 2013 (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014). El consumo promedio per cápita en el prototipo de vivienda fue de 31.5 litros/Habitante-día durante los 13 días en los que se realizaron las mediciones en las actividades relacionadas en la tabla 1. Se debe considerar que se realizaron pruebas que simularon los consumos de agua y no se habitó la vivienda en condiciones estrictamente reales.

El costo de la implementación de las estrategias en el prototipo de vivienda fue de 12 millones de pesos colombianos para el año 2015, representados en materiales y mano de obra con los precios de lista de los diferentes proveedores de tuberías y accesorios.

El ahorro de agua durante los 13 días de pruebas fue de 42.6%, equivalente al consumo de agua gris reciclada para las actividades de descarga de sanitarios,

riego de huertos y plantas ornamentales, lavado y aseo de la vivienda. Este ahorro equivale a \$20.498 pesos colombianos con el promedio de la tarifa de estrato 1 y 2 del año 2018 de la empresa de servicios de acueducto y alcantarillado de Cali EMCALI S.A. E.S.P. (EMCALI EICE E.S.P., 2018).

Los sistemas de manejo sostenible del agua se articularon exitosamente con los demás componentes del prototipo de vivienda: arquitectura, huertos urbanos, bioclimática y estructural, lo cual demuestra que es posible la construcción de vivienda con criterios de sostenibilidad y asequibles económicamente.

## Referencias

- Alcaldía de Santiago de Cali, (2014). *Cali en Cifras 2013*. Santiago de Cali. Retrieved from [http://www.cali.gov.co/publicaciones/107143/cali\\_en\\_cifras\\_planeacion/](http://www.cali.gov.co/publicaciones/107143/cali_en_cifras_planeacion/)
- Asamblea General de Naciones Unidas, (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
- Bahri, A. (2012). *Gestión Integrada de Aguas Urbanas*. Estocolmo: Global Water Partnership GWP. Retrieved from [http://www.sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/BAHRI\\_2009\\_Managing\\_the\\_other\\_side\\_of\\_the\\_water\\_cycle\\_Making\\_wastewater\\_an\\_asset\\_2.pdf](http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BAHRI_2009_Managing_the_other_side_of_the_water_cycle_Making_wastewater_an_asset_2.pdf)
- Banco Interamericano de Desarrollo BID, (2011). *Sostenibilidad Urbana en América Latina y el Caribe*.
- EMCALI EICE E.S.P. (13 de Marzo de 2018). [www.emcali.com.co](http://www.emcali.com.co). Obtenido de [www.emcali.com.co](http://www.emcali.com.co): <https://www.emcali.com.co/web/acueducto/tarifas>.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones - Enfoque Nacional - Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*.
- Naciones Unidas, (1992). *Resumen Agenda 21*. Retrieved from [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1718a21\\_summary\\_spanish.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1718a21_summary_spanish.pdf)
- USEPA. (1993). CHAPTER 4 : Management Measures For Urban Areas D . Relationship of This Chapter to Other Chapters and to Other EPA. In *Guidance Specifying Management Measures For Sources Of Nonpoint Pollution In Coastal Waters*. Washington DC.

# Diseño y elaboración de recubrimientos arquitectónicos no cerámicos para pisos y paredes empleando plástico reciclable

## Design and elaboration of architectural non-ceramic covering for floors and walls using recyclable plastic

*Luz Giovanna García Hernández, Colombiana  
Autora Principal. Técnico en dibujo arquitectónico  
E-mail: Lggarcia524@misena.edu.co*

*Yeison García Arias, Colombiano, Arquitecto,  
Universidad Nacional de Colombia, Manizales;  
Tecnólogo en construcción, mail: ygarcia557@misena.edu.co*

*Centro de procesos industriales y construcción, Sena Regional Caldas  
SENNOVA, Grupo de investigación GRINDDA - Manizales*

---

Recibido:21-05-2018 Aceptado:15-08-2018

## Resumen

La problemática ambiental es algo tangible en nuestro medio, día a día los desechos generados por envases a base de plástico se incrementan y además tardan muchos años en degradarse. De acuerdo con lo anterior, se hace necesario innovar en el uso de dichos desechos, mediante el diseño y comercialización de un elemento útil y de uso diario. El proyecto trabajó el reciclaje de botellas plásticas tipo PET (polietileno Tereftalato), para la fabricación de recubrimientos para pisos y paredes, que ayudará en la disminución de los residuos resultantes de botellas PET, se diseñó un prototipo hecho 100% con materia prima reciclada. Se obtuvo un recubrimiento arquitectónico no cerámico, capaz de sustituir el actual mercado de enchapes cerámicos, cumpliendo la normativa establecida en el desarrollo e implementación de dicho material.

**Palabras clave:** Recubrimientos arquitectónicos, Reciclados, Plásticos PET, Medio ambiente, Pisos, Paredes.

## Abstract

The environmental problem is something tangible in our environment, the waste generated by plastic-based containers increase day by day and also take many years to degrade. According to this, it is necessary to innovate in the use of such waste, making it functional, through the design and commercialization of a useful and daily use element contributing to its reduction. The project is about the reuse and recycling of PET plastic bottles (polyethylene terephthalate), in the manufacture of coatings for floors and walls, using a quantitative methodology that will help in the reduction of waste resulting from PET bottles, creating a prototype made 100% by recycled raw material. A non-ceramic architectural covering was obtained, capable of replacing the current ceramic veneer market, complying with the established regulations in the development and implementation of such material.

**Key words:** Architectural covering, recycled, PET plastic, environment, floors, walls.

## Introducción

La fabricación de recubrimientos arquitectónicos cerámicos requiere de múltiples procesos que generan contaminación al medio ambiente y un alto costo en materiales para su elaboración (Moyano, 2017). Por este motivo surge la idea de utilizar el material reciclable proveniente de botellas de plástico para elaborar nuevos recubrimientos arquitectónicos, de forma que se reduzca la contaminación ambiental causada por estos residuos y se pueda lograr una alternativa económica (Jiménez, 2018).

En Cali se desarrolló un prototipo de ladrillos de residuos plásticos con los que se puede armar una casa, perfectamente habitable, el material es resistente al fuego, y a los sismos. Sus creadores creen que una vez conseguidos los permisos oficiales se podrán construir casas de cualquier tipo con precios más económicos (Nader, 2016). La empresa APROPLAST desde el año 2008 demostró que Colombia el reciclaje de botellas sirve para transformarlas en nuevos productos (García, 2013), otro ejemplo es el Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria, ASTIN Sena, Cali que trabaja bajo las líneas tecnológicas de: Diseño, Materiales y Procesos de transformación relacionadas principalmente con el plástico y metalmecánica. Desde el año 2002 (SENA, 2017).



Este proyecto pretende desarrollar una línea de recubrimientos no cerámicos para pisos y paredes con base en plástico reciclable, con el fin de bajar el impacto ambiental y fortalecer la industria de la construcción. Para el diseño de piezas de recubrimiento no cerámico para pisos y paredes se utilizará como componente principal el reciclaje de botellas plásticas tipo PET incorporándolas desde la parte estructural del elemento, de forma tal que se ayude a los diferentes procesos de manejo de estos residuos.

## **Materiales y métodos**

La materia prima para la realización de este prototipo de recubrimiento arquitectónico no cerámicos es el plástico PET (Polietileno Tereftalato) obtenido de botellas comerciales, este plástico tiene compuestos que permiten su maleabilidad y conserva su estabilidad después de ser inyectado a elevadas temperaturas; actualmente este plástico permite ser reciclado fácilmente. Otros materiales que se van a utilizar para el desarrollo de este proyecto son:

Máquina trituradora eléctrica de dos ejes para sacar pelet de plásticos.

Máquina inyectora eléctrica de palanca para plásticos.

Molde para inyección de la baldosa plástica.

Báscula digital

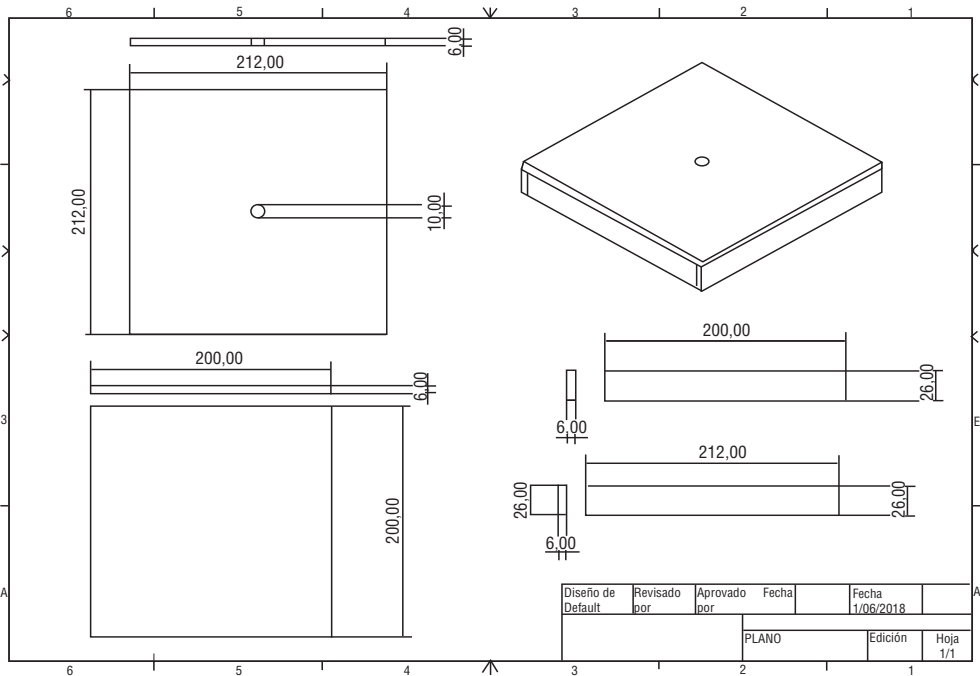
Los métodos que se utilizaron en el desarrollo de este proyecto constan de cuatro procesos:

1. En el primer proceso se realiza un estudio y un análisis de las propiedades de la materia prima, con su respectivo estado del arte y su vigilancia tecnológica.
2. En el segundo proceso se clasifica las botellas plásticas PET según el espesor, y se cuantifica la masa de estos materiales, que se utilizaron en el desarrollo de este proyecto. Figura 1.
3. En el tercer proceso se realizaron ensayos para obtener la medida adecuada de las partículas de la mezcla que permiten obtener una dosificación de la materia prima en la inyectora.
4. En el cuarto proceso se diseñó y construyó el molde para el recubrimiento arquitectónico no cerámico y se llevó a cabo la inyección de la materia prima en el molde para la fabricación de un producto final. Figura 2 y 3





**Figura 1.** Material reciclado y Procesamiento del PET  
**Fuente:** Autores



**Figura 2.** Plano preliminar del molde, unidades en milímetros  
**Fuente:** Autores



**Figura 3.** Elaboración molde para inyección de materia prima

**Fuente:** Autores

## Resultados y discusión

Para obtener un metro cuadrado de 1.5 cm de espesor de un recubrimiento arquitectónico no cerámico, de piso o pared, se requieren aproximadamente 25 kilos de plástico triturado, o un promedio de 1467,40 gramos de botellas plásticas sin triturar, que corresponden a 107 botellas plásticas de 620 ml.

Para el proceso de peletizado de las botellas PET se inició con un corte manual, se obtuvo pequeñas partículas, pero el proceso no es óptimo por el tiempo que toma, ya que se logró peletizar en menor tiempo con una máquina trituradora. Tabla 1.

**Tabla 1**

*Medidas de masa de las botellas utilizadas*

Masa de botellas	Medidas de masa de las botellas PET en gramos						
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Promedio
1.5 litros	24.9	24.9	24.8	28.1	28.1	28.1	26.4
2 Litros	38.1	38.2	38.2				38.1
2.5 litros	34.1	34.1	34.1				34.1
200 ml	6.5	6.4	6.4				6.4
240 ml	7	7	7				7
250 ml	7.1	7.1	7.1	8.1	8.2	8.2	7.63
330 ML	10.9	10.9	10.9				10.9
400 ML	12	12	12	13.4	13.4	13.4	12.7
500 ml	11.1	11.1	11.1	16.6	16.6	16.7	13.57
600 ML	7.9	7.6	7.6				7.7
620 ML	12.4	12.4	12.4	15	15	15	13.7

**Fuente:** Autores

## Conclusiones

Durante la búsqueda de alternativas tecnológicas para la fabricación de pisos y paredes no cerámicas, se concluyó que los materiales reciclados son de gran utilidad para el sector de la construcción, como los ladrillos fabricados de plástico y concreto, estos son una alternativa económica y de larga duración.

En un principio las baldosas cerámicas eran un producto poco asequible por su elevado costo, pero con el paso del tiempo, la inclusión de nuevas tecnologías permitió que este producto sea asequible, al igual como puede pasar con estos nuevos productos.

Con esta propuesta se incentiva la economía del país, y los procesos de fabricación podrían ser más cortos y ayudar a la mitigación de la contaminación ambiental generada por plásticos PET.

## Referencias

- García, L. (2013). *busqueda de oportunidades de exportacion de plastico* .
- Jiménez, A. (2018). *Desarrollo de material constructivo con materia proveniente de plasticos reciclados*. Loja.
- Moyano, D. M. (2017). Modelo automatizado de tipificación de daños materiales por vicios o defectos que afecten a elementos de terminación y acabado en edificación. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*.
- Nader, e. d. (2016). Colombianos construyen casas con plástico reciclado. *El Espectador*.
- SENA, (2017). Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria ASTIN. *Sena Regional Valle*.

**CAPÍTULO III**

**POLÍTICAS PÚBLICAS Y  
EMPRESARIADO**

# **Incidencia de la política pública con la población vulnerable, una visión en contra de la autogestión, el emprendimiento e innovación social en Colombia**

## **Incidence of public policy with the vulnerable population, a vision against self-management, entrepreneurship and social innovation in Colombia**

*Carlos Iván Zuluaga Villamarín, Colombiano  
Especialista en Sistemas Gerenciales.  
Líder de investigación SENNOVA  
Sena Centro de la Construcción, Cali, Valle  
E-mail: cizuluaga@misena.edu.co*

---

Recibido: 15-05-2018 Aceptado: 15-08-2018

### **Resumen**

La Política de población vulnerable contribuye de manera positiva a la situación que vive Colombia en materia de pobreza, permite generar programas de apoyo a la población vulnerable convirtiendo el país en líder de dichos programas a nivel internacional, sin embargo, algunas estrategias de intervención limitan el desarrollo económico y social de la población vulnerable debido al otorgamiento de apoyos o subsidios sin tener iniciativas sostenibles o alguna contraprestación que permita abordar el desarrollo social con una intervención que contenga elementos integradores por parte de los diferentes actores. En consecuencia, es importante coadyuvar a construir la política de atención a la población vulnerable de manera sostenible, debido a que no es solo responsabilidad del estado, sino que debe ser una intervención sistémica, articuladora e integradora de lo público y lo privado. Una estrategia fundamental es el emprendimiento y con el ecosistema de éste se deben abordar procesos de intervención medibles y con la corresponsabilidad de la población acorde con los resultados obtenidos, no otorgando apoyos que generan zonas de confort para las comunidades vulnerables.

**Palabras Clave:** Vulnerable, emprendimiento, innovación social, empoderamiento, asistencialismo.



## Abstract

The Vulnerable Population Policy has contributed in a positive way to the actual situation in Colombia regarding poverty, allowing programs to support the vulnerable population, making the country a leader in these programs at an international level, however, some intervention strategies restrict the economic and social development of the vulnerable population due to the granting of support or subsidies to it, without having sustainable initiatives or some consideration that allows social development to be addressed with an intervention that contains integrating elements on the part of the different actors. Therefore, it is important to help build the policy of attention to the vulnerable population in a sustainable manner, because it is not only the responsibility of the state, but must be a systemic, articulating and integrating intervention of the public and private. A fundamental strategy is entrepreneurship and with its ecosystem, must be addressed measurable intervention processes and the coresponsibility of the population according to the results obtained by not providing support that restrict and create comfort zones for vulnerable communities.

**Key words:** Vulnerable, entrepreneurship, social innovation, empowerment, Assistance.

## Introducción

El artículo presenta una crítica a la estrategia de la política pública en la intervención a las comunidades vulnerables en Colombia y cómo ésta estrategia incide y limita la participación activa de las comunidades y genera una zona de confort y de espera de recursos, sin velar por iniciativas en la población con emprendimientos sostenibles, que sean impulsores de su propio desarrollo.

