REVISTA CONSTRUCCION Y SOSTENIBILIDAD 2021

SENA

SENNOVA

Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

CENTRO PARA EL DESARROLLO DEL Hábitat y la Construcción Regional Antioquia

SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

Revista
Construcción y Sostenibilidad

ISSN: 2619-1962 (Digital)
Periodicidad: Anual
Enero – Diciembre 2022

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Regional Antioquia
Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción
Dirección: Diagonal 104 # 69 -120 Medellín, Colombia
Teléfono: (4) 4442800 Extensión 43569
Email: sennovacdhc@gmail.com

Equipo Directivo

Jorge Eduardo Londoño Ulloa
Director general

Nancy Briceño
Coordinador Sennova

Elkin Darío Tobón Tamayo
Director (e) Regional Antioquia

Xiomara Posada Zuluaga
Subdirectora (e)
Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción

Comité Científico / Editorial

MSc. Lily Jhohana Gil Vásquez
Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA

MSc. Nelson De Jesús Castaño Ciro
Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA

Comité de Ética Editorial

Phd. Alexandra Cecilia Hoyos Figueroa
Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA

Equipo Editorial

Nelson Castaño Ciro
Gestor editorial

Gabriel Andrés Barrera González
Editor

John David Castañeda Jiménez
Traducción

Camila Soto
Jefferson Fuertes
Diseño y Diagramación

Pag. 6 - 17

Construcción sostenible: Una mirada a la agenda 2030

Nelson Castaño Ciro

Pag. 18 - 24

Gas natural licuado como fuente de energía alternativa sostenible: Generalidades (1 de 6)

Nelson Castaño Ciro

Pag.25 - 30

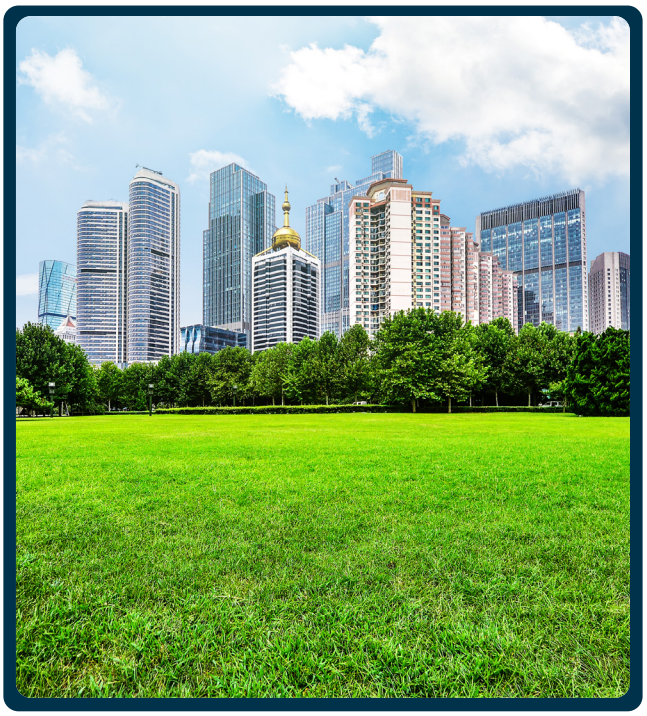
La sostenibilidad ambiental es una necesidad de la humanidad y la academia

Carlos Cuesto Hoyos y Raúl Sampayo Turizo

Pag. 31 - 38

Optimización de la eficiencia estructural de filtros de agua por medio del diseño y construcción de un prototipo en canal hiperbólico

Carly Urán Samuel, Sebastián Durango Murillo, Emmanuel Pautt Castillo, Johann Steven Toro Aguirre y Miguel Ángel Yepes



Pag. 39 - 48

BIM sexta dimensión: La sostenibilidad como herramienta de eficiencia energética en la construcción

Johan Torres Cortes

Pag. 49 - 62

Análisis de la valoración de vulnerabilidad basado en la gestión de datos: Institución educativa pública del municipio de Medellín

Diego Fernando Osorio Chávez

Pag. 62 - 72

Análisis de la integración de BIM con los sistemas de información geográfica (SIG): Ciudades inteligentes para la digitalización global

Nelson Castaño Ciro

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE: UNA MIRADA A LA AGENDA 2030[1]

NELSON CASTAÑO CIRO[2]

RESUMEN

La construcción sostenible es un enfoque ampliamente buscado por gobiernos, ambientalistas y otros grupos de interés que reconocen sus beneficios. De hecho, el 25 de septiembre del 2015, la Asamblea General de la ONU elaboró un plan de acción a favor del planeta tierra y sus habitantes, para el fortalecimiento de la paz universal y el acceso a la justicia. Su foco fundamental es la erradicación de la pobreza. En ese documento se establecen 17 objetivos de desarrollo sostenibles (ODS) con 169 metas. Pero quizás el ODS que se acerca más a la construcción sostenible es inevitablemente el numero once: "cuidades y comunidades sostenibles". En este documento se hace un análisis bibliográfico sobre los temas actuales de construcción y viviendas sostenibles. Seguidamente se hace una descripción sobre materiales alternativos de construcción y otras medidas que aportan a la sostenibilidad en la construcción. Al final se hace una breve conclusión y reflexión a los grupos de interés que tienen que ver con lo sostenible.

Palabras clave: medio ambiente, vivienda, arquitectura, construcción de viviendas

ABSTRACT

Sustainable construction is an approach widely sought after by governments, environmentalists and other interest groups who recognize its benefits. In fact, on September 25, 2015, the UN General Assembly developed an action plan in favor of planet earth and its inhabitants, for the strengthening of universal peace and access to justice. Its fundamental focus is the eradication of poverty. This document establishes 17 sustainable development goals (SDGs) with 169 goals. But perhaps the SDG that comes closest to sustainable construction is inevitably number eleven: "sustainable cities and communities". In this document, a bibliographical analysis is made on the current topics of construction and sustainable housing. Following is a description of alternative construction materials and other measures that contribute to sustainability in construction. At the end, a brief conclusion and reflection is made to the interest groups that have to do with sustainability.

Keywords: environment, housing, architecture, home construction

1. Artículo de revisión

2. Instructor - Investigador, Sena, ncastano@sena.edu.co, Medellín.

1. INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad se ha convertido en una palabra que se está repitiendo continuamente, tanto en los investigadores como en los profesionales de la industria. Høgevold et al (2017) indicaron que la sostenibilidad involucra cuestiones ambientales, económicas y sociales que trascienden los límites organizacionales y es significativamente relevante para las operaciones de la organización. La revisión de varias publicaciones sobre soste-nibilidad destaca el hecho de que se ha pres-tado más atención al aspecto ambiental, ya que sirve como base para los demás aspectos de la sostenibilidad (Obringer & Nateghi, 2021). Un área clave al considerar la sostenibilidad ambiental es la construcción sostenible.

La construcción sostenible es un enfoque ampliamente buscado por gobiernos, ambientalistas y otros grupos de interés que reconocen sus beneficios (Kibert, 2016). A nivel mundial, un número aproximado de 171 países ya han establecido sus sistemas y marcos de gestión ambiental a través de la norma ISO 14000 para resolver problemas ambientales derivados de las emisiones de gases de efecto invernadero (Tam et al., 2019).

El 25 de septiembre del 2015, la Asamblea General de la ONU elaboró un plan de acción a favor del planeta tierra y sus habitantes, para el fortalecimiento de la paz univer-sal y el acceso a la justicia. Su foco fundamental es la erradicación de la pobreza (ONU, 2015). En ese documento se establecen 17 objetivos de desarrollo sostenibles (ODS) con 169 metas. Lo anterior con el objeto de promover el crecimiento económico sostenido; adoptar medidas urgentes contra el cambio climático; promover la paz y facilitar el acceso a la justicia.

Pero hay una pregunta importante que se debe hacer: ***¿cómo esta Colombia con respecto a esta agenda 2030?*** Según el Departamento Nacional de Planeación (2022), dentro de la "Agenda 2030 en Colombia" tiene planteado en su objetivo No 11: bajar el déficit actual de vivienda al 2,7 %, con una vivienda segura y sostenible, reducir los efectos adversos de los desastres naturales, minimizar el impacto ambiental de las ciudades, fortalecer la planeación del desarrollo nacional y regional e implementar Políticas para la Inclusión, la Eficiencia de los Recursos y la Reducción del Riesgo de Desastres, entre otros.

Un periódico independiente en pro del medio ambiente, Mongabay (Paz Cardona, 2022), informa que para el año 2021 hubo una leve disminución de la deforestación en Colombia, el reto sería que esta cifra tenga siempre esa tendencia: a la baja. Pero además de lo anterior, se presentan otros retos: restauración de zonas deforestadas, protec-ción de líderes ambientales y veeduría de los compromisos hechos en el 2021.

En el Plan Nacional de Desarrollo (PND) se encuentra el reducir el déficit habitacional de los hogares, que se encuentra en 15,0% en la zona urbana(Vallejo Zamudio, 2019, p.80) y en 51,6% en el área rural. Se propone la construcción de 520.000 viviendas de interés social para cumplir dicho reto hacia el año 2030.

El Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES, es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país. Este organismo ha elaborado varios planes con el fin de apoyar la agenda 2030, dentro de los cuales se encuentran los siguientes: en el documento CONPES 3874 (CONPES, 2016), busca la prevención en la generación de residuos sólidos y su tratamiento, el documento CONPES 3919 (CONPES, 2018a) orienta sobre la política nacional de edificaciones sostenibles, el CONPES 3934 (CONPES, 2018b) propone la búsqueda de nuevas fuentes de crecimiento que sean sostenibles a partir de la oferta de capital natural, el CONPES 3943 (CONPES, 2018c) propone acciones para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización del parque automotor, en el CONPES 4050 (CONPES, 2021) plantea reducir al 2030 el riesgo de pérdida de naturaleza, de tal manera que se garantice la protección de la biodiversidad, en el CONPES 4075 (CONPES, 2022a) se busca consolidar el proceso de transición energética y en el CONPES 4080, (CONPES, 2022b) se plantea acciones dirigidas a aumentar la participación de la mujer en varios ámbitos en donde su participación es muy diferencial con el género masculino. Además de los documentos CONPES, se encuentra el pacto por la sostenibilidad (producir conservando y conservar produciendo (Departamento Nacional de Planeación, 2018) en donde se busca afianzar el compromiso de las actividades productivas con la sostenibilidad, la reducción de impactos ambientales y la mitigación del cambio climático.

Como vemos, hay bastantes planes nacionales planteados en términos de aportar a una economía sostenible tendiendo a cumplir la Agenda 2030.

Uno de los sectores que debería tener más conciencia y mayor responsabilidad sobre la sostenibilidad es el sector de la construcción, la cual aporta el 50% de las emisiones contaminantes al medio ambiente en sus proce-sos constructivos, consume el 50% de los recursos naturales, 40% de la energía y es responsable del 50% de los residuos genera-dos (Senado de la República, 2021).

De acuerdo a los antecedentes y la proble-mática planteada anteriormente, en este do-cumento se hace un análisis sobre materiales, procesos, dispositivos y herramientas, entre otros recursos que se encaminan a viviendas sostenibles, para que el lector pueda tener una visión más amplia sobre la sostenibilidad aplicada a viviendas sostenibles.

2. METODOLOGÍA

Este documento se centra en los materiales alternativos para la construcción de vivien-das, y aquellos temas que consideran la inte-gración de la arquitectura de viviendas, la energía y la tecnología con un enfoque ba-sado en sistemas para 1) reducir la demanda de energía, 2) incorporar el suministro de energía renovable e 3) integrar el almacena-miento de energía.

El objetivo es proporcionar una descripción de los principales métodos y materiales al-ternativos empleados en la construcción, métodos pasivos para eficiencia energética para ayudar a identificar los diseños más efectivos, evitando malas decisiones y cons-truyendo nuevas soluciones contemporáneas utilizando un enfoque basado en sistemas sostenibles. Lo anterior basado en la agenda 2030 de la ONU y a los Objetivos de Desa-rrollo Sostenible (ONU, 2015)

3. RESULTADOS

Inicialmente se hizo una búsqueda en la base de datos Scopus con su análisis correspondiente, luego se buscó información sobre materiales alternativos y métodos que ayuden a la construcción de una vivienda sostenible.

3.1 Análisis de la búsqueda en Scopus.

La base de datos Scopus es una de las bases de datos más utilizadas cuando se hacen análisis de publicaciones en algún tema en particular. En esta búsqueda se usaron las siguientes palabras clave “sustainable construction materials”. Se obtuvieron 567 documentos, los cuales se analizaron con el programa VosViewer, una herramienta de software para construir y visualizar redes bibliométricas.

En la figura 1 se puede observar estas redes bibliométricas, de la cual se pueden observar tres grupos o “clusters” principales: 1. Resistencia compresiva (color amarillo limón), 2. Sostenibilidad (color morado) y 3. Construcción (color verde).

Para el grupo de “construcción” se notan palabras como impacto ambiental, sostenibilidad, reciclado, desechos sólidos, bambú, energía, construcción, infraestructura, cambio climático, emisión de CO2, entre otros.

Para el grupo de “sostenibilidad” se notan principalmente las palabras reciclado, impacto ambiental, desechos sólidos, energía, entre otros.

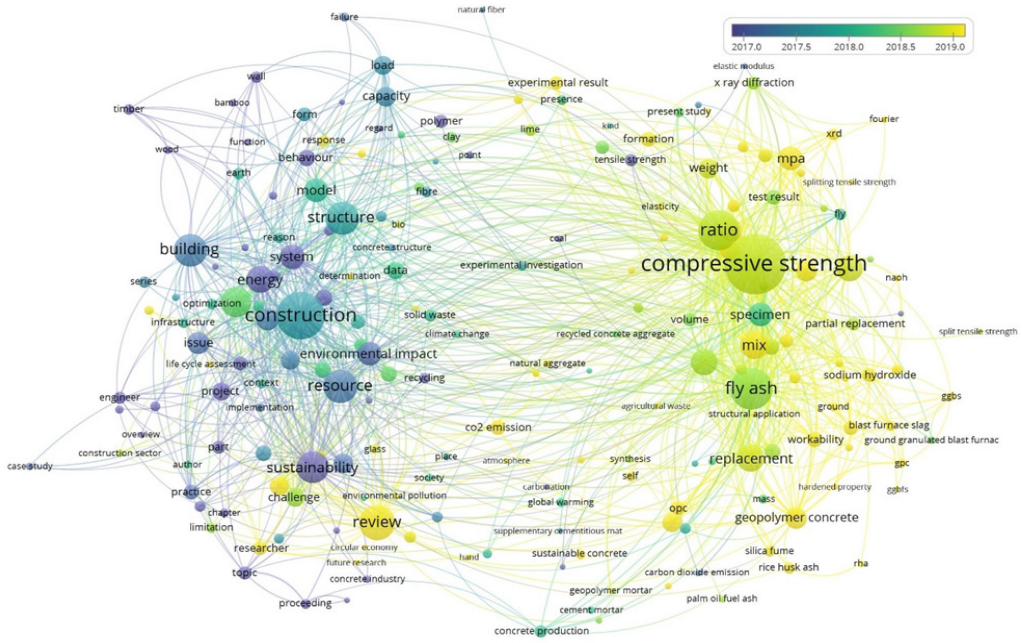


Figura 1. *Bibliometría representada en VosViewer con información de la base de datos Scopus*

Finalmente, para el grupo de "resistencia compresiva", se resaltan palabras como; "re-lación", lo cual se refiere a las distintas con-centraciones de los ingredientes usados para la fabricación de materiales; ensayos a mate-riales como FTIR, resistencia a la tensión, difracción de rayos x, conductividad térmi-ca, módulo, entre otros; materiales, como por ejemplo geopolímeros, cenizas volantes, desechos agrícolas, carbón, cal, ceniza de cascarilla de arroz, hidróxido de sodio, suelo, cenizas de aceite de palma, sílice de horno, entre otros.

En la figura 1 es bastante notorio la palabra del grupo resistencia compresiva "compres-sive strenth", que resalta sobre los otros dos grupos mencionados anteriormente, lo que da a entender que tiene más relaciones con otras palabras. Es acá en este grupo donde aparecen, en su mayoría, los materiales alter-nativos de construcción. En conclusión, de este análisis bibliométrico, lo materiales de construcción alternativos están teniendo mucho auge en los últimos años. Lo anterior está muy relacionado con la publicación de Coma Bassas et al. (2020), (figura 2), que muestra que las investigaciones en construc-ciones que aplican criterios sostenibles tie-nen una tendencia de crecimiento en los últimos 10 años. Dentro de estos se encuen-tran arquitectura solar, sostenible, pasiva, verde, de baja energía y energía neta cero.

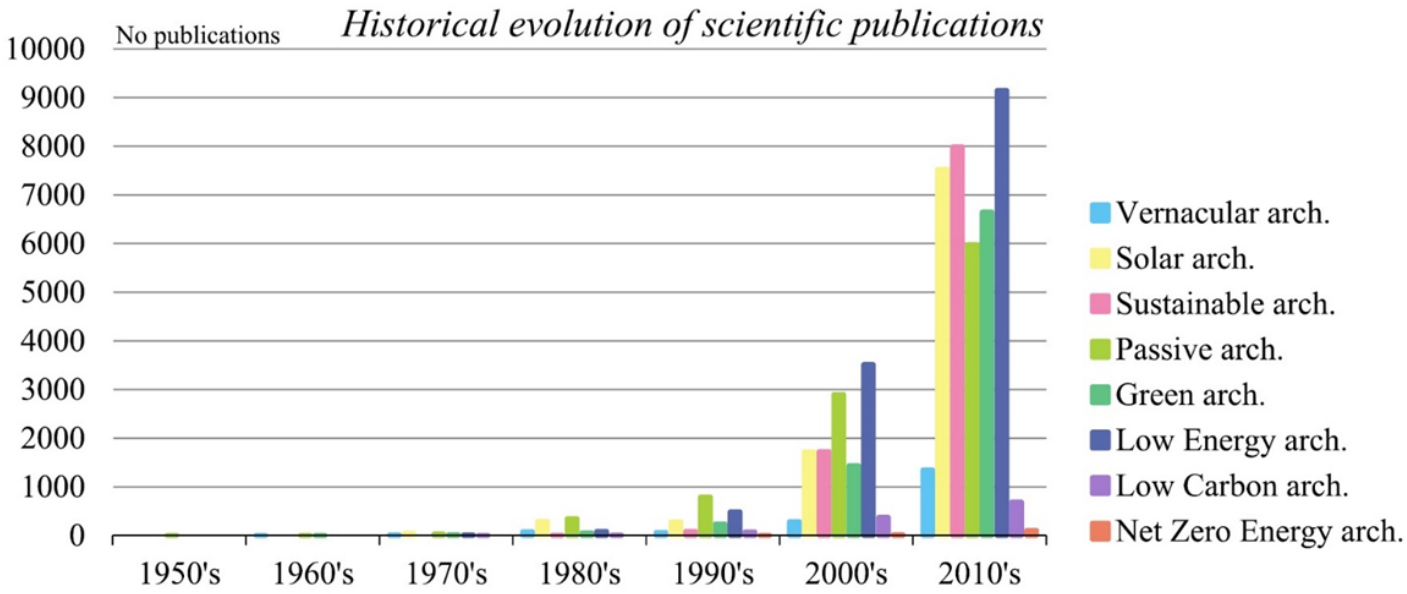


Figura 2. *Histograma de número de publicaciones por palabra clave (Coma Bassas et al., 2020)*

3.2 Materiales de construcción alternativos y otras medidas sostenibles.

Si se va a abordar el tema de sostenibilidad, primero se debe definir esta palabra. Según la Real Academia de la lengua (RAE), signi-fica "Cualidad de sostenible, especialmente en ecología y economía, que se puede man-tener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio am-biente". Esto es lo que mundialmente se intenta abordar en muchos frentes.

También se necesita saber, de acuerdo al tema del presente documento, lo que significa ***"casa sostenible"***. Se les nombra así porque son casas que se construyen pensando en el bienestar del medio ambiente y apro-vechan todos los recursos disponibles para reducir su consumo energético, por eso también puedes ahorrar en las facturas de luz, agua y demás suministros, algo que a tu economía le hace bastante bien (BBVA, 2022), (Conserve Energy Future, 2022). En la planeación de la construcción de una vivienda sostenible, se deben considerar muchos aspectos, entre los que se encuentran los siguientes:

• La eficiencia de los materiales y su ciclo de vida.
• Los procesos de construcción de la vivienda.
• La zona y sus alrededores.
• El impacto de la vivienda en la naturaleza y la sociedad.

Otros autores aplican los siguientes criterios en el diseño de viviendas sostenibles (Go-bierno del estado de Oaxaca, 2020):

• Uso eficiente y racional de la energía.
• Conservación, ahorro y reutilización de agua.
• Prevención de residuos y emisiones.
• Creación de un ambiente saludable y no tóxico.
• Cambios en hábitos de personas y comunidades en el uso de edificaciones.

Es claro que, en una vivienda, el mayor con-sumo repercute es en la energía. Dado su importancia, la Unión Europea creo el Con-curso de Eficiencia Energética. En este, se monitorea el confort interior, el funciona-miento y el desempeño energético de las viviendas. Los datos de monitoreo pueden dar una idea sobre la eficiencia de la energía y el confort de las casas. Se analizan estrate-gias pasivas y casas con servicios de energía contratados (Rodriguez-Ubinas et al., 2014). Otro estudio similar lo hacen Pomfret y Hashemi (Pomfret & Hashemi, 2017), en el cual evalúan en un edificio construido, el seguimiento de las sombras y el espesor de las paredes con el objetivo de analizar el confort térmico del mismo.

También se puede observar en las búsquedas realizadas en bases de datos primarias, que muchas investigaciones apuntan a cero ener-gía en las viviendas, con el propósito de op-timizar el confort interior de las mismas (Al-dawi et al., 2012), (Zabaneh, 2011), (Grigo-letti et al., 2008), (Rabani et al., 2017), (Go-bakis et al., 2017), y (Li et al., 2020), como también emplean medios sostenibles para el confort térmico en las oficinas (Zhao et al., 2017). Otras investigaciones emplean siste-mas que monitorean la dirección del sol y activan laminas verticales (y horizontales) para generar sombra dentro de la vivienda (Priatman et al., 2015).

De las investigaciones consultadas, se hizo una clasificación en nueve grandes grupos que aportan a la sostenibilidad en las cons-trucciones que se detallan a continuación.

3.2.1. Elaboración de adobes/bloques.

Se debe tener en cuenta que, cuando las paredes de las viviendas son construidas con adobes, es uno de los elementos constructi-vos que más se consume. Debido a esto, se han hecho publicaciones, incluidos libros completos, que se centran en este elemento. Uno de esos libros es de los autores F. Pa-checo-Torgal y colaboradores (2015) en donde detallan estudios profundos sobre propiedades térmicas, físicas, de durabilidad entre otras, empleando materiales como geopolímeros, residuos de minas, desechos industriales como también (no podría faltar) los elaborados con tierra comprimida. Informan también sobre estudios de diferentes diseños en su desempeño, así como en la energía empleada y la huella de carbono generada en la elaboración de los mismos.

Otras investigaciones apuntan al empleo de la fibra del Ichu (una especie de pasto) que es ampliamente empleada en la elaboración de bloques en Perú, por su resistencia e impermeabilidad, sobre todo en aquellos climas donde las temperaturas varían desde -15°C y -5°C (Pinas et al., 2020). Algo parecido hacen los investigadores Huari Sanabria (2018), empleado también paja con arena gruesa, acogiendo las normas nacionales establecidas en Perú *(figura 3)*.

Figura 3. *Adobe elaborado con paja, y arena gruesa (Huari Sanabria, 2018).*

Otros investigadores emplean polímeros con residuos de construcción y demolición o RCDs (Perera et al., 2020), plásticos con cemento buscando aislamiento térmico y acústico (Joyram et al., 2022) para elaborar bloques, además, innovan en cambiar los bloques hechos de suelo-cemento a pasar a bloques elaborados con tierra y geopolíme-ros (Nallive Yepez et al., 2012).

Para finalizar, emplean la totora como material de construcción, tanto en los techos de viviendas (Hidalgo C., 2007) como en la elaboración de adobes empleando aglome-rantes naturales como cola de pez, cera de abeja, lanolina, entre otras (Rengel Coronel, 2018b).

3.2.2. Construcciones con Bambú y madera.

El bambú ha sido usado en la industria de la construcción en muchas partes del mundo durante siglos, debido a su baja resistencia a la tracción y su peso ligero (Akeju & Falade, 2001). En comparación con árboles como el roble y el pino, el bambú crece muy rápida-mente, lo que hace que la construcción sea más sencilla y menos intensa. Por tal motivo, el Bambú, como elemento constructivo, es sostenible por su naturaleza, y algunos inves-tigadores han hecho publicaciones al respecto.

El bambú se utiliza en la industria de la construcción para fabricar piezas de construcción tanto estructurales como no estruc-turales. La figura 4 muestra un techo estruc-tural elaborado con bambú. Históricamente, las cañas de bambú se han utilizado para construir casas, andamios y puentes peatona-les en comunidades rurales. La estructura del techo, puertas, ventanas, paredes, techo, etc., se ha utilizado de muchas formas (Akeju & Falade, 2001).

Los autores Tiza et al. (2021) emplean el bambú y la lana de ovejas como materiales alternativos de construcción. También se encontró un estudio de viviendas elaboradas a base de bambú en manglares de Guayaquil (Ecuador) (Livingston, 2009) y en la muni-cipalidad de Bologna (Italia), esta última tomando como base las viviendas de bambú encontradas en Costa Rica (Donini et al., 2022). También se han encontrado artículos de investigaciones de construcciones con bambú en la regiones de Birmania (Otsuyama et al., 2019), en la India (Sawarkar et al., 2020), Vietnam entre otros (Thuy et al., 2021).

Figura 4. *Techo estructural de bambú, Aeropuerto Internacional de Barajas en Madrid, España.*

Con relación a la madera, se encontraron investigaciones que mezclan la madera con plástico para construcción de viviendas (Elsheikh et al., 2022), como también la ma-dera en términos generales como elemento de construcción sostenible (Coulson, 2021), (Coulson, 2015) y (Navaratnam et al., 2021).

3.2.3. Confort de las viviendas.

Se ha encontrado mucha información refe-rente a materiales, procesos y desarrollos sostenibles, pero existen pocos estudios que profundicen en el confort del interior de las viviendas. Entonces surge la pregunta: ¿para qué construir una vivienda sostenible si no es para tener un confort y sea agradable vivir en ella?

Aunque cuando hay investigaciones sobre construcciones sostenibles, quizás abordan el tema de manera tangencial, pero no a pro-fundidad. La misma pregunta se la hicieron los investigadores Farhan et al., (n.d.), y (Baird & Field, 2013) que hicieron un estu-dio en Irak y en otros 11 países, respectivamente, sobre encuestas de percepción en usuarios de construcciones con materiales sostenibles con relación a su confort, se encontraron en términos generales inconformi-dades con el ambiente interno, además, las casas residenciales dependen enormemente de la energía artificial para el consumo de sus habitantes.

Otra investigación apunta a lo contrario, aplican un modelo de confort humano adaptativo (Yun & Kim, 2014) para poder diseñar la vivienda, estableciendo que debe ha-ber una correspondencia directa entre la ar-quitectura, el confort y el clima, como lo muestra la figura 5. Algo parecido hacen otras investigaciones simulando las condi-ciones de confort en las viviendas sostenibles (Nadarajan & Kirubakaran, 2017), (Shaikh et al., 2013), (Shaikh et al., 2014).

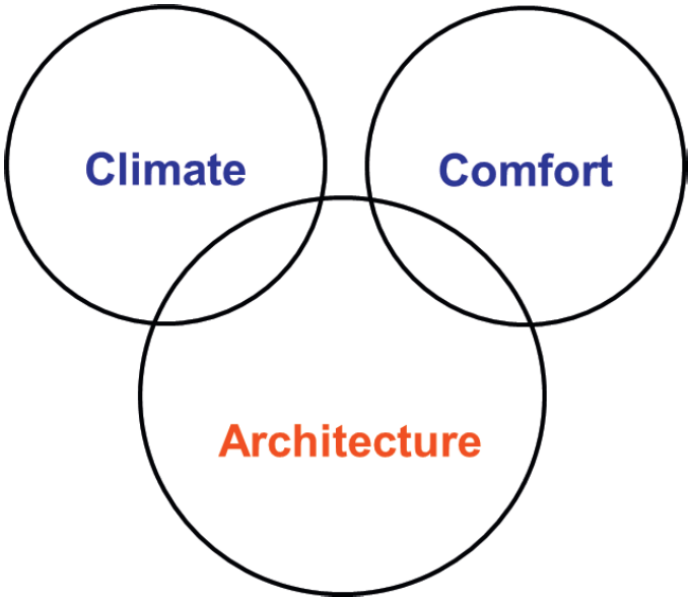


Figura 5. *Modelo de medio ambiente en la arquitectura .(Yun & Kim, 2014)*

También se encontraron libros que se dedican a profundidad sobre el diseño de viviendas sostenibles. Uno de ellos hacen es-tudios de diseños en climas cálidos y templados tomando en consideración climas mediterráneos, de Tokio, Kuala Lumpur entre otros (Hyde & Sunaga, 2008).

Otro libro muy completo le apunta a cuatro aspectos fundamentales en la construcción sostenible:

1. Construcciones saludables: describen métodos y materiales sostenibles, los servicios, la construcción y la implementación.
2. Conservación: calentamiento y enfriamiento, uso eficiente de la electricidad, el agua y los desechos. 3. Eco ciclos: calor y electricidad renovables, manejo de aguas residuales y los cultivos.
4. El lugar o adaptación a los alrededores naturales (Bokalders & Block, 2010).

3.2.4. Energías pasivas.

Energías pasivas son, palabras más, palabras menos, son medios naturales para suministrar energía a las edificaciones. Para esto hay varios estudios en donde se han hecho propuestas, por ejemplo leyes del gobierno (Tam et al., 2021) para que las viviendas actuales adopten estos sistemas, pero sin mucho éxito (Fernánez & Garzón, 2020), (Whaley et al., 2017) y (Ikudayisi, 2020). Otras autores (Priatman et al., 2015) y (Ibraheem et al., 2017) emplean celdas fotovoltaicas combinadas con la optimización de las sombras con sistemas de fachadas en las ventanas, así como otros emplean solamente celdas fotovoltaicas como medio pasivo (Wang et al., 2009).

Un estudio hecho en Egipto demuestra que hay mucho potencial para usar medios pasivos en las construcciones tales como: energía solar, calentamiento de agua por el sol, sistemas de desalinización solar, energía hidro-eléctrica, eólica y tecnologías para obtener energía de las olas del mar (Salah et al., 2022).

