

Desarrollo de Plug-in para sistemas de detección de Incendios en la metodología BIM Plug-in development for fire detection systems in the BIM methodology

C. Orihuela-Martínez ^{a,*}, C.A. Bigurra-Alzati ^b

^a Programa de maestría y doctorado, Facultad de arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, CDMX, México.

^b Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

Resumen

En la actual revolución industrial 4.0, la arquitectura se ha visto transformada por la digitalización con la incorporación del BIM y Big Data, que se orienta principalmente a la sistematización y procesamiento de datos informáticos. Aunque esta era digital está ya bien establecida, en comparación con los programas educativos de las escuelas de arquitectura mejor evaluadas en el mundo, a la docencia de la arquitectura en México todavía le falta soporte metodológico y técnico para guiar a los proyectos de investigación que buscan generar herramientas derivadas del desarrollo de software para mejorar la práctica y quehacer arquitectónico. En el presente artículo se hace un recorrido por un trabajo de investigación en el que los autores proponen la generación de un producto de desarrollo de software con el método Scrum para mejorar las prácticas arquitectónicas con la intención de compartir el mismo proceso y de facilitar una guía para estudiantes que tengan interés en realizar investigaciones o productos similares. Se habla tanto del desarrollo metodológico como práctico y, entre otras cosas, también de cómo se aproxima el tema de programación desde la perspectiva de un arquitecto. El producto de la investigación es un complemento Plug-in del software Autodesk Revit para mejorar el diseño de Sistemas de Detección de Incendios (SDI), automatizando el análisis y sembrado de dispositivos de acuerdo con la normativa.

Palabras Clave: Automatización, BIM, Big Data, Plug-in - Revit, Sistemas de Detección de Incendios, desarrollo de software.

Abstract

In the current 4.0 industrial revolution, architecture has been transformed by digitization, with the incorporation of BIM and Big Data, which are mainly oriented towards process automation. Although this digital era is already well established, compared to the educational curriculums of the best evaluated architecture schools in the world, the teaching of architecture in Mexico still lacks methodological and technical support to guide research projects that seek to generate tools derived from software development to improve practice and architectural work. This article goes over research work in which the authors propose the generation of a software development product using the Scrum method to improve architectural practices with the intention of sharing the same process and facilitating a guide for students who have an interest in conducting research or developing similar products. Furthermore, it talks about both methodological and practical development and, among other things, also about how the subject of programming is approached from the perspective of an architect. The research product is a Plug-in for Autodesk Revit software to improve the design of Fire Detection Systems (SDI), automating the analysis and seeding of devices.

Keywords: Automation, BIM, Big Data, Plugin - Revit, Fire Detection Systems, Software Development.

1. Introducción

Hoy en día un enfoque multidisciplinario se ha hecho necesario en el desarrollo de las investigaciones, pues la incorporación de conocimientos de otros campos permite no solo mejorar el alcance y los productos finales, si no también romper paradigmas y dar nacimiento a nuevos procesos metodológicos con amplia carga tecnológica.

En la actual tercera revolución industrial (Rifkin, 2011) también conocida como la industria 4.0 (Garrell y Gillera, 2019) la cual incluye el uso de BIM y Big Data, la arquitectura se ha

visto transformada por la digitalización y datificación¹ orientada principalmente a la automatización de procesos y aprovechando los datos masivos. Por su parte la ampliación de las redes de telecomunicaciones que facilitan la comunicación en todos los niveles de nuestras vidas ha hecho que nos encontremos en un camino que no tiene retorno, sin embargo, la sociedad ha adoptado ese camino con dos visiones distintas: una en la que estamos rodeados de aplicaciones que ofrecen los dispositivos móviles en cada actividad que hacemos, para desplazarnos, para transacciones de pago y cobro, para entretenimiento y ocio, para comunicarnos, video comunicarnos en todo el mundo, entre otros. La segunda visión es la manera en que se juzga

*Autor para la correspondencia: caom@comunidad.unam.mx

Correo electrónico: caom@comunidad.unam.mx (Claudia Angélica Orihuela-Martínez), carlos_bigurra@uaeh.edu.mx (Carlos Alfredo Bigurra Alzati)

constantemente a la tecnología, el miedo latente de sectores de la población por los avances tecnológicos. En una visión nos beneficiamos de la comodidad y alcance que nos ofrece la tecnología y en la otra visión nos resistimos al potencial que tiene y que continúa creciendo.

