

EDIFICACIONES SOSTENIBLES A PARTIR DEL MODELADO DE LA
INFORMACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN (BIM)



JUAN PABLO RODRÍGUEZ INDABURO

Ensayo presentado como opción de trabajo de grado para optar por el título de:

INGENIERO CIVIL

Curso internacional Misión Internacional en Gerencia de Proyectos y Pensamiento
Estratégico, Universidad Central de Florida- Florida- Estados Unidos

Luz Yolanda Morales Martín

Tutor

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ, 2022

Introducción

En el curso misión internacional en gerencia de proyectos y pensamiento estratégico desarrollado en la Universidad Central de Florida en el periodo comprendido entre el 14 de junio y el 21 de julio se abordaron conceptos de gran envergadura como el big data, las tendencias tecnológicas, el liderazgo y las relaciones internacionales; conocimientos de gran importancia para un correcto desarrollo de las habilidades de análisis, comunicación, toma de decisiones y la implementación de nuevas tecnologías en beneficio del medio ambiente.

Con el desarrollo de estas nuevas tecnologías se tiene como meta lograr una mayor eficiencia en la producción, donde una de las principales herramientas para lograrla es un mundo inteligente e interconectado, donde es posible compartir información y realizar un trabajo en tiempos simultáneos permitiendo un menor consumo de recursos e impulsando un mundo más sostenible (CIMPAR Rosario,2021).

Para el área de la construcción ahorrar en el consumo de recursos es algo fundamental ya que cada día nos encontramos con un mayor costo en materias primas todo esto a raíz de que con el paso del tiempo su disponibilidad es mucho menor, además del gran daño ambiental que este genera en el mundo ya que es uno de los que más contaminantes produce anualmente.

Este artículo se centra en como la metodología BIM con sus herramientas de interconectividad ha cambiado el desarrollo de la construcción y ha sido implementado para proyectos de edificaciones sostenibles, tomando un papel de una tecnología capaz de optimizar procesos en la búsqueda de un menor desperdicio, mayor reciclaje y un menor consumo de recursos a la hora de la realización de un proyecto.

Edificaciones Sostenibles

La sociedad y su relación con el medio ambiente es algo de que preocuparse, se presentan un sin número de actividades que generan afectaciones en el medio ambiente como consecuencia de las actividades del hombre (antropogénico) que se encargan de generar afectaciones ambientales y que en lugar de ser controladas van en aumento debido al inmenso crecimiento en la urbanización a una dimensión global, generando impactos negativos y descontrolados en el medio ambiente (Niemets et al., 2021).

Uno de los principales contaminantes en el medio ambiente es el sector de la construcción, todo esto a raíz de las grandes cantidades de materiales utilizados para el desarrollo de nuevos proyectos, complementado con el aumento en el consumo de combustibles fósiles para su transporte y el gran gasto de energías para el sustento diario de las mismas construcciones.

De acuerdo con Sharma & Kumar Sharma (2022) *“Los edificios tienen un impacto tremendo en el medio ambiente, casi la construcción utiliza el 40 % de los recursos naturales extraídos en la nación. Los edificios consumen el 70 % de la electricidad de la nación y utilizan alrededor del 12 % de agua potable, las edificaciones producen entre un 44 % y un 64 % de los residuos sólidos que se desechan en vertederos”*. Como resultado de esta problemática surge la búsqueda de nuevas herramientas capaces de reducir el impacto en el medio ambiente, presentándose como una solución el concepto de edificaciones sostenibles.

Se implementa el concepto de desarrollo sostenible como el conjunto de actividades, herramientas o materiales capaces de permitir un progreso de la sociedad teniendo como

principal objetivo satisfacer todas sus necesidades sin comprometer la calidad de vida de las próximas generaciones (Carvalho et al., 2019a).

Este concepto llegó rápidamente a innovar las técnicas de la construcción, debido a que no solo debían preocuparse por realizar un edificio capaz de soportar las cargas a las cuales va a ser sometido, sino que se debía adentrar de una manera más profunda en un diseño estructural que permita implementar materiales y a su vez procesos ambientalmente responsables que cumplan eficientemente con lo requerido por la edificación.

Se diseñó un enfoque en el cual los gastos de recursos para su desarrollo sean mínimos a lo largo de su ciclo de vida, iniciando desde la localización del proyecto como un factor fundamental ya que de este se verán afectados su diseño, construcción y mantenimientos con el paso del tiempo hasta su deconstrucción si la misma llega a ser necesaria (Uğur & Leblebici, 2018).