3.2.5. Materiales alternativos.

Se sabe que la industria del cemento es una de las más contaminantes, generadora de gran cantidad de CO2 en su proceso de producción. Muchos investigadores han hecho esfuerzos por encontrar materiales alternativos de construcción. Entre estos se encuentran compuestos en yeso con refuerzo de fibra de cascarilla de arroz y poliestireno (Pardo & Trejos, 2015), cenizas de cascarilla de arroz (Taiwo et al., 2022), escoria de acero (Netinger Grubeša et al., 2016) y de cobre (Dhir OBE et al., 2016), cascara de café en elaboración de baldosas (Sarabia-Guarín et al., 2020), concreto con vidrio (Abellán-García et al., 2019), (Ahmed et al., 2022), empleo de fibra de totora (figura 6) (Rengel Coronel, 2018a) y de fibras de ichu (Charca et al., 2015), como también elaboración de ladrillos y paredes elaborados con elementos del suelo (tierra) (Gernot, 2006), (Construction, n.d.), (Krahn, 2019), (Johnston & Gibsson, 2008), (Cutiño González et al., 2020) y (Akinyemi et al., 2020).

3.2.6. Viviendas sostenibles.

Otros autores aplican la sostenibilidad de manera general en el diseño y construcciones de viviendas sostenibles. Un proyecto que promete cero carbón, totalmente sostenible para familias de escasos recursos en la Indica es PowerHyde (Powerhyde, 2022) en la India. Algunas de las investigaciones apuntan al diseño de viviendas sostenibles para familias de bajos ingresos económicos, como por ejemplo, la propuesta del gobierno de África (Dosumu & Aigbavboa, 2019) y en Malasia (Musa et al., 2011).

Figura 6. *Bloques elaborados con fichas de totora (Rengel Coronel, 2018a).*

Otras investigaciones le apuntan a las cons-trucciones "verdes", en donde procuran construcciones, por ejemplo, con materiales alternativos, bajo consumo de energía, em-pleo de medios pasivos, aprovechamiento del sol, de los vientos, de la orientación de la vivienda, entre otros aspectos (Anderson & Howard, 2000), (Bennett, 2008), (Stang & Hawthorne, 2005), (Wells, 2007) entre otros.

3.2.7. BIM aplicado a la sostenibilidad.

Y no podía faltar en esta búsqueda, la me-todología BIM aplicado a la sostenibilidad en el diseño y construcción de viviendas. Uno de estos artículos se refiere a la impre-sión en 3D de viviendas, ayudando a una construcción más eficiente, minimizando los desperdicios generados en la construcción (Sakin & Kiroglu, 2017). Una de las ventajas de la metodología BIM es que se pueden diseñar y modelar las edificaciones antes de su construcción. Aprovechando lo anterior, se hizo una investigación para determinar el desempeño, en términos de sostenibilidad, de un proyecto de construcción para deter-minar a partir de simulaciones el consumo energía eléctrica, huella de carbono por ma-teriales y la energía incorporada total del proyecto, generando diseños alternativos y analizando los resultados contemplando la viabilidad económica de los escenarios plan-teados (Jiménez-Roberto et al., 2017).

4. CONCLUSIONES Y/O DISCUSIONES.

Es claro que la tendencia (y la preocupación) de los investigadores y de muchas empresas es, disminuir los impactos ambientales aplicando productos y procesos que ayuden a la sostenibilidad. Es claro que los materiales alternativos para la construcción no es un tema que se enseñe en los programas refe-rentes a la construcción, ni se den asignaturas enfocadas a esto. Las instituciones universitarias deberían orientar sus programas académicos que orienten a sus futuros profe-sionales a prácticas sostenibles, y no solamente se habla de el área de la construcción, existen muchas profesiones que pueden aportar a esta problemática si hay realmente una conciencia de cambio encaminada a revertir los problemas ecológicos que tenemos actualmente.

REFERENCIAS

Abellán-García, J., Núñez-López, A., Torres-Castellanos, N., & Fernández-Gómez, J. (2019). Effect of FC3R on the properties of ultra-high-performance concrete with recycled glass. DYNA (Colombia), 86(211), 84–93.

Ahmed, T., Ray, S., Haque, M., Tasnim Nahin, T., & Ferdous Mita, A. (2022). Optimization of properties of concrete prepared with waste glass aggregate and condensed milk can fiber using response surface methodology. Cleaner Engineering and Technology, 8(March), 100478. https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100478

Akeju, T. A. I., & Falade, F. (2001). Utilization of Bamboo as Reinforcement in Concrete for Low-Cost Housing. Structural Engineering, Mechanics and Computation, 2, 1463–1470. https://doi.org/10.1016/b978-008043948-8/50164-8

Akinyemi, B. A., Elijah, A., Oluwasegun, A., Akpenpuun, D. T., & Glory, O. (2020). The use of red earth, lateritic soils and quarry dust as an alternative building material in sandcrete block. Scientific African, 7, 7. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00263

Anderson, J., & Howard, N. (2000). The Green Guide To housing specification. In EcoHomes BRE (Primera ed). Construction Research Communications CRC.

Baird, G., & Field, C. (2013). Thermal comfort conditions in sustainable buildings - Results of a worldwide survey of users' perceptions. Renewable Energy, 49, 44–47. https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.01.069

Bennett, C. (2008). Greening Your Home: sustainable Options for every system in your house. The McGraw-Hill Companies. https://doi.org/10.1036/0071499091

Bokalders, V., & Block, M. (2010). The whole building handbook: how to design healthy, efficient, and sustainable buildings. In Choice Reviews Online (Primera). Earthscan.

Charca, S., Noel, J., Andia, D., Flores, J., Guzman, A., Renteros, C., & Tumialan, J. (2015). Assessment of Ichu fibers as non-expensive thermal insulation system for the Andean regions. Energy and Buildings, 108, 55–60. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.053

Coma Bassas, E., Patterson, J., & Jones, P. (2020). A review of the evolution of green residential architecture. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 125(February), 109796. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109796

CONPES. (2016). Documento CONPES 3874. Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. In Consejo Nacional de Política Económica y Social. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3874.pdf

CONPES. (2018a). Conpes 3919: POLÍTICA NACIONAL DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES. In Consejo Nacional de Política Económica y Social. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3919.pdf

CONPES. (2018b). CONPES 3934: Política de Crecimiento Verde. In CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL (No. 3934). https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3934.pdf

CONPES. (2018c). CONPES 3943: Política para el mejoramiento de la calidad del aire. In Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3943.pdf

CONPES. (2021). Documento CONPES 4050: POLITICA PARA LA CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS -SINAP-.

CONPES. (2022a). Documento Conpes 4075: POLÍTICA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA.

CONPES. (2022b). Documento CONPES 4080: POLÍTICA PÚBLICA DE EQUIDAD DE GÉNERO PARA LAS MUJERES: HACIA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL PAÍS.

Conserve Energy Future. (2022). What is Green Construction? Conserve Energy Future. https://translate.google.com/?hl=es&sl=en&tl=es&text=What is Green Construction%3F%0AGreen construction can be used interchangeably with green building or sustainable construction. Therefore%2C green construction means the use of resource-efficient and en

Construction, E. (n.d.). Earthbag Construction, the complete step-by-step guide Build economical and resilient earthbag structures using simple tools and techniques. www.earthbagbuilding.com.

Coulson, J. (2015). Sustainable use of wood in construction. In International Wood Products Journal (Primera, Vol. 6, Issue 2). John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1179/2042644514z.000000000117

Coulson, J. (2021). A Handbook for the Sustainable Use of Timber in Construction. In A Handbook for the Sustainable Use of Timber in Construction (Primera). John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781119701125

Cutiño González, M. G., Rotondaro, R., & Esteves, A. (2020). Comparative analysis of thermal aspects and mechanical Comparative analysis of thermal aspects and mechanical resistance of building materials and elements with earth. Revista De Arquitectura, 22(1), 138–151. https://doi.org/ DOI: https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2348

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo. Pactos Transversales. https://www.dnp.gov.co/DNPN/Plan-Nacional-de-Desarrollo/Paginas/Pactos-Transversales/Pacto-por-la-sostenibilidad/Sostenibilidad.aspx

Departamento Nacional de Planeación. (2022). Objetivo 11: Cuidades y comunidades sostenibles. La Agenda 2030 En Colombia. https://www.ods.gov.co/es/objetivos/ciudades-y-comunidades-sostenibles

Dhir OBE, R. K., de Brito, J., Mangabhai, R., & Lye, C. Q. (2016). Sustainable Construction Materials: Copper Slag. In Sustainable Construction Materials: Copper Slag. https://doi.org/10.1016/c2015-0-00465-8

Donini, G., Greco, S., Molari, L., & Zanetti, A. (2022). Structural design of an Italian bamboo house in an Italian regulatory context: Revisiting a small building built in Costa Rica with tropical bamboo. Case Studies in Construction Materials, 16(January), e00891. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00891

Dosumu, O., & Aigbavboa, C. (2019). Challenges of sustainable design and construction in Africa. In Sustainable Design and Construction in Africa (Primera). Routledge. https://doi.org/10.1201/9781351212205-11

Elsheikh, A. H., Panchal, H., Shanmugan, S., Muthuramalingam, T., El-Kassas, A. M., & Ramesh, B. (2022). Recent progresses in wood-plastic composites: Pre-processing treatments, manufacturing techniques, recyclability and eco-friendly assessment. Cleaner Engineering and Technology, 8(March), 100450. https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100450

Farhan, S. L., Jasim, I. A., & Naji, A. (n.d.). Sustainable House and Its Relation with Residents ' Comfort A Study in Selected Regions in the City of Kut (Vol. 1).

Fernánez, A., & Garzón, B. S. (2020). Incidencia de la estrategias pasivas de diseño arquitectónico en la etiqueta de la eficiencia energética en Argentina. Revista Hábitat Sustentable, 10(10), 13. https://doi.org/doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.05

Gernot, M. (2006). Building with Earth Design and Technology of a Sustainable Architecture (Primera). Birkhäuser – Publishers for Architecture.

Hidalgo C., J. F. (2007). Aprovechamiento de la Totora como Material de Construcción [Universidad de Cuenca].

http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/6180

Høgevold, C. F. C. P. G. S. J. C. S. V. B. W. N. M. (2017). Validating a framework of stakeholders in connection to business sustainability efforts in supply chains. Journal of Business & Industrial Marketing Management, 32(1), 31.http://dx.doi.org/10.1108/08858620410523981%5Cn

Huari Sanabria, E. J. (2018). Uso de aglomerantes naturales, suelo arcilloso y su influencia en la fabricación de adobes mejorados en el Anexo de Palian Huancayo. In Journal of Chemical Information and Modeling. Escuela Académico Profesional de Arquitectura.

Hyde, R. H., & Sunaga, N. (2008). BioclimatocHousingInnovative Design for Warm Climates. In R. Hyde (Ed.), Bioclimatic Housing Innovative Designs for Warm Climates (Primera). Earthscan. https://doi.org/10.4324/9781849770569

Ibraheem, Y., Farr, E. R. P., & Piroozfar, P. A. E. (2017). Embedding Passive Intelligence into Building Envelopes: A Review of the State-of-the-art in Integrated Photovoltaic Shading Devices. Energy Procedia, 111(September 2016), 964–973. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.259
Ikudayisi, A. E. (2020). Sustainable and Renewable Energy Strategies in Residential Buildings in Akure, Nigeria. Journal of Energy Research and Reviews, 5(2), 1–10. https://doi.org/10.9734/jenrr/2020/v5i230142

Jiménez-Roberto, Y., Sebastián-Sarmiento, J., Gómez-Cabrera, A., & Leal-Del Castillo, G. (2017). Analysis of the environmental sustainability of buildings using BIM (Building Information Modeling) methodology. Ingeniería y Competitividad, 19(1), 241–251.

Johnston, D., & Gibsson, S. (2008). Green from the ground up : sustainable, healthy, and energy-efficient home construction. In InnovAiT: Education and inspiration for general practice. The Taunton Press. https://doi.org/10.1177/1755738012468107

Joyram, H., Govindan, K., & Nunkoo, R. (2022). A comprehensive review on the adoption of insulated block/eco-block as a green building technology from a resident perspective. Cleaner Engineering and Technology, 8(March), 100480. https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100480

Krahn, T. (2019). Essential Rammed Earth Construction Rammed (Primera). New Society Publishers. https://doi.org/10.5040/9781350122741.1002057

Livingston, M. (2009). Bamboo housing and the Mangrove of Guayaquil. IAT Editorial on Line, 34(77), 16.

Musa, A. R., Tawil, N. M., Sood, S. M., Che-Ani, A. I., Hamzah, N., & Basri, H. (2011). Constructing formulation of affordable green home for middle income group. Procedia Engineering, 20, 466–473. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.189

Nadarajan, M., & Kirubakaran, V. (2017). Simulation studies on small rural residential houses using sustainable building materials for thermal comfort–case comparison. Advances in Building Energy Research, 11(2), 193–207. https://doi.org/10.1080/17512549.2016.1215260

Nallive Yepez, O., Bedoya Montolla, C., & Gómez Eusse, J. (2012). Hacia un avance ambiental y tecnológico de la construcción con tierra como patrimonio futuro. Del bloque de suelo cemento (BSC) al bloque de tierra con geopolímeros (BTG). Apuntes, 25(1757–9763), 240–245. http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:3653/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ce1f09e4-a2f6-4f03-99ed-d04fea29f426%40sessionmgr113&vid=4&hid=124

Navaratnam, S., Widdowfield Small, D., Gatheeshgar, P., Pologanathan, K., Thamboo, J., Higgins, C., & Mendis, P. (2021). Development of cross laminated timber-cold-formed steel composite beam for floor system to sustainable modular building construction. Structures, 32(March), 681–690. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.03.051

Netinger Grubeša, I., Barišic, I., Fucic, A., & Bansode, S. S. (2016). Characteristics and uses of steel slag in building construction. In Characteristics and Uses of Steel Slag in Building Construction. https://doi.org/10.1016/c2014-0-03994-9

Obringer, R., & Nateghi, R. (2021). What makes a city 'smart' in the Anthropocene? A critical review of smart cities under climate change. Sustainable Cities and Society, 75(July). https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103278

ONU. (2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/

Otsuyama, K., Aung, S. P., & Maki, N. (2019). Adaptive strategies and transformation for community recovery – A case study of villages in Hinthada, Ayeyarwady Region, Myanmar. International Journal of Disaster Risk Reduction, 34(November 2018), 75–93. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.11.007

Pacheco-torgal, Fernando_ Lourenò, P. B._ Labrincha, J. A._ Kumar, S. (2015). Eco-efficient Masonry Bricks and Blocks Design, Properties and Durability (Woodhead Publishing (ed.); Primera). Elsevier.

Pardo, J. D., & Trejos, L. A. (2015). Materiales Compuestos ligeros basados en yeso con refuerzo de fibra de cascarilla de arroz y poliestireno. 25–31.

Perera, S., Arulrajah, A., Wong, Y., Maghool, F., & Horpibulsuk, S. (2020). Evaluation of shear strength properties of unbound PET plastic in blends with demolition wastes. Construction and Building Materials, 262, 120545. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120545

Pinas, J. M., Lira, L., Horn, M., Solis, J. L., & Gómez, M. M. (2020). Influence of Stipa ichu on the thermal and mechanical properties of adobe as a biocomposite material. Journal of Physics: Conference Series, 1433(1), 11. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1433/1/012003

Powerhyde. (2022). PowerHyde, BillionBricks + Architecture BRIO.

Priatman, J., Soegihardjo, O., & Loekita, S. (2015). Towards Energy Efficient Facade Through Solar-powered Shading Device. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 179, 266–275. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.430

Rengel Coronel, D. (2018a). AGLOMERANTES DE ORIGEN NATURAL APLICABLES A LA FIBRA DE TOTORA. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA UNIDAD.

Rengel Coronel, D. (2018b). AGLOMERANTES DE ORIGEN NATURAL APLICABLES A LA FIBRA DE TOTORA TRABAJO. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.

Sakin, M., & Kiroglu, Y. C. (2017). 3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM. Energy Procedia, 134, 702–711. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.562

Salah, S. I., Eltaweel, M., & Abeykoon, C. (2022). Towards a sustainable energy future for Egypt: A systematic review of renewable energy sources, technologies, challenges, and recommendations. Cleaner Engineering and Technology, 8(April), 100497. https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100497

Sarabia-Guarín, A., Ramírez-Delgado, R. P., & Sánchez-Molina, J. (2020). Coffee Husk as Feldspar Substitute in the Manufacture of Enameled Ceramic Tile. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 30(2), 21–30. https://doi.org/10.18359/rcin.4370

Sawarkar, A. D., Shrimankar, D. D., Kumar, A., Kumar, A., Singh, E., Singh, L., Kumar, S., & Kumar, R. (2020). Commercial clustering of sustainable bamboo species in India. Industrial Crops and Products, 154(June), 112693. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112693

Senado de la República. (2021). El 50 por ciento de las emisiones contaminantes pertenecen al sector de la construcción. Coordinación de Comunicación Social. http://comunicacion.senado.gob.mx/index.php/informacion/boletines/50135-el-50-por-ciento-de-las-emisiones-contaminantes-pertenecen-al-sector-de-la-construccion.html

Shaikh, P. H., Nor, N. B. M., Nallagownden, P., Elamvazuthi, I., & Ibrahim, T. (2014). A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34, 409–429. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.027

Shaikh, P. H., Nor, N. M., Nallagownden, P., & Elamvazuthi, I. (2013). Intelligent Optimized Control System for Energy and Comfort Management in Efficient and Sustainable Buildings. Procedia Technology, 11(Iceei), 99–106. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.167

Stang, A., & Hawthorne, C. (2005). The green house. In Fabric Architecture (Primera). Princetown Arqchitectural Press.

Taiwo, L. A., Obianyo, I. I., Omoniyi, A. O., Onwualu, A. P., Soboyejo, A. B. O., & Amu, O. O. (2022). Mechanical behaviour of composite produced with quarry dust and rice husk ash for sustainable building applications. Case Studies in Construction Materials, 17(April), e01157. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01157

Tam, V. W. Y., Le, K. N., Tran, C. N. N., & Illankoon, I. M. C. S. (2021). A review on international ecological legislation on energy consumption: greenhouse gas emission management. International Journal of Construction Management, 21(6), 631–647. https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1576259

Thuy, V. T., Huyen, N. T., Tu, L. H., & Loi, N. K. (2021). Status of bamboos in Binh Duong province, Vietnam: Distribution, species diversity, conservation and utilization. Trees, Forests and People, 6, 100137. https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100137

Tiza, T. M., Singh, S. K., Kumar, L., Shettar, M. P., & Singh, S. P. (2021). Assessing the potentials of Bamboo and sheep wool fiber as sustainable construction materials: A review. Materials Today: Proceedings, 47(xxxx), 4484–4489. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.322

Vallejo Zamudio, L. E. (2019). El plan nacional de desarrollo 2018-2022: "Pacto por Colombia, pacto por la equidad." Apuntes Del Cenes, 38(68). https://doi.org/10.19053/01203053.v38.n68.2019.9924

Wang, N., Esram, T., Martinez, L. A., & McCulley, M. T. (2009). A marketable all-electric solar house: A report of a Solar Decathlon project. Renewable Energy, 34(12), 2860–2871. https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.05.003

Wells, W. (2007). Blueprint for greening affordable housing. In W. WELLS (Ed.), Housing Studies (Primera ed). ISLANDPRESS. https://doi.org/10.1080/02673037.2021.1983155

Whaley, D. M., O'Leary, T., & Al-Saedi, B. (2017). Cost Benefit Analysis of Simulated Thermal Energy Improvements Made to Existing Older South Australian Houses. Procedia Engineering, 180, 272–281. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.186

Yun, G. Y., & Kim, J. T. (2014). Creating sustainable building through exploiting human comfort. Energy Procedia, 62, 590–594. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.421

GAS NATURAL LICUADO COMO FUENTE DE ENERGIA ALTERNATIVA SOSTENIBLE: GENERALIDADES (1 DE 6) [1]

NELSON CASTAÑO CIRO [1][2]

RESUMEN

El presente documento intenta dar un acercamiento a la cadena de valor del gas natural licuado (GNL), partiendo de la obtención del gas natural, licuefacción, almacenamiento, transporte, regasificación y usos más importantes. Además, su aporte e importancia para la sostenibilidad como combustible de bajas emisiones de gases de efecto invernadero. El estudio se hace por medio de búsquedas de fuentes primarias de información mas recientes. Se nota que la guerra entre Ucrania y Rusia (gran productor y exportador de gas natural) ha afectado mucho las importaciones de este combustible a muchos países europeos, dando lugar a fijar sus miradas en otros grandes productores.

De igual manera se hace una mirada a Colomba, con relación a sus consumos y a su producción, y que están haciendo actualmente el gobierno y algunas empresas para abastecer las necesidades de los colombianos. A corto plazo se está importando GNL por medio del puerto de Buenaventura en una planta satélite de regasificación, además del descubrimiento de un pozo de gas natural Enel caribe colombiano.

Palabras clave: gas natural; GNL; gas natural licuado; sostenibilidad.

ABSTRACT

This document attempts to provide an approach to the value chain of liquefied natural gas (LNG), starting from obtaining natural gas, liquefaction, storage, transportation, re-gasification and more important uses. In addition, its contribution and importance for sustainability as a fuel with low greenhouse gas emissions. The study is done through searches of the most recent primary sources of information. It is noted that the war between Ukraine and Russia (a large producer and exporter of natural gas) has greatly affected imports of this fuel to many European countries, giving rise to setting their sights on other large producers.

In the same way, a look is made at Colombia, in relation to its consumption and its production, and what the government and some companies are currently doing to supply the needs of Colombians. In the short term, LNG is being imported through the port of Buenaventura in a satellite regasification plant, in addition to the discovery of a natural gas well in the Colombian Caribbean.

Keywords: natural gas; LNG, liquefied natural gas; sustainability.

1. Cadena de valor del Gas Natural Licuado

2. Instructor - Investigador, Sena, ncastano@sena.edu.co, Medellín.

1. INTRODUCCIÓN

La economía mundial, en su crecimiento paulatino, el cual es muy lento, la desigualdad en la sociedad y la acelerada degradación ambiental, presentan desafíos desafiantes para todas las personas a nivel mundial, tanto de gobernantes como de gobernados.

Ya no es viable contar con los mismos hábitos y patrones de producción, consumo y energía, lo que convierte lo que se tiene actualmente de un desarrollo dominante a uno de un desarrollo sostenible. Obviamente lo anterior no se logra a corto plazo, solo por medio de un periodo de tiempo prudencial se pueden alcanzar ciertos cambios.

Debido a lo anterior, los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas, unidos con actores de la sociedad civil, el mundo académico y el sector privado, entablaron un proceso de negociación abierto, que dio como resultado la "Agenda 2030" para el Desarrollo Sostenible, con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en septiembre de 2015 (Tom Pelton, 2022). Estos ODS se pueden ver en la figura 1.

El lector se dará cuenta que el gas natural se puede incluir perfectamente en los ODS números 7, energía asequible y no contaminante; 11, ciudades y comunidades sostenibles; 12, producción y consumo responsables y, finalmente, el número 13, acción por el clima.

El gas natural es un combustible esencial en la transición hacia un futuro energético sostenible, ya que es una fuente de combustible más limpia en comparación con otras fuentes de hidrocarburos (Al-Haidous et al., 2022).

El gas natural licuado (en adelante GNL) es gas natural, compuesto principalmente de metano, que se ha convertido en líquido para facilitar su almacenamiento y transporte. El GNL ocupa aproximadamente 1/600 del volumen del gas natural. La conversión de gas natural a su forma licuada permite el transporte de mayores cantidades (GIIGNL, 2009). La licuefacción describe el proceso de enfriamiento del gas natural a -162°C hasta que se convierte en líquido. El GNL debe volver a convertirse en gas para uso comercial y esto se hace en las plantas de regasificación. Este documento describe las generalidades del GNL, cadena de valor, algunas normas que se aplican, producción, consumo, entre otros aspectos.

De igual manera es un primer documento de un total de seis, en donde los demás se explica, de forma más detallada, los diferentes eslabones de la cadena de valor del GNL a saber: licuefacción, almacenamiento, transporte por buque, transporte por camión cisterna y regasificación.

2. METODOLOGÍA

Se empleó una investigación de tipo exploratoria en donde se plantea como artículo de reflexión, un análisis del GNL como aporte a la problemática de gases de efecto invernadero y de consumo y producción energético. Se abordarán temas de cadena de valor a nivel general, producción, consumo, aplicación y uso, y la situación a nivel Colombia.

3. RESULTADOS

3.1 Cadena de valor del GNL

El gas natural debe ser extraído de pozos que han sido estudiados y aprobados inicialmente y tener la suficiente cantidad de gas natural para que sea comercialmente viable su extracción. Este gas crudo extraído, inicialmente deberá sufrir un proceso de tratamiento de limpieza para la extracción de impurezas que contiene, ya que existen normas de cantidades máximas permitidas de material extraño que debe contener el GNL (98% mínimo de metano aproximadamente). En la tabla 1 se listan las concentraciones promedio que se pueden encontrar en el gas natural, después del proceso de purificación.

Tabla 1. *Composición final promedio del gas natural (modificado de (Saldarriaga et al., 2021)*

Componente	Composición gas natural 1 [%mol]
metano	98,07
etano	0,26
propano	0,04
iso-butano	0,01
normal-butano	0,00
iso-pentano	0,00
normal-pentano	0,00
hexanos	0,01
Heptanos	0,00
Nitrógeno	1,50

El paso siguiente en la cadena de valor del GNL, figura 2, es la licuefacción. En este punto el gas natural es mayormente metano. Para obtener un mayor rendimiento del volumen, el gas es enfriado mediante varias tecnologías, hasta llevarlo a una temperatura de -162°C, y en esta temperatura pasa a ser líquido. En este punto, el GNL no es corrosivo, no tiene olor, es claro y sin color como el agua. A condiciones normales, un volumen de GNL es igual a 600 veces el volumen de gas natural. Esta relación es lo que lo hace atractivo económicamente para su transporte en grandes cantidades.

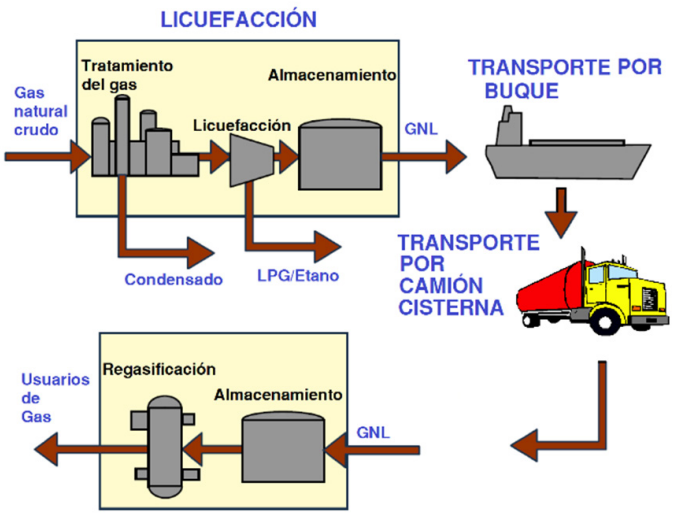


Figura 2. *Cadena de valor del GNL (modificado de GIIGNL, 2009)*

Después de la licuefacción, el GNL se transfiere a través de tuberías criogénicas a tanques de almacenamiento aislados construidos específicamente para contener GNL. Hay tres tipos de instalaciones donde se puede almacenar GNL: terminales de importación en tierra, terminales de importación en alta mar e instalaciones de almacenamiento en planta. Los tanques de almacenamiento de GNL están diseñados para soportar temperaturas criogénicas, mantener el líquido a baja temperatura y minimizar la cantidad de evaporación. La pequeña parte del GNL que se evapora se denomina "gas de evaporación". La temperatura dentro del tanque permanecerá constante si la presión se mantiene constante permitiendo que el gas de ebullición escape del tanque. Este gas es capturado y, por lo general, es licuado para ser reincorporado al tanque de almacenamiento.

Este almacenamiento en tanques también se puede dar en un proceso posterior de la cadena de valor, y es cuando los barcos llegan a una terminal para descargar el GNL.

El transporte de GNL se puede dar, tanto por buques, que se las llama "buques metaneros", figura 3, que están construidos especialmente para que el GNL se mantenga líquido, y minimizar la generación de gas de ebullición, como por camiones cisterna, que igualmente deberán estar construidos de manera especial para asegurar un determinado trayecto y minimizar las pérdidas de GNL, figura 4. Estos últimos llevan el GNL a las plantas de regasificación.

Figura 3. *Buque metanero (GIIGNL, 2009)*

Figura 4. *Esquema de la parte posterior de un camión cisterna de GNL (Ingersoll Rand, 2022)*

El último eslabón de la cadena de valor es la regasificación. Es acá donde el GNL pasa de un estado líquido a un estado gaseoso.

Dado que el gas natural es inodoro, en muchas regiones y países se requiere la odorización del gas natural regasificado antes de distribuirlo a los consumidores. Un odorante típico es THT (tetrahidrotiofeno) o mercaptano. El fin de la odorización es con fines de seguridad: poder detectar posibles fugas imperceptibles en su uso final, tanto doméstico como industrial.

3.2 Producción y consumo

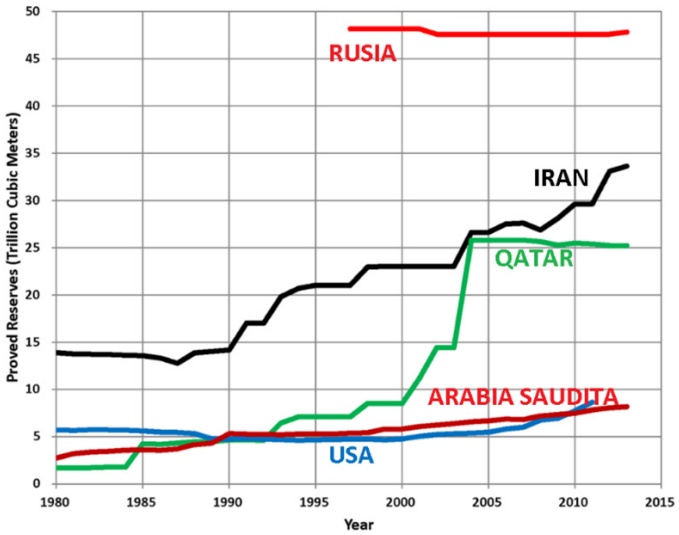
La figura 5 muestra los países con reservas probadas de gas natural entre los años de 1980 y 2015. Se nota el crecimiento de la producción en la mayoría de ellos, mientras que Rusia se mantiene prácticamente constante en el tiempo, sin embargo, sigue siendo el país con la mayor reserva mundial. claramente se observa que las reservas probadas de gas fueron dominadas por tres países: Irán, Rusia y Catar, que en su conjunto poseen casi la mitad de las reservas probadas del mundo.

En cuanto al consumo, muchos países europeos deben importar gas natural para suplir sus necesidades (especialmente en el invierno) y el mayor exportador de este energético para estos países es Rusia. Desafortunadamente, debido al conflicto existente a la fecha con Ucrania, Rusia ha cerrado las exportaciones a muchos de estos países, los cuales han tenido que migrar sus importaciones a otros países, pero estos, en algunos casos, no logran suplir sus consumos (o demandas), lo que ocasiona un déficit de gas natural.