Es esta última visión la que permea en la actual docencia de los programas educativos de arquitectura en México, por lo que la cultura digital sobre la incorporación de la tecnología en específico del aprendizaje de programación para un estudiante de arquitectura es inconcebible. Steve Jobs dijo en la entrevista realizada por el periodista Robert Cringely en 1995, “creo que todo el mundo debería aprender a programar... deberían aprender un lenguaje de programación porque eso te enseña a pensar”, sobre todo para ayudar a automatizar procesos y tareas repetitivas, tareas que pocos quieren hacer. Potenciar la idea de pensamiento de un programador junto con el conocimiento de la propia disciplina nos ayudaría por ejemplo a que el gremio use más tiempo en pensar que en hacer.

Para el desarrollo de la investigación se encontraron varios motivos para su pertinencia, los principales radicaban en saber que el BIM - Building Information Modeling (ONCCEE, 2017) como concepto holístico metodológico y proceso de diseño y construcción de espacios, entre otros, presenta actualmente en nuestro mercado diferentes huecos del saber, aunque en teoría su uso se volverá obligatorio para la licitación pública y privada en México en algunos años (SHCP del gobierno de México, 2017). Actualmente se habla mucho de los beneficios del BIM, pero se ha hecho poco esfuerzo por mejorar o desarrollar las herramientas necesarias para su aprovechamiento, entre otras cosas. Otro motivo es el saber que bajo un esquema BIM conjunto con el aprovechamiento de los datos masivos o big data (Sacks Rafael et al., 2018, p. 18 y 92) que los proyectos de construcción generan hoy en día, se pueden mejorar y automatizar desde la etapa del diseño (Santamaría Gallardo Luisa y Hernández Guadalupe Javier, 2017, p. 259-269) para reducir el número de inconsistencias en obra.

Se buscó además mejorar el proceso de diseño de los sistemas de detección de incendios SDI, por su delimitación normativa, aunque esta está retrasada en comparación con la evolución tecnológica de la construcción (Torero, J., 2009), y porque el fuego es un fenómeno artificial que presenta uno de los principales riesgos en las edificaciones y que, de llegarse a presentar de manera desencadenada, puede generar graves pérdidas humanas y de patrimonio histórico. Es por ello por lo que la oportuna detección temprana puede prevenir el riesgo de un incendio ya que este sistema funciona principalmente por sensores de muestreo de aire constante.

Por lo anterior, en este artículo se hace un recorrido primero por el potencial sobre el uso de BIM (Poó Rubio Aurora Minna y Rodríguez Martínez Jorge, 2018, p. 33 - 51) y Big data para la industria de la construcción y por el proceso de desarrollo de una investigación que busco automatizar los sistemas de detección de incendios bajo dichos conceptos, con la intención de compartir el mismo proceso y de facilitar una guía para estudiantes que tengan interés en realizar investigaciones o productos similares.

2. El Big Data en la industria de la construcción

La automatización en todos los tiempos básicamente ha servido a la sociedad para aumentar la productividad. Hoy en día la automatización en su versión más eficiente se ha dado por los productos tecnológicos, la cantidad de datos generados en las

últimas décadas, y las herramientas para tratamiento de estos que ayudan a su manipulación ante el cambio de volumen, variedad y velocidad.

Como antecedente la humanidad había producido antes de 2003- 5 exabytes en la totalidad de la información, pero de 2003 en adelante generamos alrededor de 2.5 exabytes de datos todos los días con variación en los tipos de datos. Hay una tendencia a acumular enormes bases de datos de proyectos debido a los múltiples recursos que provienen de varias fuentes como el correo electrónico, redes sociales, sensores, teléfonos móviles, almacenamiento de datos y otros (Demirdogen, Isik, & Arayici, 2019).