En Colombia la política con la población vulnerable en materia de acompañamiento es importante desde sus inicios. Debido a que estas comunidades son afectadas por diferentes factores el Estado de manera coresponsable y con el pasar de los años mediante la expedición de leyes apoya esta población, pero se considera que éstas leyes dejan una cultura de proteccionismo mental a la población y especialmente a la desplazada que se convirtió en receptora de recursos del gobierno por doquier.

Ante dicha situación, surgen preguntas que movilizan pensamientos y acciones frente a las políticas públicas en Colombia, puesto que los programas

que se ejecutan en la actualidad se centran más en el asistencialismo que en promover el liderazgo y el auto-sostenimiento de la población, coartando procesos de emprendimiento y de innovación en una población, si bien es cierto que la comunidad presenta cifras de escolaridad baja o mínima, existen programas entre otros como RIE del Departamento de la Prosperidad Social (DPS) , Red Unidos, que impulsa, entre otros aspectos, dónde se debe buscar el otorgamiento de apoyos de manera gradual para generar oportunidades que exijan a la población ser auto sostenibles.

El tema es sencillo, donde no hay producción, no hay desarrollo y sostenibilidad, esto es y será el resumen del modelo actual donde se comparte la miseria. Cuando se acabe el presupuesto para los subsidios, recursos limitados, será la población la afectada. La ayuda económica para los menos favorecidos es sostenible siempre y cuando estos luchen por dejar esta condición y así impactar de manera positiva esta población.

### **El emprendimiento motor del desarrollo socio económico en la población vulnerable**

Colombia posee potenciales de acción e intervención con las poblaciones vulnerables, pero producto de diversas situaciones culturales, sociales, económicas y políticas, se desarrollan acciones frente a estas poblaciones, que transitan por diferentes tipos de riesgo, sin alcanzar los logros esperados. Según el Ministerio de Educación Nacional, Dirección de poblaciones y proyectos intersectoriales “Lineamientos de política para la atención educativa a poblaciones vulnerables” (2005). La vulnerabilidad es una situación producto de la desigualdad que, por diversos factores históricos, económicos, culturales, políticos y biológicos (agentes cognitivos, físicos, sensoriales, de la comunicación, emocionales y psicosociales), se presenta en grupos de población, impidiéndoles aprovechar las riquezas del desarrollo humano.

Por consiguiente, las apuestas legales requieren centrarse en abordar campos frente a la igualdad, la diferencia, los derechos humanos, la inclusión social de tal manera que se re-creen espacios universales en los cuales todos los sujetos puedan expresar, liderar y proponer alternativas que propendan hacia el desarrollo social y humano de manera sostenible.

Partiendo de lo antes expuesto, se puede indicar que el problema de los programas de atención del Estado colombiano no son las ayudas, sino la



manera en que se están destinando, situación que requiere de un enfoque de desarrollo, empleabilidad y generación de ingresos a través del emprendimiento como punto de partida para su auto-sostenibilidad; de ahí que los programas de atención a la población vulnerable no puedan seguir situados en los “beneficios socio-económicos” del Estado, sino que se requiere pensar y actuar con base en el desarrollo humano, integral con dinámicas de auto gestión para toda una comunidad. Ayudas en los ámbitos educativos, de vivienda, salud entre otros, merecen un enfoque de reciprocidad y es ahí donde se considera que no solo es la labor del Estado, sino la articulación con la empresa privada y ONG’S donde se propician espacios participativos, comunes, abiertos de gran oportunidad para la comunidad.

Así mismo, entre la población vulnerable se encuentra un gran talento humano, pero se requiere de una articulación estatal con metodologías sencillas y efectivas, pues existen grandes oportunidades en el sector agrícola, pecuario, piscícola, construcción, seguridad y movilidad que son sujeto de beneficiar e impactar estas comunidades.

Del análisis de familias pobres en distintos países del mundo, se propone prestar mayor atención a lo que los pobres poseen más que a lo que carecen. Advierte que las diversas situaciones de pobreza responden a las diferentes formas en que los hogares administran su portafolio de activos. (Moser,1998).

Sin embargo, a pesar de innumerables esfuerzos de entidades estatales y privadas por apoyar con recursos esta población, más allá de cumplir con unos indicadores valdría la pena preguntarse ¿son efectivos los programas de atención e intervención? ¿Se empoderaron las comunidades para ser auto-sostenible? ¿Se hicieron todas las articulaciones posibles para ser exitosos con el programa de atención? ¿Se cuenta con una base de datos integral donde se evidencie la intervención pública-privada? ¿Existen fondos de capital de riesgo para esta población?, todo esto se presenta por el procedimiento que se lleva a cabo con las comunidades.

No obstante, otra problemática en los programas de atención y es la individualidad institucional y la desarticulación estatal, la que no permite una verdadera integración que optimice los procesos de atención. Pues no existe una plataforma tecnológica que integre todos los beneficios recibidos por las entidades públicas y privadas, aspecto que podría convertirse en una oportunidad.



Tras casi 30 años de haberse iniciado proceso de descentralización, los esfuerzos de fortalecimiento institucional de la Constitución política de 1991 y sucesivas reformas administrativas locales y nacionales, la institucionalidad económica local continúa siendo precaria y poniendo obstáculos, en algunos casos infranqueables, al desarrollo social y económico de las regiones en el país. Esta precariedad tiene múltiples dimensiones y es heterogénea. En algunos municipios la debilidad tributaria es crónica, y simplemente impide la inversión en la provisión de bienes y servicios públicos. Sin embargo, la principal forma de precariedad institucional local en Colombia es la carencia de instituciones que permitan que los recursos públicos, generados localmente, por el pago de regalías o por transferencias de la nación, logren gastarse con un impacto positivo sobre el bienestar de la población. Dicha precariedad institucional o fragilidad institucional local es más seria en términos de sus consecuencias deletéreas para el desarrollo cuando los grupos del crimen organizado logran penetrar sistemáticamente las instituciones y la administración pública, en las diversas ramas del poder público, convirtiéndose así en grupos organizados de poder con fines criminales. (Restrepo y Moscoso 2012).

Lo anterior permite continuar dando una mirada panorámica de dichos sistemas en torno a la población desplazada, en la que los programas de estado se centran, pero en esta apuesta se deja un poco atrás otras poblaciones vulnerables como los desmovilizados, reinsertados, madres cabeza de hogar, discapacitados, jóvenes en riesgo, comunidades territorios de inclusión social, comunidad LGTBI, indígenas y afro descendientes.

Este es solo un ejemplo de poblaciones vulnerables que están en capacidad de emprender iniciativas sostenibles, pero que requieren del apoyo de todos los actores de manera decidida, integral, articulada y comprometida con programas de innovación y emprendimiento social, lo cual re-crea otras comunidades, eventos e instancias, de ahí que se requieran planes de acción concretos con enfoques de generación tanto de ingresos como del mismo desarrollo humano en donde los talentos, la creatividad se manifieste en el país y permita dar otro sentido a lo que se viene trabajando alrededor de la innovación social en el país.

De igual manera, hablar de Innovación Social connota el reconocimiento de los problemas reales de la población y así generar soluciones accesibles que les permita a ésta mejorar su calidad de vida en una Comunidad Vulnerable, por ello preguntarse en torno a si los programas y leyes generan empoderamiento o dependencia estatal, si se hace una verdadera innovación social desde las



comunidades o si se ofertan programas desde las instituciones, se requiere gestar un pensamiento crítico y tomar medidas frente a las mismas, ya que desde hace años se habla de la inclusión social, pero son pocos los ejemplos reales y tangibles que funcionan de manera efectiva y sostenible en el país.

Analizar y cuestionar no sólo la naturaleza, sino la finalidad de la intervención asistencial permite aclarar las interrogaciones que se nos presenta del papel en la actualidad de las políticas sociales públicas y, más concretamente en los últimos años, de las políticas de inserción, hoy de inclusión en la lucha contra la pobreza y la exclusión social. La amenaza del aumento de los mecanismos asistenciales frente al modelo de los derechos sociales (inflación asistencial, Bec, 1999), nos obliga a analizar de manera más exhaustiva la dependencia económica y política de una parte de la población, cada vez mayor, mediante mecanismos y medidas asistenciales.

Las políticas sociales juegan y han jugado un papel político y de reconfiguración continua de los compromisos sociales, respondiendo así a nuevas configuraciones económicas y sociales en el desarrollo de la acumulación del sistema capitalista. Juegan un papel central en los mecanismos de cohesión social y responden a los planteamientos políticos del momento sobre el orden social. ¿Cómo se definen las necesidades y cómo se jerarquizan el conjunto de éstas? ¿Cómo se constituyen las categorías de beneficiarios? ¿Cuáles son los criterios que la sociedad en un momento dado se atribuye para designar a los beneficiarios? ¿Cómo se justifican las condiciones de concesión de esta asistencia? En resumen, ¿cómo se posiciona la asistencia o la acción social respecto a la economía de los derechos y deberes? (Redondo, 2008).

## **Principales variables de atención**

En torno a la población vulnerable existe en la línea de las políticas públicas cinco variables con las que se permite abordar dicha población, la primera encierra los procesos institucionales, aquí se genera la oferta institucional tanto de lo público como de lo privado, la segunda se enmarca en el componente ambiental permitiendo pensarse en propuestas que mitiguen el impacto de la industria en los territorios, la tercera aborda el sistema de salud en donde la apuesta está en trabajar en pro del sistema de seguridad social al servicio de la calidad de vida de la población; la cuarta se centra en la cultura y permite generar espacios interculturales, de reconocimiento con el otro y lo otro en sus diversidades de contextos, culturas y saberes, y la quinta está enmarcada en el

contexto educativo, en la cual los bajos índices de escolaridad y de eficiencia interna requieren intervención.

Éstas variables enmarcan unas rutas de trabajo, sin embargo, es necesario contar con el apoyo de toda la comunidad frente a dichos desafíos y apuestas de estado, en donde la corresponsabilidad, la participación, la equidad, el reconocimiento y el multiculturalismo se convierten en factores claves del desarrollo humano integral de cada sujeto que integra una comunidad.

Otro factor que incide en el desarrollo de una población es el emprendimiento, el cual está enmarcado en la ley 1014 del 2006, que promueve el fomento al emprendimiento, éste cobra un valor enorme en la inclusión de programas de atención a la población, puesto que permite emprender nuevos retos, nuevos proyectos, e ir avanzando de manera más fluida, ágil y construir así desde apuestas propias un bien común. Por lo tanto, el emprendimiento hoy posibilita abordar procesos de diferentes índoles y posturas de sujetos frente al logro de la generación de ingresos frente a la independencia y estabilidad económica. Puesto que los altos niveles de desempleo, y la baja calidad de los empleos existentes, crean en las personas, la necesidad de generar sus propios recursos, de iniciar sus propios negocios, y pasar de ser empleados a ser empleadores.

Para algunas personas el emprendimiento es considerado un concepto nuevo; sin embargo, esta característica como tal siempre ha estado presente a lo largo de la historia de la humanidad. El emprendimiento es una capacidad de los seres humanos para salir adelante de manera novedosa y con ideas renovadas. Ser emprendedor requiere de habilidades no sólo a nivel individual, sino también colectivo. Una de las razones por las cuales este término se ha vuelto importante en la última década es el resurgimiento de la manera como se han manejado las situaciones económicas y cómo éstas han sido superadas con nuevas ideas (Jaramillo, 2008).

Lo anterior se logra si se cuenta con un espíritu emprendedor. Se requiere de una gran determinación para renunciar a la “estabilidad” económica que ofrece un empleo y aventurarse como empresario, más aún si se tiene en cuenta que el empresario no siempre gana como si lo hace el asalariado, que mensualmente tiene asegurado un ingreso mínimo que le permite sobrevivir.

En muchos países (Casi todos los países Latinoamericanos), para muchos profesionales, la única opción de obtener un ingreso que supla sus necesidades básicas, es mediante el desarrollo de un proyecto propio. Los niveles de



desempleo, en gran parte de la economía de los países están en un 20% por lo que resulta de suma urgencia buscar alternativas de generación de empleo, que permitan mejorar la calidad de vida de la población. De ahí que las apuestas de los gobiernos giren en torno al emprendimiento, y por ello se inician programas de apoyo a emprendedores con el fin de apoyar en su propósito de crear su unidad productiva.

National governments consistently implement an array of public sector entrepreneurship policies and activities, seeking to generate further economic activity and create new networks and market opportunities that reduce market risks and uncertainties for market-based technology exploiters. This means that scientists taking on the role of being a publicly funded principal investigator (PI) is at the nexus of science, government and industry, and can have a significant influence and impact on shaping and delivering outcomes of public sector entrepreneurship policies and activities. Within the emerging public sector entrepreneurship literature (see Leyden and Link 2015; Link and Link 2009), we argue that publicly funded PIs as key public sector entrepreneurship transformative agents, through scientific novelty and originality involving some creative and innovative processes that can be exploited for opportunities with good market or societal potential. Publicly funded PIs are key agents of what Leyden and Link (2015:14) define as public sector entrepreneurship: (Audretsch, Link, Cunningham, Reilly, Kane y Mangematin ,2016).

De otra parte, se puede indicar que la gran mayoría de los países, tienen entidades dedicadas exclusivamente a promover la creación de empresas entre profesionales, y entre quienes tengan conocimiento específico suficiente para poder ofertar un producto o un servicio. La oferta de mano de obra, por lo general crece a un ritmo más acelerado de lo que crece la economía, por lo que resulta imposible poder ofrecer empleo a toda la población. Teniendo en cuenta que el Estado no tienen la capacidad de subsidiar el desempleo como sí lo pueden hacer algunos países europeos, la única alternativa para garantizar a la población el acceso a los recursos necesarios para su sustento, es tratar de convertir al asalariado en empresario.

Ante estas circunstancias económicas, el emprendimiento es el salvador de muchas familias, en la medida en que les permite emprender proyectos productivos, con los que puedan generar sus propios recursos, y les permita mejorar su calidad de Vida. Sólo mediante el emprendimiento se podrá salir triunfador en situaciones de crisis. No siempre se puede contar con un gobierno

protector que esté presto a ofrecer ayuda durante una crisis. Éste se convierte en el mejor camino para crecer económicamente, para ser independientes, y para tener una calidad de vida acorde con las expectativas, lo cual implica desarrollar una Cultura del emprendimiento encaminada a vencer la resistencia de algunas personas a dejar de ser dependientes.

De igual manera, frente a las posibilidades que ofrece el emprendimiento en Colombia, aún con las dificultades que se presentan en el país para hacer empresa, esta es una estrategia que debe masificarse y completarse con fuentes de capital semilla por logros o resultados, que generen una competencia y exigencia en la población vulnerable, es decir dinamizar la economía, la formalidad y el desarrollo local con este tipo de población.

En Colombia crear empresa sí paga, pero siempre y cuando se fomente sobre una estructura formal o legal. En momentos de desaceleración económica, como la que actualmente atraviesa el país, las compañías óptimamente constituidas siempre son las que pueden mantenerse sólidas o en constante crecimiento.

Todavía hay quienes se sienten intimidados a la hora de crear empresas en Colombia. A pesar de los beneficios fiscales que acoge la Ley 1429 de 2010 y de otros apalancamientos estatales que buscan incentivar el emprendimiento, esto sucede especialmente por el régimen tributario, por la lista de trámites que se deben agilizar para alcanzar este objetivo y porque no ven propicio el escenario económico del país para tomar esta imperiosa decisión. *Revista Dinero* (2015).

Otra variable que no coadyuva al emprendimiento es la informalidad y es donde el Estado colombiano debe orientar esfuerzos para que se promuevan la creación de emprendimientos formales, con incentivos para los pequeños empresarios y donde se incorporen elementos tecnológicos que ayuden al crecimiento de la industria en el país. Se observa como fondos de capital semilla el Fondo Emprender del Sena, donde en los últimos tres años solo se han aprobado 15 planes de negocio en el Valle del Cauca, con una generación de 77 empleos y generación de recursos, con este tipo de actores se abren múltiples posibilidades de apoyo para la población vulnerable. Por consiguiente los esfuerzos y dinámicas orientadas hacia fines concretos de crecimiento sostenible se logran si los propósitos son comunes y con enfoques claros de autogestión.

De acuerdo con lo anterior, aún falta potencializar el emprendimiento en este tipo de población, teniendo en cuenta que de acuerdo con los valores el costo por generar un empleo vía emprendimiento es similar al promedio de las convocatorias nacionales con otras poblaciones como se evidencia en la Tabla 1.