Lo anterior se puede evidenciar en la tabla 2, que muestra a Rusia con cero suministros hacia esos países (Di Bella et al., 2022).

3.3 Aplicación y uso.

Además de todas las ventajas que tiene el gas natural en su estado líquido (GNL), el gas natural tiene múltiples aplicaciones, entre las cuales se cuentan las siguientes (Preciogas selectra, 2021):



Puesto	País/Región	Reservas probadas de gas natural (m^3)	Fecha de información
Total	Mundo	193,943,938,700,000	
1	Rusia	47,800,000,000,000	1 de enero de 2016 est.
2	Irán	34,020,000,000,000	1 de enero de 2016 est.
3	Catar	24,530,000,000,000	1 de enero de 2016 est.
4	Estados Unidos	10,440,000,000,000	1 de enero de 2015 est.
5	Arabia Saudita	8,489,000,000,000	1 de enero de 2016 est.

Figura 5. *Aumento de las reservas de gas natural en los 5 países más importantes (Wikipedia, 2022)*

Tabla 2. *Consumo de gas natural de países europeos al año 2021 (Di Bella et al., 2022)*

	Consumption	Russian supply	Non-Russian supply	Percent of annual consumption
Europe	**525**	**0**	**472**	**-7%**
UK and Ireland	76	0	76	0%
Spain and Portugal	38	0	38	0%
Sweden and Denmark	4	0	4	0%
France, Netherlands, Belgium	98	0	96	0%
Türkiye	57	0	57	0%
Finland, Latvia, Lithuania, Estoni	6	0	6	0%
Poland	23	0	22	0%
Bulgaria and Romania	15	0	14	0%
Croatia and Slovenia	4	0	4	0%
Other Europe	7	0	7	0%
Germany and Austria	99	0	78	-15%
Italy	73	0	58	-15%
Czechia, Slovakia, Hungary	25	0	12	-40%

3.3.1 Calefacción

Su aplicación como fuente de energía para la calefacción es uno de los usos más comunes del gas natural. Va sustituyendo poco a poco a otras fuentes similares como el gas propano o el butano, ya que la red de distribución de gas natural crece cada año, mientras que el propano y el butano solo se usan donde no llega el gas natural. Además, su precio, comparado con la calefacción eléctrica, es muchísimo más bajo.

El gas natural también está dejando haciendo que disminuya el uso de la calefacción eléctrica, ya que a pesar de que la instalación de gas natural tiene un coste algo elevado, su diferencia de precio con la electricidad hace que se amortice en muy poco tiempo. Y comparado con la aerotermia el precio es bastante más económico.

3.3.2 Agua caliente sanitaria

El agua caliente sanitaria es el segundo uso del gas natural que más energía consume en el hogar, solo superado por la calefacción. Es imprescindible, ya que permite calentar el agua de la ducha y de cualquier grifo de la vivienda.

3.3.3 Cocina

Es el tercero de los usos más frecuentes. Cocinar con gas natural facilita la regulación del fogón, en lugar de intentar adivinar en qué numero de la estufa eléctrica hay que poner la olla para que se considere “fuego lento”, por ejemplo.

Además, el gas natural proporciona calor de forma inmediata, no hay que esperar a que las resistencias eléctricas alcancen la temperatura máxima. Y una vez se apaga el fuego, apagado queda. No hay que esperar un rato hasta que se enfrían las resistencias, como ocurre con las cocinas eléctricas.

3.3.4 Gasodomésticos

Los gasodomésticos son aquellos electrodomésticos de gama blanca que utilizan gas natural como fuente de energía. Suelen ser algo más caros, pero su eficiencia energética compensa en las facturas. Entre estos tenemos:

Lavadora bitérmica, lavavajillas a gas natural, vitrocerámica a gas: frigorífico de gas y secadoras a gas, entre otros.

3.3.5 Climatización

Es complicado asociar el gas natural a aparatos que generan aire frío, pero en Japón y Estados Unidos es un método clásico por lo consolidado que está. Hay dos sistemas de generación de frío por gas: por absorción y por compresión, cuyas tecnologías están muy desarrolladas debido a sus bajos costos de consumo.

3.3.6 Aplicaciones industriales

Aunque parezca que el doméstico es el primero de los usos del gas natural, en realidad está a la cola tras el uso industrial y la producción de electricidad, siendo el uso industrial el mayor consumidor de gas natural con amplia diferencia. En general es usado en las siguientes industrias: metalurgia, siderurgia, cerámica, alimentación, vidrio, textil, agrícola, entre otros.

El gas natural se utiliza como fuente de energía para hornos industriales que sirven para el tratamiento de metales, producción de cerámicas, ladrillos y para la fusión de las materias primas que componen el vidrio.

Otro uso industrial es en el abastecimiento de calderas para la generación de agua caliente o vapor que se utiliza en la cocción y secado en industrias como la de la alimentación.

El gas natural también se utiliza como materia prima para la producción de hidrógeno, etileno y metanol mediante un proceso llamado “reformado del gas natural”. El hidrogeno se utiliza para crear amoniaco para fertilizantes destinados a la industria agrícola.

Uno de los usos más novedosos del gas natural es el de deshumidificación, pudiendo regular la humedad relativa de un lugar. Esto es muy importante en la industria del plástico y en la farmacéutica, ya que la humedad puede dañar el producto.

3.3.7 Generación de electricidad

La electricidad es una de las energías más utilizadas y su producción puede llevarse a cabo de muchas formas. Una de ellas es mediante la combustión de gas natural en plantas de ciclo combinado.

Estas plantas basan su funcionamiento en dos turbinas que son las que generan electricidad. Para hacer girar la primera turbina (turbina de gas) se introduce el gas natural que, mezclado con aire a presión producen una combustión. El calor generado por la combustión calienta el agua que se convierte en vapor y hace girar las palas de una segunda turbina (turbina de vapor).

3.3.8 Vehículos

Otro de los usos del gas natural es el de combustible para vehículos. Para ello es necesario comprimirlo a una presión de 200 a 250 bar, consiguiendo así el denominado gas natural comprimido (GNC). Se comprime para que ocupe un menor espacio en el depósito del vehículo.

El GNC reduce notablemente la emisión de gases y partículas contaminantes, además de tener un precio inferior a la gasolina, por lo que para un mismo trayecto se puede ahorrar en torno al 40%.

3.4 Situación actual de Colombia

Hace 4 años, en el 2018, Colombia contaba con 95 campos de gas natural con reservas probadas de 3782 GPC (giga pies cúbicos), 48 pozos exploratorios y un punto de importación de gas natural licuado denominado terminal portuario de GNL Cartagena, Sociedad Portuaria El Cayao, puesta en marcha en el 2016 (ANI, 2016). En el mismo año se tuvo un decrecimiento de 2.9 % respecto a las reservas probadas del año 2017 y de un 4.7 % en las reservas totales. En ese mismo año, el factor reserva/producción de gas natural ascendía a 20 años, de los cuales 3.4 años correspondían a las reservas adicionadas y 6.8 años a la importación de GNL (Saldarriaga et al., 2021).

El gobierno nacional, quizás debido a la agenda 2030, al cambio climático y al compromiso con la sostenibilidad global, promulgó la Ley 2128 del 4 de agosto del 2021 "Por medio del cual se establece el abastecimiento, continuidad, confiabilidad y cobertura del gas combustible en el país", con el ánimo de incentivar en la innovación e implementación de nuevos usos del gas natural, entre los que se cuentan: sustitución de fogones de leña y carbón, generación de energía eléctrica, circulación vehicular, además de incentivos en la exención de impuestos a quienes implementen estos sistemas.

En el año 2017, casi que el consumo de gas natural era igual que el producido, como se puede observar en la figura 6, pero para el año 2020, el consumo ya superó nuestra producción (WORLD ENERGY TRADE, 2022) y (Roca, 2022), lo que obliga, de forma inmediata y necesaria, a la importación de gas natural.

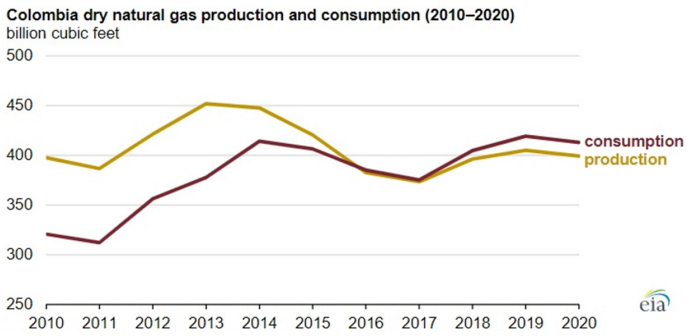


Figura 6. *Consumo y producción de gas natural en Colombia, 2010-2020 (WORLD ENERGY TRADE, 2022)*

Por lo pronto, y a la fecha de hoy, Ecopetrol ya está importando GNL (prueba piloto de 6 meses) en barcos metaneros que llegan a su planta satélite de regasificación al puerto de Buenaventura, para suplir las necesidades del sur occidente colombiano (Redación economía, 2022) y (Actualidad Empresarial, 2022). Además, el gobierno nacional volvió a lanzar la convocatoria o subasta de su tan esperado proyecto en el Pacífico de importación de gas natural licuado (GNL), ocho meses después de abortar un proceso de licitación debido a la falta de interés (BNAmericas, 2022). Lo anterior para ir supliendo las necesidades faltantes de consumo de gas natural.

De otro lado es importante anotar que Ecopetrol y Petrobras confirmaron un descubrimiento de gas natural en el Caribe. Es el pozo exploratorio Uchuva-1, perforado en aguas profundas en Colombia, a 32 km de la costa y a 76 km de Santa Marta, con una columna de agua de aproximadamente 830 metros.

4. CONCLUSIONES Y/O DISCUSIONES

La guerra entre Ucrania y Rusia (más grande productor y exportador de gas natural en el mundo) está afectando notoriamente a los países europeos, que son grandes importadores de este combustible gaseoso. Estos países han tenido que poner los ojos en otros países para sus necesidades que, en algunos casos no logra suplir sus demandas.

Esta misma guerra ha hecho que el GNL cobre importancia, debido a que se puede transportar gran cantidad de gas natural a grandes distancias.

El cambio climático, el efecto invernadero entre otros nos obliga a pensar en ser más sostenibles y respetuosos con nuestro planeta, y el empleo de gas natural es una valiosa ayuda para cumplir este propósito.

En cuanto a Colombia, se nota que nos encontramos en un punto crucial en donde el consumo es un poco superior a la producción. Si bien es cierto que el gobierno estipuló la Ley 2128 de agosto de 2021 para el suministro de gas natural al territorio nacional, se deben hacer más y mejores esfuerzos para asegurar una buena estabilidad en el tiempo de las reservas de gas natural, por lo menos para los próximos 40 años.

REFERENCIAS

Actualidad Empresarial. (2022). *Colon LNG Marketing inició exportación de Gas Natural Licuado a Colombia.* Martes Financiero, La Revista Financiera de Panamá. https://www.martesfinanciero.com/actualidad-empresarial/colon-lng-marketing-inicio-exportacion-de-gas-natural-licuado-a-colombia/

Al-Haidous, S., Govindan, R., Elomri, A., & Al-Ansari, T. (2022). *An optimization approach to increasing sustainability and enhancing resilience against environmental constraints in LNG supply chains: A Qatar case study.* Energy Reports, 8, 9742–9756. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.07.120

ANI. (2016). *Entró en operación el primer puerto para la regasificación de gas natural licuado en Colombia.*

BNAmericas. (2022). *Colombia relanza licitación de proyecto de GNL por US$700mn en el Pacífico.* BNAmericas. https://www.bnamericas.com/es/noticias/colombia-relanza-licitacion-de-proyecto-de-gnl-de-us700mn-en-el-pacifico

Departamento Nacional de Planeación. (2018). *PACTO POR COLOMBIA PACTO POR LA EQUIDAD IV.* Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo ODS RELACIONADOS.

Di Bella, G., Flanagan, M., Toscani, F., Pienkowski, A., Foda, K., Stuermer, M., & Maslova, S. (2022). N*atural Gas in Europe: The Potential Impact of Disruptions to Supply. IMF Working Papers,* 2022(145), 1. https://doi.org/10.5089/9798400215292.001

GIIGNL. (2009). The LNG Process Chain. *Information Paper No. 2, 2, 9.*

Ingersoll Rand. (2022). *Transferencia de gas licuado para buques cisterna de GNL, GLP y criogénicos.* Ingersoll Rand. https://www.gardnerdenver.com/es-pr/transport/about-us/global-presence

Preciogas selectra. (2021). *¿Para qué se utiliza el gas natural?* PrecioGas.

Redación economía. (2022). *Ecopetrol importará, en plan piloto, gas natural a Buenaventura.* El Espectador. https://www.elespectador.com/economia/empresas/ecopetrol-importara-en-plan-piloto-gas-natural-a-buenaventura/

Roca, J. A. (2022). *El consumo de gas natural en Colombia ya supera la producción.* El Periódico de La Energía. https://elperiodicodelaenergia.com/el-consumo-de-gas-natural-en-colombia-ya-supera-la-produccion/

Saldarriaga, C. A., Tibaquirá, J. E., & Buga, Á. R. (2021). *Gas natural licuado : una opción para la transición energética de Colombia.*

Tom Pelton, E. I. P. (2022). *Boom in LNG Could Add More Than 90 Million Tons of Greenhouse Gases a Year.* Environmental Integrity Project. https://environmentalintegrity.org/news/boom-in-lng-could-add-more-than-90-million-tons-of-greenhouse-gases-a-year/

Wikipedia. (2022). *Países por reservas probadas de gas natural.* https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Países_por_reservas_probadas_de_gas_natural

WORLD ENERGY TRADE. (2022). *En Colombia, el consumo de gas natural ha superado la producción*. WORLD ENERGY TRADE. https://www.worldenergytrade.com/oil-gas/general/en-colombia-el-consumo-de-gas-natural-ha-superado-la-produccion

LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL ES UNA NECESIDAD DE LA HUMANIDAD Y LA ACADEMIA. (ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IS A NEED FOR HUMANITY AND ACADEMIA.)

CARLOS CUESTA HOYOS [1]
RAÚL SAMPAYO TURIZO [2]

RESUMEN

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por las Naciones Unidas en 2015 son herramientas que deben de seguir la humanidad y los gobiernos para salvaguardar el planeta desde el principio de sostenibilidad ecológica y la Unesco en el 2017, hace referencia a la educación como medio de lograr alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, desde diferentes ámbitos académicos, visión holística y disciplinas del conocimiento, por la cual las universidades están llamadas a formar profesionales con capacidad sostenible con una perspectiva Educativa para el Desarrollo Sostenible (EDS) a los problemas que surgen de los escenario apuesta de cada profesional, por otro lado, el desafío de los ODS en los proceso de formación debe estar incorporados como una metodología para trabajar todos los aspectos de la sostenibilidad, al mismo tiempo, el alcance e implementación de estos objetivos y contribuir a la humanidad a ser más sustentable con los servicios ecosistémico que brindan información, materia prima y conocimiento para desarrollar el sistema social de cada país. Para este estudio se realizó una reflexión sobre el concepto de sostenibilidad desde la cátedra universitaria en la formación de los futuros profesionales, efectuando búsquedas con los términos Desarrollo sostenible, Educación, Competencia.

Palabras Claves: Desarrollo sostenible, Educación, Competencia.

ABSTRACT

The Sustainable Development Goals (SDGs) adopted by the United Nations in 2015 are tools that humanity and governments must follow to safeguard the planet from the principle of ecological sustainability and UNESCO in 2017, refers to education as a means of achieving the Sustainable Development Goals, from different academic fields, holistic vision and disciplines of knowledge, by which universities are called to train professionals with sustainable capacity with an Educational perspective for Sustainable Development (ESD) to the problems that arise of the scenario bet of each professional, on the other hand, the challenge of the SDGs in the training process must be incorporated as a methodology to work on all aspects of sustainability, at the same time, the scope and implementation of these objectives and contribute humanity to be more sustainable with ecosystem services that provide information education, raw material and knowledge to develop the social system of each country. For this study, a reflection was made on the concept of sustainability from the university chair in the training of future professionals, conducting searches with the terms Sustainable development, Education, Competence.

Keywords: Sustainable development, Education, Competition.

1. Ingeniero Agrónomo, Complejo Tecnológico para la Gestión Agroempresarial, cacuesta@sena.edu.co. Caucasia.
2. Ingeniero de sistemas, Uniremington, raul.sampayo@uniremington.edu.co, Caucasia.

INTRODUCCIÓN

La actividad humana ha venido ejerciendo una presión a los sistemas ecosistémicos a partir del sistema social por la necesidad de las actividades humanas al demandar energía, materiales e información del entorno, causando efectos negativos en el ambiente, factores bióticos y abióticos. Esto nos conlleva a dar cumplimiento con el propósito del desarrollo sostenible y contribuir al mejoramiento del planeta.

Así mismo, Gil en el 2018, nos indica;
Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por las Naciones Unidas en 2015 contienen la agenda global más ambiciosa aprobada por la comunidad internacional para movilizar la acción colectiva en torno a objetivos comunes. Si bien se proponen luchar contra la pobreza extrema, integran y equilibran tres dimensiones esenciales del desarrollo sostenible como son la económica, lo social y lo ambiental, proporcionando una valiosa hoja de ruta para articular la formulación de políticas mundiales. Sin embargo, la arquitectura compleja bajo la que se han diseñado, sus limitaciones técnicas y las fundadas críticas de la comunidad internacional proyectan importantes limitaciones para que esta novedosa agenda pueda alcanzar los objetivos previstos de construir un planeta mejor para las generaciones venideras.

Por otro lado, para lograr empoderarse de estos contenidos se debe dar un viraje al planteamiento del contenido de la Unesco en el 2017, requiere de la formación una mirada de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, desde diferentes ámbitos académicos, visión holística y disciplinas del conocimiento (Romero, et al., 2018).

Además, la formación para el desarrollo sostenible debe de generar competencias críticas en las personas sobre su actuar en el entorno natural, social y cultural que contribuyan con la sostenibilidad del planeta (Marcilla et al., 2019). Igualmente, para el año 2030 toda la humanidad debe tener acceso a la información y conocimiento del desarrollo sostenible, cuidado de los ecosistemas, reducción en la pérdida de alimentación, gestión ecológica de los productos químicos, todo esto nos conlleva a enfocarlo al plan de acción en favor de nuestro planeta y de los seres humano (De Romero, 2020).

Otro rasgo de la educación debe estar enmarcado en los individuos como eje central de la sociedad, a partir de un viraje de la educación del desarrollo sostenible para la sostenibilidad del planeta, desde una visión de los centros de educación superior y los nuevos egresados son los insumos del futuro que marcarán la diferencia a los retos ambientales que nos enfrentamos (Valderrama et al., 2020).

A su vez, la sustentabilidad ayuda a entender que los ecosistemas cada día son más escasos y el hombre necesita de energía, materia prima para atender a su sistema social, generando efectos cambiantes del clima. Esto conlleva a comprender que los recursos naturales en el planeta tienen una capacidad limitada para atender lo que demanda la humanidad (Ávila, 2028).

Por otro lado, Martínez (2019), indica que la humanidad tiene que innovar en sus procesos de vida cotidiana y de nuestro trabajo que conlleven a solucionar nuestra calidad de vida sin afectar el ecosistema. Estas actividades deben de construirse de forma colectiva desde la formación en sus diferentes ámbitos del saber hacer y sus valores para decidir en el futuro las acciones de sostenibilidad que se deben de aplicar al planeta.

Con respecto a este artículo de reflexión los autores buscan una mirada al contexto de cómo podemos contribuir al alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible desde el papel de la sociedad y la educación.

Materiales y métodos
Esta investigación es descriptiva con aporte teórico. Se centró en analizar los aportes de los académicos e investigadores en la sostenibilidad como necesidad de la academia en sus procesos de enseñas para atender las necesidades de la sociedad en torno a la sostenibilidad ambiental. El análisis de la información se realizó a partir de fuentes secundarias consultadas en las bases de datos adscritas a la biblioteca virtual del SENA.

DESARROLLO

Los retos que las instituciones de educación superior enfrentan en el marco de la Agenda 2030, es formar estudiantes, profesionales y egresados, con una visión de la educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) como complemento a sus competencias y escenario apuesta de su profesión, por otro lado, el desafío de incorporar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en ese mismo proceso de capacitación como una metodología

para trabajar todos los aspectos de la sostenibilidad y su contribución, al mismo tiempo, al alcance e implementación de estos objetivos (UNESCO, 2014).

A su vez, Miñano et al., (2020) manifiestan que unos de los procesos de formación de las universidades pueden contribuir con la sociedad para adoptar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es aprovechar sus competencias, habilidades para formar capital humano para la humanidad acorde a estos Objetivos y contribuir con las competencias blandas y ciudadanas, para llegar a ser un planeta sustentable acorde a la agenda 2030 desde los estamentos de las universidades de cualquier disciplina del saber.

Por otro lado, La UNESCO en el 2017, ha manifestados las competencias transversales, multifuncionales y clave para promover el aprendizaje de los enfoques pedagógicos importantes para cada uno de los 17 ODS., que son consideraciones fundamentales para actuar en cualquier contexto, como se observa en la figura 1.

Lo anterior nos indica que las actualizaciones del cuerpo de docentes deben ocupar un lugar importante en la cátedra de sustentabilidad ecológica a partir de las competencias anteriores dando un enfoque de integralidad de la formación y transformación de los estudiantes para dar una mirada crítica de las acciones que se ejercen desde su profesión. Esta afirmación es corroborada por lo que indica Murga, en el 2017, la sostenibilidad debe estar inmerso en su pensum académico de las universidades, como respuesta a la necesidad de la sociedad para alcanzar el equilibrio natural de la sustentabilidad del planeta.

Por otro lado, se debe incluir la sostenibilidad como una cátedra dentro de la formación universitaria independiente de sus ciclos propedéuticos para dar respuesta a las necesidades del entorno ambiental del planeta, de las competencias ciudadanas que deben de tener los nuevos egresados y contribuir con la responsabilidad empresarial de las empresas. No se refiere solo a reciclar, sino tener un concepto más holístico de la sustentabilidad del ecosistema (Valderrama et al., 2020).

Además, la Agenda 2030 invita a todas las universidades a trabajar en pro de la sostenibilidad del planeta y a transformar a la sociedad desde los fundamentos ecológicos y sociedades más sostenibles dentro de la geopolítica del territorio. Estas instituciones no deben negarse a estos cambios en sus pensum académicos para aportar a la sociedad nuevos profesionales con competencias socio-ambientales que se comprometan con el entorno donde viven y al servicio de la sociedad (De la Rosa Ruiz et al., 2019).

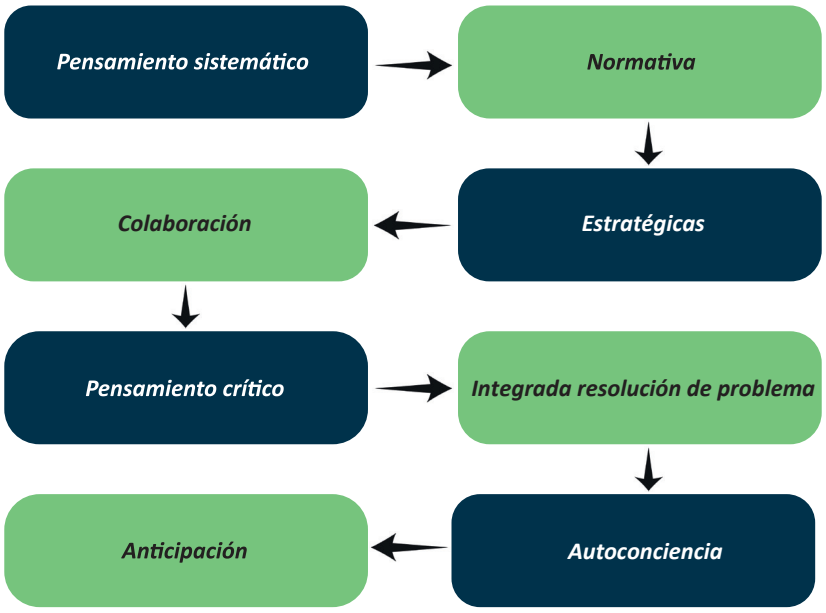


Figura 1. *Competencias transversales clave de sostenibilidad pertinentes a los ODS.*
Fuente: *Adaptado de la UNESCO. Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivos de aprendizaje. Copyright 2017 por la UNESCO.*

Así mismo, en Estados Unidos, los empresarios valoran, en gran medida, una combinación de habilidades interpersonales para resolver problemas y trabajar articulados por una misma meta y que demuestren sus competencias soft skills (habilidades blandas) - power skills (habilidades poderosas) que contribuyen con el desarrollo del ser y de su profesión (Rentería, 2022).

Por otra parte, Rentería en el 2022, nos indica:

Los esfuerzos para alcanzar las metas de los ODS deben provenir de todas las personas, de forma individual o colectiva, ya sea dentro de empresas, instituciones, organizaciones políticas o escuelas. Desde esta perspectiva, la educación de calidad, como base de estos esfuerzos, se convierte, al mismo tiempo, en un objetivo y en un medio para alcanzar los demás ODS, siendo el único tema con esta propiedad. Todos los acontecimientos anteriormente deben ser trabajados en la escuela, en todos los niveles y modalidades, incluida la formación continua de los docentes. En los espacios no formales, especialmente en los sectores productivos de la sociedad, también se debe buscar la sustentabilidad, ya que es precisamente en este extremo que, efectivamente, sucede o no el desarrollo sustentable.
Al mismo tiempo, Matos et al., (2018), nos indica que en la última década el hombre ha degradado el ambiente y es necesario la educación como propósito de la sostenibilidad, mitigar los cambios climáticos y crear en la sociedad una responsabilidad compartida para lograr alcanzar los ODS en todos sus ámbitos. Estos procesos educativos deben ir más allá del individuo y combinando estrategias competitivas desde lo social para el entorno natural, es por eso por lo que las universidades cobran un protagonismo sustentado en los valores éticos que anteceden el antropocentrismo como pilares básicos de la educación superior como ejes de la sociedad moderna y el camino de la sostenibilidad real.

Asimismo, la aplicación y procesos del aprendizaje por competencias generan en los docentes un cambio de métodos del aprendizaje que respondan a las necesidades de la sociedad entregando profesionales capaces de abordar los problemas del entorno y que contribuyan a generar sostenibilidad (Mesa, 2019).

El anterior concepto lo esclarece, Ramos (2021), indicando que el desafío es asumir los cambios que propone la humanidad y articulado a sus planes de estudio e innovar en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las universidades que contribuya con el desarrollo profesional de sus estudiantes.

Los centros de educación superior mantienen los procedimientos de enseñanza acorde a las nuevas necesidades de las futuras generaciones o profesionales que se destacaron como miembros de la sociedad o empresarios, es por ello la necesidad de incluir en sus estructuras curriculares la cátedra de sostenibilidad y en sus estamentos educativos en mira de la educación del siglo XXI (Pérez, 2018).

Como resultado, de lo abordado anteriormente Hernández et al., (2020). nos proponen que las universidades deben de lograr;

Alinear los planes de estudio a los ODS y sus investigaciones.

- Los procesos de educación deben innovar para generar esas nuevas competencias en los individuos desde la responsabilidad de adoptar los ODS.

- Las instituciones de educación deben de generar programas de alto impacto desde la investigación y sus procesos de abordaje de los problemas del contexto ecológico.

- Se deben involucrar a todos los estamentos de las universidades para el logro de los ODS.

- Los procesos académicos deben ser democratizados y estar al servicio de la sociedad desde los procesos de extensión académica.

CONCLUSIONES.

La sustentabilidad de la humanidad depende de los compromisos académicos con que se forman a los nuevos profesionales en los diferentes niveles propedéuticos para crear habilidades y competencias en mira de alcanzar los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Pero este compromiso no es solo de las universidades como entes de formación sino de la misma sociedad que debe de gestionar las herramientas y conocimientos para lograr contribuir a salvar el planeta de los efectos adversos que ha cometido la humanidad.

Nuestra humanidad tiene diferentes necesidades dentro de los sistemas sociales (materiales, información y conocimiento) que afectan a los sistemas ecosistémicos del mundo, es necesario contribuir a la sociedad con herramientas que aporten a la sustentabilidad de nuestro planeta, generando valores, conocimientos y habilidades (soft -power), con el apoyo de las universidades para el logro de la meta sostenible al año 2030 de nuestro continente.

El reto de las instituciones de educación superior es afrontar los cambios en sus pensum académicos y lograr dar respuesta a la sociedad para que los futuros profesionales salgan con las competencias de alcanzar los ODS.