La construcción empezó a tomar en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales a la hora de la ejecución de un proyecto, buscando promulgar el uso de materiales reciclados, junto con la búsqueda de un menor consumo de energía y agua permitiendo así mitigar en el impacto ambiental producido por las edificaciones.

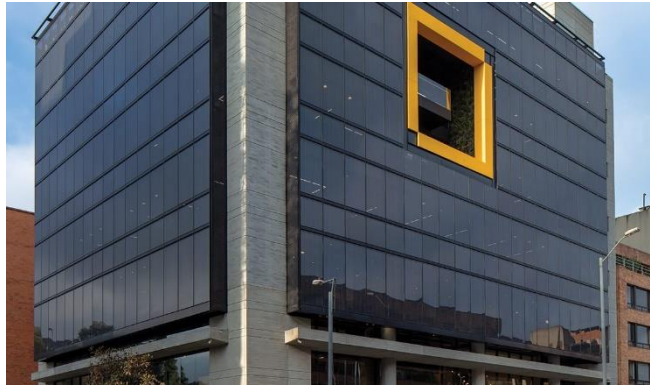
Se han diseñado con el tiempo diferentes parámetros para determinar qué tan amigable es una edificación con el medio ambiente, estos criterios varían según el tipo de certificación que se busca conseguir, las más usadas a nivel internacional son LEED, BREEAM, Green star, CASBEE, estas se encuentran descritas en la Tabla 1. (Uğur & Leblebici, 2018).

Tabla 1*Principales certificaciones de sostenibilidad en edificaciones*

Certificación	País	Características
LEED	Estados Unidos	Certificación que permite determinar el nivel de sustentabilidad de un edificio según distintos criterios: aprovechamiento del agua, energía y su impacto atmosférico, materiales y recursos empleados, calidad de espacios interiores y el proceso de diseño (Portela et al., n.d.).
BREEAM	Reino Unido	Herramienta que permite establecer el grado de sostenibilidad en edificaciones, en sus inicios solo se podía implementar en inmuebles comerciales y residenciales, pero con el tiempo aumento sus programas, consta en un diseño de puntos como sistema de evaluación (JLL, 2020).
Green Star	Australia	Determina la sostenibilidad desde los siguientes categorías de impacto: gestión, calidad de ambiente interno, energía, transporte, uso del agua, materiales y uso del suelo (Souza, 2020).
CASBEE	Japón	Mira los aspectos ambientales, sociales y económicos en las ciudades para obtener conceptos de sostenibilidad, sus mediciones se basan en criterios de calidad frente a la carga medioambiental desde las emisiones de CO2 per cápita al año (Wong & Abe, 2014).

Nota. Especificación de las algunas de las certificaciones más implementadas mundialmente

En Colombia la mayoría de los edificios que se encuentran certificados es mediante LEED bien sea oficinas, centros comerciales o viviendas ya que se resalta que para mayo de 2018 más de 120 proyectos se encontraban certificados y a su vez se encontraban casi 230 en espera de certificación (Amarilo, 2021), claro ejemplo de estas edificaciones se encuentran el edificio corporativo de Amarilo o la torre Atrio (Ver Figuras 1 y 2) demostrando la efectividad de la certificación en nuestro territorio.

Figura 1*Edificio corporativo de Amarilo*

Nota. Tomado de El Edificio Corporativo de Amarilo [Fotografía], por Amarilo, 2019, (<https://amarilo.com.co/blog/especial/el-edificio-corporativo-de-amarilo/>).

Figura 2*Fotografía Torres Atrio*

Nota. Tomado de Atrio, visto desde el oriente [Fotografía], Cortesía del Proyecto Atrio, 2021, (<https://n9.cl/r16u3>).

El uso de estas certificaciones es algo que va a ir aumentando día a día en el mundo de tal forma que probablemente no sea algo opcional, sino que pase a ser de carácter

obligatorio, no solo a raíz de los grandes beneficios que la construcción sostenible trae consigo misma como lo es su ayuda al medio ambiente o el ahorro de gastos de los propietarios de las edificaciones en recursos como lo son la energía y el agua sino también por la crisis ambiental que aumenta con el paso del tiempo.