**Tabla 1.***Resultados 2013-2015 Fondo emprender población vulnerable*

CONV.	AÑO	CIUDAD	PLAN DE NEGOCIO	PLANES	VALOR	EMPLEOS
19	2013	Cali	Diseños étnicos	1	\$64.807.600	5
23	2013	Palmira	Tejidos y creaciones luz	1	\$54.141.100	6
28	2013	Cartago	Ahumados del Monte	1	\$80.471.400	5
28	2013	Cali	Taller manos en el arte de la moda	1	\$41.395.800	5
28	2013	Cali	Confecciones molano	1	\$25.501.500	4
34	2014	Candelaria	Lacteos villa claudia	1	\$81.338.400	5
38	2014	Cali	Dirigibles del valle s.a.s	1	\$85.008.000	5
103	2014	Villa Rica	Las ricuras del pacifico	1	\$41.285.400	4
41	2014	Cali	Toaran confecciones	1	\$65.678.687	5
43	2015	Jamundí	Restaurante el madrugon	1	\$75.732.153	5
43	2015	Cali	Panadería y pastelería saris pan	1	\$81.156.317	5
43	2015	Cartago	Marroquinaria zuñiga s.a.s	1	\$109.480.000	6
43	2015	Cali	Creaciones herydex	1	\$106.317.750	6
43	2015	Cali	Restaurante y cevichería el imperio del pacifico	1	\$96.305.071	5
43	2015	Cali	Mova	1	\$102.451.650	6
<b>Total</b>				<b>15</b>	<b>\$1.111.610.828</b>	<b>77</b>

Fuente: [www.fondoemprender.com.co](http://www.fondoemprender.com.co)

Esta acción de apoyo a la población vulnerable con variables de formación, acompañamiento o asesoría empresarial y con capital de riesgo y el seguimiento respectivo hace que la comunidad vea alternativas de desarrollo diferentes.

Actualmente se observan cifras y estadísticas de población vulnerable en cada una de sus variables ya enunciadas, sin embargo, solo en Cali y específicamente en el campo de la educación con el SENA Centro de la Construcción se atendieron 7192 aprendices en formación técnica, tecnológica y complementaria Tabla 2 siendo este uno de los sectores de mayor crecimiento en los últimos años en Colombia. Una de las estrategias para lograr dichos alcances, son las alianzas que la entidad tienen con La Agencia Colombiana para la Reintegración (ACR), sin embargo, estas acciones podrían ser más efectiva si se hubiese contado con la participación de otras entidades y otras variables que fomentaran el emprendimiento en la población vulnerable.

Por consiguiente, la política de emprendimiento debe evaluar también que, si bien es cierto el emprendimiento dinámico y de alto impacto genera un crecimiento social y económico, en el caso de poblaciones vulnerable se debe impulsar el emprendimiento de subsistencia el cual requiere soluciones a la medida y debe apoyar a comunidades afectadas con apuestas productivas, con reciprocidad y resultados, como el incentivo de capitales de riesgo, micro franquicias, entre otros.

**Tabla 2**

*Resultados Formación Profesional Titulada y Complementaria Población Vulnerable Centro de la Construcción Sena Regional Valle del Cauca. Diciembre 31 de 2015*

Población vulnerable	Meta cupos	Total ejecución cupos de 2015	Cumplimiento	Meta aprendices	Total Ejecución aprendices de 2015	% Cumplimiento
Desplazados por la violencia	1.945	2330	119,8%	1.389	2.083	150,0%
Víctimas	141	170	120,6%	141	154	109,2%
Desplazados por fenómenos naturales	20	7	35,0%	16	7	43,8%
Discapacitados	77	68	88,3%	55	63	114,5%
Indígenas	138	237	171,7%	117	186	159,0%
Inpec	200	93	46,5%	165	93	56,4%
Jovenes vulnerables	1.873	1697	90,6%	1.833	1568	85,5%
Adolecente en conflicto con la ley penal	50	97	194,0%	42	96	228,6%
Mujer cabeza de hogar	900	897	99,7%	860	793	92,2%
Negritudes	445	485	109,0%	424	411	96,9%
Afrocolombianos	300	387	129,0%	255	305	119,6%
Reintegrados	70	27	38,6%	60	26	43,3%
Tercera edad	400	472	118,0%	390	421	107,9%
Adolescente trabajador	200	205	102,5%	170	192	112,9%
Otros (Remitidos por el PAL, sobrevivientes minas)	0	22	NA	0	22	NA
Total vulnerable	6.759	7.194	106,4%	5.917	6.420	108,5%
Total víctimas (Desplazados y víctimas)	2.086	2.500	119,8%	1.530	2.237	146,2%
Total población vulnerable sin víctimas	4.673	4.694	100,4%	4.387	4.183	95,3%
Total población vulnerable sin desplazados	4.814	4.842	100,6%	4.528	4.315	95,3%

**Fuente:** Sofía Plus SENA Centro de la Construcción

Otro campo de atención a la población vulnerable es la vivienda en la ciudad de Cali, se observan urbanizaciones que beneficiaron a una gran cantidad de población desplazada donde se encuentran actualmente dinámicas sociales y económicas muy complejas, razón por la cual las estrategias de atención a la población deben estar encaminadas a méritos y corresponsabilidades de la misma, en la cual el emprendimiento es el impulsor de sostenibilidad de estos apoyos. Si el sentido cambia, se continuará con programas muy bien intencionados, pero que solo están siendo aprovechados por la comunidad de una manera demandante, convirtiéndose a largo plazo en estrategias insostenibles para el gobierno y para la población.

De acuerdo al DNP, Informe Anual de 2015 del Presidente de la República, los apoyos realizados a través de la Unidad para la Atención y Reparación Integral de Víctimas se atendieron mediante el canal de atención presencial 1.040.979 víctimas, en esa misma línea, pero con variables en educación y empleabilidad, el SENA orientó a 205.253 personas a través de la Agencia Pública de Empleo. Se Gestionaron por medio de acciones de intermediación laboral 25.205 colocaciones. Igualmente, dentro de las acciones de asistencia, emitió la certificación de competencias Laborales a 6.167 víctimas de desplazamiento forzado y 1.034 a víctimas de otros hechos victimizantes.



Así mismo, el Departamento Administrativo para la Prosperidad Social, DPS, durante el primer semestre de 2015, fortaleció 7.399 emprendimientos individuales que surgieron del programa Ruta de Ingresos y Emprendimiento en 2013 y 2014, cerrando así un ciclo de capacitación y formación, y dando continuidad a los perfiles de negocios construidos en las vigencias pasadas. Por su parte, el componente de Idea Productiva – Familias en su Tierra, FEST, en el período enero a mayo de 2015, entregó incentivos a 16.485 hogares participantes, quienes están distribuidos en 53 municipios y 15 departamentos del territorio nacional. Se atendieron 719 hogares que pertenecen a un grupo étnico donde 699 pertenecen a la población afrocolombiano y raizal, y 20 pertenecen a la población indígena.

En lo referente a salud, según datos del Ministerio de Salud, en el proceso de afiliación de las víctimas del Conflicto al Sistema General de Seguridad Social, indicó que el 77% de la población víctima del conflicto armado está afiliada al régimen subsidiado. A su vez, 23% de la población víctima está afiliada al régimen contributivo. Para el segundo semestre de 2014, la afiliación en salud por etnia muestra 3.970.173 en total, de las cuales 3.062.145 pertenecen al régimen subsidiado y 908.028 al régimen contributivo.

En materia de infancia el ICBF logró que 736 niños, niñas y adolescentes en situación de desplazamiento, 409 durante el segundo semestre de 2014 y 327 entre enero y junio de 2015, se reintegraran a su medio familiar y el Ministerio de Educación Nacional alcanzó un cubrimiento del 87,8% de los niños, niñas y adolescentes víctimas de desplazamiento, entre los 5 y 17 años, asistiendo a alguno de los niveles de educación preescolar, básica o media y evidenciando un alto nivel de permanencia escolar. Asimismo, entre enero y mayo de 2015, realizó el proceso pre contractual con 10 organizaciones indígenas y afro descendientes para la implementación de la ruta de formulación, diseño y ejecución de proyectos etnoeducativos, propios e interculturales.

Otro sin número de apoyos y recursos estatales ofrece el gobierno a una población que lo requiere, pero que debe replantearse la estrategia a partir de la generación de ingresos, sin embargo, estas poblaciones apoyados en “conocimientos” de ley utilizan estos argumentos, para no dar más de lo que tienen como talento humano y continúan observando mediante qué ley pueden ampararse y solicitar más apoyos gubernamentales.



Partiendo de lo expuesto, es necesario destacar que, según las estadísticas de la Unidad de Víctimas, en el año 2015 se observó un crecimiento en los derechos de petición, quejas y reclamos, se muestra el crecimiento de la población que amparada por leyes y programas que no exijan reciprocidad, continúan aumentando los requerimientos de apoyo y los reclamos ante el Estado. Figura 1

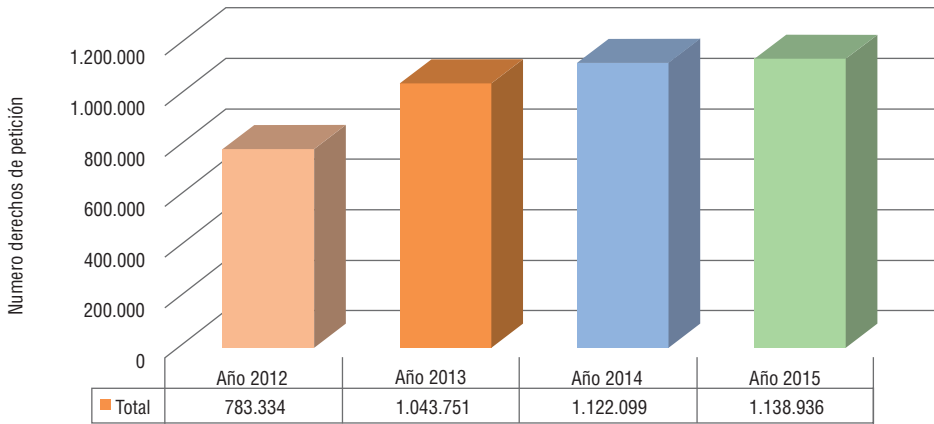


Figura 1. Histórico de PQR unidad de Víctimas

Fuente: Autor

Se evidencia que los apoyos del Estado se pierden por encaminar estrategias asistencialistas y no de contraprestación, es ahí donde el emprendimiento debe contribuir a impulsar estas dinámicas sociales, que si bien es cierto existe en un ecosistema, falta mucho para atender este tipo de población, donde existen limitaciones en fondos de capital como Fondo Emprender; el SENA en el año 2015 entregó recursos de capital semilla a nuevas unidades de negocio por 68.038 millones de pesos a 768 proyectos, generando 4.376 empleos potenciales a nivel nacional y solo en el Valle del Cauca 56 proyectos fueron aprobados con \$4.794.000.000, posibilitando 339 empleos, en una zona de mayor población receptora.

Los apoyos estatales deben dejar empoderamiento en las comunidades en cuanto a la sostenibilidad, de lo contrario va a continuar en aumento los focos de pobreza.



## Conclusiones

Son las Entidades territoriales las llamadas a apoyar el proceso de atención a la población vulnerable, con el apoyo de organismos locales, empresa privada, sector fundacional y la iglesia. Pero aún no existe sincronización entre los actores para atender de manera integral una verdadera inclusión. Para generar un impacto en el proceso de atención a la población vulnerable se hace necesario abordar la problemática desde la construcción de alianzas públicas y privadas.

Para superar la pobreza con tantas complejidades, se hace necesaria una sostenibilidad de los procesos, adicionando temas como Emprendimientos sociales o subsistencia, innovación y tecnología para las comunidades vulnerables, además brindar mecanismos de comercialización de los productos o servicios de los emprendedores que aseguren la sostenibilidad del proceso.

Se habla de diferentes tipos de pobreza, entre las que se identifican la pobreza económica y la pobreza mental, para la cual se evidencia que, si existiera una articulación integral de todos los actores, incluyendo las comunidades vulnerables en tener las métricas de sostenibilidad y claridad de los tiempos de intervención de entrada y salida; la atención de la población vulnerable presentaría mayor dinamismo y mayor sostenibilidad del programa de atención.

Colombia se enfrentará a atender la situación del Postconflicto y deberá tener una estrategia clara en ese sentido, fomentando el emprendimiento como estrategia de sostenibilidad. El país es como ningún otro con una política pública de atención a población vulnerable, igual que cuenta con el registro y/o base de datos más completo del mundo, lo que permite de cierta manera encaminar acciones de atención de manera ordenada y entregar subsidios e indemnizar a más personas que cualquier otro país que haya sufrido el conflicto. Esta experiencia no se debe volver a repetir y es replantear la ruta de atención y donde el emprendimiento sostenible deberá ser el punto de partida. Es ahora el turno también para la población vulnerable, quienes están en el centro de la solución del conflicto, generar cambios sociales, culturales y de conducta y propender por su mejoramiento de la calidad de vida y por ende el desarrollo del país.

La política de atención a la población vulnerable deberá tener un giro en cuanto a los aspectos culturales con las comunidades para involucrar a estas con una mayor proactividad en su construcción de nuevas realidades. La ruta de atención de la población vulnerable, debería priorizar el componente de

generación de ingresos, como eje de superación de la pobreza, con estrategias claras del eje de emprendimiento sostenible y con una articulación integral.

Realizar pilotos con comunidades emprendedoras sería un buen inicio para apalancar recursos y con métricas evaluar los resultados de la inversión vía emprendimiento, lo que permitiría desplegar acciones y complementos a elementos sociales y humanos.

## Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá. Población vulnerable: Derechos y acciones afirmativas (2008)
- Audretsch, Albert, Cunningham, J.A, O'Reilly P, O'Kane C & Mangematin V. (2016). Publicly Funded Principal Investigators as Transformative Agents of Public Sector Entrepreneurship ,chapter 3- en Essays in Public Sector Entrepreneurship-Editors. pp 67-94
- DNP, (2015). Informe Anual del Presidente de la República sobre los avances en la ejecución y cumplimiento de la Ley 1448 de 2011.
- Jaramillo, L. (2008) Emprendimiento: Concepto básico en competencias, Revista Lumen –Universidad Del Norte Instituto de estudios en educación IESE, issn 2011 575-X, Edición 7 Diciembre.
- Ministerio de Educación Nacional, Dirección de poblaciones y proyectos intersectoriales “Lineamientos de política para la atención educativa a poblaciones vulnerables” (2005) Pag.10
- Moser, C. (1998). Reassessing urban poverty reduction strategies: The asset vulnerability framework” World Development elsevier, Editorial Advisory Board ,Volumen 26, Issue1,january 1998,pag. 1-19
- Puentes, L.D. (2010). Blog sociales, democracia, biodiversidad étnica y cultural
- Redondo, T. D, (2008). Las políticas activas de inclusión social:¿nuevas regulaciones? Eco Cri 2008 XI Jornada de Economía Crítica ,Pag 6
- Restrepo, J. A & Moscoso, M (2012)., Capacidades institucionales en materia económica para municipios en Colombia en Proyecto Instituciones Ad hoc para municipios en Colombia, FES-Colombia e International Institute for demography and electoral assistance 2013, Nro. Pag. 16, Instituciones participantes: FES-Colombia e International Institute for demography and electoral assistance. Centro de Recursos para el Análisis de Conflictos
- Revista Dinero, (2015) Colombia si paga crear empresa, 6 de diciembre Edición Especial 5000 Empresas



# Índice de Autores

## Authors

Ana Zapata Osorio, Colombiana. Estudiante de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia. Grupo de Investigación Arquitectura Bioclimática

Angélica María Rodríguez Concepción, Colombiana. Estudiante de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia. Grupo de Investigación Arquitectura Bioclimática. E-mail , angelicamrc91@gmail.com

Carlos Iván Zuluaga Villamarin. Colombiano. Especialista en Sistemas Gerenciales, Líder de investigación SENNOVA, Sena Centro de la Construcción, Cali ,Valle.  
E-mail: cizuluaga@misena.edu.co

Carolina Carbonell Correa. Colombiana. Estudiante de Diseño de Espacios de la Universidad Autónoma del Caribe, Grupo de Investigación Fibra Interior.