Al respecto de la industria de la construcción un reciente artículo de China mencionó que en las últimas décadas la infraestructura a gran escala en este País y el mundo han generado un gran número de proyectos y con estos datos masivos. Según un consultor de Shandong, en el 2019 estimó que un ciclo de vida de un edificio genera alrededor de 10TB de datos (X.Xiao, 2019).

Hoy las compañías no saben qué hacer con el gran volumen de datos e información almacenada en diferentes medios, los cuales pueden ser de gran importancia, aparte de la automatización de procesos, también en la toma de decisiones de inversiones significativas (Camargo, V., 2019), así como en el desarrollo de investigaciones.

Con una buena gestión de la información incluyendo la planificación y control de proyectos de edificación (Mattos Aldo D., 2014, p. 249 - 257) se podrían disminuir los riesgos a los que se exponen las empresas a la hora de atacar un proyecto. Estos ayudarían a los responsables de las compañías a tomar las mejores decisiones en cada momento. También los datos generados por sistemas IOT (Internet de las cosas) ayudarían al mantenimiento de infraestructuras, optimizando las operaciones de conservación y previendo posibles daños. (D. González, 2020).

3. Automatización del trabajo repetitivo / BIM

El flujo de trabajo virtual centralizado de un proyecto ejecutado con la metodología BIM ha hecho posible el trabajo colaborativo escalable no solo en términos de personas, sino también de la información y los datos masivos que se trabajan en cada proyecto. Con las plataformas digitales, tanto servidores como software, esta información generalmente está clasificada mediante un enfoque de programación orientada a objetos, en el que un elemento del modelo 3D contiene información referente a él, tanto geométrica, como física (comportamiento físico de los materiales) y de características externas que definen un producto (precio, fabricante, etc.). Estos datos que ya se encuentran asignadas a un objeto modelado se pueden llamar a otras instancias del proyecto como tablas de cuantificación de materiales, unidades, precios unitarios, etc. De la misma manera se automatiza cualquier cambio en todas las vistas generadas, como son plantas, cortes, alzados, fachadas, llamadas de detalle, isométricos, vistas 3D, siempre y cuando los elementos estén modeladosⁱⁱ. A continuación, se presenta una lista de posibles partidas para automatizar dentro de flujos de trabajo en BIM:

- Automatización del diseño de elementos arquitectónicos, estructura e instalaciones, actualización de cambios en tiempo real.

- Automatización de cuantificaciones de materiales y elementos, costos y presupuestos en tiempo real.
- Automatización de análisis energéticos y estructurales.
- Detección automática de interferencias.
- Documentación en planos y formatos, incluyendo etiquetas y llamadas de detalle.

La automatización digital en flujos de trabajo BIM se puede hacer desde aplicaciones ya hechas, desde macros, desde programación visual y orientada a objetos o desde el desarrollo directo de Plug-ins o complementos de software ya existente, pero que carece de funciones específicas.

Para mejorar un proceso mediante la automatización de información es necesario primeramente identificar los procesos de trabajo repetitivos.

En muchos casos no es necesario desarrollar programación porque las comunidades de plataformas como la de Autodesk Revit, entre otras, ya han realizado muchas aplicaciones que están disponibles desde la tienda de Autodesk, Graphisoft, Allplan shop o blogs. A continuación, se enlistan algunos complementos de software para generar procesos de trabajo automatizados compatibles con BIM.

-Dynamo: complemento de Revit Autodesk, se puede ampliar o desarrollar nuevos nodosⁱⁱⁱ con programación mediante Scripts^{iv} en lenguajes de programación como C# o Python. En la siguiente figura se muestra el formato de un nodo. 1. Nombre: nombre del nodo con la convención de nomenclatura Categoría. Nombre; 2. Parte principal: el cuerpo principal del nodo. Al hacer clic con el botón derecho, se presentan opciones en el nivel de todo el nodo; 3. Puertos (entrada y salida): los receptores de los cables que proporcionan los datos de entrada al nodo, así como los resultados de la acción del nodo. 4. Ícono de encaje: indica la opción de encaje especificada para las entradas de lista coincidentes (se explicará detalladamente más adelante); 5. Valor por defecto (clic con el botón derecho en un puerto de entrada): algunos nodos tienen valores por defecto que se pueden utilizar o no (Autodesk, 2019).