Certificación LEED

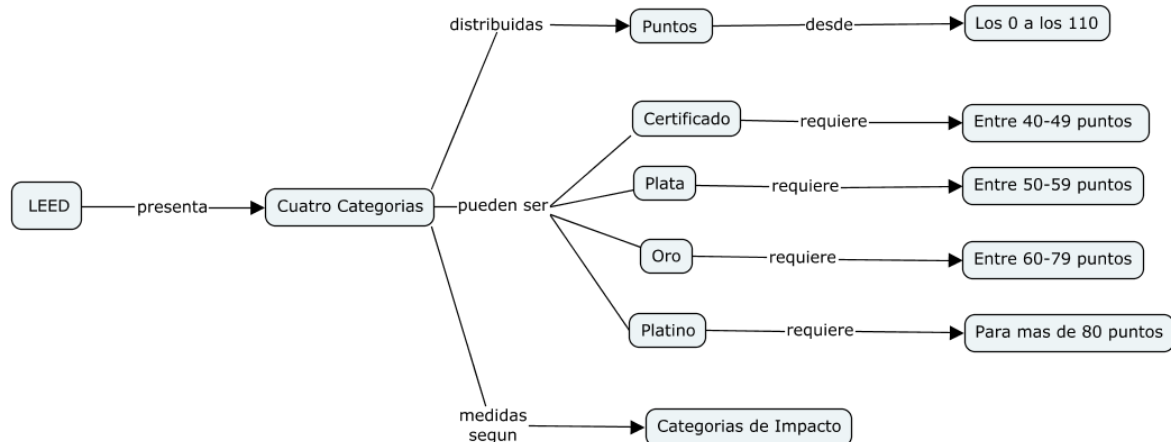
Es un modelo sistemático desarrollado cada vez más de una forma global, por su capacidad de brindar unas guías en las fases del ciclo de vida de un proyecto para así obtener edificaciones sostenibles capaces de cumplir nuevas funcionalidades optimizando recursos energéticos; presenta diferentes versiones para así cubrir todo tipo de edificación de una forma integrada, una gran ventaja es su aplicabilidad a proyectos antiguos o proyectos de zona urbana tiendo como base la búsqueda de sacar un mayor provecho a las cualidades de cada uno de ellos (Asdrubali et al., 2022).

Un edificio que presente certificación LEED ayudará de gran manera al medio ambiente ya que requieren un menor gasto de recursos para su sostenibilidad, brindan ayuda a las personas, contribuyen con la prevención en la producción de gases ya que disminuyen las emisiones de carbono; se presentan diferentes categorías de certificaciones las cuales se detallan en la Figura 3, esta clasificación consta de cuatro categorías según el puntaje alcanzado: certificado, plata, oro y platino; siendo platino la de mayor nivel. En la Tabla 2 se describen los criterios para la asignación de puntos en la certificación.

Tabla 2*Familias para créditos LEED*

Categorías	Características
Ubicación y Transporte	Enfocado en hacer que se modifique el método de transporte común por alternativos para un menor uso del automóvil.
Sitios Sustentables	Se centra en los agentes que afectan el entorno exterior, busca la restauración de material.
Eficiencia del Agua	Busca estrategias para un optimo consumo del agua y sus diferentes procesos.
Energía y Atmosfera	Busca promover la eficiencia energética, es la de mayor valor en esta certificación.
Materiales y Recursos	Busca un máximo uso de materiales reciclados sin dejar de lado el origen de los demás materiales y su manejo en la construcción.
Calidad del Ambiente Interior	Enfocado en el bienestar de los ocupantes de la construcción procurando una adecuada temperatura y aire sin contaminantes.
Prioridad Regional	Implementación de estrategias que procuren disminuir al máximo el transporte de materiales.

Nota. Los créditos son clasificados en siete familias y algunos tienen mayor valor.

Figura 3*Categorías LEED*

Nota. Figura que expone las cuatro categorías y cuantos puntos se requiere para cada una.

Un ejemplo del beneficio de estas certificaciones se vio plasmado en un estudio para dos edificaciones con certificaciones oro y platino ubicados en Ankara (capital de Turquía), donde se evidenció un ahorro de consumo en la energía anual del 31% y 40%. La construcción de estas edificaciones sostenibles presentó un aumento en los costos directos del 7.43% y 9.43% mientras que en los costos indirectos se vería reflejado en un aumento del 0.84% y 1.31% (Uğur & Leblebici, 2018).