Fredy Alexander Fonseca Benítez, Colombiano. Ingeniero Geólogo, MSc. Hidrocarburos, Universidad de Viña del Mar, Chile; Ciencias Geológicas, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. Grupo de Investigación INGEOFÍSICA UPTC, Sogamoso. E-mail: frefonseca@yahoo.com

Jair Diaz Barbosa, Colombiano, Magister en Energía, Universidade Federal do ABC-2015. Coordinador de investigación del programa de arquitectura, Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Colombia. E-mail: jair.diaz37@uautonoma.edu.co

Jherson Jhadir Bohórquez Castellanos. Colombiano. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Grupo de Investigación GEOMÁTICA, Gestión y Optimización de Sistemas. Bucaramanga, Santander, Colombia. E-mail: : jhersonbohorquez@gmail.com

Johana Figueroa Adarme. Colombiana. Estudiantes de Arquitectura, Fundación Universitaria de Popayán Sede Norte, Facultad de Arquitectura, Semillero TECNIO+ 1. ½, –Grupo de investigación GREP. E-mail: isaturbay@hotmail.com

Julia Angélica Pimiento Daza, Colombiana. Estudiante de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia. Grupo de Investigación Arquitectura Bioclimática. E-mail: nekapimienta@gmail.com

Julie Carolina Silva Arévalo. Colombiana. Estudiante de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia. Grupo de Investigación Arquitectura Bioclimática. E-mail: juliesilvare@gmail.com



Karolayn Diaz Ramos, Colombiana. . Estudiante de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia. Grupo de Investigación Arquitectura Bioclimática. E-mail: karolayn.diaz14@gmail.com

Laura Landazuri Patiño. Colombiana. Estudiante de Diseño de Espacios de la Universidad Autónoma del Caribe, Grupo de Investigación Fibra Interior.

Luz Giovanna García Hernández, Nacionalidad, Colombiana, Técnico en dibujo arquitectónico, Sena Regional Caldas.E-mail: Lggarcia524@misena.edu.co

María Camila Mariño Espinel1 Colombiana, E-mail: camila\_espinel@outlook.com Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Grupo de Investigación GEOMÁTICA, Gestión y Optimización de Sistemas. Bucaramanga, Santander, Colombia

María Isabel Turbay Varona, PhD (c). Colombiana docente, Fundación Universitaria de Popayán, Facultad de Arquitectura, semillero TECNIO+ 1. ½, –Grupo de investigación GREP. Investigadora principal del proyecto. E-mail: isaturbay@hotmail.com

Natalia Urrea González, Colombiana, estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica UPTC, Seccional Sogamoso, Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia, UPTC. Grupo de Investigación INGEOFÍSICA UPTC, Sogamoso, Boyacá E-mail: nataliapolaris@gmail.com

Paola Andrea Bedoya Martinez, Colombiana, Ingeniera Sanitaria, Grupo de investigación TPIC, SENA Centro de la Construcción. Cali, Colombia. E-mail: bedoyapaola@misena.edu.co

Pedro Osorio González, Colombiano, Estudiante Tesista de la carrera de Ingeniería Geológica UPTC, Seccional Sogamoso, Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia, UPTC. Grupo de Investigación INGEOFÍSICA UPTC E-mail: pedro.osorio@uptc.edu.co

Ranferys Trujillo Marimon, Colombiana. Estudiante de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia. Grupo de Investigación Arquitectura Bioclimática. E-mail: ranferis10@hotmail.com

Rene José Costa López, Colombiano. Estudiante de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia. Grupo de Investigación Arquitectura Bioclimática. E-mail: rcosta-16@hotmail.com

Ximena Carabalí Arrubla. Colombiana. Estudiantes de Arquitectura, Fundación Universitaria de Popayán Sede Norte, Facultad de Arquitectura, Semillero TECNIO+ 1. ½, –Grupo de investigación GREP. E-mail: xime-15-1997@hotmail.com

Ximena Aguilar Accourt, Colombiana. Estudiante de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla, Colombia. Grupo de Investigación Arquitectura Bioclimática. E-mail: ximenaguilar123@gmail.com

Yeison García Arias, Nacionalidad, Colombiano, Arquitecto, Universidad Nacional de Colombia, Manizales; Tecnólogo en construcción, Sena Regional Caldas. E-mail: ygarcia557@misena.edu.co





## **PONENCIAS**



# Implementación de un biodigestor portable que permita identificar la producción de biogás de forma efectiva, organizando residuos orgánicos provenientes de especies pecuarias, para el sector de la construcción en la ciudad de Pasto, Nariño-Colombia

*Ponente: Edison Adrián España Armero, Aprendiz Programa de Tecnología en Diseño de productos Industriales*

*Henry Fabián Jojoa Martínez, Aprendiz Programa Tecnología en Mantenimiento Electrónico E Instrumental Industrial*

*Grupo de Investigación: Forsenar Mecatrónica-Lope Investigaciones*

*Centro Internacional de Producción Limpia Lope Pasto, Sena, Regional Nariño,*

*E-mail: ecordonez@misena.edu.co*

## Resumen

Las energías renovables son una fuente importante para combatir el cambio climático puesto que son energías limpias que ayudan a cuidar el medio ambiente, como la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar y biogás. Los biodigestores se utilizan para la producción de biogás; fuente de energía que toma vital importancia en los últimos años, ya que es una tecnología que se puede implementar fácilmente sobre todo en sectores rurales. Su potencial desarrollo no sólo para la producción de biogás, sino como ayuda a la obtención de bioabonos y tratamiento de problemas sanitarios, hacen que su utilización en los sectores con abundancia de materia orgánica sea atractiva. El problema que trata esta investigación es la contaminación ambiental, ocasionada por el uso ineficiente que se da al estiércol procedente de especies pecuarias, “él cual es causante de gran cantidad de gases efecto invernadero” (Matthews, 2008). Lo anterior se debe a varios aspectos relacionados con el desconocimiento de los beneficios que el estiércol brinda como potencial energético renovable, la falta de una estrategia adecuada que permita aprovechar de mejor manera dicho potencial, la no evidencia de estudios característicos de calidad y tiempo de producción del biogás, la no disponibilidad de una tecnología apropiada para realizar dichos estudios. Este proyecto identifica la producción de biogás a partir de diferentes residuos orgánicos de especies pecuarias (vacas, cuyes, cerdos) los cuales son potencial productivo dentro del Centro Internacional de Producción



Limpia Lope, SENA Regional Nariño. La implementación de un modelo piloto de biodigestor portable permitirá conocer y obtener resultados de ¿cuál de estas especies brinda una mayor producción de biogás en un determinado tiempo?, para ello se inicia con la definición de parámetros, diseño de un sistema de monitoreo electrónico, prototipado y análisis de los datos obtenidos se continúa con la construcción del modelo, en el cual la obtención de datos y análisis de los resultados permite definir un estudio de producción limpia y de control ambiental.

# Cactus Guajiro, bioinsumo para la sostenibilidad del sector de la construcción

*Ponente: Eimer Rafael Pushaina, Nurbey Perez Pitalua  
Grupo de Investigación: Construcnova/Innova y Emprnde CAA  
Sena, Regional Guajira, Centro Agro Empresarial y Acuícola  
E-mail: eimerpushaina@misena.edu.co*

## Resumen

Las actividades que se realizan en el sector de la construcción generan gran consumo de materiales naturales y de origen químicos tales como: minerales, maderas, plásticos, materiales aislantes, impermeabilizantes, pinturas y barnices. Estos últimos se usan en los procesos de recubrimientos, acabados de interiores y exteriores, con concentraciones nocivas de plomo, metal pesado que, al entrar en contacto con los operarios de las obras y usuario de las instalaciones, pueden generar efectos adversos para la salud; pues causan daños en los riñones, cerebro, provocan abortos, perturbaciones psicológicas entre muchas otras afectaciones, además, con altos costos para su adquisición en el mercado (Betenacur, 2011). Como una alternativa para reducir la problemática descrita y aprovechar de manera sostenible las bondades de la flora predominante (Cactáceas) en el Departamento de La Guajira, Colombia nace la presente investigación aplicada; la cual busca desarrollar bioinsumos a partir del cactus que permita reducir el uso de insumos con contenido de plomo (Pintura, impermeabilizantes.) y costos en el sector de la construcción. La investigación inicia con una formulación base (obtenida de los antecedentes consultados) y se evalúa el efecto de las diferentes concentraciones de cactus nativo guajiro, en función de la adherencia, el sellado de poros y resistencia al lavado y se compara con un testigo comercial. Con los resultados de esta investigación se espera incrementar las habilidades, destrezas y conocimientos de los aprendices e instructores de la Tecnología en Construcción del Centro Agro Empresarial y Acuícola, del SENA Regional Guajira y así aprender a aprovechar y dar valor agregado a los materiales bióticos del Departamento en forma sostenible y que se utilicen en el sector de la construcción con un menor costo y también con su desarrollo y aplicación se disminuya la emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) utilizados en los procesos de elaboración de pinturas y barnices causantes de efecto invernadero. También propiciar la generación de emprendimiento o/y spin-off para estimular el crecimiento económico y desarrollo social del segundo departamento con mayor pobreza de Colombia.



# Pintubot Desarrollo de un prototipo de robot móvil con Adhesión magnética para pintar superficies metálicas

*Ponentes: Ericson Alexander Pérez Estupiñán, estudiante de 11 grado  
Institución Educativa Las Américas, Bucaramanga, Santander  
Aprendiz de la Tecno academia SENA nodo Bucaramanga,  
Centro Industrial del Diseño y la Manufactura CIDM, Regional Santander.  
E-mail: renequintero@misena.edu.co*

## Resumen

Este proyecto nace de la necesidad de disminuir en los trabajadores de pintura para estructuras ferrosas planas, riesgos como: cansancio, trabajo seguro en altura, inhalación de sustancias tóxicas. Por esta razón se hace necesaria la investigación en robótica para implementar esta tecnología en procesos de pintura para estructuras ferrosas planas, ya que el cuerpo humano tiene muchas limitaciones específicas debido al esfuerzo, al trabajo repetitivo y además con muchos riesgos para la salud del trabajador. Minimiza la contaminación y contribuye a la inclusión de personas con algún tipo de discapacidad al mundo laboral. Pintubot es un robot que cuenta con imanes permanentes en su estructura para poder adherirse, un sistema de locomoción sobre ruedas para un fácil desplazamiento y un brazo robótico que le permite llegar a superficies más complicadas, la comunicación con el operario es de manera inalámbrica. Como objetivos del proyecto se tiene: Diseñar el prototipo del robot, diseñar el sistema de adhesión del robot por medio de imanes permanentes, diseñar el protocolo de comunicación para el control del robot entre el prototipo y el operario, construir el prototipo. Este proyecto se basa en la metodología STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) y como estrategia para el aprendizaje se utilizó la resolución de problemas utilizando contenidos y procedimientos de estas disciplinas. El prototipo se encuentra en su primera fase y se construyó con elementos didácticos de la plataforma Vex Robotics. Con este primer diseño se detectó una dificultad y es que el imán no debe tocar completamente el área de contacto pues el robot quedaría totalmente sujeto y su desplazamiento sería limitado.

# Diseño e implementación de estructuras a partir de contenedores; modular, escalable y sostenible

*Ponentes: Belky Jazmín Parra Guarín, Instructora Sennova,  
Magíster en Energías Renovables. Robert Espinosa, Aprendiz Obras Civiles.  
Grupo de Investigación: TIC-CIDM  
Centro Industrial del Diseño y la Manufactura, Sena Santander  
E-mail: bparrag@sena.edu.co*

## Resumen

Las necesidades de los habitantes de nuestra región están entre otras, ampliar espacios, construir ambientes propios o inherentes a su quehacer o actividad económica o empresarial. En la región son escasos los modelos constructivos amigables con el medio ambiente o que incluyan el aprovechamiento de los recursos renovables; los esquemas arquitectónicos están orientados al uso del concreto, cemento, arenas gravas y ladrillos. Romper el paradigma tradicional e inculcar una cultura de respeto y aprovechamiento de los recursos, así como ofertar sistemas de construcción segura y rápida, hará que la comunidad emplee alternativas de edificación acordes al protocolo de Kioto y la protección del entorno y el planeta. Los contenedores, aunque han sido diseñados para transportar carga y almacenar todo tipo de mercancías de manera segura, hoy en día se convierten en la base para diseñar y construir espacios habitables de todo tipo, que van desde: viviendas, bodegas, transporte, oficinas, bibliotecas, centros de atención médica; lo que les convierte en una alternativa relativamente económica y rápida para desarrollar espacios en nuestra región que tengan que ver con el quehacer y la dinámica de desarrollo del territorio. Los contenedores fabricados en acero corrugado, aluminio o madera contrachapada ofrecen niveles de seguridad que los convierten en una base importante para el diseño de los espacios y satisfacer diferentes necesidades como las anotadas anteriormente. Es posible escalar el sistema a futuro, se pueden transportar de manera relativamente fácil, apilarse, la construcción es rápida, el costo es inferior a una construcción tradicional, favorece al medio ambiente porque se reciclan, son resistentes y seguros, además su impacto ambiental es menor a la construcción tradicional. Buscar alternativas que reduzcan el impacto ambiental, el cambio de paradigmas en la construcción, especialmente en territorios rurales, ofrecer alternativas de edificación y el aprovechamiento de recursos que en algunos casos se desechan,



nos lleva a pensar en esta manera de contribuir y servir de ejemplo, modelo “vitrina”, para que la sociedad piense en alternativas viables, funcionales y eco amigables; como el uso de contenedores (Molina,2014). El uso de contenedor en arquitectura comienza a experimentar un interesante desarrollo y consolidación, que hace viable su potencial para generar interesantes soluciones constructivas polivalentes de bajo costo. “Se adecúan a los principios de firmeza y durabilidad, utilidad y abren un infinito potencial de soluciones e interpretaciones estéticas para el arquitecto” (Kotnik, 2009). El rediseño y la adaptación de contenedores es un proceso bastante sensible, pues para considerar habitable una estructura de este tipo hay que realizar diferentes procesos de aislamiento y confort desarrollo que ha hecho que los tiempos no sean tan acelerados. Al tener un espacio definido se pueden diseñar muchas áreas con diferentes materiales que permitan darle un buen aspecto al espacio. Se deben hacer dimensionamientos muy precisos pues en este tipo de proyectos se juega con un espacio reducido. El primero y más importante de los resultados debe ser la reutilización de estructuras tipo contenedor para ser adaptadas como espacios enfocados en dar solución a la vivienda o adecuación de oficinas, bibliotecas, pequeños negocios, áreas administrativas, como producto: adecuación de una estructura modular tipo vivienda que sea totalmente auto sostenible.



# Bloques con materiales PET: Una alternativa para la construcción en el Departamento de la Guajira, Colombia

*Ponente: Richard Manuel Móvil Cujía. Arq.Instructor Sena  
Yina Causil Guerra, Aprendiz; Tecnólogo en Construcción  
Grupo de Investigación: Tecnova  
Centro Industrial y de energías alternativas, Sena Regional Guajira  
E-mail: escator@misena.edu.co*

## Resumen

Hoy existe la necesidad de utilizar plásticos reciclados en la producción limpia, dinámica esencial para el desarrollo de las regiones y el avance de la construcción en zonas de progreso lento, caso específico las comunidades indígenas Wayuu del departamento de La Guajira, Colombia. Hay que indagar diferentes alternativas para la solución de vivienda que apunten a condiciones naturales de vivienda y ofrezcan espacios saludables y confortables, con la utilización de materiales de Plástico Polietilen-Tereftalato (PET) y además crear conciencia ambiental en la región. Este estudio tiene como propósito la fabricación de bloques con materiales PET como alternativa para la construcción en el departamento de La Guajira. Su desarrollo contextual está respaldado teóricamente con los aportes de (Nobuko, 2008). (Chica, 2013). (Fernández,2014). (Miravete,1995). Metodológicamente esta investigación es de tipo Experimental de campo. Participaron aprendices del programa de Tecnólogo en Construcción del Centro Industrial y de Energías Alternativas del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Regional Guajira. El estudio se desarrolló en las siguientes fases: Fase I: Compilación y análisis de información existente; Fase II: clasificación y selección de los materiales; Fase III: fabricación del molde; Fase IV: mezclado de materiales y elaboración de los bloques Fase V: realización de ensayos de resistencia y compresión. Como resultado de este proyecto se presentarán prototipos de bloques fabricados con materiales PET, demostrando su factibilidad en términos de reducción de peso por unidad, resistencias de los materiales utilizados, ventajas en su utilización y reducción de los costos económicos.