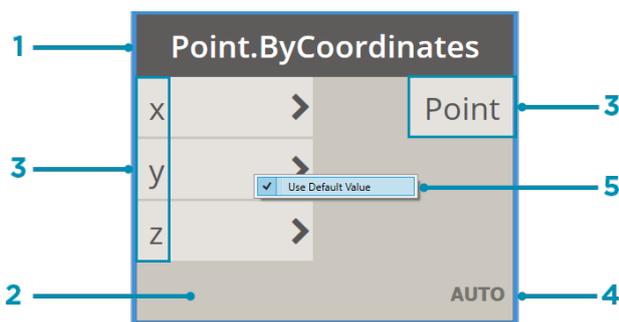


Figura 1. Conformación de un nodo en Dynamo. Fuente: dynamobim.org

-Grasshopper. Complemento de Rhinoceros 3D, para programación visual, basado en nurbs. Permite programación básica sin conocimiento profundo de un lenguaje de programación. También se puede abordar mediante programas como Python, JavaScript o c++.

-API de Revit y Rhinoceros. Api son las siglas de Programming Application Interface o Interfaz de Programación de Aplicaciones. Regularmente son más potentes los formatos para realizar complementos por programación de bloques de

código que por programación visual. Porque algunas funcionalidades que requieren más personalización solo se pueden desarrollar de esta manera. La siguiente figura muestra cómo se ven los bloques de código.

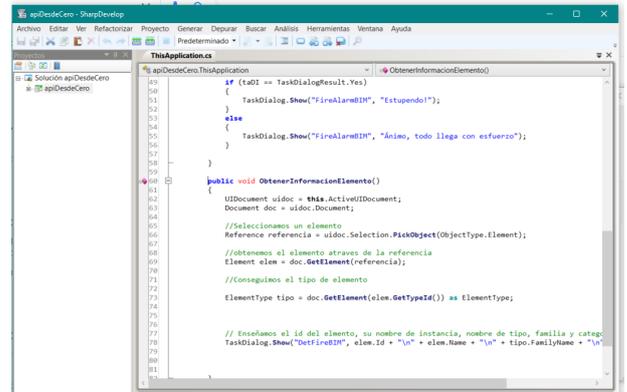


Imagen 1. Estructura de código en la API de Revit (software Sharp Develop). Fuente: Propia

En el caso de Revit ofrece un kit de desarrollo de software (SDK) que incluye la documentación requerida para hacer uso de la API. Por lo que por un lado tenemos la interfaz de usuario de Revit que nos ofrece una cantidad limitada de comandos para desarrollar y gestionar nuestros modelos. Y por el otro la interfaz de la aplicación (API). Desde apidocs se puede observar la cantidad de elementos que contiene, es con estos elementos con los que podemos crear nuevos flujos de trabajo y ampliar la funcionalidad de Revit (bimethca, 2020).

4. Complemento (Plug-in) para Revit.

4.1. Proceso de investigación que lleva el nombre de "Automatización y gestión del diseño de un Sistema de Detección de Incendios y su potencial en Big Data".

A continuación, se enlistan los pasos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación citada, misma que se definió como cuantitativa. Para la generación del producto que es un derivado de desarrollo de software se utilizó el método Scrumb.