De lo anterior se puede demostrar el gran impacto que genera un edificio sostenible y como este permite la reducción de efectos ambientales negativos desde el desarrollo de un concepto de eficiencia energética, donde además de esto no se ve un gran aumento en sus costos de construcción en relación con el enorme beneficio que presenta al estar certificado.

Modelado de Información en la Construcción (BIM)

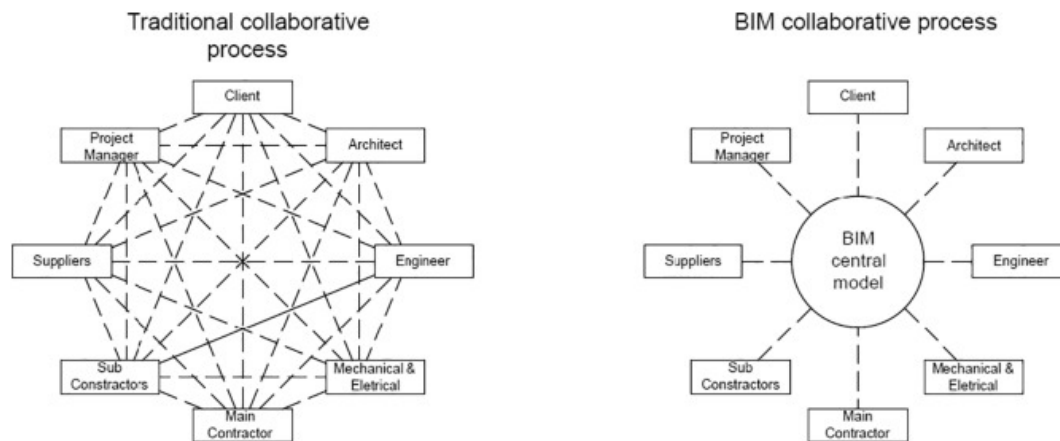
El modelado en edificaciones es una metodología de trabajo compuesta por procesos, políticas y tecnologías que siguen una respectiva línea de trabajo durante todo el ciclo de vida de un proyecto, teniendo como objetivo optimizar, automatizar y modernizar el desarrollo de estos procesos de construcción teniendo en cuenta sus cualidades estructurales, arquitectónicas y funcionales dando como resultado una representación del concepto que se busca ejecutar en la realidad (Carvalho et al., 2019a).

Anteriormente cuando se llegaba a la fase de diseño de un edificio se presentaban diferentes retrasos porque se empleaba un proceso secuencial de trabajo donde un especialista no podía continuar si otro no terminaba su trabajo previamente, dando como resultado entregas a destiempo y muy desorganizadas en la Figura 4 se muestra como la metodología BIM ha permitido un cambio en el desarrollo de estos procesos con múltiples actividades

simultáneas las cuales se relacionan entre si permitiendo un mejor avance en el desarrollo de los proyectos, acompañado de una disminución de costos y tiempos.

Figura 4

Cambio de Procesos Desde la Implementación de la Metodología BIM



Nota. Tomado de Enfoque tradicional frente a un enfoque BIM, Carvalho et al., 2019, (<https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2019.02.021>).

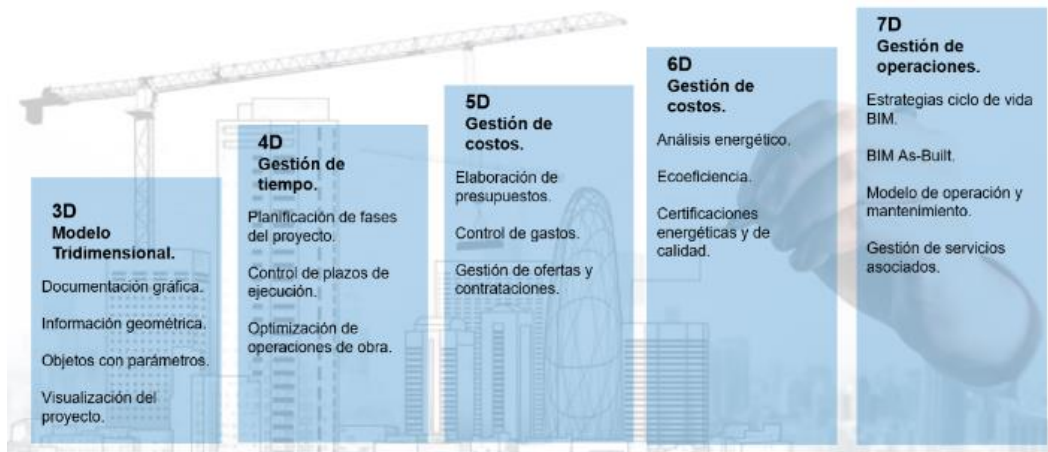
Con el desarrollo del modelado de información se fue desarrollando una mayor profundización en la información manejada a tal punto que se fue clasificando por dimensiones donde cada una de estas tiene una capacidad de procesamiento de información diferente a las demás.