# Ecoideas, fabricante de eco-ladrillos a base de RCD

*Ponente: Jaime Arteaga Prado, Instructor, Ing. Civil  
Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos.  
Víctor Alfonso Monsalve Rincón, Tecnólogo en Desarrollo Gráfico  
de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería  
Centro Industrial del Diseño y la Manufactura  
Grupo de Investigación: VESTIGIUM Sena Regional Santander  
E-mail: etovarq@sena.edu.co; vmonsalve115@senaedu.edu.co*

## Resumen

El manejo y disposición inadecuada de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), son un grave problema ambiental, en muchas ciudades del mundo (Reyes, 2010), en el año 2011 las principales ciudades de Colombia produjeron más de 22 mil millones de toneladas de RCD, lo cual alerta a las autoridades ambientales, quienes emiten la resolución 0472 del 28 de febrero de 2017, mediante la cual se busca disminuir las afectaciones contaminantes en el aire, el agua, el suelo y el paisaje, se aplica a toda persona natural y jurídica, que generen, recolecten, transporten, almacenen, aprovechen y dispongan de RCD provenientes de actividades de construcción en el territorio nacional, (MINAMBIENTE 2018, 2017). El objetivo de la investigación es fabricar productos sostenibles bajo las normas Colombianas NSR-10 (AIS, 2010), NTC-4026 (ICONTEC, 1997) como: eco-ladrillos y adoquines con base en RCD reciclado, mediante un sistema de triturado y compactado hidráulico, mitigando los factores contaminantes en el medio. La Metodología que se utilizó fue el análisis del manejo de RCD en Bucaramanga, se concluyó que la gran parte de RCD son depositados en escombreras a cielo abierto, o en ocasiones en vertederos ilegales. Los especímenes elaborados con RCD reciclado se acogen a la norma NTC-4026, la cual nos especifica la fabricación de prefabricados en concreto. Los eco-ladrillos y adoquines modulares, nos dan rendimiento en mano de obra y en mortero de pega hasta en un 30%. Como conclusión se obtuvo que al Implementar el plan de recolección, clasificación y tratamiento de RCD contemplado en esta investigación, se reduciría un porcentaje considerable de estos residuos. Los RCD reciclados se pueden reincorporar a la industria de la construcción en productos sostenibles o en remplazo de agregados. La implementación de tecnologías como BIM permite planificar, analizar y corregir errores en un diseño para mitigar los RCD en obra.

# **Producción de adoquines peatonales a partir de residuos de la construcción y polipropileno y polietileno de alta densidad recuperado utilizando emulsión asfáltica como aglomerante**

*Ponente: Darwin Andrés Piedrahita Aguilar, Tecnólogo en Obras Civiles*

*Grupo de investigación: Semillero de Investigación Innovación Laboratorio-INNOLAB*

*Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - Centro de la Construcción Sena Regional Valle*

*E-mail: Dapiedrahita20@misena.edu.co*

## **Resumen**

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2009) la industria de la construcción genera impactos al medio ambiente por Residuos de Construcción y Demolición – RCD que representan el 30% de la producción mundial de residuos sólidos. Por otra parte, el uso y disposición de plástico a nivel mundial genera impactos globales, entre ellos el llamado “Continente de Plástico”, descubierto en el año 2009. Corresponde a un área aproximada de 1.400.000 km<sup>2</sup> ubicada en el centro del Océano Pacífico Norte, con lamentables impactos en el ecosistema marino. Al considerar este escenario, es oportuno desarrollar tecnologías que permitan producir materiales de construcción a partir de residuos sólidos de la construcción y demolición (RCD) y plástico reciclado como los adoquines que podrían ser utilizados en proyectos de ciclo vías, plazoletas y senderos peatonales, como aporte a la sostenibilidad del sector de la construcción. Como objetivo del proyecto se plantea desarrollar un adoquín (prototipo) a partir de la mezcla de materiales de RCD y material plástico recuperado, que cumplan con las especificaciones y normatividad pertinente y vigente. Los procedimientos metodológicos utilizados fueron: identificación de las escombreras; búsqueda de información sobre la producción de escombros tipo RCD y sobre la demanda de plástico PP Y PEAD a nivel local; recolección y clasificación de los escombros RCD; identificación de las plantas de reciclaje de PEAD y PP para realizar la recolección de material plástico reciclado; estandarizar el proceso de transformación de RCD derivados del concreto a material granular para su utilización en la mezcla asfáltica y así poder caracterizarlo granulométricamente y ajustarlo de acuerdo con las especificaciones; realizar el diseño de mezcla asfáltica a partir de RCD, PP y PEAD



preseleccionados; elaboración del Prototipo de adoquín para evaluar y determinar su comportamiento físico-mecánico. De acuerdo con los resultados parciales del proyecto se concluye que la transformación de los diferentes materiales plásticos reciclados PP, PEAD y RCD a material granular nos permiten realizar un diseño de mezcla asfáltica modificada, para así desarrollar el prototipo de adoquín y evaluar y determinar su comportamiento físico-mecánico. El resultado esperado es el desarrollo de un prototipo de adoquín para la construcción de senderos peatonales, ciclo vías, plazoletas y eco parques a partir del reciclaje de RCD y material plástico reciclado PP y PEAD seleccionado.

# Adaptaciones urbanas lacustres: Prototipo de vivienda para zonas inundables en ronda de río y humedal en el Municipio de San José del Guaviare, Guaviare, Colombia

*Ponente: Jorge Hernán Ospina Duque, Arquitecto, Instructor Sena Centro de Desarrollo Agroindustrial, Turístico y Tecnológico del Guaviare Sena, Regional Guaviare, Semillero de Investigación en Arquitectura y Hábitat–SIHÁBITAT E-mail: jhospina@sena.edu.co*

## Resumen

La problemática existente en el país con las densidades de vivienda y la poca planificación urbana contenida en los actuales planes de ordenamiento territorial, hacen que las comunidades se asienten la mayoría de las veces en sitios no adecuados para la construcción de viviendas y otros equipamientos, esta investigación se refiere al asentamiento irregular de vivienda, el asentamiento El Mosquito de la Ciudad de San José del Guaviare, Colombia que se originó a partir de la toma de terrenos ocasionada a principios de 1991, en las décadas siguientes la densidad aumenta principalmente por familias desplazadas y pescadores. Aproximadamente el 70% de las viviendas de la población del barrio, albergan una o más familias ya sea al interior de la vivienda principal o en viviendas adicionales construidas al interior de los sitios. La situación planteada anteriormente, conllevó a la aparición de un asentamiento irregular permanente con afectaciones ambientales en la ronda del humedal San José (Sector Providencia) y la ronda del río Guaviare respectivamente. La presencia de un asentamiento irregular de viviendas en el Barrio El Mosquito del Municipio de San José del Guaviare en el cuál se resalta la “invasión de viviendas en zona prohibida” por afectación de rondas tanto del río Guaviare como del humedal San José, sumado a esto, el aglutinamiento de viviendas, lo que presenta incumplimiento frente a planeación municipal (construcción y urbanismo), políticas inadecuadas y sin estudios de reubicación o reasentamiento y problemática ambiental, por esto se pretende diseñar y construir un prototipo de vivienda palafítica acorde con zonas lacustres de zonas de influencia de río y humedal para contribuir al mejoramiento del hábitat humano afectado por amenazas de inundación. El objetivo del



proyecto es diseñar una solución de vivienda prototipo adaptable en zonas de riesgo por inundación de acuerdo con normas vigentes, aplicando conceptos de sustentabilidad y bioclimática. Para el procedimiento metodológico se tiene un modelo de ocupación informal de vivienda en zonas de riesgo y se establecen las relaciones del hábitat humano con su entorno y la problemática social proveniente de los hechos antes mencionados. Se ejecuta el proyecto de acuerdo con enfoques y métodos como análisis documentales, encuestas, fichas, registros fotográficos, análisis de caso, mesas de trabajo, consulta de expertos, diseños, maquetas, infografías y animaciones, construcción, búsqueda de materiales y recursos. Como resultados se espera el diagnóstico del hábitat de la población del asentamiento El Mosquito, el diseño de un prototipo acorde con las normas vigentes para solucionar problemas de hábitat en comunidades vulnerables, la construcción sismo resistente adaptable a los entornos próximos lacustres con conceptos de bioclimática y sustentabilidad.

# Software de realidad aumentada como herramienta de presentación de proyectos arquitectónicos

*Ponente: Alvaro Santiago Orozco Rodríguez, Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información*

*Juan Camilo Aguirre Valencia, Aprendiz Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información*

*Grupos de Investigación: Semillero de desarrollo de software y producción multimedial, LEVEL-UP y Diseño y Desarrollo Aplicado GRINDDA*

*Centro de Procesos Industriales y Construcción, SENA - Regional Caldas.*

*E-mail: hsalazarj@sena.edu.co*

## Resumen

El software que se utiliza para la visualización de modelos arquitectónicos 3D está en auge con lo cual se tienen avances en las tecnologías utilizadas para este fin, entre ellas está el uso de la realidad aumentada como fuente para presentar proyectos, aun así, estos no tienen todas las herramientas necesarias para las presentaciones, debido a esto se plantea la investigación para el desarrollo de un software en realidad aumentada con el que se visualicen proyectos arquitectónicos y con el cual se puedan realizar cortes en los tres ejes x,y,z, los cuales proporcionan vistas especiales de los proyectos como la construcción interna de los muros, todo esto basado en el motor gráfico UNITY, apoyado en la plataforma de desarrollo VUFORIA, lo que dará la posibilidad de utilizar el software en dispositivos móviles como un Celular o Tablet con cámara incorporada, permitiendo mostrar los modelados 3D en un entorno real, sobreponiendo en este la imagen digital. El objetivo del proyecto es desarrollar una aplicación con tecnología de realidad aumentada para mejorar los procesos de construcción de visualizaciones arquitectónicas 3D para las necesidades de empresas del sector arquitectónico. La metodología con la que se está trabajando el proyecto es por fases, las cuales están identificadas de la siguiente forma: análisis de requerimientos, diseño de la plataforma, desarrollo de software y validación con usuarios. Los resultados esperados son el análisis de la arquitectura de software que se empleará en el desarrollo del aplicativo de realidad aumentada, el desarrollo del aplicativo en realidad aumentada que cumpla con las funcionalidades establecidas y la adaptación del aplicativo en los procesos de visualización de empresas del sector arquitectónico.



# **El Quindío de frente: Ilustración arquitectónica de fachadas de los conjuntos fundacionales del Departamento para su memoria y difusión. Caso Municipio de Pijao, Quindío, Colombia**

*Ponentes: Jonatán David García Urán y Sonia Andrea Ospina Gil, Aprendices  
Programa Tecnólogo en Desarrollo Gráfico de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería  
Grupo de Investigación: Semillero Representación y Desarrollo Gráfico ReDG  
Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Construcción y la Industria SENA Quindío  
E-mail: fupeguib@sena.edu.co*

## **Resumen**

En el marco de la declaratoria del Paisaje Cultural Cafetero por parte de la UNESCO, el reconocimiento internacional de la red Cittaslow y la certificación como destino turístico sostenible del ICONTEC al municipio de Pijao, Quindío, Colombia se requiere del desarrollo de acciones, proyectos y estrategias para la sostenibilidad del valor histórico, estético y simbólico que poseen los municipios del departamento del Quindío. La investigación plantea generar insumos gráficos-artísticos bajo la técnica de expresión de la ilustración que permitan reconocer el valor arquitectónico de los conjuntos dentro del marco de la plaza fundacional de los municipios del Quindío, haciendo lectura en fachada de los detalles formales, ornamentales y colorimétricos característicos de uno de los procesos habitacionales más importantes del país, la colonización antioqueña. El objetivo de este proyecto es desarrollar ilustraciones arquitectónicas de las fachadas del conjunto fundacional del Municipio de Pijao- Quindío, para su memoria y difusión. La metodología consiste en diseñar una propuesta de expresión grafico-artística que represente las características de la arquitectura en el marco de la plaza fundacional del Municipio de Pijao, con base en una investigación de tipo descriptivo donde se identifican las cualidades de las fachadas arquitectónicas bajo los parámetros de formalidad, ornamentación y colorimetría actuales. El resultado esperado es la bitácora de ilustraciones arquitectónicas de las fachadas del conjunto doméstico de la plaza fundacional del Municipio de Pijao- Quindío, que permita reconocer un lenguaje grafico- artístico y promueva la memoria y difusión del valor arquitectónico de los Municipios del Departamento del Quindío. A manera de conclusión, la ilustración permite la visualización de



piezas arquitectónicas que por su historia, estética y simbolismo tienen un valor dentro del patrimonio mundial, ésta visualización a su vez facilita el acceso y reconocimiento a la información sin las limitantes físico espacial de los territorios y admite explorar nuevas expresiones gráfico- artísticas contemporáneas que contribuyen a la sostenibilidad y memoria de la identidad territorial, la memoria colectiva es la que recompone el pasado y cuyos recuerdos se remiten a la experiencia. (Betancourt, 2017).



# Eficiencias energéticas en el secado de ladrillo de arcilla

*Ponente: Dana Carina Osorio Sogamoso, Programa Tecnólogo en Mantenimiento Electrónico e Instrumental Industrial*  
*Grupo de Investigación: Semillero ConstruQuindío*  
*Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Construcción y la Industria, Sena Regional Quindío*  
*E-mail: dcosorio077@misena.edu.co*

## Resumen

El sector de la construcción requiere de materiales para la elaboración de soluciones de vivienda y otros usos. Dentro de estos materiales se encuentran los derivados de la arcilla, que incluyen diferentes tipos de ladrillos. En este sentido el gremio de productores de ladrillo encuentra limitaciones, debido principalmente al proceso de secado, el cual cuenta con ineficiencias en el campo energético, con afectación en lo ecológico y baja productividad, lo que a la postre lleva a pérdidas en los ingresos, baja en los empleos del sector y menor utilidad para los productores. Por ello se propone realizar un diagnóstico y generar propuestas alternativas de procedimientos de secado en pro de aportar al mejoramiento de la agremiación. (Guerrero, Espinel, y Sánchez, 2016). El objetivo general del proyecto es determinar factores de consumo energético en el secado del ladrillo de arcilla para los agremiados a Eje Arcillas del Eje Cafetero. Como procedimiento metodológico se tiene: Elaborar instrumentos de recolección de información; visita a ladrilleras involucradas en el proyecto, aplicar instrumento para recolección de información, tabulación y análisis de información, elaboración de fichas de caracterización de materiales, construcción de propuestas para procedimientos de secado, selección de alternativa, elaboración de prototipo, manual de manejo. Los resultados que se esperan son las fichas de caracterización de materiales, prototipo y manual. La implementación de los resultados de este proyecto permitirá la incorporación de energía solar fotovoltaica y térmica para el mejoramiento de las eficiencias energéticas en el secado de ladrillo de arcilla para los agremiados a Eje Arcillas, aportando a la mejora en sus condiciones empresariales, así como al menor impacto ecológico.

# Aislamiento término en el asfalto

*Ponentes: David Andrés Rodríguez Lozano y Andrés Felipe Cardoso Piñeros  
Estudiantes séptimo semestre de Ingeniería civil de  
Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué, Colombia  
E-mail: alejandra.aldanag@campusucc.edu.co*

## Resumen

El asfalto generalmente está expuesto a sufrir fallas, deterioros y roturas que causan desde incomodidad en los usuarios de las vías, hasta accidentes. La finalidad de este proyecto investigativo es darle una solución a este problema, para lo cual emplearemos una espuma rígida aislante conocida como poliestireno extruido. El objetivo del proyecto es aislar térmicamente el asfalto para reducir su desgaste. El procedimiento metodológico es analizar el comportamiento del asfalto a diferentes temperaturas y mediante diferentes ensayos (granulometría, estabilidad y flujo, ensayo Marshall), se utilizará el poliestireno extruido, para obtener la capacidad de aislamiento térmico en el asfalto y de esta manera reducir los daños físicos ocasionados por la temperatura. Los resultados esperados son en primer lugar, una resistencia mayor del asfalto a la temperatura y, en segundo lugar, un mejoramiento del estado físico del mismo, procurando una mejor calidad vial a los usuarios.



# Identificación de contaminantes emergentes (CE) presentes en un vertimiento de agua residual y su impacto en la fuente receptora

Ana Carolina Cárdenas Sánchez, Instructora Sena Ingeniera Sanitaria,  
Máster en Tecnología Química y Ambiental. Grupo de Investigación TPIC  
Centro de la Construcción Sena Regional Valle  
E-mail: ancarzan83@gmail.com

## Resumen

Este estudio mide la concentración de contaminantes emergentes, principalmente asociados a productos farmacéuticos, en un vertimiento de aguas residuales a una fuente receptora. Para este estudio se realizará toma de muestras en el vertimiento y la fuente receptora con el fin de analizar el impacto causado y proponer un posible sistema de remoción que minimice dicho impacto. Actualmente hay un creciente interés por los Contaminantes Emergente (CE), que son compuestos de distinto origen y naturaleza química, (Gil, *et al.*, 2012) cuya presencia y posibles consecuencias en el medioambiente, son poco o nada conocidas, dado que sus concentraciones típicas son bajas. No obstante, su presencia continua implica un riesgo ambiental con efectos tóxicos crónicos debido a la exposición prolongada. (Conagua, 2015). Los procesos convencionales con los que operan las plantas de tratamiento de aguas residuales, son ineficientes en la remoción de estas sustancias, por este motivo se hace necesaria la evaluación y optimización de tratamientos más eficaces. (Ainhoa, 2013). El objetivo del proyecto es proponer un posible sistema de remoción de CE asociado a las concentraciones de CE medidas en los puntos de muestreo. la concentración de CE en el punto de vertimiento y en la fuente Como resultado de esta investigación se obtendrán las concentraciones de CE en el punto de vertimiento y en la fuente receptora. Además de una propuesta para evaluar un posible sistema de tratamiento de aguas residuales que favorezca la remoción de CE.