- Consulta bibliográfica sobre:
 - Conceptos CAD (INVI, 2015) y BIM incluidos en la normativa y reglamentación del país.
 - Los sistemas de detección de incendios, así como el comportamiento del fuego, y el panorama normativo de los SDI.
 - Los fundamentos de desarrollo de software: softwares actuales análogos para SDI. Conocimiento de la API de Revit y el lenguaje de programación c#.
 - Por último, se conocieron los métodos de desarrollo de software y cómo se evalúa un producto de software mediante la normativa de calidad.
- Revisión de los antecedentes históricos tecnológicos de la investigación.
- Definición de: planteamiento del problema, preguntas de investigación, objetivos de investigación e hipótesis.
- Clasificación de las etapas de la investigación y definición del método Scrum como mejor alternativa para desarrollo de software.

- Definición del producto a desarrollar: un complemento o Plug-in de Revit en el lenguaje de programación C#. El cuál se evalúa desde la perspectiva de ingeniera de desarrollo de software. El software busca cubrir 3 rubros para la automatización del diseño de sistemas de detección de incendios: análisis de coberturas de dispositivos de detección o también conocidos como de entrada, análisis de coberturas de dispositivos de anunciación o salida, visual y sonora, y por último propuesta automática de panel de control principal y cálculo de carga eléctrica principal y secundaria.
- Calendarización de las actividades con objetivos generales y específicos.
- Desarrollo del marco metodológico, que incluye el desarrollo del método Scrum con sus 6 fases: Recogida de requisitos, gestión del backlog^v (aquí se hizo una revisión de las normativas aplicables principalmente la NOM STPS 2010, el reglamento de construcciones para la ciudad de México y las NFPA 72y 101, para el diseño de los SDI y se extrajeron los indicadores numéricos o booleanos, definiendo las variables como los datos de entrada que pueden introducirse por el usuario o tomados de un modelo en Revit y las constantes son todos los datos que provienen de la normatividad como valores fijos), planificación del sprint (se desarrollaron diagramas de flujo, algoritmo con la definición de variables y constantes, estas últimas fueron los datos extraídos de las normas), ejecución del Sprint, inspección e interacción de feedback. Es en esta última parte donde se incluye la evaluación del producto bajo la perspectiva del usuario final con aspectos de las normativas ISO / IEC 9126 y 25000. Recurriendo a evaluación de calidad bajo las partidas de funcionalidad, usabilidad y portabilidad. Para ello se adaptó un instrumento de evaluación de calidad del software realizado por el ingeniero Obed Humberto Martínez en su artículo “Análisis, Definición y construcción de un instrumento de evaluación de calidad de software producido con métrica V3” en 2016.
- Por último, descripción de la propuesta final del Plug-in en Revit, incorporando descripción de manual de usuario, interfaz de usuario y diseño del logo.

4.2. Indicadores de evaluación de productos derivados del software bajo normativas de calidad desde la perspectiva del usuario.

Actualmente existen diversas normativas para evaluar la calidad de un software desde la perspectiva del usuario y de un desarrollador. En este caso se usaron dos normativas internacionales ISO/IEC 9126 y 25000, la primera publicada desde 1992 establece que cualquier componente de la calidad de software puede ser descrito en términos de una o más de seis características básicas, las cuales son: funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad (Abud, M. 2012). La segunda como una nueva versión de la 9126 y 14598 para medir la calidad del producto y para medir la calidad el proceso de desarrollo de software (Marcos, J., *at el.*, 2008).

Para evaluar la propuesta de automatización para los SDI se tomaron 3 de las 6 métricas de la normativa, pertinentes al ser solo un complemento o Plug-in de software estas son:

Funcionalidad: Se evalúan atributos que permiten calificar si el producto maneja de forma adecuada el conjunto de funciones que satisfacen las necesidades para las cuales fue diseñado.

Usabilidad: Permite evaluar el esfuerzo necesario que deberá invertir el usuario para utilizar el software.

Portabilidad: Se refiere a la habilidad del software para ser transferido de un ambiente a otro, que considera facilidad de instalación y la adaptabilidad a las versiones. (Abud, M. 2012)

A continuación, se muestran en la tabla resumen los puntajes asignados de mayor a menor importancia de las partidas a evaluar desde la perspectiva del usuario con la adaptación del instrumento del ingeniero Obed Martínez. Para los encuestados se tomó en cuenta el método de grupo focal de 6 participantes con el siguiente perfil: Arquitecto o ingeniero con conocimiento de SDI, conocimiento flujos de trabajo BIM y en específico el software Autodesk Revit.