Todo inicia con el CAD o también denominado 2D que se vería opacado por la superioridad de la modelación en tres dimensiones brindando la capacidad de simular la realidad, seguido de esto se fue implementando el concepto de tiempo el cual esta cubierto por la cuarta dimensión, para la quinta dimensión entra todo el tema de costos del proyecto y su respectiva información de recursos, en la sexta dimensión se abarcan los conceptos de sostenibilidad y ahorro energético y finaliza con una séptima dimensión que se destaca por

tratar el ciclo de vida de las edificaciones y la gestión de instalaciones (Koutamanis, 2020). En la Figura 5 se presenta un diagrama que describe brevemente cada una de las dimensiones BIM y los aspectos que cubre.

Figura 5

Las Siete Dimensiones BIM



Nota. Tomado de Dimensiones en BIM para el Aspecto Académico, Cruz et al., 2021, (<http://69.164.202.149/topofilia/index.php/topofilia/article/view/210/153>)

A parte de los múltiples alcances que tiene esta tecnología para el desarrollo de un proyecto se puede destacar su gran capacidad para insertar, extraer, actualizar y modificar información según lo que se requiera para el modelo dejando así en claro una gran capacidad de interconectividad en el sistema (Motawa & Carter, 2013). Un beneficio de esta metodología es la facilidad de la representación de los elementos constructivos y su capacidad de extraerse del modelo desarrollado para luego exportarlos a diferentes programas o modelos de optimización y simulación (Marzouk et al., 2018).

Esto comprueba como estas tecnologías han permitido una optimización en los procesos necesarios para el completo desarrollo de un proyecto, junto con su forma de

facilitar el intercambio de información entre sus mismas dimensiones o de igual manera con programas o simuladores externos.

Implementación de Tecnologías BIM en Edificaciones Sostenibles

Las tecnologías BIM con el paso del tiempo han sido asociadas en una mayor proporción para el desarrollo de la sostenibilidad, destacando entre uno de sus beneficios la capacidad de realizar un papel de plataforma eficaz al momento de buscar cumplir con los criterios de sostenibilidad, se ha identificado que uno de los software mas relacionados es Autodesk Revit por su amplio contenido de herramientas e información que se puede obtener desde el modelo; BIM puede actuar en varios casos como la orientación del edificio, su almacenamiento de agua, el análisis de la energía y la selección de materiales sostenibles entre otras. Además, su intercambio de información puede contribuir de gran manera en la reducción de costos de construcción y consumo de recursos (Carvalho et al., 2021).

Esta tecnología puede reducir de gran manera los procesos necesarios para la realización de una evaluación de sostenibilidad y de esta manera facilitar la toma de decisiones al poder ir variando las medidas sostenibles según el propósito que se tenga en el proyecto, lo anterior da como resultado nuevas edificaciones que brinden un mayor rendimiento que los tradicionales generando así un cambio en la manera de diseño, todo en búsqueda de un desarrollo más sostenible (Carvalho et al., 2019b).