# Efecto del agregado grueso en las propiedades mecánicas del Concreto de Alta Resistenci (CAR)

*Ponente: Daniel Parra Molina y David Alejandro Rojas Rojas*  
*Estudiantes de Ingeniería Civil*  
*Grupo de Investigación: Materiales de Construcción- Matcon*  
*Pontificia Universidad Javeriana de Cali*  
*E-mail: alejandro.rojas@javerianacali.edu.co*

## Resumen

El uso del Concreto de Alta Resistencia (CAR) viene incrementándose en el mundo, especialmente, en proyectos de infraestructura de gran magnitud debido a que conlleva beneficios técnicos, económicos y ambientales. Por tal razón, es necesario que en Colombia se desarrollen proyectos de investigación que busquen conocer a fondo las propiedades del CAR y que de esa manera se utilice con seguridad donde sea más adecuado, así como contribuir con posibles modificaciones de parámetros de diseño, dado su diferencia de comportamiento mecánico con los concretos de resistencia normal. Este proyecto experimental pretende investigar el efecto del agregado grueso en las propiedades mecánicas del CAR. Se fabricarán concretos con diferentes niveles de resistencia dosificados por la metodología ACI 211.4, se usarán cuatro tipos de agregados disponibles en la ciudad de Cali. Los concretos estudiados tendrán, a excepción del agregado grueso, los mismos materiales constituyentes y su composición será muy parecida. Se mantendrá constante la manejabilidad y se estudiará la resistencia a compresión a diferentes edades. Se espera que los resultados del estudio promover el uso de concretos con mayores prestaciones mecánicas y de durabilidad, con el objetivo incentivar el crecimiento del sector de la construcción en conjunto con los avances tecnológicos de los materiales que se utilizan en las edificaciones de nuestro país.



# Canales Autoconstruibles de Saneamiento (CAS) para el drenaje y reducción de carga contaminante en aguas residuales

*Ponente: Ana Carolina Cárdenas Sánchez, Ingeniera sanitaria  
Instructora agua y saneamiento  
Dayan Herleyn Chavarro Danzo, Aprendiz Sena, Tecnología en  
agua y saneamiento Grupo de Investigación: TPIC  
Centro de la Construcción Sena Regional Valle  
E-mail: ancarzan83@gmail.com*

## Resumen

Este proyecto propone evaluar el funcionamiento de los Canales Autoconstruibles de Saneamiento (CAS) en la reducción de carga contaminante y el drenaje de aguas residuales domésticas. Para esto se construirá un prototipo a escala piloto que permitirá la validación de su funcionamiento y su posterior aplicación a escala real. Se realizarán mediciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con el fin de calcular la eficiencia en la remoción de la carga contaminante. La producción de aguas residuales es una consecuencia ineludible de las actividades humanas. Dichas actividades alteran la calidad del agua de la fuente receptora, contaminándola y evitar así que pueda ser utilizada en posteriores aplicaciones. (Secretariado Alianza por el Agua, 2008). En zonas con escasos recursos técnicos y económicos, se hace necesario el uso de tecnologías no convencionales de tratamiento de aguas residuales. (Pidre *et al.*, 2007). Dentro de las tecnologías no convencionales tenemos a los CAS, estos son canales autoconstruibles por la propia comunidad, excavados y posteriormente rellenos con piedras estratégicamente dispuestas, para permitir la circulación y evacuación de las aguas residuales generadas por una población (Pozo, 2009). Como objetivo el proyecto plantea evaluar el desempeño del CAS construido a escala piloto, en el drenaje y remoción de carga contaminante de las aguas residuales domésticas. Como resultado se espera obtener un análisis de eficiencia de los CAS en la remoción de cargas contaminantes de las aguas residuales.

# Evaluación del potencial aprovechamiento del cascarón de huevo para estabilizar el pH de aguas residuales

*Ponente: Alejandra Aldana Giraldo, Estudiante universitaria de séptimo semestre de ingeniería civil,*

*Grupo de Investigación: Grupo Aqua*

*Universidad Cooperativa de Colombia- Sede Ibagué*

*E-mail: alejandra.aldanag@campusucc.edu.co*

## Resumen

El consumo prolongado de aguas ácidas afecta a los órganos con los que entra en contacto lo cual causa molestias a sus consumidores, es por eso que este proyecto ofrece una solución para neutralizar el pH en este tipo de aguas de una forma fácil y más económica que la utilización de Cal Viva, además de ayudar al medio ambiente puesto que el cascarón de huevo es uno de los desechos más comunes hoy en día. El objetivo de este estudio es evaluar el potencial aprovechamiento del cascarón de huevo para la estabilización de pH de aguas ácidas. El procedimiento metodológico es la preparación de la solución con cascarón de huevo en una concentración de 0,5 gr/ml. Se utilizaron aguas provenientes del lavado del café, se realizaron pruebas mediante la aplicación de la solución de cascarón de huevo en diferentes dosis. Los resultados que se obtuvieron como resultado de este proyecto son muy provechosos, ya que se pudo estabilizar el pH de aguas ácidas con una solución de 0,5 gr/ml (agua-cascarón de huevo). Se harán pruebas de calcio y dureza de calcio, así como dilución y otros ensayos que nos permitan posteriormente retirar el cascarón del agua. Como conclusiones se tienen: con el cascarón de huevo se puede neutralizar el pH de agua ácidas, esta solución alternativa puede implementarse en zonas rurales y urbanas que se encuentren afectadas por el indebido tratamiento de aguas crudas o que carezcan del mismo.



# Diagnóstico de la fuente de abastecimiento El Silencio, Corregimiento Los Andes, Municipio de Cali, Colombia para la implementación de un sistema de potabilización de agua

*Ponente: Alejandro Bravo Bravo. Aprendiz, Sena Programa de Tecnología en Agua y Saneamiento.*

*Ana Carolina Cárdenas. Instructora Sena, Ingeniera Sanitaria  
Máster en Tecnología Química y ambiental*

*Grupo de Investigación: TPIC*

*Centro de la Construcción Sena Regional Valle*

*E-mail: abravo182@misena.edu.co, ancarzan83@gmail.com*

## Resumen

Este proyecto pretende diagnosticar en la fuente de abastecimiento de agua El Silencio, Corregimiento Los Andes, con parámetros físicos, químicos, y microbiológicos, muestras que posteriormente serán analizadas in situ y otras en laboratorio de acuerdo con la necesidad. De igual forma se determinará el tratamiento adecuado al que se debe someter el agua cruda de este afluente. El agua es un recurso vital para el ser humano, pero el mal manejo de vertimientos domésticos e industriales la contaminan, esto va ligado con la falta de sentido de pertenencia de las personas, lo cual hace más difícil su tratamiento. Recientemente se puede notar los altos niveles de contaminación en las fuentes de agua, por tal motivo este recurso hídrico debe ser sometido a tratamientos para su debido consumo (Sena, laboratorio Cinara 2017). En las zonas rurales el tratamiento de los afluentes se dificulta por la falta de recursos económicos, esto conlleva a la propagación de enfermedades de origen hídrico (Moreno, 2016). El objetivo de este estudio es caracterizar mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos el agua de la fuente de abastecimiento El Silencio, ubicado en el corregimiento Los Andes, Municipio de Cali, y de acuerdo con las normas establecidas y de este modo determinar el tratamiento adecuado que se le debe dar a este tipo de agua cruda. Como resultado de esta investigación se obtendrán los resultados que permitan definir el tratamiento correspondiente que se le debe dar al agua cruda.



# Evaluación de la dilación térmica en materiales del sector de la construcción

*Ponente: Danny José Villota Rojas, Tecnólogo en Obras Civiles*

*Grupo de Investigación: Semillero Innovación sostenible para el futuro, ISOPAF.*

*Centro de la Construcción Regional Valle*

*Departamento de Tecnología de la Escuela de Arquitectura la Universidad del Valle*

*E-mail: Djvillota1@misena.edu.co*

## Resumen

El cambio climático del planeta, con lluvias que azotan a la mayoría de países y la elevación de la temperatura causan grandes estragos en todas las actividades del ser humano. Colombia no se queda atrás, nuestro país sufre cambios significativos a lo largo de décadas que dejan un país con suelos erosionados, desglaciación, cambios en los ecosistemas marítimos y terrestres; según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 1971-2015) la temperatura promedio del país ha aumentado  $0,8^{\circ}\text{C}$ , siendo la temperatura promedio de Colombia  $22,2^{\circ}\text{C}$ . Al finalizar el siglo la temperatura promedio del país aumentará  $2,4^{\circ}\text{C}$ , estos cambios los percibe la población en general que se queja por la incomodidad térmica en su entorno. El sector de la construcción a causa de este factor se ocupa en el desarrollo de nuevas “barreras” en contra de las altas temperaturas y así mejorar el confort higrotérmico de las viviendas, para esto se utilizan materiales que incluyen desde su fabricación un tipo de barrera térmica como lo son las placas de espuma rígida de poliuretano y otros que funcionan en complemento con otros materiales como aislante aluminizado térmico o thermolon, motivo por el cual se vio la necesidad de destinar recursos para iniciar una investigación con el fin de realizar la medición de las barreras térmicas mediante el confort higrotérmico en las viviendas sostenibles, se tiene en cuenta la dilación que brindan las barreras térmicas a los diferentes materiales utilizados. El objetivo del proyecto es: diagnosticar el uso de las barreras térmicas para la aplicación en viviendas sostenibles que permitan disminuir la transmisión de calor. El procedimiento metodológico comprende: 1. Identificar tipos barreras térmicas. 2. Evaluar barreras térmicas. 3 Definir el prototipo para la evaluación. 4. Evaluar el diferencial de temperatura. Con base en resultados parciales sobre el comportamiento de la barreras térmicas con otros materiales y del análisis de los resultados obtenidos se evidencia una dilación significativa de  $2,5^{\circ}\text{C}$ . El beneficio alcanzado se obtiene al complementar dos materiales de construcción como son la placa de fibro cemento y el tablero de virutas orientadas Oriented Strand Board – OSB con aislante aluminizado térmico o thermolon.



# Diseño de aerogeneradores flotantes en el aire para población con infraestructura energética insuficiente

*Ponente: Leider Gaitán Laguna, Instructor de electricidad y electrónica  
Grupo de Investigación: Semillero en investigación en Energía Renovable  
Siglo XXI – ENERGY-SXXI  
Centro para el Desarrollo Tecnológico de la Construcción y la Industria  
Sena Regional Quindío  
E-mail: Legal13@misena.edu.co*

## Resumen

El consumo de energía en Colombia y en el mundo está en pleno crecimiento debido a la industrialización de los países. Como consecuencia de esto, el consumo de electricidad también se incrementa y las formas tradicionales de generación energética no satisfacen a una población en aumento que tiene conciencia de la protección del medio ambiente y la reducción de la huella de carbono. El problema de los generadores eólicos sobre el suelo es que las corrientes de aire no son grandes ni predecibles en consecuencia hay que fabricar enormes torres (cuanto más altas, mejor) que son muy caras. De manera que una posible solución es no construirlos sobre el suelo, sino en el aire, es decir construir una plataforma flotante en el aire que albergue un generador eólico, llevaría la tecnología de aerogenerador eólico como una propuesta verde para la generación de energía eléctrica en una finca de Córdoba, Quindío, Colombia no interconectada. El proyecto busca utilizar las corrientes de viento a altitud más constantes y potentes que las que soplan a la altura de una torre convencional. Por medio de un sistema flotante en el aire que albergue un generador eólico se ubica en Córdoba, Quindío en una finca de bajos recursos que por su condición geográfica no está en las zonas eléctricamente interconectadas. Para Implementar una plataforma flotante en el aire que soporte un generador eólico, se localiza la altura mínima para obtener velocidades de viento constantes y se realiza un monitoreo del generador eléctrico. El objetivo del proyecto es utilizar corrientes de viento a altitud, más constantes y potentes que las que soplan a la altura de una torre convencional. Por medio de un sistema flotante en el aire que albergue un generador eólico. Resultados esperados del proyecto son: Localizar la altura mínima para obtener velocidades de viento constantes en el municipio de Córdoba Quindío. Implementar una plataforma flotante en el aire para soportar

un generador eólico. Implementar un dispositivo para medir las condiciones atmosféricas y magnitudes eléctricas del aerogenerador. Evidenciar la reducción en tiempo de carga de las baterías del sistema de generación.



# **Sistema solar fotovoltaico, híbrido bajo técnica (off grid) y de monitoreo como apoyo al mejoramiento de consumo energético del Centro Industrial del Diseño y la Manufactura (CIDM), Sena Regional Santander con direccionamiento directo del edificio administrativo en caso de cortes y suspensión energética**

*Ponentes: María Paula Castro Quintero, Aprendiz Tecnoacademia, Sena Bucaramanga  
Ana Sofía Manzano Calderón, Aprendiz Tecnoacademia, Sena Bucaramanga  
Grupo de Investigación: Semillero TIC-CIDM  
Centro Industrial del Diseño y la Manufactura, CIDM Sena Regional Santander  
E-mail: bparrag@sena.edu.co*

## **Resumen**

El uso y aplicación de nuevas tecnologías con energías renovables en es muy poco en el departamento de Santander, Colombia, el poco aprovechamiento de los recursos naturales para la generación de energía, específicamente los rayos solares implican perder la oportunidad de implementar estrategias sostenibles que permitan disminuir los impactos negativos causados por los procesos convencionales de generación de energía eléctrica. En el Centro Industrial del Diseño y la Manufactura del SENA Regional Santander, como en la mayoría de Centros, el consumo energético es bastante elevado lo que promueve la búsqueda de diferentes alternativas para mitigar el consumo o para darle un mejor aprovechamiento a recursos naturales que están al alcance de todos como la energía solar. La implementación de sistemas con energía solar fotovoltaica permite darle un enfoque ambiental innovador a cada uno de los procesos que se desarrollen en la entidad. El objetivo de este proyecto es diseñar e implementar un sistema híbrido con energía solar fotovoltaica bajo técnica (off grid) y de monitoreo como apoyo al mejoramiento de consumo energético del Centro Industrial del Diseño y la Manufactura CIDM, con direccionamiento directo del edificio administrativo en caso de cortes y suspensión energético. La propuesta metodológica consiste en investigar los tipos de sistemas acumuladores útiles en Colombia según factores climatológicos y de locación, analizar de manera matemática y con el apoyo de planos eléctricos el consumo total del área donde

se va a dirigir la energía producida por el sistema, desarrollar requerimientos precisos y características técnicas para la adquisición de los equipos, instalar equipos implementando el sistema híbrido de tal manera que automáticamente cuando haya ausencia de luz, el sistema se active y provea el área administrativa además de instalar un sistema de monitoreo que muestre la generación y eficiencia del sistema solar fotovoltaico.



# Evaluación del comportamiento de las nanopartículas de dióxido de titanio en las pinturas como agente anticorrosivo

*Ponentes: Daniela Rojas Gelvez y Andres Felipe Tellez Ortega  
Aprendices Programa Nanotecnología Tecnoacademia-Bucaramanga  
Centro Industrial del Diseño y la Manufactura, CIDM Sena Regional Santander  
E-mail: hmahecha@sena.edu.co*

## Resumen

El impacto de la corrosión en la industria es muy frecuente dado que es un fenómeno que ataca directamente a los metales y debilita su estructura. Los costos de ignorar este problema son elevados y las consecuencias pueden ser catastróficas. Debido a la falta de control de la corrosión, se evaluarán las propiedades de las nanopartículas de dióxido de titanio desarrollando una mezcla con pinturas tradicionales que mejore el problema de este fenómeno en la industria de la construcción. La utilización de la nanotecnología es una prioridad en el desarrollo científico para la producción de nuevos materiales. El uso de nanopartículas de  $TiO_2$  permite obtener nanomateriales con propiedades superiores a los materiales convencionales, presentan propiedades mejoradas y diferentes a las de tamaño macro. Dichas nanopartículas les darán un enfoque innovador a las pinturas tradicionales y contrarrestan la corrosión a bajo costo. El Objetivo del proyecto es evaluar el comportamiento de las nanopartículas de dióxido de titanio ( $TiO_2$ ) como agente anticorrosivo adicionado a las pinturas tradicionales, en el sector de la construcción. La Metodología se basa en sintetizar las nanopartículas de  $TiO_2$  por el método SOL-GEL, pasando por 4 fases: hidrólisis, poli condensación, secado y descomposición temática. Se producirán pinturas básicas de diferentes colores las cuales se mezclarán con las nanopartículas que se obtienen y se realizarán pruebas en diferentes medios corrosivos. Conclusiones: Se espera obtener una mezcla de pinturas que se pueda aplicar como recubrimiento inhibidor de la corrosión en la industria de la construcción, a fin de que se convierta en un agente preventivo y correctivo de los diferentes tipos de corrosión a un bajo costo.