Máxima importancia	CARACTERÍSTICAS POR PRODUCTO	PUNTAJE
↓	Funcionalidad	40
	Usabilidad	24
	Portabilidad	16
	Total	80
Menor importancia		

Tabla 1: Propuesta de evaluación para la calidad de un producto de software desde la perspectiva de un usuario. **Fuente:** propia

Cada partida (funcionalidad, usabilidad y portabilidad) de la tabla 1 contiene una serie de preguntas a las cuales se les asigna un valor numérico. El total por puntuaciones positivas regresa un dato sobre la eficiencia del producto.

De 0 a 50 el producto es deficiente de 50 a 70 el producto es intermedio, de 70 a 100 producto es eficiente, y se confirmaría el resultado de la tabla 1. Por lo que si existe una deficiencia se toman los valores más bajos para incorporar feedback y mejorar el Plug-in según el método de desarrollo de software Scrum.

Por su parte la siguiente tabla resumen 2 también contiene una serie de preguntas a las que se les asigna un valor numérico, sin embargo, estas preguntas van enfocadas a la evaluación del proceso de desarrollo de software por lo que el perfil del participante para este caso son ingenieros de software. Los rangos para el total de 20 puntos muestran la calidad y organización del desarrollo del Plug-in. Para esta evaluación además se consideran como relevantes: la planificación del sistema, aplicación de una metodología de desarrollo de software y administración de la documentación. En esta escala de 1 a 20 un punto por arriba de la media es decir 11 puntos, se considera que el proceso cumple con las partidas anteriormente citadas. Por consiguiente, un rango de 11 a 20 puntos tendremos la calificación de un proceso eficiente.

Máxima importancia	CARACTERÍSTICAS POR PROCESO	PUNTAJE
	Planificación de sistemas	
	Organización	
	Controles generales	
	Metodología de desarrollo de sistemas	
	Entrega e implementación del sistema	
	Administración de la documentación	
Menor importancia	Total	20

Tabla 2: Propuesta de evaluación para la calidad de un producto de software para medir el proceso. **Fuente:** propia

5. Iniciación de un arquitecto a la programación

Si bien existen profesionales que no quieren hoy ni nunca cruzar las barreras y tienen una resistencia a adquirir ciertos conocimientos tecnológicos como aprender a programar, también existe lo contrario: arquitectos que sí quieren y tienen interés de aprender a programar, por el potencial que hallan o simplemente porque intuyen que hay actividades repetitivas que se pueden automatizar con programación. Sin embargo, puede persistir un miedo a la gran dificultad para aprender programación, un miedo similar que inspira el aprender a manejar por primera vez o aprender algún idioma muy distinto al nuestro. Sin embargo, la programación no es tan ajena a nosotros como podría parecer a primera vista, es más bien una forma de pensar de manera planificada y de causa y consecuencia, que se asemeja a la vida diaria y no nos percatamos de ello. Por ejemplo, “¿qué pasa si primero paso al banco que me queda más cerca, después voy al supermercado, después me veo con mis amigos?, pero si no llevo coche *entonces* tendré primero que pasar al banco, después al supermercado por la despensa, pasar a dejar las cosas a casa y al final ir con mis amigos”. Todo esto se traduce en programación en sentencias en inglés como condición, “*si/if*” hago esto, “*entonces/then*”. Ejemplo:

```
If varx 24 + vary 7 = 31 // var indica un tipo de variable: Numero,
Texto, numero booleano etc.
```

```
Then resultado = correcto
```

```
Si no // despues del “Then” no se usa sino simplemente se vuelve a usar
if o if then
```

```
If varx 24 + vary 7 = 54
```

```
Then resultado = incorrecto
```

Las variables y constantes son los elementos que van a asignar valores a todo el código y son datos que se guardan en un espacio de la memoria RAM de la computadora o dispositivo. Las variables son los elementos que siempre cambian, pueden ser valores diferentes para números enteros, decimales, booleanos (verdadero, falso) y cadenas de texto principalmente. Los constantes se mantienen durante la ejecución del programa y hacen referencia a números que nunca cambian de valor como el muy conocido número Pi.