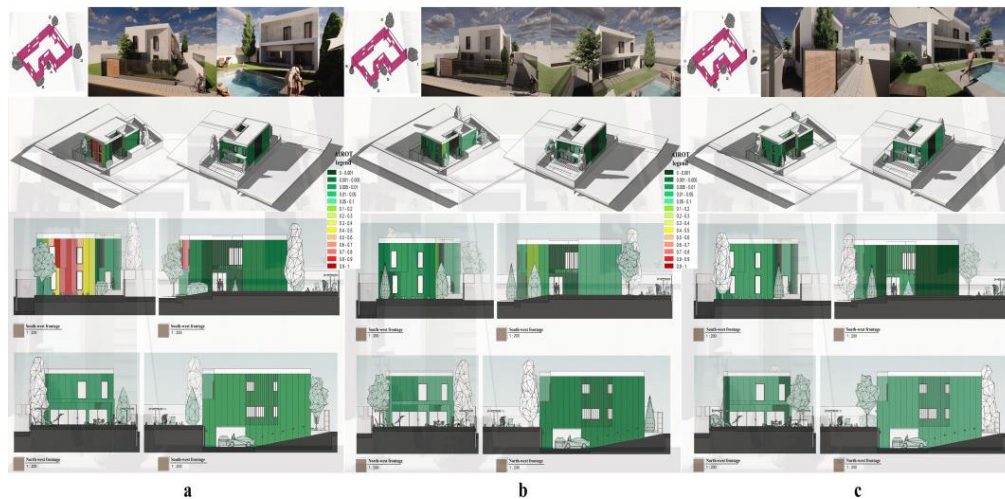
Al demostrarse que es conveniente para un proyecto la implementación de la tecnología BIM en conjunto con la búsqueda de una mayor sostenibilidad se han ido desarrollando diferentes edificaciones desde estos parámetros a continuación, se presentan ejemplos de cómo la metodología BIM puede ayudar en el desarrollo de la sostenibilidad o

en la evaluación de sus criterios de sostenibilidad, demostrando como el uso de estas dos herramientas en conjunto genera beneficios como ahorros o un menor consumo de materiales en un proyecto.

Se hizo uso de la tecnología BIM en una investigación en relación con la alergicidad en una vivienda en Mérida, España para hacer un respectivo análisis de la contaminación del aire y el confort humano al aire libre. Para este estudio se realizaron 3 modelos en el programa a partir de los planos CAD 2D del proyecto de vivienda, el cual constaba de una edificación de 3 niveles (sótano, planta baja y primer piso), ya diseñados los planos en el programa Revit se hicieron las pruebas a partir del software Autodesk Flow Design para obtener así un análisis, de cuál es el diseño más conveniente en relación a un potencial de dispersión de partículas contaminantes (Rodríguez-Amigo et al., 2022), en la Figura 6 se ve la representación de los 3 modelos y sus tonos según su nivel de exposición.

Figura 6

Modelos y evaluación de afectaciones



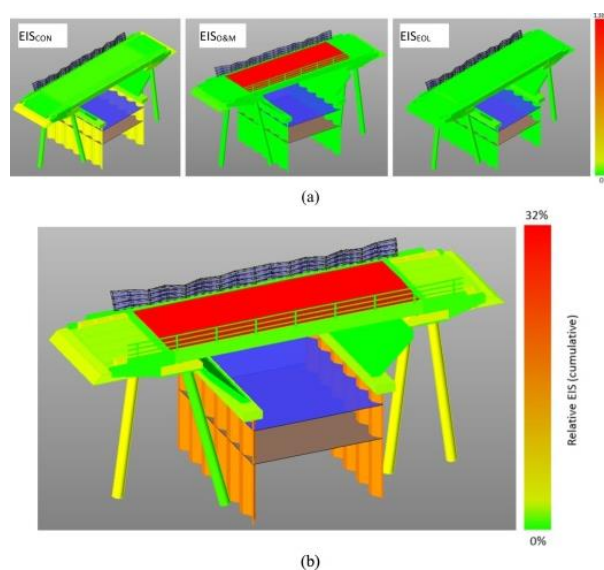
Nota. Tomado de Visualización de los Tres Modelos, Rodríguez- Amigo et al., 2022, (<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.155910>)

Otro ejemplo de la ayuda de BIM en la construcción se presentó en Utrecht, Países Bajos. Su funcionalidad se basó en el análisis de la evaluación de impacto ambiental (EIA) para varios puentes de hormigón, una carretera y el uso de unas tablaestacas de acero, el desarrollo del proyecto se basó en agregar tres parámetros de puntaje de impacto ambiental (EIS) junto con uno acumulativo al modelo BIM los cuales se presentaron en forma de parámetros.