REFERENCIAS

Ávila, P. Z. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. Tabula rasa, (28), 409-423. https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/tabularasa/article/view/1127

De la Rosa Ruiz, D., Giménez Armentia, P., & De la Calle Maldonado, C. (2019). Educación para el desarrollo sostenible: el papel de la universidad en la Agenda 2030. http://ddfv.ufv.es/handle/10641/1691

de Romero, J. G., García, J. C., Gavidia, A., & Santana, A. G. V. (2020). Desarrollo sostenible: Desde la mirada de preservación del medio ambiente colombiano. Revista de ciencias sociales, 26(4), 293-307. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7687041

Diaz, A. L., & Canosa, V. F. (2021). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la formación de los futuros maestros: Uso de metodologías activas. Campo Abierto. Revista de Educación, 40(2). https://mascvuex.unex.es/revistas/index.php/campoabierto/article/view/4039

Gil, C. G. (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. Papeles de relaciones ecosociales y cambio global, 140, 107-118. https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/revista_papeles/140/ODS-revision-critica-C.Gomez.pdf

Hernández-Castilla, R., & Opazo, H. (2020). Los objetivos de desarrollo sostenible: aportes desde la investigación educativa comprometida. Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado, 24(3), 1-8. file:///D:/Descargas/16996-Texto%20del%20art%C3%ADculo-49595-1-10-20201204.pdf

Matos, S. L., Ruiz, M. J. B. C., & Hernández, J. A. R. (2018). La educación para el desarrollo sostenible: Sin tiempo para educar en el futuro, educando para la emergencia del presente. In Educación en la sociedad del conocimiento y desarrollo sostenible: XXXVII Seminario Interuniversitario de Teoría de la Educación (pp. 19-56). Universidad de La Laguna. file:///D:/Descargas/Educaci%C3%B3n%20en%20la%20sociedad%20del%20conocimiento%20y%20el%20desarrollo%20sostenible.pdf

Maraña, M. A. I. D. E. R. (2020). Cultura, desarrollo y sostenibilidad. Bases para la reflexión. Cultura y Desarrollo Sostenible. Aportaciones al Debate Sobre la Dimensión Cultural de la Agenda, 2030, 26-35. https://core.ac.uk/download/pdf/322786558.pdf#page=26

Marsilla, J. I. E., & Luján, E. L. (2019). La formación del profesorado universitario para la educación en la gestión de la sostenibilidad. Publicaciones: Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla, 49(1), 53-62. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7039519

Martínez Huerta, J. (2019). Escuela y sostenibilidad. IKASTORRATZA. e-Revista de Didáctica. https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/189930/5.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mesa, M. (2019). La Educación para la ciudadanía global y los objetivos de desarrollo sostenible: Una agenda para la transformación social. Revista internacional de educación para la justicia social (RIEJS). https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/687625/RIEJS_8_1_1.pdf?seque

Miñano, R., & García, M. (2020). Implementando la Agenda 2030 en la Universidad. Casos inspiradores. Madrid: Red Española para el Desarrollo Sostenible (REDS).https://reds-sdsn.es/wp-content/uploads/2020/05/Dosier-REDS_Casos-ODS-Univ-2020_web.pdf

Murga Menoyo, M. Á. (2017). Universidades en transición: hacia una transformación institucional orientada al logro de la sostenibilidad. Revista Iberoamericana de Educación. https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/174757/v.73%20p%2061-84.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pereira, M. T. (2022). SUSTENTABILIDADE COMO PRÁXIS PEDAGÓGICA PARA A TRANSDISCIPLINARIDADE NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA (EPT). Educação em Revista, 38. https://www.scielo.br/j/edur/a/GhGqRbM4D8C99RMwL9DDJdy/?lang=pt

Pérez, A. F. (2018). Educación para la sostenibilidad: Un nuevo reto para el actual modelo universitario. Research, Society and Development, 7(4), 174165. https://www.redalyc.org/journal/5606/560659011001/560659011001.pdf

Ramos Torres, D. I. (2021). Contribución de la educación superior a los Objetivos de Desarrollo Sostenible desde la docencia. Revista española de educación comparada. https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/206804

Rentería-Vera, J. A., Hincapie-Montoya, E. M., Rodríguez-Caro, Y. J., Vélez-Castañeda, C. K., Osorio-Vélez, B. E., & Durango-Marín, J. A. (2022). Competencia global para el Desarrollo Sostenible: una oportunidad para la educación superior. Entramado, 18(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-38032022000100208&script=sci_abstract&tlng=pt

Romero, E., Luque, D. y Meira, P. A. (noviembre, 2018). ¿Es la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) la respuesta a la crisis socio-ambiental?: una reflexión desde la sospecha. Trabajo presentado en Educación en la Sociedad del Conocimiento y el Desarrollo Sostenible (XXXVII Seminario de Teoría de la Educación), Universidad de La Laguna. https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/11679/Ponencia_4-%20Es%20la%20Educaci%c3%b3n%20para%20el%20Desarrollo%20Sostenible%20%28EDS%29%20la%20respuesta.pdf?sequence=1&isAllowed=y

UNESCO. (2014). Unesco roadmap for implementing the Global Action Programme on Education for Sustainable Development. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230514

Valderrama-Hernández, R., Rubio, L. A., Sánchez-Carracedo, F., Caballero, D., Serrate, S., Gil-Doménech, D., ... & Miñano, R. (2020). ¿ Forma en sostenibilidad el sistema universitario español? Visión del alumnado de cuatro universidades. Educación XX1, 23(1), 221-245. https://www.redalyc.org/journal/706/70663315010/70663315010.pdf

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ESTRUCTURAL DE FILTROS DE AGUA POR MEDIO DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO EN CANAL HIPERBÓLICO. [1]

Caly Urán Samuel [2], Durango Murillo Sebastián [3], Pautt Castillo Emmanuel [4], Toro Aguirre Johann Steven [5], Yepes Miguel Ángel [6]

RESUMEN

Se presentan los resultados parciales de un proyecto de investigación que busca elaborar una estructura para filtros implementando las ventajas estructurales, hidrodinámicas y en prototipado que ofrece el uso de la figura hiperbólica. Luego del respectivo estudio, se propone una geometría hiperbólica la cual es modelada en la aplicación de diseño. En el presente artículo se da cuenta del proceso de experimentación una vez establecidas las magnitudes y ventajas de la figura hiperbólica para determinar el material más adecuado para llevar a cabo el canal. Como resultado preliminar se encuentra favorable el acrílico, tomando en cuenta la maleabilidad de este y su tolerancia al calor en el proceso de termoformado.

Palabras clave: Se deben proponer entre 3 y 6 palabras claves, las cuales deben hacer referencia a los lineamientos de los Tesauros de la UNESCO. *http://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/es/*

ABSTRACT

The partial results of a research project that seeks to develop a structure for filters implementing the structural, hydrodynamic and prototyping advantages offered by the use of the hyperbolic figure are presented. After the respective study, a hyperbolic geometry is proposed which is modeled in the design application. This article reports the experimentation process once the magnitudes and advantages of the hyperbolic figure have been established to determine the most suitable material to carry out the channel. As a preliminary result, acrylic is favorable, taking into account its malleability and its tolerance to heat in the thermoforming process.

Keywords: Hyperbolic channel; hyperbola; filter; prototyping; fluids; flow; acrylic.

1. *El articulo deriva del proyecto "Diseño y construcción de un prototipo de filtro en canal hiperbólico" construido en la línea de Diseño y Prototipado de Tecnoacademia del SENA Medellín.*

2. *Estudiante, IE Colegio Loyola para la Ciencia y la Innovación. samuel.calyu@iecolegioloyola.edu.co. Medellín.*
3. *Estudiante, IE Colegio Loyola para la Ciencia y la Innovación. sebastian.durangom@iecolegioloyola.edu.co. Medellín.*
4. *Estudiante, IE Colegio Loyola para la Ciencia y la Innovación. emmanuel.pauttc@iecolegioloyola.edu.co. Medellín.*
5. *Estudiante, IE Colegio Loyola para la Ciencia y la Innovación. Johan.toroa@iecolegioloyola.edu.co. Medellín.*
6. *Estudiante, IE Colegio Loyola para la Ciencia y la Innovación. miguel.yepesr@iecolegioloyola.edu.co. Medellín.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema y antecedentes

Actualmente, la industria de filtros de agua le da mayor relevancia y jerarquía al contenido que lleva el filtro en su interior, dejando en segundo plano los materiales y la figura con la que se elabora la estructura de éste. Una de las desventajas que se derivan de tal situación radica en que, por lo general, los materiales que se emplean son en exceso rígidos, por lo que no brindan una gran libertad y maleabilidad a la hora de diseñar la forma de la estructura, defecto que se ve en varios ejemplos, como es el caso del uso de ferrocemento (Quizhpe, 2014).

De tal modo, las propuestas de fábrica para las estructuras de filtros se presentan como opciones que pueden ser mejoradas. Proyectos cómo la implementación de plantas de tratamiento en la ciudad de Medellín o remediación a nivel municipal y nacional han realizado propuestas en un nivel macro que no ha favorecido a las comunidades o poblaciones locales, situación que sucede a nivel nacional, como es el caso del proyecto UVA, EPM, (EPM 2016). Así mismo, se ve una falta de eficacia en la estructura de los filtros comerciales, ya que dejan de lado las ventajas hidrodinámicas que pueden aportar otras figuras más eficientes en el trabajo, como es la figura hiperboloide, la cual, debido a su deformación de ancho a más angosto, facilita un paso del fluido más uniforme y con una turbulencia más reducida, por lo cual el prototipo debe realizar menos esfuerzo para mantener la estructura en pie. Otros proyectos también han abordado otras ventajas de la figura hiperboloide en proyectos sobre fluidos (Ortega y Robles, 2001). La problemática identificada en el anterior proyecto radica en la inevitabilidad de la aparición de fisuras en la estructura de los filtros, sin embargo, expone en sus conclusiones que la geometría del hiperboloide en contacto con el líquido, posee un mejor comportamiento estructural, dando una solución parcial a la problemática minimizando dos parámetros, la Flexión Volumétrica Estructural, que consideran las tensiones producidas por los Momentos Flectores y la Deformación Volumétrica Estructural, que tiene en cuenta las deformaciones registradas en toda la lámina.

Otro notable soporte a las ventajas de la figura hiperboloide en el flujo se ve en la investigación de Campo, Galindo, Pinho, Alves y Oliveira, (2011), quienes afirman que al implementar una contracción hiperbólica en la geometría usada para el paso de los fluidos, se logró una tasa de extensión casi uniforme en la línea central de la geometría.

Las ventajas del uso de la figura hiperboloide se han visto plasmadas en multitud de casos, incluso llegando a ser usado con fluidos gaseosos, como es el caso de Chen, Yang, Du y Yang, (2017). Sin embargo, las ventajas de la figura hiperbólica no están limitada a la aplicación sobre un flujo laminar, sino también en otros tipos de flujo, como es el flujo peristáltico, (Abbas, Bai, Bhatti y Rashidi, 2015).

Dentro de la valoración para la realización del prototipo se considera la opción del termoformado, ya que éste aplicado a los materiales acrílico, acetato y láminas PET, según las investigaciones de Castillo y Correa (2017), y Sánchez, Saucedo, Esparza y Castañeda, (2014) es un método funcional y las figuras obtenidas tienen simetría con la figura que se propone para el diseño si se usa la fluencia de calor correcta, aplicada sobre el material trabajado, es decir, las láminas PET. La fluencia ideal es dada según el grosor de la lámina, establecidas de la siguiente forma: para deflexiones de 25 mm en el rango de 135°C a 176°C; para deflexiones de 30 mm el rango de temperatura recomendable es de 168°C a 193°C; mientras que, para las deflexiones de 40 mm, los resultados obtenidos conllevan la posible vitrificación del material.

Así pues, se entiende que el objetivo general del proyecto consiste en elaborar una estructura para filtros implementando las ventajas hidrodinámicas de un canal hiperbólico, realizando esta labor a través de la ejecución de tres objetivos específicos, en los cuales se tiene como primera tarea diseñar un primer prototipo donde se evidencie el uso de una estructura hiperbólica y sus ventajas. Posterior a esto, se selecciona un material que posea maleabilidad, buena resistencia térmica y gran tenacidad que permita un flujo uniforme con poca turbulencia, y finalmente se busca fabricar el prototipo final que cumpla con la estructura hiperbólica y las ventajas hidrodinámicas de la misma.

1.2 Relevancia

La importancia de este proyecto radica en la variedad de impactos positivos que su desarrollo puede tener tanto en el ámbito social como ambiental, tales como la posibilidad de brindar otras opciones a todos aquellos miembros de la sociedad que deseen adquirir un filtro de agua con una estructura funcional e innovadora, además de facilitar un planteamiento de una estructura más eficaz e hidrodinámica a la industria de filtros.

Del mismo modo se espera generar una disminución del daño ambiental fruto de la reducción las aguas contaminadas por desechos que no se filtran eficientemente en las estructuras existentes.

Tomando en cuenta lo anteriormente dicho, se formula la pregunta de ¿cómo reemplazar la estructura de los filtros convencionales implementando las ventajas hidrodinámicas de un canal hiperbólico, empleando el termoformado como método de fabricación? Para el caso del presente artículo se presentan los resultados preliminares en el diseño de un primer prototipo de estructura de filtros implementando las ventajas del uso de una figura hiperbólica. Específicamente, se da cuenta del proceso de selección de un material para la construcción de la figura, que tiene como características resistencia térmica y una maleabilidad que permite adaptar su forma a la deseada, permitiendo el desarrollo del prototipo.

Este proceso de selección se realiza tomando en cuenta la ecuación de Bernoulli y el caudal.

2. MATERIALES Y MÉTODO

La metodología desarrollada en este proyecto tiene tres etapas considerando los objetivos específicos. A continuación se presentan de modo más detallado:

2.1 Etapa 1: Selección de la figura para elaborar el modelo.

Para la selección de la figura que se empleó se definieron las siguientes variables físicas:

-Flujo del fluido
-Turbulencia.
-Ecuación de Bernoulli, (presión y velocidad).

Estas variables son de gran importancia ya que con base a ellas se determina la eficiencia del paso del fluido, es decir, que muestra un paso ordenado y constante, en el cual el fluido no muestra trayectorias sinuosas y de gran agitación. Por otra parte, la ecuación de Bernoulli, *(figura 1)*, es útil para determinar la presión que debe soportar la estructura teniendo en cuenta la velocidad, esto, según la ecuación, tiene como tesis a mayor velocidad, menor presión.

En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo realizado para la primera etapa de la metodología.

Figura 1. *Teorema de Bernoulli. Tomado de Zapata, (2021).*

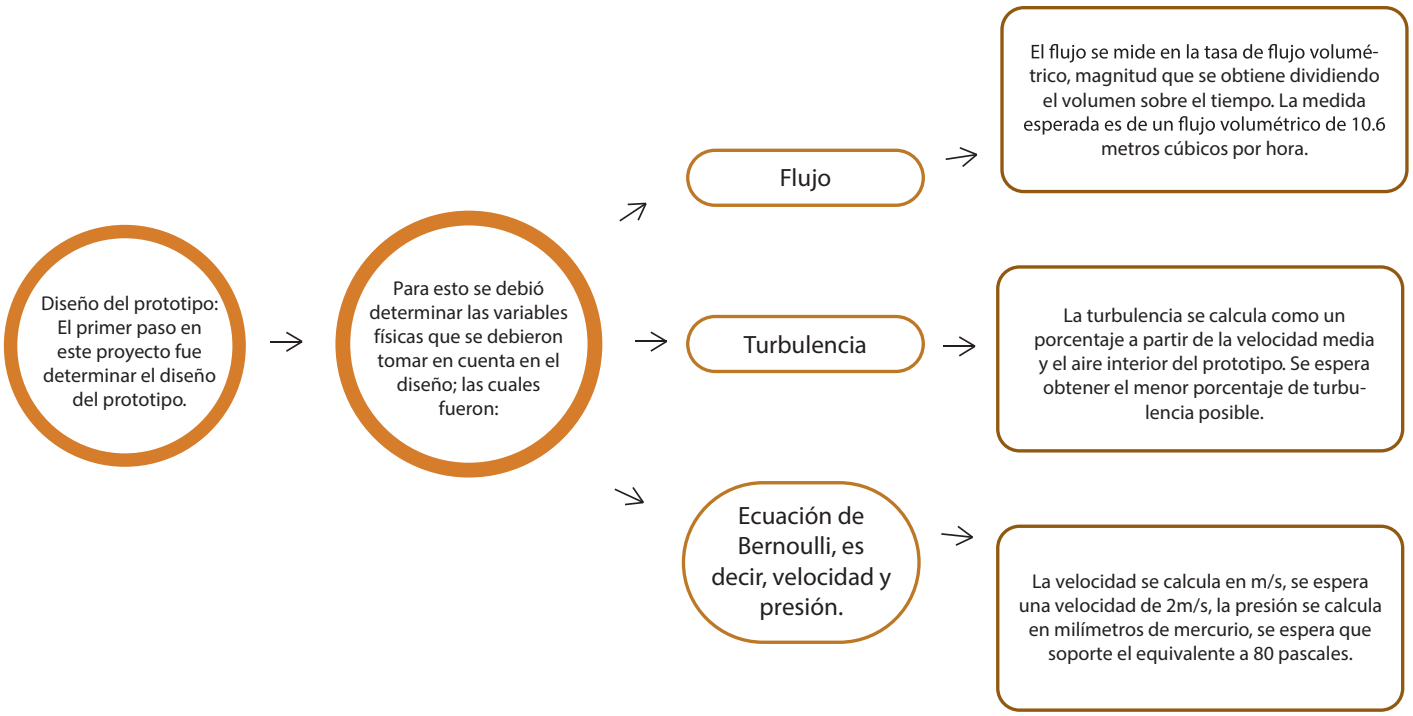


Figura 2. *Diagrama de flujo primera etapa de la metodología. Autoría propia 2022.*

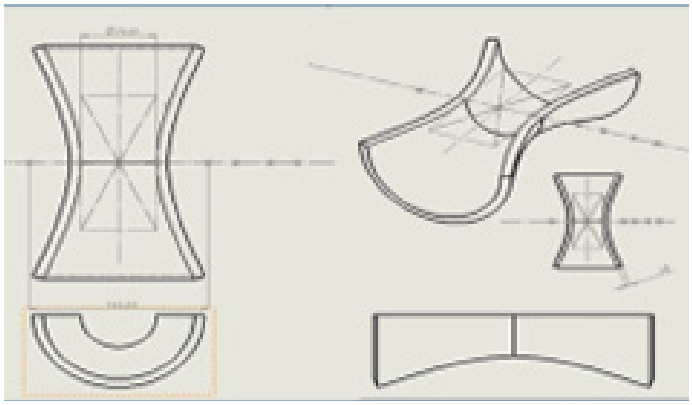


Figura 3. *Diseño hiperbólico final. Vista de planta, isométrica, alzado y lateral. Autoría propia 2022.*

En la figura 3 se exponen los planos elaborados para el canal hiperbólico, dando un vistazo a la estructura desde todos los ángulos posibles.

2.2 Etapa 2: Seleccionar el material con el que se va a elaborar el prototipo

Una vez determinada la figura adecuada para construir el prototipo, el siguiente paso consistió en establecer el material con el que se va a elaborar, por lo que se determinaron las siguientes variables:

-Tenacidad
-Resistencia térmica
-Maleabilidad

Se analizó la maleabilidad y la tenacidad por medio de magnitudes cualitativas.

Se han realizado diversas pruebas con Láminas PET, acetato, porcelanicrón, arcilla y acrílico debido a su facilidad para termoformar, como es el caso de las láminas PET y su similar más delgado, el acetato. Se tiene respaldo de que las láminas PET funcionan de manera correcta en el proceso de termoformado (Castillo y Correa, 2017) y (Sánchez, Saucedo, Esparza y Castañeda, 2014). También para tomar la forma deseada al trabajarse sobre el molde. En la figura 4 se muestra el diagrama de flujo realizado para la segunda etapa de la metodología.

En la figura 4 se muestra el diagrama de flujo realizado para la segunda etapa de la metodología.

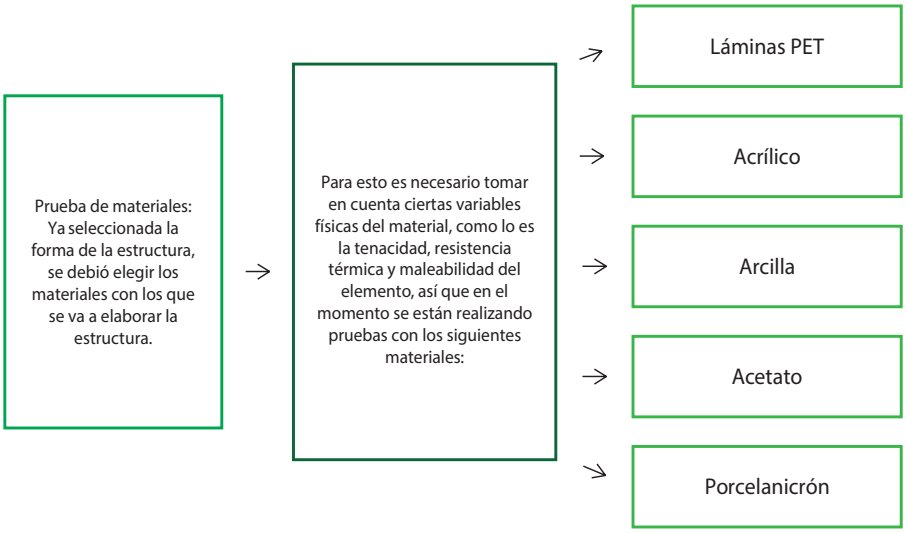


Figura 4. *Diagrama de flujo segunda etapa de la metodología (fuente: elaboración propia).*

2.3 Etapa 3: Resultados

Teniendo el material con el cual desarrollar el prototipo, se busca realizar el ensamblaje de este y se pondrá a prueba, analizando el funcionamiento de la estructura. Para esta fase, que aún no se desarrolla, se tendrán en cuenta las siguientes variables:

-Durabilidad - Resistencia a la corrosión - Si cumple con los valores esperados

En la figura 5 se muestra el diagrama de flujo realizado para la tercera etapa de la metodología.

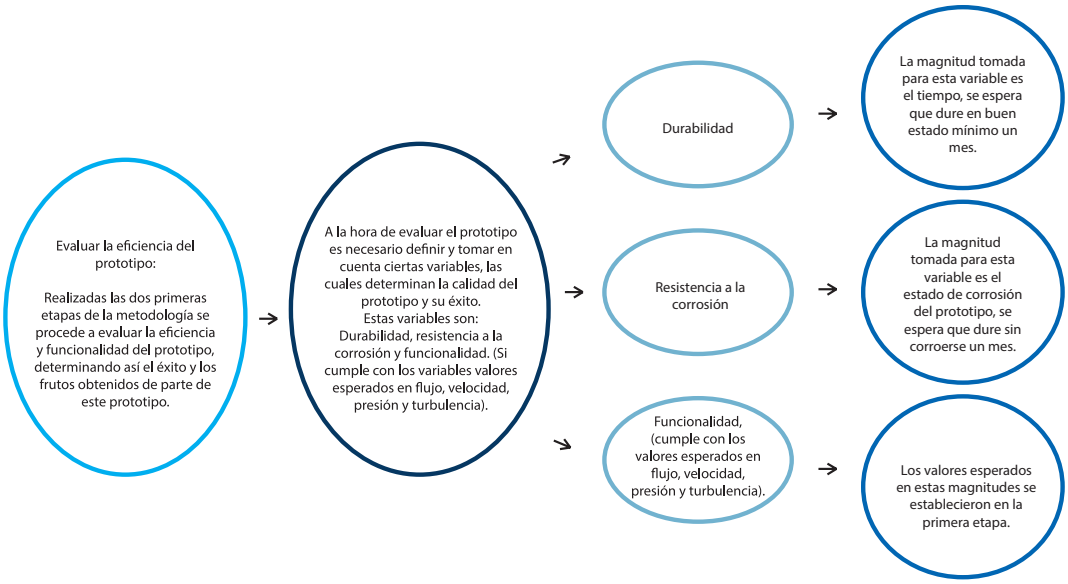


Figura 5. *Diagrama de flujo tercera etapa de la metodología (elaboración propia).*

3. RESULTADOS

Hasta ahora el proyecto ha llegado a resultados parciales, los cuales son muy significativos y de gran relevancia en el proceso llevado a cabo. Estos resultados dan cuenta de la selección de un material que posea maleabilidad, buena resistencia térmica y gran tenacidad, la cual permita un flujo uniforme con poca turbulencia.

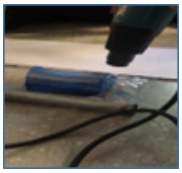
Respecto a la maleabilidad, los parámetros para la medición de esta varían en temperatura para cada elemento, es decir, para la arcilla y el porcelanicrón su mayor maleabilidad se da a temperatura ambiente, en cambio, para las láminas PET, el acetato y el acrílico, su mayor maleabilidad se da al someterse a altas temperaturas, como es el caso del acrílico a 420° C.

Por otra parte, los parámetros para la tenacidad también se ven dados por la temperatura, variando entre cada elemento. Para las láminas PET, acetato y acrílico su mayor tenacidad se da a temperatura ambiente, mostrando poca tenacidad cuando está sometido a altas temperaturas, en cambio, para el caso de la arcilla, es necesario someterla a altas temperaturas para desarrollar su mayor tenacidad, para después conservar está a una temperatura ambiente. En el desarrollo de las pruebas se ha realizado experimentación en diversas ocasiones, de manera específica se realizó el siguiente número de pruebas con los materiales:

Dos procesos de experimentación con el acetato y con la arcilla. Tres procesos de experimentación con el porcelanicrón, dos procesos de experimentación con acrílico y un proceso de experimentación con las láminas PET.

Estos resultados parciales y las evidencias gráficas de los procesos de experimentación se encuentran consignadas en la tabla 1.

Tabla 1: *Resultados parciales (fotos de autoría propia)*

MATERIALES	TENACIDAD	RESISTENCIA TÉRMICA	MALEABILIDAD
 ***Figura 6.*** *Evidencia gráfica acetato.*	Tenacidad baja.	Resistencia nula, se quema en el proceso de trabajo.	Maleabilidad nula, no es posible moldearlo con calor debido a su baja resistencia térmica.
Figura 7. *Evidencia gráfica Acrílico.*	Tenacidad alta.	Resistencia térmica alta, toma la forma deseada sin quemarse	Maleabilidad moderada, es posible moldearlo por medio de calor, a 420° centígrados.
Figura 8. *Evidencia gráfica PET.*	Tenacidad baja.	Resistencia moderada, toma la forma deseada, sin embargo, se quema un poco.	Maleabilidad moderada, requiere calor para tomar la forma deseada
Figura 9. *Evidencia gráfica arcilla.*	Tenacidad alta, sin embargo, se quiebra en el proceso de elaboración.	Resistencia alta, requiere del calor para solidificar, en una medida que oscila entre 100° y 130° grados centígrados.	Maleabilidad alta, permite fácilmente adecuarlo a la forma deseada.
Figura 10. *Evidencia gráfica porcelanicrón.*	Tenacidad moderada, sin embargo, es poco sólido en su interior.	Resistencia nula, la temperatura no es requerida en el proceso de trabajo.	Maleabilidad alta, permite fácilmente adecuarlo a la forma deseada.

La tenacidad de los materiales se refiere a la capacidad que tienen los mismos de absorber cantidades de energía sin romperse (Ballesta, Cárdenas, y Barrionuevo, 2015). Sin embargo, la tenacidad es una capacidad que mantienen aquellos materiales que permiten cierto grado de deformación al exponerse a una fuerza muy alta, de lo contrario, estos materiales se califican como quebradizos.

Ahora bien, la tenacidad y maleabilidad de cada material se clasificó con una medida cualitativa, es decir, tomando en cuenta el comportamiento del material durante las pruebas, se registran los datos de las medidas de temperatura y las características de cada elemento, y al tener estos datos, se le dio un calificativo al material en los aspectos requeridos, (maleabilidad y tenacidad), este calificativo fue dado según el estado del material como resultado de la prueba aplicada sobre el mismo.

Así pues, describiendo los resultados obtenidos de manera específica, se expone a continuación la información clasificada por material con el cual se realizó el proceso de experimentación y se escribe de manera más detallada las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

Arcilla

Durante este ejercicio se hicieron prácticas con el objetivo de construir el molde de la estructura del filtro en arcilla, debido a que, al ser expuesto al termoformado por la pistola de calor, el molde impreso en 3d sufrió notables deformaciones, por lo cual se hizo el intento la elaboración en arcilla, con el propósito de que este resista las altas temperaturas a las que se debe exponer para termoformar materiales. Para esto se hizo un horno con un soplete, un cilindro de aluminio y una tapa, exponiendo a la arcilla a una temperatura entre 100° y 130° C. Los resultados no fueron tan fructíferos como se esperaban, puesto que la arcilla se agrietó, por lo cual no sirvió como modelo funcional.

Acetato

Después de haber impreso el molde de estructura hiperboloide en filamento 3d, se procedió a realizar las respectivas pruebas en el material con el que se estaba ensayando, las láminas de acetato. Sin embargo, las láminas fueron de 1mm de grosor, por ende, eran demasiado delgadas, por lo cual, en vez de tomar la forma del molde, las láminas se derritieron pese a que se hizo el trabajo con la menor temperatura posible, (Temperatura 1 de 3, y velocidad de viento 3 de 6). Así pues, se determinó que se requieren láminas más gruesas o realizar pruebas en otro material.

Acrílico

Después de no obtener los resultados esperados durante las pruebas con las láminas delgadas de acetato, se estuvo ponderando en un material más grueso que aguantara las altas temperaturas del termoformado, por lo que se optó por las láminas de acrílico; (Metacrilato, (C5O2H8)n). Las pruebas con este material dieron resultados positivos, debido a que este si tomó la forma del molde, y aguantó el calor al ser expuesto durante el proceso a una temperatura de 420° C, gracias al grosor que posee. A pesar de ello, fruto de un error de carácter humano en el enfoque del calor, en la primera prueba se aplicó de manera errónea el calor producido por la pistola de calor, por lo cual el calor impactó de lleno en el molde, provocando su deformación. En la segunda prueba no se usó el molde, ya que esta se hizo para determinar a qué temperatura se da la mayor maleabilidad del elemento.

Láminas PET

Ésta fue la segunda opción planteada luego de las pruebas con las láminas de acetato. Buscando opciones de láminas más gruesas que permitieran un proceso de termoformado eficaz y fructífero, se realizan las respectivas pruebas con las láminas de acetato, sin embargo, pese a que el grosor de la lámina es mayor y permite una maleabilidad mayor, no tiene la capacidad de tener la Tenacidad requerida para el proceso.

Por esto, se llega al resultado de que es una mejor opción tomando como referente a las láminas de acetato, ya que tiene mayor resistencia térmica y adapta su forma de manera más exacta al objetivo deseado, a pesar de ello, el deterioro sufrido por la pistola de calor y fruto de la exposición a la alta temperatura es demasiado alto, además de que la similitud de la figura obtenida con la deseada no tiene la exactitud requerida para este proceso, por lo cual se continua con el proceso de experimentación con otros materiales.

Porcelanicrón

En la búsqueda de materiales innovadores y funcionales, se usa el porcelanicrón, un material similar a una masa que al terminar el proceso termina más sólido y similar a la forma con la que se moldea. Al finalizar la prueba, los resultados no fueron los esperados pues la figura elaborada con porcelanicrón poseía tenacidad en su carcaza. Sin embargo, el interior seguía con poca tenacidad, lo cual imposibilita el uso de este material en el prototipo, además de ser un proceso muy tardado y cuyo resultado no es el deseado.

4. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

En esta primera fase del proyecto se realizó la selección del material para elaborar el prototipo, dando cumplimiento parcial al objetivo de realizar la elección de un material que posea maleabilidad con buena resistencia térmica y gran tenacidad. Se encontró que se han obtenido resultados más favorables con el acrílico, su maleabilidad aceptable para desarrollar la figura hiperboloide se obtuvo a los 420 grados C, es decir, se requiere dicha temperatura para desarrollar la maleabilidad del objeto, además de tener una buena tenacidad a temperatura ambiente, posterior al trabajo realizado con el termoformado. Sin embargo, falta la experimentación que refleje que dicho material permite un flujo uniforme con poca turbulencia, además se tendrá en cuenta que para desarrollar el prototipo deberá enfocarse el calor sobre el material y no sobre el molde.

Se espera que en la etapa 3 se puedan medir las variables mencionadas en la figura 1, flujo, turbulencia, velocidad y presión.

AGRADECIMIENTOS

De parte de todo el equipo de investigación se le agradece al SENA y a tecnoacademia por los servicios prestados y el constante acompañamiento y asesoría durante este proyecto.

Se le agradece a Orlando Escorcia por su atención al proyecto, y además de sus notables aportes como asesor, se le agradece por ser un amigo excepcional durante todo este proceso.

Se le agradece a la I.E. Colegio Loyola por su enfoque a la educación en el conocimiento científico y la investigación, lo cual fue fundamental para el desarrollo de este proyecto.

Se le agradece a las docentes Anlly Montoya y Susana Yepes por su acompañamiento en el desarrollo de este proyecto, el cual fue clave para avance y la recolección de resultados significativos.

REFERENCIAS

Abbas, M., Bai, Y., Bhatti, M. y Rashidi, M. (2016). Three dimensional peristaltic flow of hyperbolic tangent fluid in non-uniform channel having flexible walls, Volume 55, pp.653-662

Ballesta, B., Cárdenas, M., y Barrionuevo, Y. (2015). Ensayo de Tenacidad o Impacto (Prueba Charpy). Universidad Tecnológica del Bolívar.