# Una alternativa para la sostenibilidad de la industria cementera: Uso de residuos de la minería del carbón como material cementante suplementario

*Ponente: Jose Rodríguez Rodríguez. Ingeniero Químico estudiante de maestría en ingeniería de materiales y procesos.*

*Grupo de Investigación: Cemento y Materiales de Construcción*

*Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*

*E-mail: jjrodriguezrodr@unal.edu.co*

## Resumen

Entre el 5 y 7% de la emisión total de CO<sub>2</sub> se debe a la producción de cemento (Frías *et al.*, 2015). Una alternativa para reducir el consumo de Clinker es el uso de residuos como materia prima. En la minería del carbón, entre el 40 y 60% del peso bruto del carbón corresponde a residuos estériles (Beltramini, Suarez, Guilarducci, Carrasco, y Grether, 2010). El Objetivo del proyecto es desarrollar conocimiento sobre la activación de un residuo del carbón que permita su incorporación en el proceso productivo del cemento a partir del entendimiento de los fenómenos físico-químicos que ocurren al momento de ser calcinado y sometido a procesos de mejora. Metodología: Comparar resultados parciales de un residuo colombiano, determinar mediante DRX, ATG/ATD, FTIR y SEM, las características físico-químicas y mineralógicas, estudiar el efecto sobre la actividad puzolánica y propiedades mecánicas en matrices de cemento. Resultados: Estos residuos están compuestos en su mayoría por SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y sus minerales principales son cuarzo y caolinita. Las condiciones óptimas de calcinación varían entre 600 y 850°C, durante 1 a 3 h, y a una tasa de 10 o 20°C/min. Conclusiones. El proceso de activación con mejores resultados y posibilidad de replicarse a escala industrial es la activación térmica tradicional, donde una sustitución hasta del 20% en matriz de cemento permite un desempeño mecánico adecuado.



# Criterios generales de diseño y construcción para el metro subterráneo en la ciudad de Bogotá D.C. Colombia

*Ponente: Ángela Marcela Castañeda Jaimes, Grupo de Investigación Facultad de Ingeniería Civil (GIFIC) Semillero Geotécnica y de Pavimentos (EICS) Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C*  
*E-mail: angelacastaneda@usantotomas.edu.co*

## Resumen

Para solucionar los problemas de movilidad en Bogotá se considera la construcción de un metro subterráneo como una de las alternativas más viable. Sin embargo, los estudios técnicos realizados al respecto plantean que este proyecto requiere superar nuevos retos de la ingeniería ya que el subsuelo de la ciudad está principalmente conformado por arcillas blandas con un nivel freático cercano a la superficie. Este proyecto de investigación tiene como objetivo definir los criterios generales de diseño y construcción para tan importante obra. La falta de planeación ocasiona que la ciudad de Bogotá no cuente con una infraestructura para el transporte masivo adecuada y suficiente, esto causa un problema de movilidad que afecta la calidad de vida de los ciudadanos. Para el desarrollo del proyecto inicialmente se realizará un modelo geológico-geotécnico teniendo en cuenta las características hidrogeológicas, con base en información secundaria de un tramo sobre el alineamiento del metro, que servirá para analizar los efectos de los procesos constructivos en el comportamiento de cambio volumétrico del subsuelo. Así mismo se realizarán revisiones, con base en estudios de casos históricos, sobre sistemas constructivos de excavación de túneles en suelos blandos arcillosos y el comportamiento de las estructuras de retención de tierras realizadas durante las diferentes etapas constructivas. También se analizarán los efectos de subsidencia y deformaciones del suelo monitoreadas en la actualidad. Conclusiones. Las condiciones geotécnicas no deberían representar un impedimento para la construcción de un metro subterráneo y por lo contrario se debería asumir como un desafío para la ingeniería, entendiendo que en el mundo se afrontan este tipo de retos desde hace más de 100 años.



# Desarrollo de una aplicación móvil para realizar el seguimiento a las obras de construcción en tiempo real, en el Municipio de Pasca, Cundinamarca, Colombia

*Ponentes: Isabel Machado Cadena, Ingeniera Civil, Sena  
Mateo Sandoval Luna, Aprendiz SENA Tecnología de Análisis  
y Desarrollo de Sistemas de Información  
Centro Agroecológico y Empresarial, Sena Regional Cundinamarca  
E-mail: imachado7@misena.edu.co*

## Resumen

El Decreto 1203 de 2017 establece que se debe realizar el seguimiento y vigilancia a las construcciones a través del proceso denominado Control Urbano. Es importante señalar que el proceso implementado por la Secretaria de Planeación de Pasca se limita a responder las denuncias o quejas interpuestas por la comunidad en general, este control debe ser también preventivo verificando que las construcciones cumplan con lo establecido en la licencia expedida. Este proyecto tiene con fin diseñar e implementar una aplicación para dispositivos móviles cuyo propósito sea realizar el seguimiento en tiempo real de las obras de construcción. La finalidad es obtener información de forma precisa sobre el estado actual, legalidad y factores de sostenibilidad en forma ágil y debidamente georreferenciada, permitiendo la posterior consulta a través de una interfaz web. Metodología. Analizar las peticiones o requerimientos de los usuarios o entidad. Plasmar la solución mediante diagramas o esquemas, considerando la mejor alternativa al integrar aspectos técnicos, funcionales, sociales y económicos. Programar el producto, tanto la aplicación móvil como la aplicación web. Verificar el funcionamiento de la aplicación en diferentes escenarios y condiciones. Entregar aplicación, documentación y el manual del sistema. Resultados. El proyecto se encuentra en la fase de análisis y pretende obtener los siguientes resultados: Establecer un proceso estándar modelo para otros municipios y ciudades. Registrar el estado, legalidad y factores de sostenibilidad de la obra de construcción. Centralizar toda la información recopilada sobre las obras de construcción. Establecer un canal de comunicación entre la Secretaria de Planeación y la Inspección de Policía. Conclusiones.



La implementación de la aplicación permitirá a la Secretaría de Planeación optimizar el proceso actual de Control Urbano, pasando de dos formatos físicos diligenciados en dos tiempos diferentes a un solo formato digital que reúna toda la información requerida. Además de esto los informes derivados de estas visitas podrán ser consultados por la Inspección de Policía, en caso de requerir el sellamiento a las obras de construcción.

# Aplicación de drones para cuantificar el deterioro de la malla vial del Municipio de Pasca, Cundinamarca, Colombia

*Ponentes: Sandra Milena Castaño Sánchez. Ingeniera catastral y geodesta  
Jorge Arturo Monroy Rojas, Aprendiz SENA Tecnología en topografía  
Semillero de Investigación en Topografía SITOPO  
Centro Agroecológico y Empresarial, Sena Regional Cundinamarca  
E-mail: smcastano85@misena.edu.co*

## Resumen

El Municipio de Pasca en el 2014 elaboró un diagnóstico territorial que incluyó las vías, pero no determinó áreas, volúmenes, ni clasificó los tipos de fallas por pavimento, por lo que la administración municipal carece de esta información. Dichos datos se consideran importantes pues permiten formular un plan de acción para recuperar las vías, lo que a su vez reduce tiempos de desplazamientos y aumenta la conectividad de todos los sectores del casco urbano. El Objetivo del proyecto es cuantificar el nivel de deterioro de las vías de la zona urbana del Municipio de Pasca. La metodología del estudio comprende: La fase I levantamiento de cuatro tramos viales de la zona urbana, aplicando la metodología de INVIAS (2006) que requiere un recorrido a pie para la inspección visual del estado del pavimento y el diligenciamiento de un formato que incluyó variables como carril, losa, tipo de falla, medidas de la losa, ancho y fondo del área afectada, severidad y fotografía. Para identificar el área afectada de cada tramo se utilizó pintura de diferentes colores que indican la severidad. Se procesó y se analizó la información estadísticamente se incluyeron variables como: Tramo, abscisa inicial y final de cada tramo, total de placas, número y porcentaje de placas afectadas. La fase II consiste en la obtención de imágenes con drones, su procesamiento con software Pix4d y la generación de cartografía temática. Conclusiones: Los tramos viales en pavimento rígido inspeccionados se encuentran en mal estado, con grietas longitudinales, transversales, de esquina y en bloque, cuyo nivel de severidad es alto. En cuanto a rendimientos una comisión conformada por cuatro personas, en un minuto inspeccionó 2,21 metros de vía o 17,34 m<sup>2</sup>. El costo de inspección de un metro de vía oscila en \$ 2.412, o \$ 307,40 por m<sup>2</sup>. Se espera que la toma de imágenes obtenidas con el dron y su procesamiento sea más ágil y que los costos disminuyan con relación a la inspección manual.



# Implementación de códigos QR para identificación de puntos geodésicos en el Municipio de Pasca Cundinamarca, Colombia

*Ponentes: Sandra Milena Castaño Sánchez. Instructora SENNOVA  
Ingeniera Catastral y Geodesta  
Isabel Machado Cadena. Instructora Ingeniera Civil  
Semillero de Investigación en Topografía SITOPO  
Centro Agroecológico y Empresarial, Sena Regional Cundinamarca  
E-mail: smcastano85@misena.edu.co. imachado7@misena.edu.co*

## Resumen

Se planteó la adaptación de la tecnología de Códigos QR a los puntos geodésicos, dando la oportunidad al usuario de obtener más información directamente en el punto. Al implementar la tecnología QR en los puntos geodésicos de la red SITOPO, se genera una herramienta práctica que facilita la georreferenciación de los predios incluidos en la restitución de tierras en el post-conflicto y se puede implementar para llevar informes de control y reglamentación del área agronómica y el área de protección ambiental; con el fin de generar conciencia en cuanto al cuidado y preservación del páramo. El objetivo del proyecto es implementar códigos QR en los puntos geodésicos esto puede ser escalable, al punto de llevarlo a cualquier municipio del territorio nacional y puede enlazarse a otras redes geodésicas del país. Metodología: Con el fin de lograr el objetivo propuesto se construyeron 12 mojones o vértices geodésicos, cumpliendo las especificaciones dadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (IGAC, 2012). En el momento de instalar los puntos geodésicos, se agrega una placa que contiene el código QR. Resultados: Al escanear dichos códigos con su dispositivo móvil, la persona podrá ver la información básica del punto, así como un enlace a la página Web del semillero. Dicha página tiene disponible un mapa básico de la Red SITOPO. Una persona podrá ingresar a la página Web para consultar y descargar información (mapas, informes y artículos) y relaciones con el uso del suelo. Conclusiones: El Aplicativo Web SITOPO Plus, que contiene la información de la Red SITOPO, ya está diseñado y codificado (The Java™ Tutorials, 2017) y tiene incluida la tecnología QR, que permite la creación de los códigos y su información adjunta (Enlaces Web). El Aplicativo ya está en línea, se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento en campo.

Con base en las pruebas de posicionamiento realizadas en campo y el testing del aplicativo web realizado en los simuladores y en un servidor real, se determina que el enlace entre los códigos QR y el aplicativo es efectivo, obteniendo información en el punto, del páramo del Sumapaz, el cual se ve amenazado por malas prácticas ecológicas. El Aplicativo Sitoplus, ofrecerá mapas de senderos eco-turísticos del Páramo, informes de control y reglamentación del área agronómica y protección del medio ambiente; con el fin de generar conciencia en cuanto al cuidado y preservación del páramo.



# **Evaluación del comportamiento geotécnico del suelo de origen volcánico estabilizados con cenizas provenientes de cisco de café y cáscara de coco como material para subrasante**

*Pia Andrea Claveria, Estudiante de X semestre del programa de Ingeniería Civil*

*Programa de ingeniería civil*

*Grupo de Investigación: Grupo Aqua*

*Universidad Cooperativa de Colombia- Sede Ibagué*

*E-mail: Yelena.Hernandez@campusucc.edu.co*

## **Resumen**

El cisco de café y la cascara de coco son subproductos que pueden ser calcinados de manera que por su composición química y tamaño de partícula proporcionen estabilidad a suelos de origen volcánico. Este proyecto tiene como fin evaluar el comportamiento geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con ceniza de cisco de café y cascarilla de coco como material para subrasante. Metodología: La zona de estudio cerca al Municipio de Murillo Tolima, Colombia aledaño al volcán Nevado del Ruiz, se realizó análisis documental con el fin de establecer el estado del arte del tema en mención. se procedió a realizar la toma de muestras alteradas e inalteradas para la realización de ensayos de laboratorio (clasificación granulométrica, límites de atterberg, ensayo de compactación y ensayos de cbr), se calcinará del cisco de café y la cáscara de coco y se realizará análisis químico y granulométrico de la misma; a continuación, se mezclará el suelo volcánico y la ceniza de la biomasa y se determinará el porcentaje de mezcla óptimo, se elaboran mapas de resistencia que permitan comparar la calidad del suelo estabilizado con la biomasa. Los resultados de esta investigación están en curso, inicialmente se realizó la toma de muestras y de los ensayos preliminares se obtuvo que el suelo volcánico reacciona a los cambios de temperatura cambiando su estructura, posee alto porcentaje de tamaño arena fina, la proporción del suelo fino es tipo MH, de alta plasticidad, la humedad óptima es muy alta debido a que el suelo tiene alta capacidad de retener humedad.

## SMART BASKET

# Desarrollo de un prototipo de caneca móvil inteligente basado en el internet de las cosas abastecida con energía solar, para mejorar el procedimiento de recolección de basura en áreas comunes

*Ponentes: Ericson Alexander Pérez Estupiñán, Aprendiz Sena  
Alfonso Rene Quintero Lara, Facilitador Línea TIC  
Centro Industrial del Diseño y la Manufactura CIDM, Sena Regional Santander  
E-mail: renequintero@misena.edu.co*

## Resumen

Las canecas inteligentes son dispositivos fijos de recolección de basura equipados con sistemas electrónicos que tienen la capacidad de enviar información y comunicar cuando están listas para desocupar. Todo esto es posible a través del internet de las cosas con el fin de proporcionar al ser humano una serie de ventajas que faciliten su vida diaria. Con este proyecto lo que se busca es mejorar la accesibilidad a estas canecas y por medio de una app instalado en el teléfono celular. Generalmente las canecas de basura que se localizan en áreas comunes, en su mayoría son elementos que se encuentran en un lugar fijo, son poco accesibles y difíciles de ubicar. Por lo general tienen en la parte superior una tapa y hay que utilizar la mano para poderla abrir. Surge la pregunta: ¿cómo hace una persona en silla de ruedas o que use muletas o bastón o de edad avanzada para ubicar la caneca y depositar la basura? Con este trabajo se pretende desarrollar un prototipo de caneca móvil inteligente basado en el internet de las cosas abastecida con energía solar para mejorar el procedimiento de recolección de basura en áreas comunes. Metodología. Este proyecto utiliza la metodología STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) y como es un proyecto productivo pedagógico plantea la estrategia de aprendizaje mediante resolución de problemas con contenidos y procedimientos de las disciplinas implicadas. Se trata, de que los estudiantes trabajen en el aula de forma similar a como lo hace un ingeniero cuando afronta un problema. Resultados. El desarrollo del prototipo se encuentra en su primera fase, se construyó con material plástico y un sistema de comunicación inalámbrica con arduino. Para la segunda fase se implementará el protocolo de comunicación por medio de una app móvil.