Estos valores fueron utilizados para generar modificaciones en el modelo así como se muestra en la Figura 7, se puede observar que algunos elementos tienen un EIS inicial alto durante la fase de construcción pero que durante su vida útil disminuye, caso contrario al asfalto porque su tiempo de vida útil esperada es de 16 años. Por lo tanto, el asfalto requiere múltiples actividades de mantenimiento para durar 100 años (van Eldik et al., 2020).

Figura 7

Visualización EIS en el modelo BIM



Nota. Tomado de Visualización de Fases EIS en el Modelo BIM, van Eldik et al., 2020, (<https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2020.103379>)

Además de una ayuda en la representación del impacto la implementación del EIA automatizado con BIM tardó 35 minutos en realizarse en desarrollarse, mientras que un proceso de manera manual tardaría entre 1,5 y 3,5 días hábiles, dejando en claro un ahorro de tiempo en el desarrollo de estos procesos.

Aunque ya se está desarrollando la metodología BIM con múltiples herramientas en búsqueda de un desarrollo más sostenible, en Colombia se destaca su uso para el diseño de las edificaciones sostenibles, es decir, vista como una herramienta de interconectividad y trabajo simultáneo, más que como un programa para evaluación o intercambio de datos.

El uso de la tecnología BIM es una gran manera de potenciar la construcción, ya que como factor común en los proyectos en Colombia se destacan la baja productividad, incertidumbre en los costos finales y una alta inestabilidad en el cronograma de tiempos; algo que puede ser resuelto en gran parte por la metodología BIM.

Por estas razones y en búsqueda de proyectos que sean transparentes y auditables se planteó una estrategia nacional BIM en la búsqueda de estandarizar su desarrollo a nivel nacional, permitiendo optimizar y generar un cambio de impacto en la construcción. Esta estrategia tiene un periodo de duración de siete años (2020 al 2026) teniendo como referencia una consistencia, eficiencia y eficacia en su desarrollo. En los primeros dos años se buscó desarrollar una transformación ordenada definiendo los criterios en su implementación; para el año 2022 se busca un requerimiento comprendido entre el 10% y 25% de los proyectos de construcción públicos, el cual deberá aumentar de una manera consistente para que al año 2024 este porcentaje sea entre el 60% y 70%, finalizando con una implementación del 100% para el año 2026 (Departamento Nacional de Planeación, 2020).

Conclusiones

La sostenibilidad es un factor que está cambiando la forma de realizar diferentes procesos en el mundo, entre ellos la construcción la cual debe ir actualizándose e ir variando en la búsqueda de un cumplimiento de criterios de ahorro de energía y optimización de materias primas, por este motivo la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan facilitar estos procesos es más que necesaria.

El uso de la tecnología BIM es algo que se está desarrollando cada vez más en el mundo y que debe seguir creciendo en la búsqueda de ayudar a un desarrollo sostenible debido a sus capacidades de simulación y de compartir información para evaluar diferentes opciones todo en pro de unas ciudades y comunidades sostenibles.

Finalmente, otro beneficio de la implementación del sistema BIM es su facilidad en el desarrollo de procesos mediante la actividad simultánea reduciendo así los tiempos en el diseño de proyectos los cuales van acompañados de calidad ya que se evita inconvenientes entre los diferentes especialistas que desarrollan un proyecto a raíz de una coordinación en simultaneo para ofrecer mejores soluciones.

Las nuevas tecnologías es algo que este día tras día dictando nuevos parámetros al mundo donde se destaca como factor fundamental la necesidad de estar interconectados entre si al momento de la realización de una tarea fomentando así un menor consumo de recursos y promoviendo un mundo que se desarrolla en una manera más sostenible.

En búsqueda de una construcción mas competente y estandarizada se debe seguir el objetivo de un aumento progresivo en la implementación de la tecnología BIM para los distintos proyectos, de tal manera que en un futuro próximo su alcance sea de nivel nacional

permitiendo una construcción más competente y unos proyectos de mayor calidad que no presenten problemas en su desarrollo.