Campo, L., Galindo, F., Pinho, F., Alves, M., y Oliveira, M. (2011). Flow of low viscosity Boger fluids through a microfluidic hyperbolic contraction, Volumen 166, pp. 21–22

Castillo, J. y Correa, Y. (2017). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de envases de plástico termoformados rígidos PET para consumo local (trabajo de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Industrial). Universidad de Lima.

Chen, L., Yang, L., Du, X. y Yang, Y. (2017). Flue gas diffusion for integrated dry-cooling tower and stack system in power plants, Volumen 114, pp. 257-270

EPM, (2008). Planta de tratamiento de aguas residuales Bello, HTA-A-RP-01-10. Tomado de https://www.grupo-epm.com/site/Portals/22/Docs/documentos_de_interes/ptar_bello/hta-a-rp-01-10-c02-r2.pdf?ver=2015-06-16-124545-913

Ezkurra, M. (2021). Development of a numerical fluid-estructure interaction methodology to model transient leakage phenomena [Mondragon Unibertsitatea]. eBiltegia - Repositorio digital de Mondragon Unibertsitatea

Ortega, N. y Robles, S. (2001). Minimización de la fisuración en recientes para fluidos, mediante técnicas numéricas, pp. 274 - 281

Quizhpe, C. (2014). Sistema constructivo de filtros lentos y gruesos tipo fime, (filtración en múltiples etapas), con estructura de ferrocemento. [Universidad Católica de Cuenca]. DOCPLAYER

Sánchez, C., Saucedo C., Esparza M. y Castañeda L. (2014). Estudio de la fluencia térmica de PET reciclado utilizando el proceso de termoformado, pp. 26-32

Zapata, F. (2021, 10 mayo). Teorema de Bernoulli. Lifeder. Recuperado de https://www.lifeder.com/teorema-bernoulli/

BIM SEXTA DIMENSIÓN: LA SOSTENIBILIDAD COMO HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN [1]

JOHAN TORRES CORTES [2]

RESUMEN

Los retos actuales en la industria de la construcción, en relación con los impactos ambientales, implican un manejo eficiente de recursos con estrategias de sostenibilidad, incorporando la eficiencia energética.

Con la metodología BIM y los modelos digitales de edificios se ha logrado planificar los recursos empleados en los proyectos y articular la integración entre los profesionales involucrados. Con los avances informáticos se ha logrado incorporar la eficiencia energética con el software BIM con el objetivo de cuantificar el impacto que tienen las diferentes estrategias de eficiencia energética antes de la construcción.

Se evidencia los resultados de la aplicación de este tipo de estrategias con diferentes proyectos alrededor del mundo. En los proyectos se aplican estrategias de cambio de equipos por unos más eficientes y la implementación de estrategias bioclimáticas, de aprovechamiento de las condiciones climáticas al exterior para lograr condiciones higrotérmicas adecuadas en el interior, para reducir la inversión de energía necesaria para este fin.

El presente documento, con una revisión bibliográfica de la metodología BIM y de análisis de eficiencia energética, presenta un panorama la evolución de este tipo de estrategias y su impacto en la construcción con casos de estudio construidos resaltando la importancia de las estrategias bioclimáticas en la eficiencia energética de un proyecto. La revisión bibliográfica concluye la importancia del análisis de eficiencia energética en los proyectos de construcción y los campos de estudio que aún están pendientes por desarrollar.

Palabras clave: BIM, Eficiencia energética, Sostenibilidad, Construcción sostenible.

1. *BIM sexta dimensión (sostenibilidad).*
2. *Arquitecto, Especialista en construcción sostenible, SENA, johtorresc@sena.edu.co, Medellín.*

ABSTRACT

The current challenges in the construction industry, in relation to environmental impacts, imply an efficient management of resources with sustainability strategies, incorporating energy efficiency.

With the BIM methodology and the digital models of buildings, it has been possible to plan the resources used in the projects and articulate the integration between the professionals involved. With informatics advances, it has been possible to incorporate energy efficiency with BIM software in order to quantify the impact of energy efficiency strategies before construction.

The results of the application of this type of strategies with different projects around the world are evidenced. In this projects, strategies are applied to change equipment for more efficient ones and the implementation of bioclimatic strategies, taking advantage of climatic conditions outside to achieve adequate hygrothermal conditions inside, to reduce the energy investment necessary for this purpose.

This document presents an overview of the evolution of this type of strategies, from the BIM methodology, its impact on construction with built case studies highlighting the importance of bioclimatic strategies in the energy efficiency of a project. The literature review concludes the importance of energy efficiency analysis in construction projects and the fields of study that are still pending development.

Keywords: BIM, Energy efficiency, Sustainability, Sustainable construction.

1. INTRODUCCIÓN

La metodología BIM (Building Information Modeling) en la industria de la construcción ha ido en aumento a nivel mundial, ahora con su incorporación y aceptación en el entorno latinoamericano. El presente documento analiza los impactos de aplicación de la metodología BIM específicamente en su sexta dimensión de eficiencia energética, su implementación a nivel mundial y local, además de los retos que aún representa desde este enfoque de sostenibilidad.

Un documento relevante a la hora de entender los retos que se plantean en la sexta dimensión de BIM para los arquitectos, ingenieros y demás profesionales implicados en la eficiencia energética de un proyecto y su impacto en el costo de mantenimiento, confort e impacto ambiental.

La eficiencia energética es “una práctica que tiene como objetivo reducir el consumo de energía o su uso eficiente”. Específicamente en Latinoamérica en el sector de la construcción, se viene analizando principalmente desde una perspectiva de cambio de tecnologías y equipos por unos de mejor desempeño o una mejor instalación u horarios de funcionamiento y desde una perspectiva del impacto ambiental en el ciclo de extracción de los materiales. (Carpio & Coviello, 2013).

Se hace necesario estudiar investigaciones y referentes que hablen de la eficiencia energética desde una perspectiva que incluya el uso del edificio en relación a su diseño, para disminuir la energía necesaria para el correcto funcionamiento del proyecto desde las condiciones de cualidades microclimáticas para el confort de los usuarios.

Las conclusiones desarrolladas de la información recopilada permiten evidenciar la importancia de los desarrollos en estos temas de sostenibilidad integral.

2. METODOLOGÍA

Se realiza una revisión bibliográfica; con fuentes en revistas indexadas, investigaciones de universidades, tesis de grados y páginas web; específicas y especializadas en BIM y eficiencia energética, que permitan establecer una base de datos amplia que denote los resultados en eficiencia energética.

Se presenta un interés en los documentos que logran cuantificar los impactos que tiene, en la eficiencia energética, las estrategias de bioclimática construidas. La consulta de documentos permitió elaborar el panorama de los aspectos incluidos en la sostenibilidad de un proyecto y su relevancia:

2.1 Identificación del problema

La industria de la construcción juega un papel destacado en el tratamiento del uso de energía y las emisiones. En 2018, fue responsable del 36 % de la energía total consumida (Zixuan Chen y otros, 2020).

Debido al creciente énfasis en el cambio climático, el aspecto energético de la evaluación del desempeño de los edificios se convierte en una tendencia que debe cumplir con criterios de sostenibilidad.

2.2 Metodología BIM

Con la metodología BIM (Building Information Modeling) se construye un modelo digital de un edificio, lo más preciso posible, para la planificación, diseño, construcción y funcionamiento, donde "el modelado de información de construcción está emergiendo como una forma innovadora de diseñar y administrar proyectos virtualmente" (Azhar, 2011).

La metodología BIM ha ido incursionando en la industria de la construcción a nivel mundial de manera vertiginosa. Desde la presentación de BIM en 1992, su práctica ha aumentado desde ese entonces a nivel mundial. En el Reino Unido el 62% de los encuestados aceptaron el uso y la práctica de BIM en el 2017, el 54% en el 2016, el 48% en el 2014, precedido por el 54% en el 2013, el 39% en el 2012, el 31% en el 2011 y el 13% en el 2010; y en Chile el 23% de los encuestados aceptaron la práctica ¨regular e inicial¨ del BIM en el 2013.

La razón de las estrategias BIM aplicadas a la construcción es lograr un proceso; que reduzca el costo, aumente la productividad y la calidad, y acortar el tiempo de entrega del proyecto; desde un sistema de integración en un modelo digital de actualización en tiempo real con los profesionales involucrados (Kai-Ming, 2018)

Figura 1. *Software Revit utilizado en la metodología BIM*

2.3 Eficiencia energética

En el país existen estudios de eficiencia energética enfocados en aspectos generales en todos los sectores productivos con matrices que estudian cómo reducir el consumo de energía con nuevas tecnologías (Briano y otros, 2016) (C y otros, 2014), donde en los edificios se han identificado las principales variables de los consumos energéticos en los centros educativos.

2.4 Aplicación en proyectos

Algunos casos de estudio implementan la estrategia BIM con modelos separados, pero correlacionados de diseño, construcción y análisis energético (Linjing y otros, 2010) que permite optimizar y medir el rendimiento del proyecto de forma instantánea.

Con estrategias de diseño los autores expertos en el tema han identificado el reto de diseñar un edificio para satisfacer las necesidades energéticas que varían según la estación. Dentro de las estrategias se plantean cualidades para intervención de un edificio proyectado; como la ubicación, orientación, necesidades de los usuarios finales, materiales y entrono próximo; donde los autores plantean que las condiciones locales climáticas y del entorno, para cualquier edificio, debe incorporarse en el diseño, con un análisis específico bioclimático, para aprovechar las condiciones climáticas en temas de ventilación, asoleamiento, pluviosidad y materiales en beneficio del proyecto (Dorota A., 2009) (Zixuan Chen y otros, 2020) (R.Pacheco y otros, 2012).

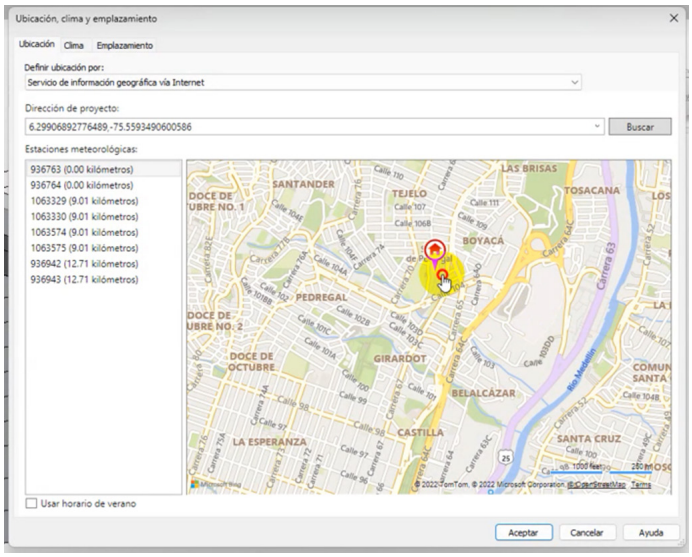


Figura 2. *Ubicación, clima y emplazamiento con software Revit*

2.5 Sostenibilidad

Desde el punto de vista físico, la sostenibilidad la define como el cierre de ciclos materiales, donde no existen residuos sino un aprovechamiento constante de los materiales, encontrando la manera de evitar el consumo de recursos no renovables y la emisión de residuos contaminantes a lo largo del ciclo de vida (Wadel Raina, 2009).

Se ha planteado estrategias de materiales que por sus procesos de extracción y ciclo de vida les dé una categoría de sostenibles, además de su disponibilidad (Pérez Gamarra, 2015).

Con estrategias de control solar se encuentran los diseños de las fachadas con elementos de control solar tipo cortasoles (Torres Cortes, 2016) que pueden ser diseñados con modelos paramétricos adecuados a las condiciones de climas tropicales, desde esta perspectiva se han presentado avances nacionales donde las soluciones propuestas demuestran mejoras notables en términos de control térmico respecto a tipologías existentes (Velasco & Robles, 2011).

En el campo específico del proyecto a realizar dentro del sector de la edificación, se han presentado guías que plantean estrategias de sostenibilidad (Hólguín & Morales, 2017). En el documento consultado plantean: “buscan promover que la infraestructura escolar no solamente cumpla con la normativa colombiana vigente en particular aquella de reciente expedición relacionada con eficiencia en el uso de agua y energía, sino que las mencionadas inversiones fomenten e impulsen prácticas sostenibles de índole integral, bajo un modelo competitivo de costos en beneficio de todas las instituciones educativas a nivel nacional, las cuales eleven la calidad de vida de la población estudiantil”. (Hólguín & Morales, 2017).

3. RESULTADOS

El sector de la construcción y diseño es un elemento clave para lograr reducir los impactos ambientales desde los materiales hasta la energía necesaria para su funcionamiento.

Figura 3. *Construcción. Tomado de medellin.gov.co*

La tendencia en la arquitectura a nivel mundial es a incrementar el uso de las estrategias BIM, donde se ha evidenciado los resultados que pueden beneficiar un proyecto. El reto de las estrategias BIM actualmente consiste en incorporar criterios de eficiencia energética, para lograr proyectos integralmente sostenibles, desde el impacto ambiental de los materiales con su ciclo de vida y desde el rendimiento térmico en el interior de un proyecto.

El ahorro de energía se identifica como una prioridad donde las medidas de eficiencia energética toman importancia en todos los sectores. “El concepto de eficiencia energética en los edificios está relacionado con el suministro energético necesario para conse-guir unas condiciones ambientales deseables que minimicen el consumo energético” (R.Pacheco y otros, 2012). Para el

cálculo de los balances energéticos se adoptan diversos programas de simulación energética, que dan como resultado mayor precisión de medida para construir edificios energéticamente eficientes (Linjing y otros, 2010).

Los modelos BIM permiten evaluar la eficiencia energética de los edificios mediante parámetros asociados de forma, orientación, materiales y acristalamiento; así como información del clima. Esto permite evaluaciones desde la etapa de diseño inicial que permita confort y ahorros de energía (Kai-Ming, 2018).

En la eficiencia energética se analiza principalmente temas de cambios de tecnologías y equipos de alta eficiencia, no se referencia los impactos de las inversiones de energía en el confort o que pueden evitarse por un diseño bioclimático.

La eficiencia energética debe empezar a tomar un papel protagonista en la construcción. Desde la sostenibilidad del proyecto en su ciclo de vida completo considerando construcción y operación. Además, los proyectos y programas de eficiencia energética a nivel nacional se enfocan generalmente en el cambio de tecnologías por unas más eficientes, pero se debe considerar también la reducción de necesidades energéticas que desde el diseño se pueda aportar, como confort térmico o iluminación natural, aprovechando las condiciones exteriores del clima, es decir estrategias bioclimáticas.

A diferencia de otros países, las bases de datos de indicadores de eficiencia energética en los proyectos de construcción son insuficientes o no existen (ADEME & AFD, 2022). Investigaciones de estudios de estado actual de las estadísticas, de Latinoamérica y específicamente de Colombia, en indicadores de desempeño para cuantificar los resultados de eficiencia energética son insuficientes (Carpio & Coviello, 2013), esto debido a la falta de continuidad de las instituciones relacionados con la promoción u desarrollo de eficiencia energética o bien tienen un perfil muy bajo que no generan autoridad en el sector de la construcción. También encuentran falta de conocimiento de las acciones que se pueden realizar y los impactos ambientales y económicos que representan, con una percepción, muchas veces justificada, de los altos precios de las tecnologías aplicables, debido a la falta de incentivos tributarios para este sector de la eficiencia energética, por lo que la mayoría de proyectos sólo estudian en invertir o no en proyectos de eficiencia energética, considerando únicamente el costo inicial de un equipo o producto eficiente, sin tomar en cuenta el gasto operativo (Carpio & Coviello, 2013).

La eficiencia energética también se debe evaluar desde la energía incorporada de los materiales que componen un proyecto, incluyendo disponibilidad, tipo de materia prima trayectos hasta el emplazamiento del proyecto y posterior disposición. Autores identifican los retos al encontrar documentación de cualidades de los materiales de construcción (Zixuan Chen y otros, 2020).

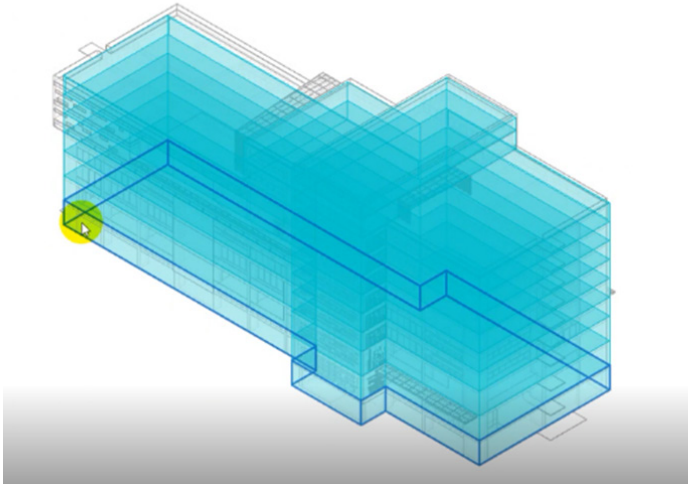


Figura 4. *Preparación de modelo energético de un proyecto en software Revit*

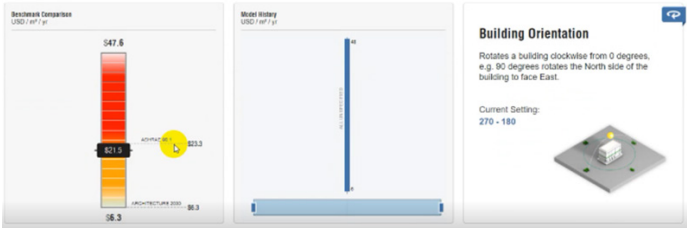


Figura 5. *Análisis de consumos energéticos proyectados con herramienta Insight.*

La fase de diseño es el mejor momento para analizar estrategias sostenibles poniendo en acción al comienzo para reducir los costos de implementación en comparación con cuando se analizan o implementan en etapas posteriores de la construcción. Un diseño basado en la sostenibilidad integral reduce la inversión económica en la vida útil del edificio por el bajo consumo energético, y esto compensa la posible mayor inversión inicial donde se puede aplicar sistemas de energía renovable para suplir las necesidades restantes en el proyecto, tratando de utilizar lo mínimo posible energía de la red principal. (R.Pacheco y otros, 2012).

Desde el modelo productivo actual se ha concluido que presenta un obstáculo para lograr la sostenibilidad, que caracteriza a una parte considerable de la industria contemporánea, sintetizado en una producción lineal de extracción>fabricación>residuo (Wadel Raina, 2009). Hay materiales que son clasificados como sostenibles por ser reciclados, aprovechados o de materia prima disponible en la zona; sin embrago se debería realizar un análisis de los rendimientos térmicos para determinar si realmente pueden lograr confort, y como consecuencia eficiencia energética, en los diferentes usos de edificaciones que se plantean.

Los espacios que se adaptan en temporalidad del mismo proyecto presentan el reto, no solo de lograr baja energía incorporada e impacto ambiental, sino también lograr confort interior, aunque el espacio se modifique. Esto implicaría prever los cambios que puedan presentar en relación a las dinámicas que puedan afectar el uso; como tendencias globales, tecnológicas, sociales, económicas y ambientales.

Dentro de los referentes encontramos proyectos que desde la arquitectura se adaptan a las condiciones físicas para lograr confort. Entendiendo que hay condiciones del clima que no se pueden modificar, pero si se pueden aprovechar valiéndose del diseño para modificar las condiciones de habitabilidad al interior del edificio, que son cuantificados con software específico (Valbuena García y otros, 2018).

Otros referentes además de las estrategias pasivas (que entiende como compacidad, orientación, aislamiento, iluminación natural, materiales de cambio de fase, biodiversidad), incorpora sistemas de energías renovables fotovoltaicos integrados con la arquitectura y geotermia. (Valbuena García & González Díaz, 2018). A nivel local el aumento de la temperatura en el interior de los edificios requiere soluciones que permitan la habitabilidad y la eficiencia energética. En el clima tropical de la ciudad requiere estrategias de mitigación térmica con eficiencia energética para los edificios (Torres Cortes, 2016).

Con estrategias que logren incorporar vegetación, los autores han identificado un mejor rendimiento térmico y lumínico respecto a otras estrategias con materiales como vidrio de control solar. Las estrategias pasivas, como la vegetación instalada en los vanos de fachada, generan sombreamiento que aportan a la mitigación térmica (Torres Cortes, 2016).

Un análisis de la fachada para generar confort al interior convierte la envolvente no sólo en un criterio estético, sino que desde el diseño se entiende el impacto en temas de confort y eficiencia energética que representa un cálculo de los sistemas de control solar.

Figura 6. *Análisis de control solar con herramienta Insight.*

La sostenibilidad del proyecto también debe considerar los posibles cambios de uso en el proyecto. Desde el diseño se han considerado estrategias para lograr espacios adaptables, que permiten modificar aspectos del espacio para permitir nuevos usos (Franco Medina, 2009)

Se ha estudiado desde una perspectiva más integral el tema de la sostenibilidad con resultados en eficiencia energética, como el uso de los recursos, calidad ambiental y estrategias de sostenibilidad desde el diseño; con evaluación de los resultados. Se puede consultar la guía consultada (Hólguín & Morales, 2017) y aplicar algunas de las estrategias estudiando su pertinencia en el uso dentro de cada espacio de la institución educativa y las condiciones específicas de clima del emplazamiento del proyecto. Para superar los retos que los autores identificaron, se debería crear una base de datos local de fácil acceso para los profesionales implicados en el diseño y modelado BIM para incorporar información al modelo.

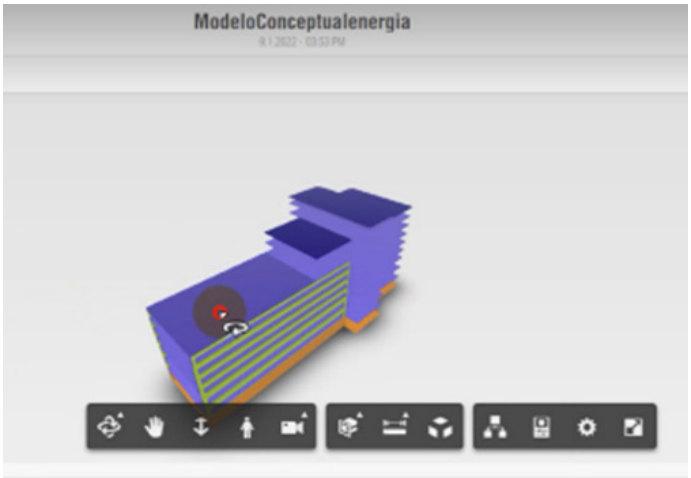


Figura 7. *Modelo energético de un proyecto con herramienta Insight.*

4. CONCLUSIONES

Un modelo en BIM es una herramienta que sirve para tomar decisiones desde el impacto ambiental y eficiencia energética de un proyecto desde las etapas de diseño. Se convierte BIM en la metodología que debe tener en toda la etapa de diseño una dimensión transversal de sostenibilidad y no sólo en una sexta dimensión incluida en una línea temporal luego de las demás. Esto permite tomar decisiones que permitan eficiencia energética sin que resulte en que las estrategias de sostenibilidad puedan modificar sustancialmente el avance en el diseño.

La búsqueda de información, de la evolución y estado actual de la sostenibilidad desde la sexta dimensión de la metodología BIM, permite proyectar hacia donde evoluciona este tipo de metodología, desde la concepción del proyecto al determinar localización y orientación; hasta la operación del edificio y el impacto de los elementos diseñados en mantenimiento, posteriores cambios en los espacios y desmantelamiento de la infraestructura.

AGRADECIMIENTOS

A todos los integrantes que han sido parte del equipo BIM, que ha venido trabajando en diferentes aspectos de este proyecto, por su confianza y motivación para continuar la investigación.

REFERENCIAS

Abernethian, K. Ong, L. Chandra, Z. Lin, Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling, Proceedings of Construction Re-search Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World, West Lafayette, USA, 2012, pp. S. 1730–S. 1739.

ADEME, & AFD. (2022). BASE DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. BASE DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: https://www.biee-conuee.net/

Ali, M. M. (2008). Energy Efficient Architecture and Building Systems to Address Global Warming. Leadership and Management in Engineering, 8(3), 113–123. https://doi.org/10.1061/(asce)1532-6748(2008)8:3(113)

Apanaviciene, R., Urbonas, R., & Fokaides, P. A. (2020). Smart building integration into a smart city: Comparative study of real estate development. Sustainability (Switzerland), 12(22), 1–22. https://doi.org/10.3390/su12229376

Arboleda, A. M., Fernando, D., & Rivera, V. (2012). IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS BIM COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN Y CON-TROL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA EDIFICA-CIÓN EN BOGOTÁ.

Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering, 11(3), 241-252. https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127

B.F Yu. et al. “Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health”. International Journal of Refrigera-tion, 2009, vol 32, núm. 1, pp. 3 – 20.

Briano, J., Báez, M., & Morales, R. (2016). Eficiencia energética en Colombia: Identificación de oportunidades . Banco de Desarrollo de América Latina.

C, P., Dwaigth, J., R, C., Alejandra, R, C., Alejandra, . . . Johann. (2014). IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES ENERGÉTICOS EN CENTROS EDUCATIVOS CASO DE ESTUDIO: Edificio Alejandro Suárez Copete- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Revista Escuela de Administración de Negocios.

Carpio, C., & Coviello, M. (2013). Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafios último quinquenio. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Chang, K. M., Dzeng, R. J., & Wu, Y. J. (2018). An automated IoT visualiza-tion BIM platform for decision support in facilities management. Applied Sciences (Switzerland), 8(7). https://doi.org/10.3390/app8071086

Chen, Z., Hammad, A. W. A., Kamardeen, I., & Akbarnezhad, A. (2020). Optimising embodied energy and thermal performance of thermal insulation in building envelopes via an automated building information model-ling (BIM) tool. Buildings, 10(12), 1–23. https://doi.org/10.3390/buildings10120218

Chen, Z., Hammad, A. W. A., Kamardeen, I., & Haddad, A. (2020). Optimising window design on residential building facades by considering heat transfer and natural lighting in non-tropical regions of Australia. Build-ings, 10(11), 1–27. https://doi.org/10.3390/buildings10110206

C.Y, Cheng; KEN K.S, Cheung; L.M, Chu. . “Thermal performance of a vegetated cladding system on façade walls”. Building and Environment, 2010, vol 45, núm. 8, pp. 1779 – 1787.

DiGiovanni, D., Jeng, B., & Wan, A. (2012). High Performance Modular Building: Cost Effective Solutions for Design and Construction of a Sustainable Commercial Building. Structures Congress 2012. https://doi.org/10.1061/9780784412367.085

Dorota A., C. (2009). Recommendation on modelling of solar energy incident on a building envelope. Renewable Energy, 34(3), 736-741. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.04.005

EUMORFOPOULOU, EA; KONTOLE-ON, KJ. “Experimental approach to the contribution of plant covered walls to the thermal behaviour of building envelopes”. Building and Environment, 2009, vol 44, núm. 5, pp. 1024 – 1038.

Farzaneh, A., Monfet, D., & Forgues, D. (2019). Review of using Building Information Modeling for building energy modeling during the design process. Journal of Building Engineering, 23(January), 127–135. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.01.029

Fernanda, Arana, F., Buendia, G., Pacheco, M., & Eduardo, M. (2021). Estudio cuantitativo sobre implementación BIM orientada a la sustentabilidad energética. Ulima.edu.pe. https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12724/13421

Franco Medina, R. (2009). Estructuras adaptables. Revista de Arquitectura Universidad Católica de Colombia Vol. 11, 120.

Futcher, J. A., & Mills, G. (2013). The role of urban form as an energy management parameter. Energy Policy, 53, 218–228. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.080

Gao, H., Koch, C., & Wu, Y. (2019). Build-ing information modelling based building energy modelling: A review. Applied Energy, 238(September 2018), 320–343. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.032

Hamidavi, T., Abrishami, S., Ponterosso, P., Begg, D., & Nanos, N. (2020). OSD: A framework for the early stage parametric optimisation of the structural design in BIM-based platform. Construction Innovation, 20(2), 149–169. https://doi.org/10.1108/CI-11-2019-0126

Han, T., Huang, Q., Zhang, A., & Zhang, Q. (2018). Simulation-based decision support tools in the early design stages of a green building-A review. Sustainability (Switzerland), 10(10). https://doi.org/10.3390/su10103696

Hólguín, F., & Morales, J. F. (2017). Guía para la implementación de estrategias de sostenibilidad en diseño y construcción de colegios nuevos de jornada única en Colombia. Bogotá: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS).

JAFFAL, Issa; OULDBOUKHITINE, Sa-lah-Eddine; BELARBI, Rafik. “A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance” Renewable Energy, 2012, vol 43, pp. 157 – 164.

Kai-Ming, C. (2018). An Automated IoT-Visualization BIM Platform for DecisionSupport in Facilities Management. Applied Sciences, 1-18.

Lee, J., Kim, S., Kim, J., Song, D., & Jeong, H. (2018). Thermal performance evaluation of low-income buildings based on indoor temperature performance. Applied Energy, 221, 425–436. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.083

Ministerio de Minas y Energía. 2009. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP. Anexo general, pp. 32 – 100.

NBS. (2017, May 4). NBS Specification Report 2017. NBS; www.theNBS.com. https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-specification-report-2017

Nottingham University Press. (2010). http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbe/proceedings/pdf/pf83.pdf

Kai-Ming, C. (2018). An Automated IoT Visualization BIM Platform for Decision Support in Facilities Management. Applied Sciences, 1-18.

Li, J., Li, N., Afsari, K., Peng, J., Wu, Z., & Cui, H. (2019). Integration of Build-ing Information Modeling and Web Service Application Programming Interface for assessing building surroundings in early design stages. Building and Environment, 153(February), 91–100. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.024

Linjing, C., Zhili, G., Don, C., & Tang Hung, N. (2010). Using building information modeling for measuring the efficiency of building energy performance. Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 1-6.

Pérez Gamarra, S. (2015). Construcción alternativa III. Construcción lowcost. Reciclar y construir con el deshecho. Otras oportunidades para los materiales de reciclado y nuevos usos para los materiales convencionales. Valladolid: Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

RESOLUCIÓN No. 0441 DE 2020, 33 (2020). The United Nations Envi-ronment Programme (UNEP). (2019). 2019 Global Status Report for Buildings and Construction Sec-tor. 2019 Global Status Report for Buildings and Construction: To-wards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. https://www.unep.org/resources/publication/2019-global-status-report-buildings-and-construction-sector

Rodríguez López, F., & Fernández Sánchez, G. (2011). Challenges for Sustainability Assessment by Indicators. Leadership and Management in Engineering, 11(4), 321–325. https://doi.org/10.1061/(asce)lm.1943-5630.0000142

R.Pacheco, J.Ordóñez, & G.Martínez. (2012). Energy efficient design of building: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(6), 3559-3573. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.045

SALAZAR, Jorge; Arango, Lucas; Giraldo, Natalia. Iluminación natural en el trópico: caso Colombia: memorias. Medellín Universidad Nacional de Colombia, 2011.