Cada lenguaje de programación tiene sus normas que varían dependiendo el desarrollador del lenguaje, sin embargo, comparten lógica de funcionamiento. Existen diferentes tipos de lenguajes de programación con diferente grado de amabilidad o complejidad, los más complejos o difíciles son los que nacieron

primero los llamados lenguajes máquina, se basan en códigos binarios, y fueron evolucionando a lenguajes de programación de bajo nivel y hoy día tenemos los lenguajes de alto nivel que regularmente ya tiene cargadas librerías de comandos que sintetizan las líneas de código. Esto último hace que en muchas ocasiones no se necesite ser un experto en programación, aunque sí se debe conocer la estructura básica del lenguaje.

Para emprender un desarrollo de software o un complemento como es el caso de los llamados Plug-in, si bien es importante la formación en lenguajes de programación como es el caso de C#, Python, C++, que son los más usados para desarrollo en API de programas de arquitectura como Revit, Rhinoceros, Archicad, es más importante describir qué se quiere hacer y para qué, desarrollar un algoritmo (lista de pasos) y un diagrama de flujo que es la representación gráfica de la lista de pasos. Los lenguajes antes citados requieren un intérprete, se requieren ejecutar en un compilador (programa) puede ser Visual Studio que también suele ser el más usado y que puede enlazarse con los programas de arquitectura para generar los complementos, Plug-ins o también nombrados Add-ins.

6. Conclusiones

Podemos destacar la importancia de integrar herramientas, procesos en estos flujos tecnológicos actuales que están destacando en el mundo por sus múltiples ventajas y producción masiva de datos como la metodología BIM, o la herramienta Big Data para mejorar nuestro quehacer arquitectónico.

Si bien es difícil abordar proyectos de investigación que tienen una visión multidisciplinaria, es necesario iniciar nuevos caminos que alguien más podrá mejorar, para generar productos con mayor calidad y mejoramiento de nuestros procesos en el quehacer arquitectónico.

A su vez abordar el tema de programación desde la perspectiva de un arquitecto, de inicio es complicado, sobre todo para quienes nunca hayan tenido algún tipo de instrucción en ello antes de la licenciatura, pero una vez viendo y probando los beneficios sobre la automatización de flujos de trabajo, valdrá la pena adentrarse en ese conocimiento.

Si la industria continúa aplicando estas tecnologías sobre el tratamiento masivo de datos los clientes encontrarán mejores construcciones, más baratas y entregadas en un plazo de tiempo menor.

En cuanto a los resultados del proyecto de investigación del capítulo 4 el proyecto en cuestión se encuentra en fase de desarrollo, pruebas de compatibilidad y funcionamiento. Se espera que para los resultados de prueba de calidad con el grupo focal los puntajes se encuentren en un rango de 70 a 80 según la tabla 1 pues la compilación de los bloques de código de la fase: análisis de coberturas de dispositivos de detección, han corrido con eficiencia y de acuerdo con lo esperado.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado parcialmente gracias al apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del CONACYT.