Bibliografía

- Asdrubali, F., Guattari, C., Roncone, M., Baldinelli, G., Gul, E., Piselli, C., Pisello, A. L., Presciutti, A., Bianchi, F., Pompei, L., Mattoni, B., Bisegna, F., Kolokotsa, D., Tsekeri, E., Assimakopoulos, M. N., Efthymiou, C., Barmmparesos, N., Lechowska, A., Schnotale, J., ... Berardi, U. (2022). A Round Robin Test on the dynamic simulation and the LEED protocol evaluation of a green building. *Sustainable Cities and Society*, 78, 103654. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2021.103654>
- Carvalho, J. P., Bragança, L., & Mateus, R. (2019a). Optimising building sustainability assessment using BIM. *Automation in Construction*, 102, 170–182. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2019.02.021>
- Carvalho, J. P., Bragança, L., & Mateus, R. (2019b). Optimising building sustainability assessment using BIM. *Automation in Construction*, 102, 170–182. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2019.02.021>
- Carvalho, J. P., Bragança, L., & Mateus, R. (2021). Sustainable building design: Analysing the feasibility of BIM platforms to support practical building sustainability assessment. *Computers in Industry*, 127, 103400. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2021.103400>
- Koutamanis, A. (2020). Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? *Automation in Construction*, 114, 103153. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2020.103153>
- Marzouk, M., Azab, S., & Metawie, M. (2018). BIM-based approach for optimizing life cycle costs of sustainable buildings. *Journal of Cleaner Production*, 188, 217–226. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.03.280>
- Motawa, I., & Carter, K. (2013). Sustainable BIM-based Evaluation of Buildings. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 74, 419–428. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2013.03.015>
- Niemets, K., Kravchenko, K., Kandyba, Y., Kobylín, P., & Morar, C. (2021). World cities in terms of the sustainable development concept. *Geography and Sustainability*, 2(4), 304–311. <https://doi.org/10.1016/J.GEOSUS.2021.12.003>
- Portela, J. M., Viguera, J. L., Pastor, A., Huerta, M. M., & Otero, M. (n.d.). *La Certificación LEED, cómo cumplir con un conjunto de normas para la sostenibilidad en el proyecto de ingeniería*.
- Rodríguez-Amigo, A., Fernández-Alvarado, J. F., & Fernández-Rodríguez, S. (2022). Case of study on a sustainability building: Environmental risk assessment related with allergenicity from air quality considering meteorological and urban green infrastructure data on BIM. *Science of The Total Environment*, 838, 155910. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.155910>
- Sharma, S., & Kumar Sharma, N. (2022). Advanced materials contribution towards sustainable development and its construction for green buildings. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.07.394>

- Uğur, L. O., & Leblebici, N. (2018). An examination of the LEED green building certification system in terms of construction costs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1476–1483. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.05.210>
- van Eldik, M. A., Vahdatikhaki, F., dos Santos, J. M. O., Visser, M., & Doree, A. (2020). BIM-based environmental impact assessment for infrastructure design projects. *Automation in Construction*, 120, 103379. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2020.103379>
- Wong, S. C., & Abe, N. (2014). Stakeholders' perspectives of a building environmental assessment method: The case of CASBEE. *Building and Environment*, 82, 502–516. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2014.09.007>
- CIMPAR Rosario. (2021). Industria 4.0 y Medioambiente [Archivo de Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=bfRsC92enqg&t=3051s>. [Consulta el 27 Agosto de 2022]
- JLL. ¿Qué es el Certificado BREEAM? [en línea]. <https://www.jll.es/es/analisis-y-tendencias/espacios-de-trabajo/que-es-el-certificado-breeam>. [Consulta el 27 agosto de 2022]
- Amarilo. (2021). Construcciones con Certificación LEED en Colombia y el mundo. <https://amarilo.com.co/blog/verde/construcciones-con-certificacion-leed-en-colombia-y-el-mundo/>. [Consulta el 24 Agosto de 2022]
- Amarilo. (2019). El edificio corporativo de Amarilo. <https://amarilo.com.co/blog/especial/el-edificio-corporativo-de-amarilo/>. [Consulta el 24 Agosto de 2022]
- Semana (2021). Atrio, un edificio que refresca la arquitectura bogotana y es clave en la recuperación del centro de la capital. <https://n9.cl/r16u3>. [Consulta el 24 Agosto de 2022]
- Cruz, C. G., Picazo, V. L., & Domínguez, G. I. L. (2021). BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR LAS DIMENSIONES BIM EN EL ASPECTO ACADÉMICO DEL ARQUITECTO CONTEMPORÁNEO. TOPOFILIA, Revista Científica de Arquitectura, Urbanismo y Territorios, (23), 88-102.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). Gobierno de Colombia. (2020). Estrategia Nacional BIM. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>. [Consulta el 1 Septiembre de 2022]