SALAZAR, Jorge. Diseño de sombras. Medellín Universidad Nacional de Co-lombia, 2006. 152 pp. ISBN 978-958-97871-1-3.

Shen, Z., & Jensen, W. (2011). Civil Engineers as Master Builders and the Professionalization of Construction. Leadership and Management in En-gineering, 11(2), 169–181. https://doi.org/10.1061/(asce)lm.1943-5630.0000117

SIMONE, Angela. et al. "Effect of passive cooling strategies on overheating in low energy residential buildings for Danish climate". En actas de 8th Windsor Conference: Counting the Cost of Comfort in a changing world, 2014, UK, pp. 1 – 14.

SUSOROVA, Irina. et al. "A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance". Building and Environment, 2013, vol 67, pp. 1 – 13.

Taracena Parada, C. (2018). Evaluación de los efecto de los jardines verticales sobre el microclima en edificios de concreto. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. http://www.repositorio.usac.edu.gt/9738/1/Claudia%20Mar%C3%ADa%20Taracena%20Parada.pdf

TORRES, Johan. "Mitigación térmica con vegetación en vanos de torres de vivienda en Medellín". Cuarto Congreso Internacional Medio Ambiente Construido y Desarrollo Sustentable (MACDES), 2016, pp. ¬1 – 10.

Touloupaki, E., & Theodosiou, T. (2017). Energy Performance Optimization as a Generative Design Tool for Nearly Zero Energy Buildings. Procedia Engineering, 180, 1178–1185. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.278
Valbuena García, F., & González Díaz, M. (2018). ESTRATEGIAS DE DISEÑO PARA UN EECN EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO: EL AULARIO INDUVA DE VALLADOLID. Construction 21.

Valbuena García, F., González Díaz, M., & Gutiérrez Cid, C. (2018). Edificios inteligentes para ciudades inteligentes: eledificio I+D+i del Campus de Soria. Construction 21, 1-15.

Valinejadshoubi, M., Moselhi, O., Bagchi, A., & Salem, A. (2021). Development of an IoT and BIM-based automated alert system for thermal comfort monitoring in buildings. Sustainable Cities and Society, 66(November 2020), 102602. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102602

Villa, V., Naticchia, B., Bruno, G., Aliev, K., Piantanida, P., & Antonelli, D. (2021). Iot opensource architecture for the maintenance of building facilities. Applied Sciences (Switzer-land), 11(12). https://doi.org/10.3390/app11125374

Velasco, R., & Robles, D. (2011). Diseño de Eco-Envolventes. Revista de Arquitectura Universidad Católica de Colombia vol. 13, 92-106.

Wadel Raina, G. F. (2009). La sostenibilidd en la arquitectura industrializada: la construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Climate Change Info Sheet: A summary of current climate change findings and figures [en línea]. Geneva, Switzerland. A WMO information note [ref. de mar-zo 2013]. Disponible en Web: http://unfccc.int/files/cc_inet/application/x-httpd-php/ccinet_getfile.php?file=147.

Zaballos, A., Briones, A., Massa, A., Cente-lles, P., & Caballero, V. (2020). A smart campus' digital twin for sustainable comfort monitoring. Sustainability (Switzerland), 12(21), 1–33. https://doi.org/10.3390/su12219196

Zixuan Chen, Ahmed W. , A., Imriyas Kamardeen, & Ali Akbarnezhad. (2020). Optimising Embodied Energy and Thermal Performance of Thermal Insulation in Building Envelopes via an Automated Building Information Modelling (BIM) Tool. Buildings, 1-23. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/buildings10120218

ANÁLISIS DE LA VALORACIÓN DE VULNERABILIDAD BASADO EN LA GESTIÓN DE DATOS: INSTITUCIÓN EDUCATIVA PÚBLICA DEL MUNICIPIO DE MEDELLÍN

DIEGO FERNANDO OSORIO CHÁVEZ [1]

RESUMEN

Los cambios ineludibles que enfrentan las organizaciones debido a las amenazas naturales, sociales y tecnológicas, traen consigo la alteración de su normal desempeño, y en ese mismo sentido, afectan el cumplimiento de los objetivos propuestos para el logro de sus metas. Constantemente, las organizaciones caen en trampas al subestimar débilmente los impactos adversos en la materialización de sus amenazas, más aún, cuando están expuestas a un alto nivel de vulnerabilidad, que en su mayoría conlleva a la pérdida de un equilibrio sistemático o interrupción de sus operaciones, como también a altos costos económicos en su recuperación. El objetivo de esta investigación fue comparar la edad en la valoración de la vulnerabilidad de la edificación con base en la gestión de datos. Para cumplir este propósito, se desarrolló un estudio con un enfoque cuantitativo.

En este estudio participaron 345 participantes como fuente de información primaria, entre los que se incluyen estudiantes, docentes y personal administrativo que respondieron un cuestionario análisis sobre la vulnerabilidad de la edificación. Se estudiará, luego, la segmentación y agrupación de las respuestas como base para el análisis de datos con el fin de obtener una mayor riqueza de la información. Los resultados permitieron evidenciar el potencial desarrollo del conocimiento basado en la gestión de datos y, por consiguiente, faculte a la alta dirección a tomar las medidas de tratamiento necesarias para anticiparse en la mitigación del impacto de algún tipo amenaza.

Palabras clave: riesgos, vulnerabilidad, gestión de datos.

1. *Magister en Administración de Riesgos (Universidad Eafit), especialista en métodos y técnicas de investigación social (CLACSO), especialista en gerencia estratégica de costos (Universidad Central), candidato a especialización en Inteligencia Artificial (Universidad EIA) e ingeniero en recursos hídricos y gestión ambiental (Universidad Central), dfosorio@sena.edu.co, Medellín, Colombia.*

ABSTRACT

The unavoidable changes that organizations face due to natural, social and technological hazards, bring with them the alteration of their normal performance, and in that same sense, affect the fulfillment of the objectives proposed for the achievement of their goals. Organizations constantly fall into traps by grossly underestimating the adverse impacts on the materialization of their threats, even more so when they are exposed to a high level of vulnerability, most of which leads to the loss of a systematic balance or interruption of their operations, as well as high economic costs in their recovery. The objective of this research was to compare the age in the vulnerability assessment in order to provide an overview of the segmentation of the Educational Institution based on data management. To fulfill this purpose, a study with a quantitative approach was developed. This study involved 345 participants as a primary source of information, including trainees, instructors and administrative staff who answered a questionnaire on building vulnerability analysis. The segmentation and grouping of responses will be studied later as a basis for data analysis in order to obtain a greater wealth of information. The results of this research allow evidencing the potential development of knowledge based on data management and, therefore, empower the top management to take the necessary treatment measures, so that it can anticipate in the mitigation of the impact of some kind of threat.

Keywords: risks, vulnerability, data management

1. INTRODUCCIÓN

Una deficiente valoración de vulnerabilidad en las organizaciones puede traer consigo situaciones adversas que en la mayoría de los casos repercutirá en daños a la infraestructura, y así mismo, pérdidas de vidas humanas. Estos factores internos o externos que, al activarse de manera individual o combinada, desarrollan una serie de impactos en cadena que puede conllevar a situaciones no cuantificadas en términos económicos.

Tal como lo señala Cardona en uno de sus estudios, “existe una clara necesidad de preparar a las organizaciones para enfrentar los desastres potenciales, puesto que en Colombia todavía estamos gateando, debido a la desarticulación interinstitucional que trae consigo la falta de aprovechamiento de la curva de aprendizaje” (2002, p. 10), dicho en las palabras de Maldelbrot, la “fractalidad” de las organizaciones, es decir:

La geometría rota, áspera, aislada y, de la cual, adolecen muchas instituciones del orden político, económico, social, tecnológico y ambiental, además, la falta de alineación de prácticas y directrices trae consigo desorden en los diferentes niveles interinstitucional, como consecuencia de ello, aumenta el grado de vulnerabilidad para en las instituciones educativas (Osorio, 2018, p. 35).

La gestión de riesgos en las Instituciones Educativas (I.E), es un campo poco estudiado en las investigaciones académicas, con base en este corto presupuesto, se evidencia que las instituciones no cuentan con las medidas de intervención por la falta de conocimiento del riesgo y, con el presupuesto para atender las medidas de reducción, tal como menciona en la investigación de Pérez, Sáenz y Gómez (2016) con la evaluación metodológica de la gestión del riesgo de desastres en el Instituto Técnico Mercedes Abrero de la ciudad de Cúcuta. Igualmente, Bolaños-Alomia (2014), identificó en su trabajo académico, el alto grado de vulnerabilidad que presentan los estudiantes y toda la comunidad estudiantil en general; en síntesis, los dos estudios sostienen que la falta de conocimiento en los diferentes niveles de decisión es el mayor impedimento para el desarrollo de una buena gestión de riesgos de desastres.

El presente estudio permite identificar la relación de la variable "edad" y como está influye en la "valoración de vulnerabilidad", con base en la gestión de datos, en donde nos proponemos en primer orden, detectar las variables que más influyen en la valoración de la vulnerabilidad y, sucesivamente, visualizar las tendencias y segmentaciones de acuerdo con la percepción de los participantes.

Para el logro de los objetivos se llevó a cabo un diseño metodológico cuantitativo, con alcance correlacional (Sampieri, Collado y Lucio, 2010), para obtener una perspectiva amplia, profunda, integral y holística del análisis de la información (Newman, Ridenour, Newman y De Marco. 2002), lo cual genera datos ricos y diversos evidente en las observaciones (Todd, Nelich y McKeown, 2004).

Habiendo hecho todas las consideraciones anteriores, estamos en condiciones de plantear el siguiente interrogante:

¿Cómo influye la edad en la valoración de la vulnerabilidad en el contexto de la I.E.?
Los resultados evidencian la importancia de enfocarse en variables de baja frecuencia, profundizar la lectura de datos aberrantes relacionados con la edad, es decir, aquellas observaciones que se alejan de las tendencias centrales, de tal manera que se ubican en las colas largas, de acuerdo con esto, se propone analizar de manera segmentada aquellos datos ubicados en los extremos y que motivan la asimetría y curtosis en la modelación de los datos (Wagner & Wenger, 2009).

Adicionalmente, se espera contribuir a la creación de nuevas líneas de investigación para promover acciones orientadas a prevenir la materialización de riesgos de desastres en el contexto de las I.E en general.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: en primer lugar, se evidencia la revisión de literatura; en segundo lugar, se presenta el diseño metodológico; en tercer lugar, se presentan los resultados del estudio, y, por último, se expone las discusiones y las conclusiones.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Cada vez que se materializa un evento considerado desastroso ha generado de alguna u otra manera conflictos en la definición de los términos asociados a "vulnerabilidad", "riesgo", "peligro", "amenaza", "impacto" y "análisis de vulnerabilidad". Cada una de ellas contiene elementos particulares que son determinantes para comprender su significado.

La "vulnerabilidad" es definida como "la debilidad que puede tener tanto el proceso como un sistema, de modo que puede generar efectos adversos a los elementos directos o indirectos que están relacionados con esa actividad" (SGC, 2015 p. 20). Dicho de otra manera, la materialización de un evento dañino es causado por la existencia de una falla en un sistema, entendiéndose como sistema, el conjunto de componentes que interactúan entre si dentro de una organización o proyecto. Por lo que se refiere a "riesgo", se define como la "posibilidad de materialización de un evento, que genere daño e impacte los objetivos del proyecto u organización y afecte la capacidad de generar valor" (Deloitte & Touche, 2003, p. 1).

A partir de este concepto surge la necesidad de definir "peligro", como una "fuente potencial del riesgo" tal cual como lo establece la NTC OHSAS 18001 (Icontec, 2007, p. 3), del mismo modo, la "amenaza", se puede expresar técnicamente como un "riesgo no conocido, dicho de otra manera, un riesgo que no se ha evaluado" (Mejía, 2006, p. 32). De acuerdo con lo anterior, la Tabla 1 relaciona los peligros más frecuentes y sus respectivas amenazas.

Tabla 1. Relación de peligros y amenaza.

Origen	Descripción del fenómeno	Peligro	Amenaza
Natural	Atmosférico	Condiciones atmosféricas en la zona.	Fenómeno del Niño Fenómeno de la Niña Huracanes Vendavales Heladas Sequias Ciclones tropicales Fuertes tormentas Rayos/truenos Desertificación Incendios forestales Temperaturas extremas.
	Hidrológicos	Presencia de ríos y quebradas.	Inundaciones Flujo de lodo y detritos Desbordamientos Avenidas torrenciales.
	Geológicos	Presencia de una falla geológica.	Sismos Emisiones volcánicas Movimiento en masa Tsunami Fallas geológicas Deslizamientos terrestres Caídas de rocas Suelos expansivos.
Social	No intencional e Intencional	Circunstancias sociales insatisfechas. Circunstancias políticas y sociales de una región.	Aglomeraciones de público Microtráfico Vandalismo Sabotaje Terrorismo Prostitución.
Tecnológico	Químicos	Acumulación de gases tóxicos. Acumulación de productos. Presencia de sustancias corrosivas. Sustancia inflamable. Materiales radiactivos.	Contaminación industrial Desechos tóxicos Derrames Fugas Explosivos Choques Vehiculares. Accidentes industriales. Explosiones. Fuegos. Derrames.
	Eléctricos	Redes eléctricas	Sobre cargas Cortos circuitos
	Mecánicos	Presencia de maquinaria, equipos y herramientas	Colapsos Volcamiento
	Térmicos	Almacenamiento de gases Inflamabilidad de una sustancia	Incendios Explosiones
	Funcionales	Presencia de estructuras	Errores de localización. Falla de diseño estructural. Errores funcionales. Fallas de construcción. Errores de operación. Fallas de mantenimiento. Afectación a la movilidad. Interrupción de flujo de bienes y servicios, colapso de estructuras, eventos conexos, entre otros.

Fuente: *elaborado a partir de la Guía Metodológica para la elaboración del proyecto educativo de gestión del riesgo de desastres en el Municipio de Medellín. Departamento de Gestión del Riesgo de Desastres, DAGRD (2015); y el Manual para la ela-boración de planes empresariales de emergencia y contingencias y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Dirección y Prevención y Atención de Desastres, DPAD (2003).*

Ahora bien, cuando se genera un cambio desfavorable producto de un potencial daño, se puede ver reflejado en diferentes tipos de impactos, de esta manera el "impacto" pue-de ser considerado como un daño, consecuencia o efecto; para una mejor explicación, se expone la relación secuencial entre peligro, amenaza, vulnerabilidad e impacto *(ver Figura 1).*

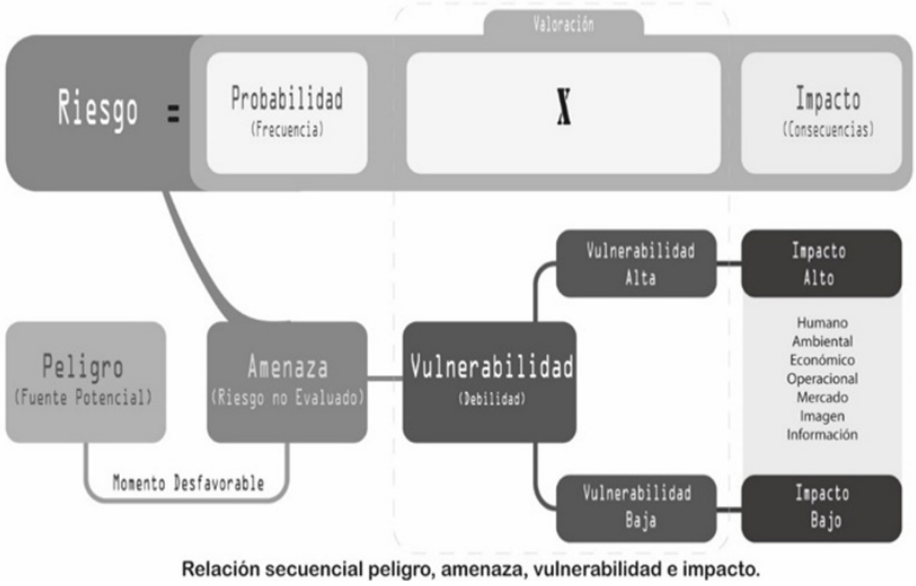


Figura 1. *Estructura secuencial de vulnerabilidad.*
Fuente: *Osorio, 2018, p. 11.* ***Recuperado de:*** *https://bit.ly/2YD6b2x*

Ahora bien, esta valoración de vulnerabilidad dependen exclusivamente de la percepción de las personas, tal como lo menciona Bonem (2015), en el ámbito de la Salud y Seguridad, las personas de más edad percibían más riesgo que los jóvenes, dicho en otras palabras, los adultos mayores son más precavidos que los jóvenes, puesto que los adultos, como lo señala Heckhausen, tienen concepciones más estructuradas por su experiencia y desarrollo que las personas más jóvenes.

De acuerdo con Gardner (2005), sus investigaciones indicaron que la toma de riesgos y la toma de decisiones arriesgadas disminuyen con la edad, incluso, los jóvenes son considerados "riesgo de ser riesgoso" por sus continuos cambios de estado emocional, por consiguiente, presentan un fenotipo más "riesgoso", con una menor percepción de riesgo y mayor apetencia al riesgo (Rudolph, 2017).

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Este estudio empleó un enfoque de investigación cuantitativo, mediante el cual usa la recolección y/o datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análi-sis estadístico, lo cual permite establecer patrones de comportamiento (Sampieri et al., 2010). Además, utilizó un cuestionario diseñado por medio de la plataforma de Google formularios y que fue compartido en línea "online", toda vez que permite consolidar una gran cantidad de información con rapidez de sujetos dispersos y a un costo relativamente bajo. Este enfoque cuantitativo se basó en un diseño estructurado, es decir, todo está absolutamente planificado de antemano (Valles, 1997).

El diseño muestral es por conglomerados puesto que se dividió la población en subconjuntos no excesivamente grandes (ZapataOssa, Cubides-Munévar, López, Pinzón-Gómez, Filigrana-Villegas & Cassiani-Miranda, 2011).

Esta división de la población atiende a los estudiantes y docentes de diferentes programas de formación [SST (30,43%), logística (19,42%), ambiental (19,13%), decoración de espacios interiores (9,86%), obras civiles (6,96%), asistencia administrativa (4,93%), topografía (4,35%), catastro (2,61%), alturas (0,58%), otros (0,58%), desarrollo gráfico (0,29%), gas combustible (0,29%), maquinaria pesada (0,29%) y proyectos (0,29%) de la I. E *(ver Figura 2)*

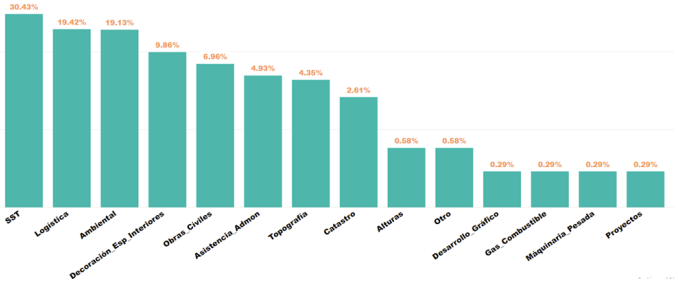


Figura 2. *Relación de las participaciones por especialidades.*
Fuente: *Modelación extraída de IBM SPSS Statistics 25.*

La temporalidad del estudio es sincrónico, es decir, se limita a realizar el análisis del momento en el que se aplicó la encuesta (Cohen & Gómez, 2019, p. 254), específicamente, los datos fueron recogidos entre el mes de marzo y abril del año 2020.

Con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación, se establecen pruebas de hipótesis y se demuestran a través del análisis cuantitativo de los datos a través de técnicas de estadística descriptivo para establecer patrones de comportamiento. Por este motivo, se utilizó un alcance correlacional, que tiene como propósito medir el grado de relación que existe entre las variables (Rusu, 2011).

Las características de este estudio son secuencial, deductivo (de lo general a lo particular), probatorio y analiza la realidad de manera objetiva (Sampieri et al., 2010). El análisis cuantitativo de la información tiene múltiples bondades, entre las que podemos destacar su precisión, predicción y generalización de resultados en la muestra.

3.1. Hipótesis

Dado el peso que tiene la variable "edad" en la "valoración de la vulnerabilidad", se puede decir que es un factor determinante para explicar la percepción identificada en las respuestas, lo cual nos permite realizar una comparación profunda, evitando la división (Cohen & Gómez, 2019), dicho en otras palabras, la comparación genera integración de la información como un todo "holismo", evitando caer en las falacias gaussianas o el peligro de los medios, toda vez que al observar la distribución de los datos, los extremos o colas largas cuentan con información relevante para este estudio. Es en ese sentido, formulamos la siguiente hipótesis en el modo de declaración condicional (Marra-di et. al, 2010):

"Los participantes jóvenes tienen una percepción baja y media en su valoración de vulnerabilidad de la edificación de la I.E. Esto significaría, que los participantes adultos tienen una percepción alta en la valoración de vulnerabilidad de la edificación de la I.E".

3.2.Procedimiento

Inicialmente se realizó un análisis de los datos con el fin de observar su tendencia, y que nos permitiera conocer el grado de relación de la variable con los aspectos de vulnerabilidad que se relacionan en la tabla 2.

Tabla 2. *Aspectos de vulnerabilidad.*

Ítem	Aspectos de vulnerabilidad
1	Plan de evacuación
2	Alarma para evacuación
3	Ruta de evacuación
4	Visitantes
5	Puntos de encuentro
6	Condición punto de encuentro
7	Visibilidad de señalización
8	Características rutas de evacuación
9	Ruta principal de evacuación
10	Señal de alarma
11	Sistema de detección
12	Sistema de iluminación de emergencia
13	Tipo de encendido de sistema de iluminación
14	El sistema contra incendio
15	Los extintores para incendio
16	Divulgación del plan de emergencia a los empleados
17	Coordinador del plan de emergencia
18	La brigada de emergencia
19	Simulacros
20	Entidades de socorro externas
21	Los ocupantes del edificio
22	En la entrada del edificio
23	Las rutas de circulación
24	Las puertas de salida del edificio
25	Estructura y tipo de construcción

Fuente: *Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Dirección y Prevención y Atención de Desastres, DPAD (2003).*

La variable dependiente utilizada para probar la hipótesis es la "valoración de vulnerabilidad".

Para la valoración de vulnerabilidad del cuestionario, se efectuó de acuerdo con procedimiento establecido en el *"Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Dirección y Prevención y Atención de Desastres"*, en ella, se estableció un inventario de veinticinco (25) preguntas con tres opciones de respuestas (A, B, C) sobre los aspectos débiles de la preparación, organización e infraestructura para emergencia de la I.E, el cual les permitió definir el escenario más aproximado a la realidad de la I.E, posteriormente, a cada una de las opciones de respuesta se asignó según la metodología el puntaje relacionado en la tabla 3, por último, se realizó la sumatoria de los valores obtenidos:

Tabla 3. Procedimiento de valoración.

Aspectos de Vulnerabilidad			Subtotal
Total ítems con respuesta A =	x	4	=
Total ítems con respuesta B =	x	2	=
Total ítems con respuesta C =	x	0,4	=
Puntaje total =	A +B+C		

Fuente: *Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias y su inte-gración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Dirección y Prevención y Atención de Desastres, DPAD (2003).*

Como resultado de la valoración de vulnerabilidad, esta se debe comparar con la tabla de nivel de vulnerabilidad establecida en el manual de referencia *(ver tabla 4).*

Tabla 4. Nivel de vulnerabilidad.

Puntaje Total	Acción a seguir
0 - 50	La edificación presenta una alta vulnerabilidad funcional, se deben revisar todos los aspectos que puedan estar representando riesgo para las personas que permanecen en el edificio en un momento de emergencia.
51 - 71	La edificación presenta una vulnerabilidad media-alta y un plan para emergencia incompleto, que solo podría ser activado parcialmente en caso de emergencia
70 - 90	La edificación presenta una baja vulnerabilidad y un plan para emergencia apenas funcional que debe optimizarse.
91 - 100	La vulnerabilidad es mínima y el plan presenta un estado óptimo de aplicación.

Fuente: *Manual para la elaboración de planes em-presariales de emergencia y contingencias y su inte-gración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Dirección y Prevención y Atención de Desastres, DPAD (2003).*

Por otro lado, la variable independiente es la *"edad"*.
A continuación, se relaciona la distribución de las participaciones por edad, de este modo, se evidencia que la mayor cantidad de participantes oscilan entre 18 y 27 años (ver Figura 3 y 4), siendo la de edad de 19 años la que mayor frecuencia presenta *(ver Figura 3).*

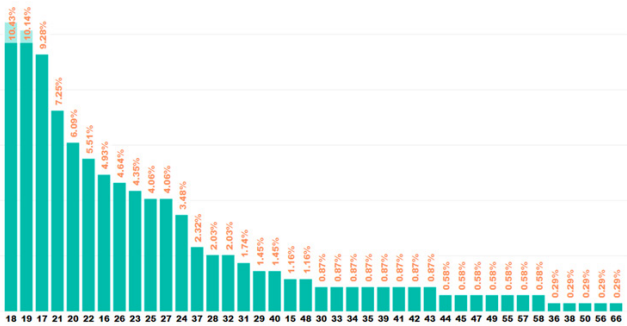


Figura 3. *Modelación extraída de gráfico de las participaciones por edad. Modelación extraída de Power BI.*

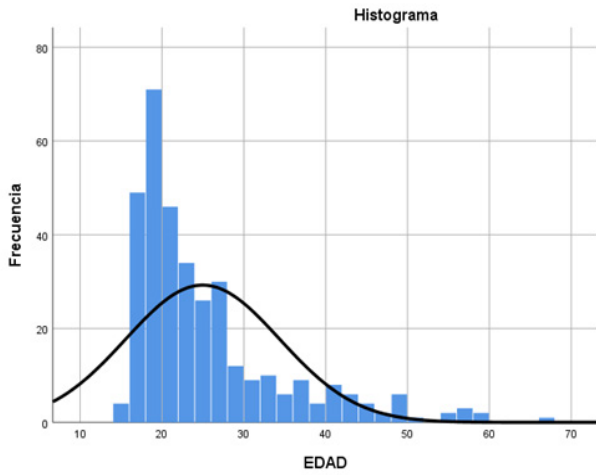


Figura 4. *Distribución de las participaciones por edad. Modelación extraída de IBM SPSS Statistics 25.*

En relación con el nivel de educación, po-demos evidenciar que una gran mayoría solamente cuentan con el nivel educativo de bachiller, sucesivamente con estudios técnicos y los demás representan valores mínimos *(ver Figura 5).*

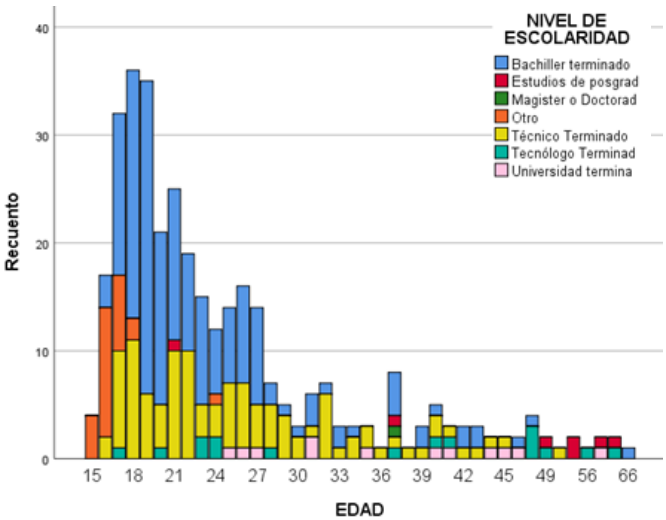


Figura 5. *Distribución de las participaciones en función de la edad y el nivel de educación. Modelación extraída de IBM SPSS Statistics 25.*

Para conocer el grado de asociación global de la variable se debe cumplir con la siguiente condición básica: que el test estadístico Chi Cuadrado de Pearson sea inferior a 0,05.

Una vez corroborada la asociación se observa su fuerza, está modelación se realizó a través del programa IBM SPSS Statistics 25, en efecto, se acepta la hipótesis al existir una relación entre ambas variables, al respecto, exponemos la siguiente *tabla 5* para observar resultado obtenido.

Tabla 5. *Pruebas de chi-cuadrado*

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	**7574.854[a]**	**6201**	**.000**
Razón de verosimilitud	1551.118	6201	1.000
Asociación lineal por lineal	11.315	1	.001
N de casos válidos	345		
a. 6400 casillas (100.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es .00.			

Fuente: *Reporte extraído de IBM SPSS Statistics 25.*

4. RESULTADOS

4.1 Análisis estadístico de los resultados

En lo concerniente a las medidas de tendencia central, se muestra en primer orden que la media para la variable independiente presenta un alto valor en la varianza, entonces, puede afirmarse que la muestra es heterogénea *(ver Figura 6).*

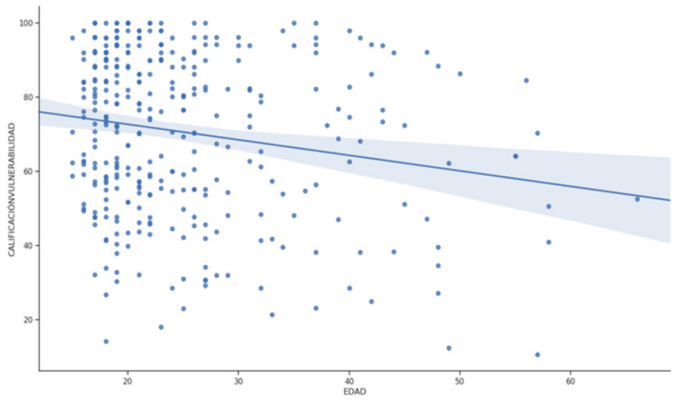


Figura 6. *Tendencia de los datos. Modelación extraída de Python.*

Tabla 6. *Modelación extraída datos estadísticos*

	N	Media	Desv. Desviación	Varianza
Edad	345	24.97	9.403	88.412
Calificación vulnerabilidad	345	70.6255	21.70256	471.001
N válido (por lista)	345			

Fuente: *Reporte extraído de IBM SPSS Statistics 25.*

Una de las particularidades de la información recolectada, es su grado de correlación, puesto que presenta un valor de -0,181, lo cual indica que la relación lineal es inversa *(ver tabla 7)*. Además, no presenta correlación por su alta dispersión. De igual modo, podemos observar que es una distribución leptocúrtica (frecuencia alta en menores edades) y con asimetría (concentración de los datos hacia menores edades).

Tabla 7. *Correlación bivariado de Pearson*

		Edad	Calificación Vulnerabilidad
Edad	**Correlación de Pearson**	**1**	**-.181[**]**
	Sig. (bilateral)		**.001**
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	30413.710	-12731.545
	Covarianza	88.412	-37.010
	N	345	345
Calificación vulnerabilidad	Correlación de Pearson	-.181[**]	1
	Sig. (bilateral)	.001	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-12731.545	162024.416
	Covarianza	-37.010	471.001
	N	345	345
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).			