8. Referencias

- Abud, M.A. (2012). "Calidad en la Industria del Software, la Norma ISO - 9126". Revista Upiicsa. CDMX.
- Bimetheca. (octubre de 2020). Acceso a la API de Revit con Dynamo y Python, Dyna-Thon. Obtenido de bimetheca: <https://bimetheca.com/acceso-a-la-api-de-revit-con-dynamo-y-python/>
- Camargo-Vega, J. J.; Camargo-Ortega, J. F.; Joyanes-Aguilar, L. 2015. "Conociendo Big Data" Facultad de Ingeniería, vol. 24, núm. 38, enero-junio, 2015, pp. 63-77 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia.
- D. González García. "Aplicaciones de Data Science y Big Data en el sector de la construcción". Revista Comunidad. Data Science. 2020.
- Demirdogen, G., Isik, Z., & Arayici, Y. (2019). Building Information Modeling (BIM) and BIG Data Analytics for Construction Industry. *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering*.
- Garrell G. Antoni y Guilera A. Llorenc (2019). La industria 4.0 en la sociedad digital. Editorial Logisnet y Marge. Barcelona, España. p. 51.
- Instituto de vivienda del DF – INVI (2015). Manual para la presentación de proyectos y diseño de viviendas. Gobierno del Distrito Federal, México.
- Marcos, J., Arroyo, A., Garzás, J., Piattini, M. (2008). "La norma ISO/IEC 25000 y el proyecto KEMIS para su automatización con software libre". Revista española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, Vol.4, No.2.
- Mattos Aldo D. (2014). Métodos de planificación y control de obras, del diagrama de barras al BIM. Editorial Reveté. Barcelona, España.
- Mayer-Schönberger Vector., Cukier K. (2013). "Big Data. La revolución de los datos masivos". Turner Publicaciones S.L. ISBN: 978-84-15427-81-0. Madrid 2013.
- NMX-C-527-1-ONNCCE-2017 Industria de la Construcción - Modelado de Información de la Construcción - Especificaciones - Parte 1: Plan de Ejecución para Proyectos. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación - ONNCCE (2017).
- Poó Rubio Aurora Minna y Rodríguez Martínez Jorge (2018). BIM en la construcción. Editorial Universidad Autónoma Metropolitana - UAM, Ciudad de México.
- Rifkin, Jewremy (2011). La tercera revolución industrial. Editorial Paidós. Barcelona, España, p. 351-366.
- Sacks Rafael, Eastman Charles, Lee Chang y Teichols Paul (2018). BIM HandBook, a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors and facility managers. Editorial Wiley. New Jersey, USA.
- Santamaría Gallardo Luisa y Hernández Guadalupe Javier (2017). Salto al BIM, estrategias BIM de calidad para empresas punteras del sector AEC. Editorail EBD - Amazon, Barcelona, España.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público del Gobierno Federal (2018). Estrategia para la implementación del modelado de información de la construcción (MIC) en México.
- Torero, José L. (2009). Protección contra incendios. ¿Obstáculo u oportunidad? La historia de una transformación tecnológica. ILAFA 50, Quito. Interacciones entre la evolución histórica de las normas de protección contra incendios y la construcción de edificaciones. Descargable en internet, www.i-risc.org; www.see.ed.ac.uk
- X.Xiao, J.Liu, L.Ren. (2019). "Study on Construction Engineering Management Based on BIM from the perspective of big data". Shandong Transport Vocational College, Shandong, China 2019.

ⁱ Victor Mayer y Kenneth Curier exponen la diferencia entre "digitalización" y "ratificación". La primera se refiere a convertir o codificar en números dígitos, datos o informaciones de carácter continuo; la segunda, en cambio, se refiere a la recuperación de la información producto de un elemento digitalizado.

ⁱⁱ Se entiende "modelado" por la acción de dibujar en formatos 3D, en formatos BIM con parametrización de datos geométricos, físicos y características del objeto, que puede simular un producto (accesorio, material, equipo, dispositivo, etc.).

ⁱⁱⁱ En Dynamo, los nodos son los objetos que se conectan para formar un programa visual. Cada nodo realiza una operación: en ocasiones, es algo tan sencillo como almacenar un número, o puede ser una acción más compleja, como crear o consultar geometría. https://primer.dynamobim.org/es/03_Anatomy-of-a-Dynamo-Definition/3-1_dynamo_nodos.html

^{iv} "Script" es un término de la lengua inglesa que significa "guión". En informática es un conjunto de órdenes escritas en un lenguaje de programación. Son pequeños programas que no son compilados, por lo general necesitan de un programa lector o intérprete que codifique la información del script.

^v Backlog. Bloques cortos y fijos de códigos de programación que se están probando constantemente.