# Polímeros en la construcción de vías sostenibles

*Ponentes: Shirley Patricia Ballén Quintero  
Lucy Carolina Castro Pinzón, estudiantes de Ingeniería Civil  
Universidad Militar Campus, Cajicá, Cundinamarca.  
E-mail: shirlyballen14@gmail.com*

## Resumen

Los polímeros por sus propiedades físicas, químicas y su bajo costo, tienen lugar en las grandes industrias como el material favorito para crear todo tipo de uso diario. Su origen es en un concurso realizado en 1860 gracias al fabricante de bolas de billar Phelan and Collander, el plástico artificial se convierte en uso cotidiano mundial, se desarrolla gracias a su par natural “la celulosa”. Con el paso de los años se descubrieron nuevos derivados tales como “el polietileno” en los años 30 al igual que “el poliestireno” y “el nylon”; en los años 50 se descubre “el polipropileno”. En la ingeniería se utiliza este material en pegantes, retardantes, remplazo de vidrios, cobertura de cables de alta resistencia, tuberías, entre otros usos. En la actualidad este material es indispensable para el hombre, pero también es un problema que crece exponencialmente. El daño ambiental es un tema preocupante, sus propiedades lo convierten en un material fuerte y resistente, su degradación es muy demorada, es el contaminante más grande; depositándose en islas de plástico que atentan contra el ecosistema presente. De esta manera surgen ideas innovadoras de infraestructura en el área de urbanismo sostenible para hacer frente a este gran problema. Una de ellas es el uso de polímeros en la construcción de placas viales; utilizando objetos de plástico y sometidos a compresión, se obtienen placas que sirven como una nueva tecnología en la construcción de carreteras. Y no solo es rentable, también facilitaría la mejora de las vías, ya que sería sencillo remover una pieza dañada y reemplazarla por otra. Esta ingeniosa idea nace en Holanda, por la empresa Volker Wessels. Como investigación se quiere estudiar y analizar las propiedades y características de los polímeros en diferentes temperaturas, pues podremos verificar qué cambios podrían sufrir ya que el clima puede variar la resistencia del material, concluyendo que tan rentable y buena es esta propuesta para nuevas y futuras tecnologías viales.



# Desarrollo de un prototipo de unidad de mampostería para elaboración de fachadas verdes

*Ponentes: Cristian Rafael Meza López y Jesús Alberto Pacheco Berrocal*  
*Aprendices Tecnólogo en Construcción*  
*Centro de Comercio, Industria y Comercio Sena Regional Córdoba*  
*E-mail: ljulio@sena.edu.co*

## Resumen

En la medida que las ciudades albergan un mayor número de personas, la naturaleza se pierde debido a las grandes edificaciones e infraestructura que se construyen, de acuerdo con la problemática ambiental a nivel mundial y regional, en el sector de la construcción se requiere diseñar e implementar nuevos materiales que permitan mitigar el impacto ambiental que este sector genera, ya que cada día que pasa el aumento de gases de efecto invernadero contaminan el aire limpio, producen aumento de la temperatura en las ciudades, el presente proyecto permitirá integrar las edificaciones con la naturaleza para crear jardines verticales que además de ser estéticamente vistosos, mejoran la eficiencia de las edificaciones donde se instalan y así contribuir con la sostenibilidad de las edificaciones (Muños y Torres, 2013, Priego González de Canales, Jürgen, Breuste, y Hernández, 2010) El Objetivo de este proyecto es fabricar un prototipo de unidad de mampostería estructural para el sector de la construcción como estrategia sostenible para mitigar el impacto ambiental de las edificaciones. Metodología: Diseño arquitectónico del prototipo de la unidad de mampostería, diseño de la formaleta para la unidad de mampostería, diseño y preparación de las mezclas, pruebas de laboratorio a las mezclas y a las unidades de mampostería, selección de la mezcla adecuada de acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas, elaboración de las unidades de mampostería, instalación de las unidades de mampostería. Los resultados esperados son la elaboración del diseño de la unidad de mampostería estructural y su respectiva formaleta, elaboración de los diseños de mezcla, realización de pruebas de ensayo de la mezcla y las unidades de mampostería, verificación del proceso de instalación de las unidades de mampostería estructural. **Metodología para la**



# mitigación de la corrosión en estructuras metálicas y de concreto reforzado por medio de la protección catódica por corriente impresa

*Ponentes: Mateo Perez Diaz y Sandra F. Ascuntar, estudiantes Programa*

*Instalaciones eléctricas residenciales*

*Grupo de investigación: Semillero de Investigación Innovación Laboratorio-INNOLAB*

*Centro de la Construcción, Servicio Nacional de Aprendizaje Sena, Regional Valle*

*E-mail: mateoperez10@hotmail.com*

## Resumen

Con el transcurrir de los años se evidencia como los metales sufren una patología que deteriora su estado de manera agresiva, esta alteración se conoce como la corrosión. Esta es un problema a nivel mundial que año tras año representa pérdidas millonarias para los diferentes gobiernos y empresas, se puede definir como una oxidación acelerada y continua que desgasta, deteriora e incluso afecta la integridad física de objetos o estructuras. En Colombia se evidencia como las estructuras de acero y concreto reforzado sufren transformaciones degenerativas a causa de la corrosión, lo cual es alarmante, ya que uno de los materiales con mayor corrosión es el acero, cuya producción anual está cercana a los 1500 millones de toneladas y la cantidad que se corroe al año es alrededor de 300 millones de toneladas, lo que le genera al país una pérdida de aproximadamente 26.000 millones de pesos al año (Asociación Egresados Universidad Industrial de Santander, 2013). Es por esto que hay la necesidad de desarrollar métodos que le permitan mitigar la presencia de corrosión, entre los cuales tenemos: protección catódica, recubrimientos superficiales, técnica de pasivado (Cuesta Fernandez, 2009). Objetivo del proyecto: Formular un método de protección catódica por corriente impresa para aplicarlo en estructuras metálicas y de concreto reforzado que permita la prevención y mitigación de la corrosión. De manera tal que se minimicen las pérdidas económicas y afectaciones a comunidades por el deterioro prematuro de infraestructura estratégica. Metodología: Identificar tipos de estructura que por sus características técnicas e importancia para el país serán susceptibles de protección. Se creará un listado en orden de importancia. Modelar la estructura a proteger como una carga eléctrica, es decir, que esta se

representara como un elemento de un circuito eléctrico. Definir la ubicación de los electrodos de corriente de tal manera que la corriente impresa se distribuya de forma uniforme con las magnitudes y sentidos necesarios con el fin de contrarrestar la corrosión. Dimensionar la fuente de poder necesaria para inyectar la corriente que se requiere, teniendo en cuenta aspectos de seguridad, medio ambiente y autonomía. Identificar los parámetros eléctricos que sirvan de indicadores observables del nivel de protección alcanzado. Se formula una metodología para la mitigación de la corrosión en estructuras de acero y concreto reforzado, sin importar la topología de las mismas. Análisis comparativo, se toman dos estructuras similares las cuales se someten a ambientes corrosivos, a una de ellas se le aplicará la metodología de protección desarrollada, mientras que la otra se somete de manera natural al mismo ambiente. Análisis costo beneficio en la aplicación del método. Resultados: Presentar una metodología basada en la corriente impresa, que permita proteger infraestructuras en acero y concreto reforzado del deterioro prematuro a causa de la corrosión. Construir al menos un prototipo capaz de proteger contra la corrosión a diversas estructuras, el mismo deberá ser capaz de generar corriente de manera autónoma y limpia utilizando paneles solares y que además su funcionamiento será seguro minimizando el riesgo eléctrico para seres vivos. Crear un ranking que priorice, de acuerdo con criterios económicos e influencia en su entorno, los tipos de construcciones que de ser protegidos representen un impacto positivo generalizado en el bienestar de una comunidad. Conclusiones: Se concluirá sobre la efectividad que logre el método propuesto en detener o prevenir el deterioro de estructuras sumergidas en ambientes corrosivos.



# Evaluación de materiales no convencionales para parcheos de pavimentos

*Ponentes: Camila Andrea Losada Oliveros, y Natalia Leyes Pérez*  
*Estudiantes de Ingeniería Civil*  
*Universidad Cooperativa de Colombia - Sede Ibagué*  
*E-mail: camila.losadao@campusucc.edu.co*  
*leyes.natalia@hotmail.com*

## Resumen

El proyecto propuesto busca determinar las propiedades dinámicas de desempeño en el laboratorio (fatiga, ahuellamiento y módulo dinámico) de dos materiales no convencionales e identificar si éstos podrían ser viables como alternativa, desde el punto de vista mecánico, a una mezcla asfáltica típicamente utilizada para la reparación de baches. La hipótesis planteada consiste en que el desempeño de los materiales no convencionales (resistencia a la fatiga y al ahuellamiento) es significativamente mejor que el de una mezcla asfáltica tradicional, abriendo la posibilidad de su uso generalizado para la reparación de baches en pavimentos flexibles. El objetivo del proyecto es evaluar las características mecánicas de desempeño de materiales no convencionales disponibles comercialmente bajo condiciones controladas de laboratorio y compararlas con las de una mezcla densa en caliente típicamente utilizada en reparaciones localizadas de pavimentos. La metodología es: Consecución de materiales no convencionales y mezcla asfáltica de control. Evaluación de la trabajabilidad de los materiales en el laboratorio. Preparación de Muestras para ensayos de desempeño y ejecución de los mismos bajo diferentes condiciones de temperatura y carga. Análisis de resultados. Resultados parciales y conclusiones preliminares: Se prepararon las muestras de dos materiales no convencionales para parcheo de pavimentos en el laboratorio NCA y NCB y se empezaron los ensayos de laboratorio al material NCA, para evaluar su comportamiento mecánico bajo cargas dinámicas. El material NCA muestra la consistencia y propiedades esperadas, aunque es necesario continuar con la evaluación dinámica para confirmar su aplicabilidad en parcheo de pavimentos. El material NCB mostró expansión por encima de los niveles inicialmente esperados, y es necesario revisar la formulación y confirmar con el proveedor si el material pudo haber tenido un comportamiento no esperado.

# **Determinar el potencial del aceite esencial de la especie Siparuna como aditivo repelente de insectos en construcciones domésticas regionales en el Departamento del Guaviare, Colombia**

*Ponentes: Andrés González, Ingeniero Forestal y Juan Camilo Castro, Ingeniero Civil  
Centro de Desarrollo Agroindustrial, Turístico y Tecnológico del Guaviare  
Grupo de Investigación: Semillero SIFFAS y Semillero SIHABITAT/Grupo Biogigas Guaviare  
Sena Regional Guaviare  
E-mail: andresosky2002@gmail.com*

## **Resumen**

En el Departamento del Guaviare se presentan con mucha frecuencia enfermedades de como el Dengue, Paludismo, Chikungunia, entre otras, transmitidas por dípteros lo cual afecta significativamente a las comunidades rurales. Desde el componente SENNOVA en el Departamento del Guaviare se lleva un desarrollo de tres años en la identificación y formulación de productos naturales con potencial para la repelencia de insectos, como es el caso del aceite esencial de Siparuna guianensis. Es necesario identificar alternativas tecnológicas para integrar productos repelentes de insectos en materiales regionales de construcción como maderas, que permitan ejercer control de la problemática que se identificó y que partan desde la propia oferta de biodiversidad en la región. Este proyecto tiene como objetivo determinar el potencial del aceite esencial de la especie Siparuna guianensis como aditivo repelente de insectos en construcciones domésticas regionales del Departamento del Guaviare. La metodología determina tres componentes básicos: Desarrollo de pruebas de impregnación de soluciones de aceite esencial de Siparuna guianensis en probetas de madera para determinar su comportamiento estructural. Desarrollo de pruebas de repelencia de insectos con probetas impregnadas de repelente natural, Construcción de una estructura habitacional piloto para evaluar la presencia de dípteros y el grado de repelencia aportado. Dentro de los avances que se tienen del proyecto se determinó la selección de cinco especies maderables para ensayos, la incorporación del centro de aprovechamiento sostenible de maderas tropicales del Guaviare, y la determinación de estudios de repelencia de insectos para el aceite esencial de Siparuna guianensis.



# Uso de escombros de la construcción en la producción de unidades de mampostería

*Ponentes: Mayra A. Reyes, Aprendices Programa Tecnología en Construcción  
Sharon López, Aprendiz Programa Obras Civiles  
Centro de la Construcción Sena Regional Valle  
E-mail: jessicadiazros@gmail.com*

## Resumen

La dinámica social se define como la construcción de diversos espacios para la interacción social, el medio ambiente y la vivienda como componente integrador del territorio para su sostenibilidad. Lo social de la vivienda es un proceso que se lleva a cabo en una comunidad determinada y tiene como base el aprendizaje colectivo, continuo y abierto para el diseño y ejecución de proyectos que atiendan necesidades que mitiguen el riesgo de los problemas sociales y naturales. Por ello se desarrolló un análisis de la dinámica social de las viviendas, en la prevención y atención de desastres en el corregimiento de Tacamocho-Bolívar, Colombia. Se definieron los componentes básicos para la utilización de materiales que permitan facilitar los mecanismos de acción y construcción autosostenible, en el antes, durante y después, para resistir los embates naturales, que afectan a esta región y prevenir además tragedias y lograr mitigar y evitar pérdidas humanas a gran escala. Por otro lado, se analizan los sistemas más exitosos para la construcción sostenibles y establecer los componentes necesarios y las características que debe tener un modelo de vivienda autosostenible en la dinámica social del Corregimiento de Tacamocho, Bolívar. Se establece además las implicaciones que se deberán tener en cuenta para la adaptación de la dinámica social de las viviendas, en la prevención y atención de desastres en el corregimiento de Tacamocho-Bolívar. El enfoque investigativo fue analítico y descriptivo, se consideraron las debilidades de los sistemas constructivos y topográficos en el cual se encuentran emplazados. Los procesos indagatorios facilitaron la cooperación por parte de la comunidad de Tacamocho, como estrategia de participación social. Las entidades gubernamentales y el uso de la tecnología para la georreferenciación y caracterización del territorio lograron avances significativos para la elaboración del modelo de la dinámica social de las viviendas, en la prevención y atención de desastres. Finalmente, se lograron acciones estratégicas puntuales para la dinámica social constructiva de las viviendas, dando respuestas a la rehabilitación y recuperación. Además de lograr un fortalecimiento local a partir de la autonomía en procesos de reconstrucción social, ambiental e innovando en las acciones constructivas de las viviendas.

# Recolección de energía por efecto piezoeléctrico para el abastecimiento de los semáforos y alumbrado público de la ciudad de Santiago de Cali, Colombia

*Ponentes: Dayan Herleyn Chavarro Danzo, Aprendiz Programa de Tecnología en Agua y Saneamiento  
Centro de la Construcción Sena Regional Valle  
E-mail: dhchavarro4@misena.edu.co*

## Resumen

El alumbrado público es vital para el desarrollo y planificación de las ciudades, no obstante, es importante tener en cuenta el impacto negativo sobre el medio ambiente. Hay diversas fuentes de generación de energía, algunas son altamente contaminantes, por la generación de gases de efecto invernadero y alta dependencia del agua en sus procesos. En Colombia la mayor fuente para generar energía con un 70 % son las hidroeléctricas. Existen estudios acerca de los efectos negativos sobre la salud ambiental por cuenta de este tipo de fuentes. Este proyecto pretende contribuir al desarrollo de sistemas de energías renovables; que disminuyan el deterioro ambiental en la medida que se masifique el uso de estos sistemas. La investigación propone el uso de la recolección de energía (energy harvesting) con el fin de aprovechar la energía generada por las vibraciones de los autos y de los peatones al caminar. Como objetivo la investigación plantea: Implementar un sistema de recolección de energía por efecto piezoeléctrico. A partir de la energía mecánica, producida por el tránsito peatonal y vehicular; para el funcionamiento de semáforos y alumbrado público en la ciudad de Cali. El cable piezoeléctrico se encuentra en aplicaciones relacionadas con la gestión y supervisión del tráfico en vías de comunicación para automoción. Su instalación no requiere grandes modificaciones en la calzada ya que se introduce en el asfalto a escasos centímetros de la superficie. (Sociedad Española de cerámica y vidrio, 2017) Los materiales piezoeléctricos, y en especial los cerámicos, amplían su campo de aplicación en vías día a día. Los elementos piezoeléctricos son la clave de esta cosecha de energía. Diferentes tipos de piezoeléctricos, asociaciones con diferentes topologías y formas de excitación permiten mejorar los niveles de energía almacenada. (Sociedad española de cerámica y vidrio, 2015).





# SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

CENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN SENA REGIONAL VALLE

Calle 34 No 17B-23

Teléfonos: 57 (2) 4315800 IP 23512 – 23501

Email: [vallconstruc@sena.edu.co](mailto:vallconstruc@sena.edu.co)

E-mail: [semilleros.investigacion.2016@gmail.com](mailto:semilleros.investigacion.2016@gmail.com)

SENA comunica



SENA



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

Cali-Colombia