Fuente: *Reporte extraído de IBM SPSS Statistics 25.*

No obstante, al observar la tendencia entre las variables nos indica que a medida que aumenta la edad de manera proporcional aumenta la valoración de vulnerabilidad *(Figura 6)*, así pues, va en la dirección del planteamiento de la hipótesis.

A propósito, el valor de significancia (Sig) es de 0.001 *(ver tabla 7)*, lo cual confirma la relación de variables planteada en la hipótesis.

De la misma manera se realizó un análisis de fiabilidad para determinar las relaciones entre los elementos individuales de la escala, por este motivo se utilizó el modelo de fiabilidad de "alfa" (Cronbach), puesto que es un modelo de consistencia interna, que se basa en la correlación entre elementos promedio, así pues, el valor obtenido *(ver tabla 7)* para los veinticinco (25) aspectos de vulnerabilidad oscila con valores cercanos 0.93, donde nos indica que el instrumento de medición presenta una excelente consistencia (Cronbach, 1951).

Tabla 8. Modelación extraída de correlación

Aspectos de vulnerabilidad	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Plan de evacuación	.554	.934
Alarma para evacuación	.567	.934
Ruta de evacuación	.621	.933
Visitantes	.544	.934
Puntos de encuentro	.607	.933
Condición punto de encuentro	.588	.934
Visibilidad de señalización	.699	.932
Características rutas de evacuación	.571	.934
Ruta principal de evacuación	.643	.933
Señal de alarma	.676	.932
Sistema de detección	.673	.932
Sistema de iluminación de emergencia	.657	.933
Tipo de encendido de sistema de iluminación	.679	.932
El sistema contra incendio	.733	.931
Los extintores para incendio	.617	.933
Divulgación del plan de emergencia a los empleados	.669	.932
Coordinador del plan de emergencia	.667	.932
La brigada de emergencia	.610	.933
Simulacros	.416	.937
Entidades de socorro externas	.670	.932
Los ocupantes del edificio son	.173	.939
En la entrada del edificio	.638	.933
Las rutas de circulación	.535	.934
Las puertas de salida del edificio	.588	.934
Estructura y tipo de construcción	.397	.936

Fuente: *Reporte extraído de IBM SPSS Statistics 25.*

De la misma manera, en la distribución de las participaciones por estrato socioeconómi-co, se muestra que una gran parte de la población se ubican en el estrato 2 (49,28%); en segundo orden, el estrato 3 (24,93%); sucesivamente y con poco de diferencia el estrato 1 (22,03%); y por último, se encuen-tran alejados los estratos 4 y 5 con 2,61% y 1,16% respectivamente.

En lo relativo a la distribución de las participaciones por nivel educativo, se evidencia la mayor frecuencia en el bachillerato (50,72%); seguido por el técnico (31,30%); sucesivamente, otros estudios (7,54%); y por último y de manera agrupada y con una baja frecuencia, pregrado terminado, posgrado y maestría.

Por su parte, la distribución de participaciones por sede reflejó los siguientes resultados, en la Sede Pedregal participaron el 64,93% y en lo concerniente a la sede alterna fue de 35,97%. Los resultados concernientes al nivel de vul-nerabilidad, predomina el nivel medio (54,49%); en siguiente orden se ubica el nivel bajo mínimo (25,22%); y, por último, el nivel alto (20.29%).

Por otro lado, se evidencia que los jóvenes con edades entre 18 y 30 años muestran tendencia a evitar los compromisos en tanto usaron valores medios en las calificaciones de sus respuestas, es decir, en la escala de 1 a 3 escogen el valor 2, considerado este valor medio como una calificación “tibia”, y que genera sesgo en la toma decisiones, es decir, “la falla de los promedios”, tal como lo menciona el profesor de Stanford Sam Savage, cuando enuncia que la gran mayoría de estudios se concentran en el intervalo de confianza y dejan a un lado los datos extremos (Hubbar, 2011); que también es considerado como el “Sesgo Centrado”.

Según Thomas (2013), este tipo de sesgo se refiere a la apetencia de las personas de evitar los valores extremos para no comprometer sus respuestas o declaraciones escogien-do los términos medios, sin embargo, esto puede traer consigo malas decisiones. Incluso Hubbard (2009) encontró en sus investigaciones la tendencia de los participantes de las encuestas a seleccionar valores medios tales como 3 y 4 en una escala de 1 a 5.

Dicho lo anterior, se puede evidenciar en el recuadro resaltado de color violeta claro, los datos raros, atípicos o aberrantes y que son de interés para este estudio *(ver Figura 7),* puesto que corresponden a personas con edades superiores a 45 años y que establecen un nivel de vulnerabilidad “Alto”.

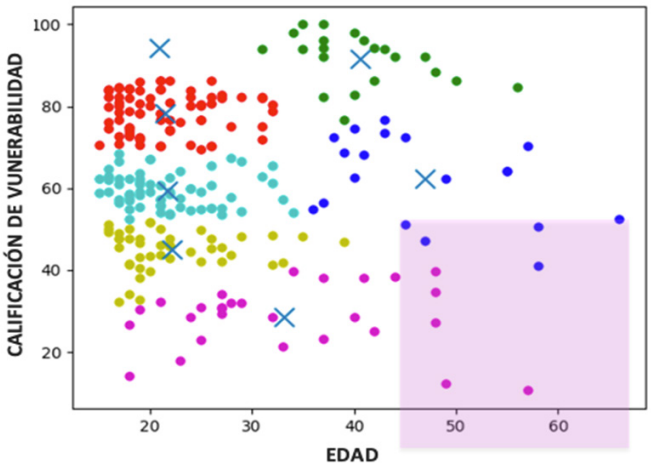


Figura 7. *Distribución de las participaciones de acuerdo al nivel de vulnerabilidad. Modelación extraída de Python.*

Incluso, al combinar las variables "edad vs calificación de vulnerabilidad y estrato" se muestra una tendencia correlacionada resaltada en el recuadro violeta claro, donde ubican los datos raros, atípicos o aberrantes y que son de interés para este estudio, los cuales corresponde a personas de estratos 3 y 4, siendo esto, un dato muy importante en la serendipidad de este estudio, por ende, pareciera que los estratos 1 y 2 no identifican fácilmente el grado de vulnerabilidad de la edificación, puesto que han aprendido a convivir en condiciones de armonía a causa de su nivel de vulnerabilidad en su contexto (Chuquisengo, Pinedo, Torres y Rengifo, 2005, p. 15), de tal manera que no tienen la capacidad detallada para identificar fragilidades en las edificaciones.

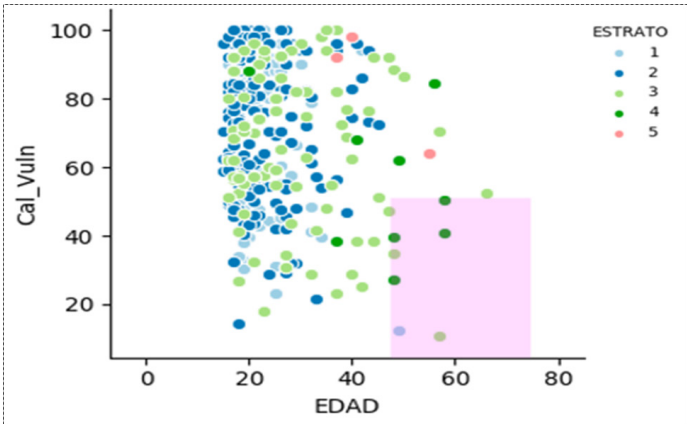


Figura 8. *Distribución de las participaciones de acuerdo a la combinación de las variables "edad, calificación de vulnerabilidad y estrato". Modelación extraída de Python.*

Del mismo modo, al observar la *Figura 9*, se evidencia la variabilidad de la valoración de vulnerabilidad en los estratos 3, 4, con mayor ruido en el estrato 4.

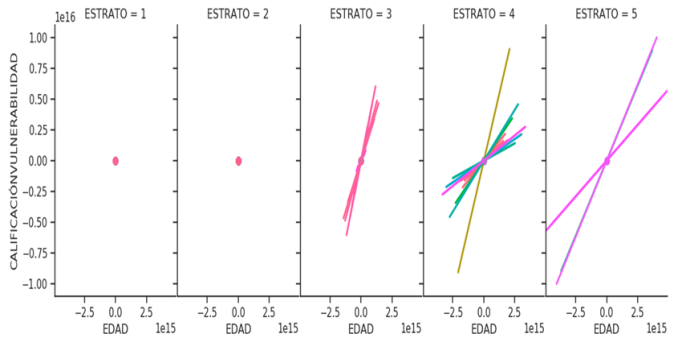


Figura 9. *Distribución de las participaciones de acuerdo al estrato socioeconómico. Modelación extraída de Python.*

De acuerdo con lo anteriormente expuesto y, con el fin de analizar nuevos resultados en este estudio, se procederá a realizar la siguiente segmentación para verificar los aspectos de vulnerabilidad:

- Edad mayor a 45 años.
- Nivel de vulnerabilidad "Alto".

La segmentación anteriormente relacionada, trae como resultado enfocarnos en el porcentaje de nivel de vulnerabilidad alto y edades mayores a 45 años, lo cual nos permitirá mayor confianza en la información y, de la misma manera, observar esas posibles no conformidades potenciales que se pueden presentar a futuro, toda vez que la tendencia apunta a evaluar los datos aberrantes *(ver Figura 10).*

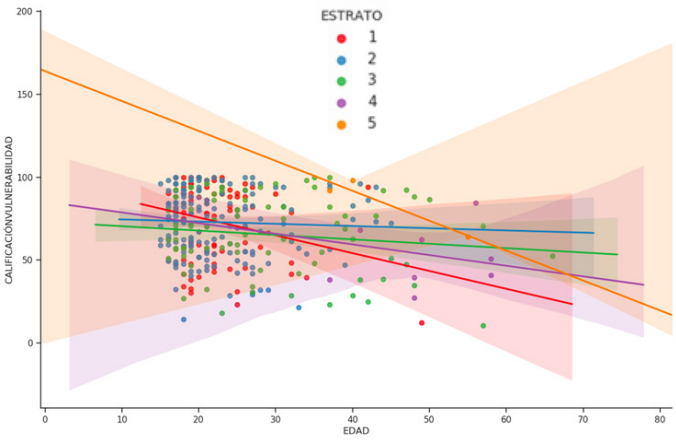


Figura 10. *Segmentación basada en la calificación de vulnerabilidad. Modelación extraída de Python.*

En lo relativo al primer aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [1. El conocimiento sobre el ***plan de evacuación*** es], el 57,14% responde "C. Ningún empleado en el edificio conoce sobre medidas de evacuación y no se han desarrollado has-ta el momento estrategias o planes al respecto" *(ver Figura 15).*

Con respecto al segundo aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [2. El sistema de ***alarma para la evacuación*** en caso de emergencia], el 71,43% responde "C. Es sólo un proyecto que se menciona en algunas ocasiones." *(ver Figura 16).*

En lo concerniente al tercer aspecto de vul-nerabilidad que corresponde a la pregunta [3. El estado de la ***ruta para evacuación*** es], el 57,14% responde "B. Presenta deficiencia en alguno de los aspectos anteriores".

Por lo que se refiere al cuarto aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [4. Los visitantes del edificio conocen las ***rutas de evacuación***], el 71,43% responde "C. No las reconocerían fácilmente".

Respecto al quinto aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [5. Los puntos de ***encuentro de una evacuación***], el 71,43% responde "B. Existen varios sitios posibles, pero ninguno se ha delimitado con claridad y nadie sabría hacia donde"

Con referencia al sexto aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [6. Las condiciones de los puntos de encuentro], el 71,43% responde "C. Son realmente pequeños para el número de personas a evacuar y realmente peligrosos"

En cuanto al séptimo aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [8. La señaliza-ción para evacuación], el 57,14% responde "B. Esta muy oculta y apenas se observa en algunos sitios"

En lo que atañe al octavo aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [8. Las rutas de evacuación para emergencias], el 71,43% responde "C. Altamente resbalosos, utilizados como bodegas o intransitables."

En lo relativo al noveno aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [9. Las rutas alternas para evacuación:], el 85,71% responde "B. Tiene ruta alterna pero deficiente." *(ver Figura 23).*

En relación al décimo aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [10. La señal de alarma], el 57,14% responde "C. Usualmente no se escucha no se ve"

En lo relativo al undécimo aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [11. El sistema de detección de incendios], el 71,43% responde "C. No existe ningún tipo de detector."

Por lo que afecta al duodécimo aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [12. El sistema de iluminación de emer-gencia], el 71,43% responde "C. Deficiente día y noche".

Por lo que atañe al decimotercer aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [13. Tipo de sistema de iluminación de emergencia], el 71,43% responde "C. No existe no funciona"

Con referencia al decimocuarto aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [14. El sistema contra incendios], el 71,43% res-ponde "C. No existe no funciona"

En lo relativo al decimoquinto aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [15. Los extintores para incendio], el 71,43% responde "B. Existen pero no en número suficiente".

En lo concerniente al decimosexto aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [16. Divulgación del plan de emergencia a los empleados] el 85,71% responde "C. No se ha divulgado"

Con respecto decimoséptimo aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [17. Coordinador del plan de emergen-cia] el 71,43 % responde "C. No existe"

En relación al decimoctavo aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [18. La brigada de emergencia], el 57,14% responde "No existe" . Con relación al decimonoveno aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [19. Se han realizado simulacros] el 57,14 % responde "C. Ningún simulacro".

En lo concerniente al vigésimo aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [20. Entidades de socorro externas] el 71,43% responde "C. No se tienen en cuenta". En lo que atañe al vigésimo primero aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [21. Los ocupantes del edificio son] el 71,43% responde "B. Con un 10 a 20 % de visitantes nuevos cada día"

Con respecto al vigésimo segundo aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [22. A la entrada del edificio o en cada piso] el 71,43% responde "C. No existe un plano de evacuación y nadie esta responsabilizado de dar información al respecto."

En lo relativo al vigésimo tercer aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [23. Las rutas de circulación] el 42,86% responde "B. En algún punto de las rutas no se circula con facilidad por falta de espacio u obstáculos al paso" .

En lo relativo al vigésimo cuarto aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [24. Las puertas de salida del edificio] el 57,14% responde "B. Solo algunas puertas permiten una salida rápida y poseen cerraduras de seguridad."

Por último, en lo que afecta al vigésimo quinto aspecto de vulnerabilidad que corresponde a la pregunta [25. Estructura y tipo de construcción] el 57,14% responde "B. Presenta deterioro observable en paredes y techos que hagan pensar en daños estructurales"

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se evidencia poca participación por parte del personal profesional de la I.E., lo que conlleva a una debilidad documental expresada en la insuficiencia de registros de personal con edades mayores y que cuentan con alto nivel de conocimientos y antigüedad en la institución.

De acuerdo con lo anterior, es importante aprovechar el amplio conocimiento que tienen los profesionales de la I.E sobre las fragilidades de la edificación, puesto que perma-necen mucho más tiempo en contacto con la infraestructura que los estudiantes en formación, en este sentido, pueden detectar de manera concreta las condiciones de vulnerabilidad en las que se encuentra la I.E Los profesionales de las I.E. tienen un alto grado de aceptación de riesgo, producto de ello, no han magnificado el grado de afectación que puede surgir en la materialización de una amenaza, más aún, resulta contraproducente en el contexto normativo, puesto que se le da poca importancia al cumplimiento de la nor-ma (Ley 1523 de 2012 y Decreto 2157 de 2017).

En lo concerniente al componente financiero, se subestima los costos de inversión y, por consiguiente, son pocas las acciones necesarias para plan de gestión de riesgo de desastres efectivo, desconociendo la magnitud de los costos de recuperación en caso dado de materialización de eventos adversos. De igual modo, se percibe que no se cuenta con una estructura financieramente sólida y articulada que pueda soportar la provisión ante respues-tas de emergencia, así pues, el concepto de pensamiento basado en el riesgo es deficiente, es decir, se carece de un planificación estratégica estructurada y aterrizada al contexto que permita la anticipación a situaciones de riesgo. De la misma manera, la situación se replica con la articulación de las entidades de socorro, pues no se gestionan esfuerzos, más bien, se evidencia carencia de voluntad en asumir el compromiso interinstitucional para la gestión de los riesgos de desastres.

Los resultados de este estudio dan señales con respecto a que la comunicación sobre la gestión integral del riesgo y el cálculo de la vulnerabilidad en las estructuras en particular, no está circulando en todos los niveles de la I.E, incluso, hace ruido una deficiencia en los mecanismos de comunicación al interior de la misma, trayendo como consecuencia opiniones divididas en sus diferentes niveles de la organización. De lo anterior, es importante realizar procesos de gestión del conocimiento al interior de la I.E., con el fin de mejorar la unidad de inteligencia de la institución, y sumado a ello, incida en la mejora continua de la organización, como también, en la toma de decisiones informadas, para crear y asegurar el valor de la entidad. En el marco del pensamiento basado en el riesgo, las personas y líderes de la institución educativa podrán desarrollar metodologías orientadas a la detección temprana de riesgos y, más aún, la necesidad de efectuar evaluaciones en cada uno de los procesos, donde se logre documentar todas las fallas de manera anticipada, estimulando así la aplicación de los conceptos teóricos y metódicos en la gestión integral de riesgos.

A pesar de todo, la I.E cuenta con un soporte tecnológico que debe ser aprovechado para establecer alertas tempranas, y pueda ser integrado de manera interinstitucional con el fin de reportar novedades o eventos potenciales, para que facilite en su integración el trabajo mancomunado entre entidades. Los resultados de esta investigación permiten comprender que las personas que permanecen en las I.E. cuentan con información clave para garantizar la seguridad humana y los tangibles de la organización, permitiendo ajustarse a los cambios del entorno y el cumplimiento de los requerimientos normativos.

REFERENCIAS

Bonem, E. M., Ellsworth, P. C., & Gonzalez, R. (2015). Age differences in risk: Perceptions, intentions and domains. Journal of Behavioral Decision Making, 28(4), 317-330.

Cardona, O. D. (2002). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. International Work-Conference on Vulnerability in Disaster. Theory and Practice, 29-30 de junio de 2001, Wageningen University, Holanda, 1-18. Recuperado de http://bit.ly/2FBTyJS

Chuquisengo, O., Pinedo, L., Torres, A., y Rengifo, F. (2005). Guía metodológica para la gestión de riesgos de desastres en los centros de educación primaria. Lima: ITDG-Perú. Recuperado de http://bit.ly/2CLA3vp

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika, 16, pp. 297-334

Colombia. Congreso de la República (2012, abril 24). Ley 1523 de 2012: Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestion del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Bogotá: Diario Oficial No. 48411.

Colombia. Presidencia de la República (2017, diciembre 20). Decreto 2157 de 2017: Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboration del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del Artículo 42 de la ley 1523 de 2012. Bogotá: Diario Oficial No. 50453.

Cuevas Marín, A., Álvarez Torres, S. H., Qui-roga Ariza, Y. R., y Bejarano Jiménez, J. E. (2003). Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá: DPAD, Dirección de Prevención y Atención de Desastres. Recuperado de http://bit.ly/2F0dARp

Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres DAGRD (2015). Guía metodológica para la elaboración del proyecto educativo de gestión del riesgo de desastres en el Municipio de Medellín (documento de trabajo facilita-do al autor).

Gardner M, Steinberg L. Peer influence on risk taking, risk preference, and risky decision making in adolescence and adulthood: an experimental study. Dev Psychol. 2005 Jul;41(4):625-35. doi: 10.1037/0012-1649.41.4.625. Erratum in: Dev Psychol. 2012 Mar;48(2):589. PMID: 16060809.

Heckhausen, J., Dixon, R. A., & Baltes, P. B. (1989). Ganancias y pérdidas en el desarrollo a lo largo de la edad adulta según lo perciben los diferentes grupos de edad adulta. Developmental Psychol-ogy, 25(1), 109-121. Hoyle, R. H., Ste-phenson, M. T.,

Hubbard, D. W., & Drummond, D. (2011). How to measure anything. Tan-tor Media.

Hubbard, D. W. (2020). The failure of risk management: Why it's broken and how to fix it. John Wiley & Sons.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Icontec (2007). Norma técnica colombiana OHSAS 18001. Sistemas de gestión en seguridad y salud ocupacional. Req-uisitos. Bogotá: Icontec.

Marradi, A., Archenti, N., & Piovani, J. I. (2010). Metodología de las ciencias sociales. Buenos Aires, Argentina: Cengage Learning.

Mejía Quijano, Rubí C. (2006). Administración de riesgos Un enfoque empresarial. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Newman, I., Ridenour, C. S., Newman, C., y De Marco, G. M. (2002). A typology of research purposes and its relationship to mixed methods. En A. Tashakkori y C. Teddlie (Eds.), Handbook of mixed methods in social and behavioral research (pp. 167-188). Thousand Oaks, CA: Sage.

Osorio Chavez, D. F. (2018). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en cuatro instituciones educativas públicas de dos municipios del norte del Valle de Aburrá: Barbosa y Copacabana (Master's thesis, Maestría en Administración de Riesgos).

Sampieri, R. H., Collado, C. F., y Lucio, M. D. (2010). Metodología de la investi-gación (5a ed.). México DF: Mc-Graw Hill.

Rudolph, M. D., Miranda-Domínguez, O., Cohen, A. O., Breiner, K., Steinberg, L., Bonnie, R. J., ... & Richeson, J. A. (2017). At risk of being risky: the rela-tionship between "brain age" under emo-tional states and risk preference. Developmental cognitive neurosci-ence, 24, 93-106.

Rusu, C. (2011). Metodología de la Investi-gación. Recuperado el, 19.

Thomas, P. (2013). The risk of using risk matrices (Master's thesis, University of Stavanger, Norway).

Valles, M. (1997). Técnicas cualitativas de investigación social. Editorial Síntesis Madrid (España).

Wagner, N., & Wenger, T. (2009). Integrating Op Risk into Total VaR. Operational Risk toward Basel III. Best Practice and Issues in Modeling, Management and Regulation, Wiley, New Jersey, 131. Tails

ANÁLISIS DE LA INTEGRACIÓN DE BIM CON LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG): CIUDADES INTELIGENTES PARA LA DIGITALIZACIÓN GLOBAL

NELSON CASTAÑO CIRO [1]

RESUMEN

Se conoce al gran auge que está teniendo la metodología BIM en el sector de la construcción ayudando a esta área al ingreso de su digitalización. También se nota, de manera paralela, como también los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ayudan a digitalizar la geografía de alguna región. La pregunta que surge es cómo se complementan estas dos herramientas para que aunadas confluyan en una sinergia en beneficio de la comunidad. Este documento detalla como se integran BIM y SIG, y el aporte que hacen en muchas áreas entre las que se encuentran; estudio de inundaciones de ciudades, seguimiento a construcción de represas, digitalización de redes hidráulicas, seguimiento a desechos municipales, entre otros. Al final se dan algunas conclusiones sobre lo positiva que ha resultado esta sinergia BIM-SIG.

Palabras clave: BIM; SIG; topografía; ciudad inteligente Convocatoria, publicidad, asistencia, proyectos

ABSTRACT

The great boom that the BIM methodology is having in the construction sector is known, helping this area to enter its digitization. It is also noted, in parallel, how Geographic Information Systems (SIG) help to digitize the geography of some region. The question that arises is how these two tools complement each other so that together they come together in a synergy for the benefit of the community.

This document details how BIM and SIG are integrated, and the contribution they make in many areas, among which are; study of city floods, monitoring of dam construction, digitalization of hydraulic networks, monitoring of municipal waste, among others. At the end, some conclusions are given about how positive this BIM-SIG synergy has been.

Keywords: BIM; SIG; topography ; smart city

1. *Ingeniero Químico, Sena, Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, ncastano@sena.edu.co, Medellín.*

1. INTRODUCCIÓN

En los años 80´s y 90´s, CAD y SIG (Dibujo Asistido por Computador y Sistemas de Información Geográfica respectivamente, de sus siglas en inglés) surgieron como alternativas tecnológicas competitivas para los profesionales con necesidades de información espacial, que en su época se procesaba en papel. En ese entonces había limitaciones de software y de hardware para la elaboración y el análisis de mapas. CAD y SIG eran versiones superpuestas para trabajar con geometría y datos para producir documentación en papel (Esri, 2019).

Actualmente, el papel está pasando a segundo lugar con la llegada y la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling o Modelado de la Información de las Edificaciones), los diseños en 2D pasan a modelos digitales en 3D en donde lo importante es la riqueza de la información de las entidades que contiene el modelo de la edificación. De forma paralela, las tecnologías desarrolladas para SIG han progresado vertiginosamente en los últimos años. Con el paso de los años se han creado bases de datos espaciales para los sistemas SIG con el fin de proporcionar información sobre grandes espacios y áreas fuera de los edificios. De otro lado, la tecnología asociada a la metodología BIM está enfocada principalmente en espacios pequeños, interiores y exteriores, dirigida a otros usuarios y aplicaciones ligeramente diferentes (Song et al., 2017).

El importante desarrollo de la tecnología SIG y las nuevas herramientas para la adquisición rápida de datos (p. ej., escaneo láser) y las crecientes necesidades de los usuarios dieron como resultado también el modelado de geoinformación del espacio interior de los edificios. BIM, por otro lado, comenzó a usarse para espacios cada vez más grandes fuera de los edificios. Los desarrolladores de tecnología, los usuarios y los científicos comenzaron a notar que los trabajos resultaron ser repetitivos y que era necesario combinar dos tecnologías diferentes; sin embargo, no es sencillo (Wyszomirski & Gotlib, 2020). Entre las dificultades, la incompatibilidad de datos es el más importante, ya que los datos BIM y SIG se crean, gestionan, analizan, almacenan y visualizan de diferentes maneras en términos de sistemas de coordenadas, ámbito de interés y estructuras de datos (Zhu et al., 2018). Aunque la metodología BIM permite la interoperabilidad de diferentes actores en un proyecto de construcción mediante un formato universal llamado IFC (International Foundation Class), no es claro aún como es su uso, su jerarquía y como incorporar lFC a la información de referencia espacial (Zhu & Wu, 2021), (Biljecki & Tauscher, 2019), (Karan et al., 2016) y (Noardo et al., 2020).

Lo más aproximado y normalizado que se tiene entre estos dos conceptos, es la norma ISO/TS 19166:2021 “Información geográfica — Mapeo conceptual BIM a SIG (B2GM)”, pero esta misma dice que no describe la integración completa de BIM y SIG debido a su complejidad, por lo que la norma, globalmente, se ocupa solo de establecer definiciones y conceptos relacionados.

Sin embargo, a pesar de todos los inconvenientes presentados anteriormente, BIM y SIG están ganando credibilidad en proyectos complejos y de gran envergadura (United BIM, 2022) como por ejemplo las ciudades inteligentes (Ma & Ren, 2017), (Kang et al., 2016) y (Demir Altıntaş & Ilal, 2021), en la sostenibilidad (H. Wang et al., 2019) y (Pal, 2021) en el uso y control del suelo (Andrianesi & Dimopoulou, 2020), en emergencias de los edificios (Modeling, 2020) entre otros. La figura 1 muestra cómo se integran BIM y SIG desde la planeación, el diseño, la construcción y la entrega de la edificación con la metodología BIM, con SIG permitirá el manejo del activo, monitoreo y los permisos y normativas vigentes.

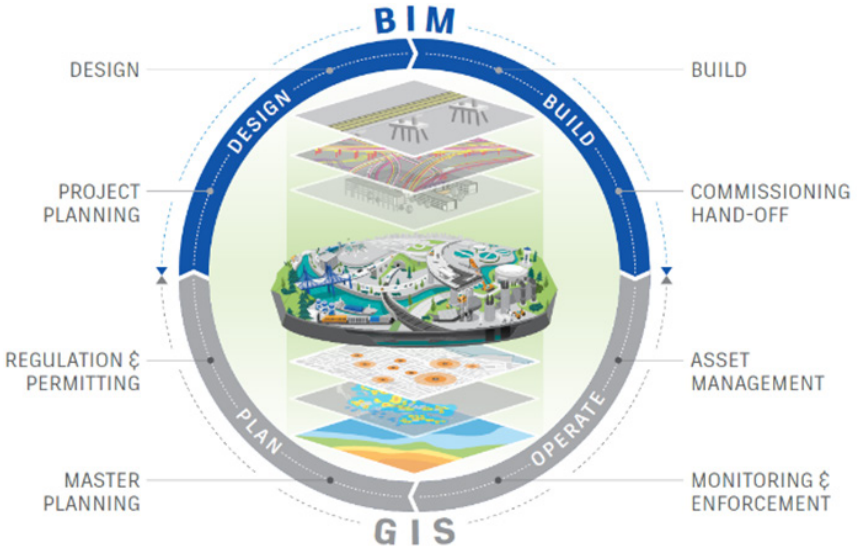


Figura 1. *Gráfico demostrativo sobre la integración de BIM con SIG (United BIM, 2022).*

En este artículo se presentan algunos avances de la integración de BIM con SIG, y de cómo se produce una sinergia mejorando el flujo de información (Kennedy, 2020) y (Modeling, 2020), en campos como, por ejemplo, en las inundaciones en las ciudades, monitoreo de temperatura, control de desechos municipales, redes viales, eficiencia energética, hidrogeología, ciudades inteligentes, entre otros.

2. METODOLOGÍA

El presente trabajo es una investigación de revisión, donde se hace un análisis de ten-dencias de la articulación BIM-SIG en las ciudades. En la figura 2 se puede notar claramente un crecimiento exponencial de esta sinergia en los últimos 10 años, no sólo de las investigaciones, sino también del gran uso de las industrias de la construcción en la integración de estas metodologías de la industria 4.0 en sus actividades.

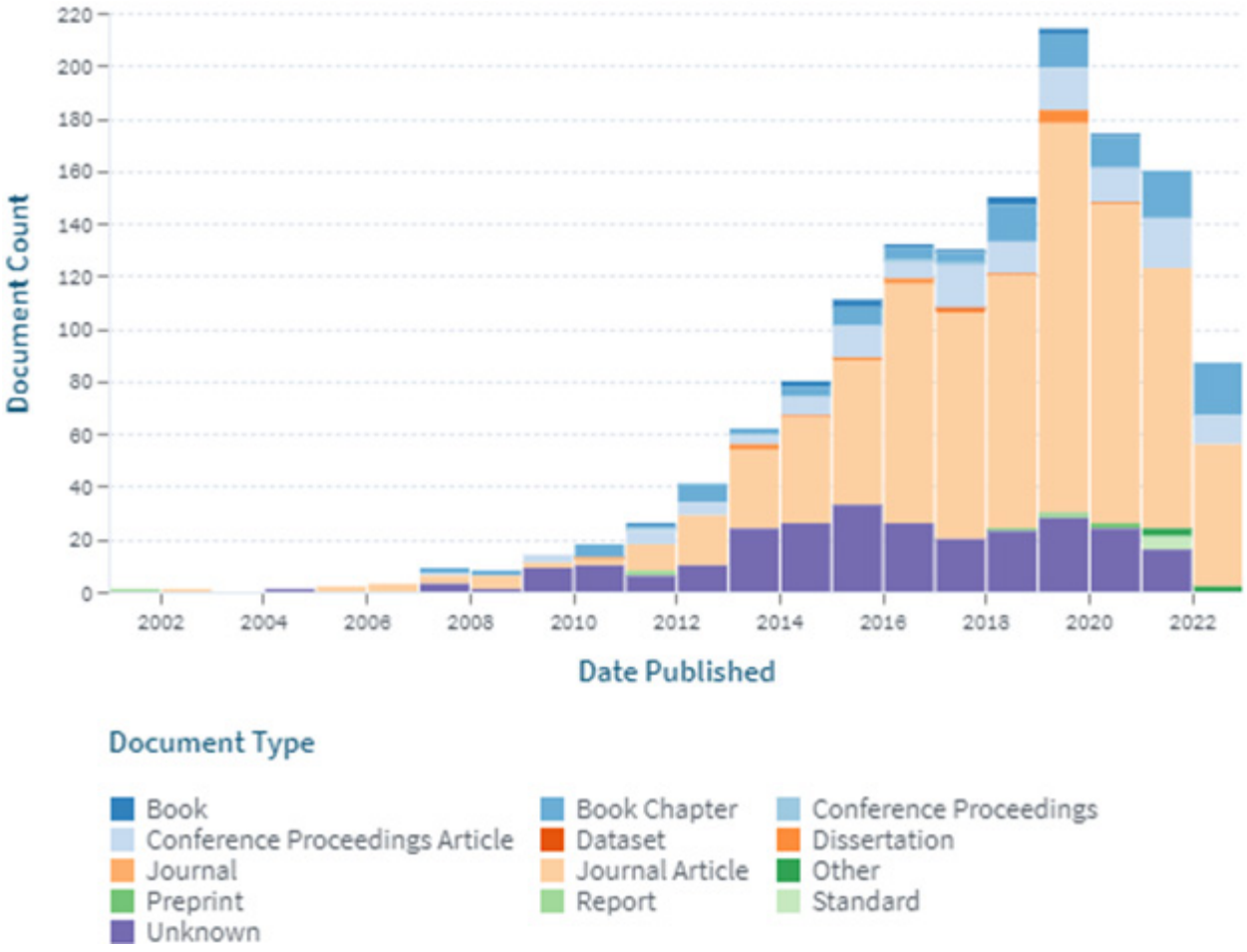


Figura 2. *Trabajos realizados sobre la integración de BIM-SIG en los últimos 10 años. Tomado de la base de datos Lens.*

3. RESULTADOS

La información encontrada en la literatura es bastante extensa, por lo que se dividió en los temas que se detallan a continuación.

3.1 BIM-SIG en Redes viales

Se encontró en esta sección, un estudio de revisión de literatura sobre la aplicación de BIN SIG en el diseño de puentes. Algunos levantan modelos sobre puentes construidos para detectar posibles fallas y, eventualmente corregirlas. Otros solamente los modelan y hacen simulaciones sobre capacidad de operación ante diferentes situaciones. Sin embargo, los hallazgos apuntan a la aplicación segregada de BIM y SIG en todas las fases de los proyectos de puentes. Los hallazgos de este estudio contribuirán a guiar a los profesionales en la selección de tecnologías BIM y SIG apropiadas para diferentes aspectos de los proyectos de puentes (Wei et al., 2021).

Otro estudio revela la falta de alineación de carreteras desde la planificación, para lo cual propone una serie de algoritmos genéticos para optimizar las alineaciones de carreteras. Se desarrolla un modelo completamente automatizado que permite la interoperabilidad de datos entre los sistemas BIM y SIG y también permite el intercambio de datos entre el modelo de integración y el algoritmo de optimización. (Zhao et al., 2019) y (Hor et al., 2018). Otra investigación similar ilustra un procedimiento de dos pasos en el que las carreteras se detectan y clasifican automáticamente, proporcionando capas SIG con geometría básica de carreteras que se convierten en objetos BIM paramétricos aplicando datos LiDAR. Esto hace que la generación del BIM-SIG sea más flexible y no se limite al uso de algoritmos específicos para el procesamiento de nubes de puntos (Luigi Barazzetti et al., 2020). Otros autores aplican BIM SIG para apoyar la seguridad vial y contribuir a disminuir la probabilidad de accidentes de coche en general y de coche bicicleta en particular. (El Mekawy et al., 2021).

De otro lado, otras investigaciones apuntan al mejoramiento de las redes ferroviarias, en donde se construye un sistema que se pueda utilizar en diferentes fases del proceso: la vinculación de los datos resultantes de BIM y SIG hace posible el desarrollo de un modelo virtual federado utilizado como fuente única de verdad para el desarrollo de proyectos y la gestión de activos (Garramone et al., 2022).

3.2 BIM-SIG en eficiencia energética

El rendimiento energético de un edificio está significativamente influenciado por su entorno construido externo. Sin embargo, en las prácticas de diseño actuales, el diseño energético y la simulación de un edificio a menudo se llevan a cabo independientemente de los edificios circundantes y del paisaje energético de la comunidad o ciudad. Existe una brecha entre el diseño de edificios de bajo consumo energético y la planificación energética a nivel urbano. Los investigadores (Niu et al., 2015) hicieron un desarrollo de aplicación de BIM SIG para facilitar el trabajo colaborativo entre los dos procesos de planificación energética a nivel urbano y diseño energético a nivel de edificios mediante la adopción de un enfoque de diseño energético holístico. El uso de este sistema contextualiza el diseño de edificios de bajo consumo energético en el panorama energético urbano. El documento también detalla las soluciones para la conversión de datos, que es el principal desafío para integrar BIM y SIG, y describe los mecanismos de visualización (Niu et al., 2015).

Japón es uno de los países que enfrenta un gran reto de la gran demanda energética debido a su crecimiento poblacional. Yamamura y colaboradores proponen un sistema de planificación de energía urbana basado en “SIG-BIM” para acceder a la solución técnica y política óptima para reajustar la infraestructura de la ciudad más allá del análisis integrado. La investigación propone un sistema de planificación de energía urbana basado en SIG-BIM mediante el diseño óptimo del sistema de energía con la ayuda de BIM y la visualización en 3D con una interfaz fácil de usar. (Yamamura et al., 2017).

También se encontró una investigación de la aplicación de SIG en el modelamiento de las celdas solares fotovoltaicas de acuerdo a la región geográfica. Usando la ubicación (p. ej., carreteras, lagos, ríos), la producción mensual de energía solar y los datos orográficos (p. ej., pendientes), se identifican las regiones adecuadas con el análisis geoespacial; luego, se evalúa la cantidad de energía que se puede generar en las regiones. Para los sitios propuestos, las condiciones de la superficie y los sistemas fotovoltaicos potenciales se transforman y visualizan en un entorno BIM. Por lo tanto, este estudio puede ayudar a identificar sitios óptimos para plantas fotovoltaicas en las áreas no utilizadas cerca de las carreteras (Heo et al., 2021).

3.3 BIM-SIG en la agricultura

La evaluación de la idoneidad de la tierra de una cuenca dada es vital para predecir el potencial y la limitación de la tierra para el riego superficial. En la investigación de Weldeabzgi & Ketema, evalúan la idoneidad de la cuenca del río Gudina Wacho para el desarrollo del riego superficial utilizando un enfoque de evaluación paramétrica. Se tomaron muestras de suelo de pozos de perfil para analizar las propiedades físicas y químicas de cada suelo seleccionado. Los resultados de la evaluación de la idoneidad de la tierra para el riego por superficie mostraron que un área total de 3064 ha (72,6 %) era ligeramente apta y una superficie de 1154 ha (27,4 %) no era apta actualmente. Los factores limitantes fueron la pendiente, la textura del suelo y el drenaje. Lo anterior da a entender la importancia del uso de SIG para predecir el comportamiento de un terreno para la agricultura y no morir en el intento (Weldeabzgi & Ketema, 2021).

3.4 BIM-SIG en ciudades inteligentes.

La ciudad inteligente (Smart City) se ha convertido en la actualidad en un tema muy popular no solo en los países desarrollados sino también en los países en desarrollo. Hay una variedad de definiciones de ciudad inteligente en diferentes campos y regiones. En general, apunta a un desarrollo sostenible de la ciudad a través de la gestión óptima de los recursos y potencialidades, ofreciendo una calidad de vida integralmente superior a los ciudadanos. La planificación del sistema energético del área es uno de los temas más importantes, que está relacionado con la generación de energía, el consumo de energía por parte de las instalaciones, el sistema de transporte y cualquier otra infraestructura de la ciudad. Con el avance y la exploración continuos de la ciencia y la tecnología, la tendencia futura de la tecnología energética será la integración profunda de la digitalización, la creación de redes y la inteligencia con las aplicaciones energéticas. La creciente madurez de las tecnologías digitales, como Internet de las Cosas, Big Data y la computación en la nube, ha dado lugar a la creación y uso de una potencial tecnología Digital Twin o gemelo digital. (Y. Wang et al., 2022), (Lehtola et al., 2022) y (Ervin & Fasla, 2016). Otros autores hacen también estudios sobre modelos digitales, pero se enfocan en la estandarización de los diferentes modelos mediante un formato común para todos: el Industry Foundation Classes (IFC) a shapefile mediante la integración de una técnica de gráficos por computadora.

Utilizan trece modelos de edificios para validar el método propuesto. Este estudio puede facilitar el uso de información BIM en SIG y beneficiar los estudios que trabajan en gemelos digitales y ciudades inteligentes donde los modelos de construcción deben procesarse e integrarse en SIG, o cualquier otro estudio que necesite manipular la geometría IFC en profundidad (Computer & Technique, 2021) y (Profile, 2014).

De otro lado, investigadores usan BIM SIG para capturar los detalles del proyecto en un modelo sólido que puede incluir gráficos sobre el activo del mundo real diseñado junto con metadatos ricos para compras, programación e incluso simulación de cómo se pueden comportar los activos en su entorno después de la construcción. BIM se ha convertido en el proceso para aumentar la eficiencia y ahorrar costos mediante la creación y el uso colaborativo de información detallada sobre los activos construidos a lo largo de su ciclo de vida (Andrews & Product, 2018).

3.5 BIM-SIG en manejo de aguas.

Existe un estudio interesante donde hacen un análisis de diseño de las redes de servicios públicos en la parte urbana, dado que en muchas ciudades el mundo existe redes en donde su infraestructura se encuentra deteriorada. Con este desarrollo se logra optimizar la partición dinámica de la red, reducir el riesgo de cortes de servicios públicos subterráneos y planificar futuras configuraciones de red con mayor redundancia topológica (Gilbert et al., 2021).

También se utilizó la integración de BIM SIG en un modelo de inundación de la ciudad de París, creado con varias fuentes de datos y captura de la realidad, se construyó para realizar un análisis crítico que podría usarse para informar y tomar decisiones de diseño. Uno de esos análisis ayuda a identificar las áreas con mayor probabilidad de verse afectadas por las inundaciones. La realización de simulaciones prácticas de inundaciones costeras y ribereñas ayuda a determinar evaluaciones preliminares de riesgo de inundación en llanuras aluviales urbanas y áreas costeras (Autodesk Inc, 2020). La figura 3 muestra la parte final de esta simulación. Un estudio similar hacen los investigadores Amirebrahimi y colaboradores (2016).
Las redes de servicios públicos constituyen una parte fundamental de nuestros complejos sistemas urbanos y la integración de representaciones digitales de estas redes en múltiples escalas espaciales se puede utilizar para ayudar a abordar los desafíos más apremiantes.

El deterioro de la infraestructura de servicios públicos de agua da como resultado la fragilidad de la red y, por lo tanto, cortes de suministro cuando fallan. Las configuraciones de la red de distribución de agua se pueden optimizar para una mayor resiliencia, pero las representaciones digitales de las redes utilizadas para simulaciones y análisis no se integran con las redes dentro de los edificios. Los investigadores Gilebert y colaboradores (2021) en su estudio hacen una modelación en donde hay una conexión y comunicación de redes de aguas de edificios con la red urbana municipal para optimizar la partición dinámica de la red, reducir el riesgo de cese de servicios públicos subterráneos y planificar futuras configuraciones de red con mayor redundancia topológica.

Figura 3. *Simulación de la inundación de la ciudad de Paris. Tomado de (Autodesk Inc, 2020)*

Otra aplicación de BIM SIG con el recurso hídrico, fue encontrar agua subterránea en aquellas zonas donde es escaso este recurso, mediante la aplicación de software especializado combinado con SIG, tomando en cuenta factores como pluviosidad anual, evaporación anual, la transmisividad de las formaciones de acuíferos, la topografía, la distancia desde el mar, la distancia desde las fuentes de agua, la densidad de población, y valores de extracción en el radio de influencia de los pozos de estudio (Gholami, 2022).

Otra de tantas aplicaciones es en el diseño y construcción de una represa. Durante el periodo de construcción, el sistema de gestión digital del proyecto de unión hidroeléctrica del Río Narin Gol tenía las siguientes funciones (SuperMap, 2021): gestión y análisis del progreso, análisis del progreso, evaluación de la calidad:, gestión de los cambios y vigilancia de la seguridad. En ese sentido hay un monitoreo permanente en su construcción y se compara con la planificación proyectada.

Esto permitió establecer tiempos de entrega y costos asociados.

3.6 BIM- SIG en manejo de residuos mu-nicipales.

Uno de los problemas de las construcciones es el suelo excavado, que es cada vez mayor de este tipo de proyectos y afecta de manera negativa el desarrollo sostenible de las megaciudades en todo el mundo. La integración de BIM-SIG-IoT logra un reciclaje científico y razonable para el suelo excavado. El sistema gestiona la información del gobierno, los desarrolladores, las empresas de construcción, las empresas de transporte y las instalaciones de reciclaje para cumplir con los requisitos de comunicación específica, análisis, toma de decisiones y preparación del plan de reciclaje del proyecto de excavación. El sistema hace un excelente uso de la rica información almacenada en los modelos de información digital, puede crear un mapeo de los datos de entrada requeridos por la aplicación o convertir automáticamente el modelo básico para facilitar el análisis específico. Este sistema no solo puede servir como una herramienta de simulación de proyectos de excavación antes de la construcción, sino también como una herramienta para reciclar el suelo excavado y evaluar los costos. (Huang et al., 2022).

De otro lado, la integración de BIM SIG es usado para la gestión de los residuos municipales. En la ciudad de Xiamen (China) se utilizó esta integración para la selección más adecuada para la disposición de esta clase de residuos, haciendo un filtro de tierras inadecuadas por SIG (C. Wang et al., 2022).

Algo similar se hizo en la ciudad de Najran en Arabia Saidita (Elkhrachy, 2022) y en Kigali, capital de Ruanda (Iraguha et al., 2022) . Otra investigación aplica también el SIG para la caracterización de los desechos municipales y sus tendencias. Con esta información se pudo prever la potencialidad que tendrían estos residuos para reciclaje, pero también orientado a un plan adecuado de gestión de desechos sólidos para reducir el riesgo de degradación ambiental y proteger la salud humana. (Mahmood et al., 2018).

3.8 Otras aplicaciones de BIM-SIG

En la literatura consultada se encontró bastante información relacionada con el uso de BIM-SIG, además de los grupos anteriormente discutidos. Uno de ellos es su aplica-ción en el estudio de rocas de sitios nombrados como patrimonio nacional, en donde se construyen modelos en 3D usando SIG, lo anterior con el objetivo de construir una base de datos del patrimonio nacional de este tipo de construcciones (Pepe et al., 2021). Algo parecido hacen otros investigadores, pero aplicado a levantar en 3D edificios históricos con el ánimo de procurar su preservación, identificando posibles fallas de deterioro para subsanarlas, como se puede apreciar en la figura 4 (L. Barazzetti, 2021).

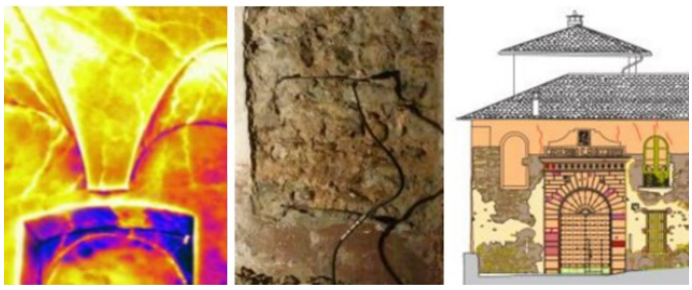


Figura 4. *Termografía que muestra grietas en el edificio. To-mado de (L. Barazzetti, 2021)*

Otro estudio arroja resultados de análisis de sombras, usando el modelo realizado con la metodología BIM, al cual le aplican SIG para medir el impacto ambiental y de sostenibilidad de las construcciones en la zona. En la figura 5 muestra que también hacen estudios de las sombras generadas por especies vegetales (Rafiee et al., 2014).

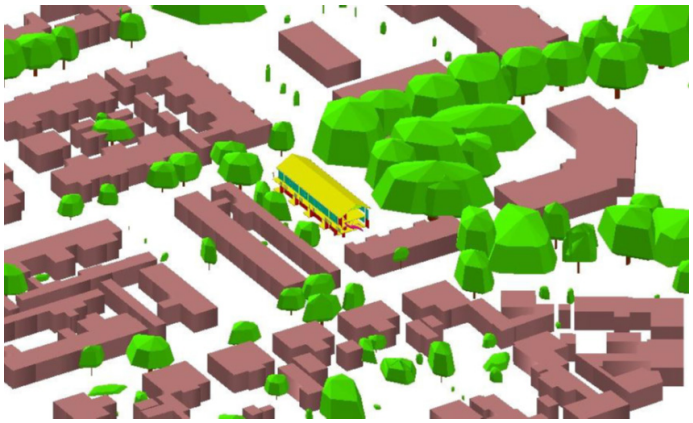


Figura 5. *Estudio de análisis de sombras de construcciones y especies vegetales. Tomado de (Rafiee et al., 2014)*

También se encontró la aplicación de BIM, SIG, IoT, y AR/VR en el mantenimiento y la gestión de las redes viales (Carneiro et al., 2019); uso de BIM SIG en el estudio de la obesidad de las personas, con lo cual analizan el desplazamiento desde su hogar hasta su sitio de trabajo (Thornton et al., 2011); BIM SIG en el sistema de gestión de servicios públicos subterráneos para operaciones de movimiento de tierras (Sharafat et al., 2021); mediante BIM SIG y un software de evacuación, modelan la salida del personal de bomberos de edificios en alguna eventualidad, indicando las falencias a mejorar en este tipo de situaciones (Liu et al., 2021); BIM SIG en aplicación de recuperación de viviendas ante desastres naturales (Meyer & Hendricks, 2018); BIM SIG aplicado al estudio de la sostenibilidad en las obras de construcción (D'Amico et al., 2020). Y por último, pero no menos importante, y tampoco significa que haya más, se encuentra la aplicación de BIM SIG en la detección de problemas geométricos y topológicos de una construcción (Ohori et al., 2017).

4. CONCLUSIONES Y/O DISCUSIO-NES

No queda más que concluir que la integración de BIM con SIG ha traído sólo grandes beneficios. Si bien es cierto que la metodología BIM tiene un gran aporte al sector de la construcción, que la está llevando de una era de papel a la era digital, y que SIG también ha hecho sus aportes valiosos a la geodesia y la topografía llevándola de igual modo a la industria 4.0, parecía extraño que no hubiese comunicación entre estas dos grandes herramientas, pero los estudios demostraron que en los últimos 10 años, como se evidenció en la figura 2, esta integración se ha venido dando en beneficio de la sociedad.

REFERENCIAS

Amirebrahimi, S., Rajabifard, A., Mendis, P., & Ngo, T. (2016). A framework for a microscale flood damage assessment and visualization for a building using BIM – SIG integration. International Journal of Digital Earth, 0(0), 1–24. https://doi.org/10.1080/17538947.2015.1034201

Andrews, B. C., & Product, E. (2018). SIG and BIM Integration Leads to Smart Communities. file:///D:/Articulos/BIM SIG/Redes viales/SIG-and-BIM-Integration-Leads-to-Smart-Cmmty.pdf

Andrianesi, D. E., & Dimopoulou, E. (2020). AN INTEGRATED BIM-SIG PLATFORM for REPRESENTING and VISUALIZING 3D CADASTRAL DATA. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 6(4/W1), 3–11. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-3-2020

Autodesk Inc. (2020). BIM_SIG Integration. https://www.autodesk.com/solutions/bim/explore-civil-infrastructure/bim-SIG-ebook/thank-you

Barazzetti, L. (2021). INTEGRATION between BUILDING INFORMATION MODELING and GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM for HISTORIC BUILDINGS and SITES: HISTORIC-BIM-SIG. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 8(M-1–2021), 41–48. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-M-1-2021-41-2021

Barazzetti, Luigi, Previtali, M., & Scaioni, M. (2020). Roads Detection and Parametrization in Integrated BIM-SIG Using LiDAR. Infrastructures, 5(7). https://doi.org/10.3390/infrastructures5070055

Biljecki, F., & Tauscher, H. (2019). Quality of BIM-SIG Conversion. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, IV/4/W8(September), 35–42.

Carneiro, J., Rossetti, R. J. F., Silva, D. C., & Oliveira, E. C. (2019). BIM, SIG, IoT, and AR/VR Integration for Smart Maintenance and Management of Road Networks: A Review. 2018 IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2018. https://doi.org/10.1109/ISC2.2018.8656978

Computer, I., & Technique, G. (2021). Towards Effective BIM / SIG Data Integration for Smart City by Integrating Computer Graphics Technique.

D'Amico, F., Calvi, A., Schiattarella, E., Prete, M. Di, & Veraldi, V. (2020). BIM and SIG Data Integration: A Novel Approach of Technical/Environmental Decision-Making Process in Transport Infrastructure Design. Transportation Research Procedia, 45, 803–810. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.090

Demir Altıntaş, Y., & Ilal, M. E. (2021). Loose coupling of SIG and BIM data models for automated compliance checking against zoning codes. Automation in Construction, 128(March). https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103743

El Mekawy, M., Issa, M., & Perjons, E. (2021). BIM-SIG INTEGRATION for TRAFFIC SAFETY in CITIES. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 8(4/W2-2021), 161–166. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-4-W2-2021-161-2021

Elkhrachy, I. (2022). Solid Waste Assessment and Management Using Remote Sensing Data and SIG Tools : A Case Study of Najran City , KSA. 1026, 1–11. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1026/1/012041

Ervin, S. M., & Fasla, M. L. A. (2016). Technology in geodesign. Landscape and Urban Planning. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.010

Esri. (2019). SIG and BIM Integration: Common Myths and Practical Outcomes (Issue September).

Garramone, M., Tonelli, E., & Scaioni, M. (2022). a Multi-Scale Bim/SIG Framework for Railways Asset Management. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 46(5/W1-2022), 95–102. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-5-W1-2022-95-2022

Gholami, V. (2022). Spatial modeling of groundwater depth fluctuations using co-active neuro-fuzzy inference system (CANFIS) and geographic information system (SIG). Applied Water Science, 12(3), 1–12. https://doi.org/10.1007/s13201-022-01572-z

Gilbert, T., James, P., Smith, L., Barr, S., & Morley, J. (2021). Topological integration of BIM and geospatial water utility networks across the building envelope. Computers, Environment and Urban Systems, 86(November 2020), 101570. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101570

Heo, J., Moon, H., Chang, S., Han, S., & Lee, D. E. (2021). Case study of solar photovoltaic powerplant site selection for infrastructure planning using a bim-SIG-based approach. Applied Sciences (Switzerland), 11(18). https://doi.org/10.3390/app11188785

Hor, A. E. H., Sohn, G., Claudio, P., Jadidi, M., & Afnan, A. (2018). A semantic graph database for BIM-SIG integrated information model for an intelligent urban mobility web application. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 4(4), 89–96. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-89-2018

Huang, T., Kou, S., Liu, D., Li, D., & Xing, F. (2022). A BIM-SIG-IoT-Based System for Excavated Soil Recycling. 1–17.
Iraguha, F., Ramelan, A. H., Setyono, P., & Sciences, N. (2022). Assessment of current solid waste management practices , community perceptions , and contributions in the City of Kigali ,. 1016, 1–14. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1016/1/012056

Kang, T.-W., Park, S.-H., & Hong, C.-H. (2016). BIM/SIG-based Data Integration Framework for Facility Management. GEOProcessing 2016 : The Eighth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, c, 100–105.

Karan, E. P., Irizarry, J., & Haymaker, J. (2016). BIM and SIG Integration and Interoperability Based on Semantic Web Technology. Journal of Computing in Civil Engineering, 30(3), 1–11. https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000519

Kennedy, B. (2020). Can the integration of BIM and SIG enhance information management for large scale linear infrastructure projects? Journal of Chemical Information and Modeling.

Lehtola, V. V, Koeva, M., Oude, S., Raposo, P., Virtanen, J., Vahdatikhaki, F., & Borsci, S. (2022). Digital twin of a city : Review of technology serving city needs. xxxx.

Liu, J., Zhang, R., Yan, W., & Sun, L. (2021). Evacuation of building fire personnel based on BIM+SIG: A review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 787(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/787/1/012173

Ma, Z., & Ren, Y. (2017). Integrated Application of BIM and SIG: An Overview. Procedia Engineering, 196(June), 1072–1079. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.064

Mahmood, S., Sharif, F., & Rahman, A. (2018). Analysis and forecasting of municipal solid waste in Nankana City using geo-spatial techniques.

Meyer, M. A., & Hendricks, M. D. (2018). Using Photography to Assess Housing Damage and Rebuilding Progress for Disaster Recovery Planning. Journal of the American Planning Association, 84(2), 127–144. https://doi.org/10.1080/01944363.2018.1430606

Modeling, B. I. (2020). SIG and BIM Integration in Infrastructure Design and Construction - SIG Lounge. SIG Lounge, 1–13. https://www.SIGlounge.com/SIG-and-bim-integration-in-infrastructure-design-and-construction/

Niu, S., Pan, W., & Zhao, Y. (2015). A BIM-SIG Integrated Web-based Visualization System for Low Energy Building Design. Procedia Engineering, 121, 2184–2192. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.09.091

Noardo, F., Harrie, L., Ohori, K. A., Biljecki, F., Ellul, C., Krijnen, T., Eriksson, H., Guler, D., Hintz, D., Jadidi, M. A., Pla, M., Sanchez, S., Soini, V. P., Stouffs, R., Tekavec, J., & Stoter, J. (2020). Tools for BIM-SIG integration (IFC georeferencing and conversions): Results from the GeoBIM benchmark 2019. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(9). https://doi.org/10.3390/ijgi9090502

Ohori, K. A., Biljecki, F., Diakité, A., Krijnen, T., Ledoux, H., & Stoter, J. (2017). TOWARDS AN INTEGRATION of SIG and BIM DATA: WHAT ARE the GEOMETRIC and TOPOLOGICAL ISSUES? ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 4(4W5), 1–8. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W5-1-2017

Pal, P. (2021). Connecting BIM and SIG : The New Reality of Environmental Projects What Is BIM ? Autodesk University, 1–14. https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Connecting-BIM-and- SIG-New-Reality-Environmental-Projects-2021

Pepe, M., Costantino, D., Alfio, V. S., Restuccia, A. G., & Papalino, N. M. (2021). Scan to BIM for the digital management and representation in 3D SIG environment of cultural heritage site. Journal of Cultural Heritage, 50, 115–125. https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.05.006

Profile, S. E. E. (2014). Integration of BIM and SIG : The development of the CityGML GeoBIM extension Integration of BIM and SIG : The development of the CityGML GeoBIM extension. March 2011. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12670-3

Rafiee, A., Dias, E., Fruijtier, S., & Scholten, H. (2014). From BIM to Geoanalysis: View Coverage and Shadow Analysis by BIM/SIG Integration. Procedia Environmental Sciences, 22(0), 397–402. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.11.037

Sharafat, A., Khan, M. S., Latif, K., Tanoli, W. A., Park, W., & Seo, J. (2021). Bim-SIG-based integrated framework for underground utility management system for earthwork operations. Applied Sciences (Switzerland), 11(12). https://doi.org/10.3390/app11125721

Song, Y., Wang, X., Tan, Y., Wu, P., Sutrisna, M., Cheng, J. C. P., & Hampson, K. (2017). Trends and opportunities of BIM-SIG integration in the architecture, engineering and construction industry: A review from a spatio-temporal statistical perspective. ISPRS International Journal of Geo-Information, 6(12). https://doi.org/10.3390/ijgi6120397

SuperMap. (2021). BIM+SIG en el proyecto de Central Hidráulica. SuperMap. https://www.supermap.com/es-es/case/?57_88.html

Thornton, L. E., Pearce, J. R., & Kavanagh, A. M. (2011). Using Geographic Information Systems (SIG) to assess the role of the built environment in influencing obesity: A glossary. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 8, 1–9. https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-71

United BIM. (2022). Integrating BIM & SIG: What is BIM ? Integration of BIM & SIG - United-BIM Inc. Integration. https://www.united-bim.com/integration-of-bim-SIG/

Wang, C., Zou, F., Boon, J., Yap, H., Tang, R., & Li, H. (2022). Geographic information system and system dynamics combination technique for municipal solid waste treatment station site selection. 194(7), 35612675. https://doi.org/10.1007/s10661-022-10077-w

Wang, H., Pan, Y., & Luo, X. (2019). Integration of BIM and SIG in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. Automation in Construction, 103(February), 41–52. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005

Wang, Y., Kang, X., & Chen, Z. (2022). A Survey of Digital Twin Techniques in Smart Manufacturing and Management of Energy Applications. Green Energy and Intelligent Transportation, 100014. https://doi.org/10.1016/j.geits.2022.100014

Wei, J., Chen, G., Huang, J., Xu, L., Yang, Y., Wang, J., & Sadick, A. M. (2021). Bim and SIG applications in bridge projects: A critical review. Applied Sciences (Switzerland), 11(13), 1–21. https://doi.org/10.3390/app11136207

Weldeabzgi, G. G., & Ketema, T. (2021). Land suitability evaluation for surface irrigation development using parametric evaluation approach : The case of Gudina Wacho watershed , Western Ethiopia. 7, 302–309.

Wyszomirski, M., & Gotlib, D. (2020). A unified database solution to process bim and SIG data. Applied Sciences (Switzerland), 10(23), 1–19. https://doi.org/10.3390/app10238518

Yamamura, S., Fan, L., & Suzuki, Y. (2017). Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and SIG for Smart City Planning. Procedia Engineering, 180, 1462–1472. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.309

Zhao, L., Liu, Z., & Mbachu, J. (2019). Highway Alignment Optimization : An Integrated BIM and SIG Approach. https://doi.org/10.3390/ijgi8040172

Zhu, J., Wright, G., Wang, J., & Wang, X. (2018). A critical review of the integration of geographic information system and building information modelling at the data level. ISPRS International Journal of Geo-Information, 7(2), 1–16. https://doi.org/10.3390/ijgi7020066

Zhu, J., & Wu, P. (2021). A common approach to georeferencing building models in industry foundation classes for bim/SIG integration. ISPRS International Journal of GeoInformation, 10(6). https://doi.org/10.3390/ijgi10060362