Integración de las tecnologías BIM & GIS en el nuevo paradigma urbano de las SmartCities. Un modelo de información multiescala.

"en un mundo conectado, los datos desconectados sólo cuentan una historia parcial" David McCandless

1 INTRODUCCIÓN

¿Qué es una ciudad inteligente? ¿Qué aporta a nuestro entramado social? El concepto se ha introducido en las políticas urbanas en el momento en el que las ciudades van tomando un renovado protagonismo político. Sobre el papel, el concepto dibuja un futuro para las ciudades en el que no sólo pone en valor los problemas venideros en el ámbito urbano, sino que intenta resolverlos. La formulación de las nuevas ciudades pasa por la participación de la ciudadanía, de la implementación de la cultura de la colaboración; y por una utilización lógica de la tecnología.

Sin embargo, la creación de una ciudad inteligente es algo más que la provisión de ciertos servicios de forma individual. Desplegar una Smart City lleva asociado la creación de una serie de infraestructuras así como disponer de mecanismos de gestión de la información y diferentes plataformas. Y todo ello integrado bajo una perspectiva global.
La Smart City requerirá de herramientas que posibiliten la gestión de parámetros como la movilidad, la implicación de las personas, economía, habitabilidad, aspectos sociales y medio ambiente. En definitiva, debemos orientamos hacia una calidad de vida que busque como objetivo el equilibrio difícil de múltiples indicadores en los que los aspectos sociales y medioambientales sean la base de un nuevo concepto de ciudad.

Las nuevas tecnologías como BIM (Building Information Modelling) o el loT(Internet of the things), aplicadas a la gestión eficiente de la explotación y conservación de los edificios, la normalización del diseño y funcionamiento energéticamente eficiente y los retos ambientales y socioeconómicos que hemos de resolver actualmente, hacen de la arquitectura una disciplina imprescindible para que la ciudad inteligente «smart city» sea una realidad integral tanto desde la concepción de los «smart buildings» como de las buenas prácticas de las personas.

Las representaciones de los edificios en los modelos de ciudad utilizan información transferida desde BIM para representar la semántica del edificio, mientras que la información en tiempo real sobre el interior debe ser proporcionada por los sensores virtuales. Ya que una ciudad puede ser considerada como un ecosistema vivo, los modelos más precisos información de la ciudad utilizaran la información procedente de ambos.

Además, los modelos de ciudades tridimensionales virtuales como marco de trabajo general y plataforma para datos espaciales permiten combinar datos BIM con sistemas GIS (Sistemas Información Geográfica). Mientras que un creciente número de fuentes de geoinformación está disponible, la información detallada acerca de las edificaciones típicamente no es ni administrada, ni representada por los datos GIS. Para mejorar y complementar los modelos de ciudades 3D virtuales al respecto, la información procedente de sistemas de diseño asistido por computador u otras herramientas de manejo de edificaciones necesita ser integrada y así crear un puente entre los dominios de diseño asistido por computador, GIS y BIM.

2 OBJETIVOS ESPECIFICOS Y METODOLOGÍA

Los objetivos específicos de este trabajo son por tanto:

- Visión general de la metodología BIM (Building Intelligent Modelling) y los sistemas GIS (sistema de información geográfica), sus características, software y actualidad.

- Explorar el estado actual de la aplicación del BIM en diferentes áreas de la gestión del edificio y por extensión, de la ciudad. Para ello será por tanto necesario estudiar la interoperabilidad entre las herramientas de gestión utilizadas en FM, GIS y BIM.

- Estudiar las ventajas y posibilidades de integración a la hora de crear un sistema unificado de herramientas de gestión, encaminado a la sostenibilidad y la eficacia de los edificios. En este sentido investigar el nuevo concepto de SmartCity, como una ciudad compuesta por "SmartBuildings" donde el perfil del Arquitecto y del Facilities Management sería necesario y fundamental.

- Estudiar el ejemplo de Nueva York y su transformación en SmartCity, una ciudad que está desarrollando de forma estratégica su apuesta por la economía digital, un ejemplo de cómo aprovechar los ecosistemas digitales para impulsar la economía urbana y transformar los servicios públicos desarrollando además aplicaciones cívicas. Análisis de las investigaciones llevadas a cabo en estos aspectos en entidades de referencia como el "Data Science Institute" en la Columbia University, acerca de las SmartCities y la gestión de datos para una infraestructura urbana sostenible.

- Reflexión crítica acerca de lo que podría suponer esta visión de ciudad inteligente para el ciudadano de a pie: ¿Cuál será su papel?

- Establecer ejemplos de puesta en práctica a través de breve caso-estudio.

- Proporcionar una metodología y unas conclusiones a partir de los datos obtenidos.

El objetivo es, en definitiva, adquirir conocimientos en estos temas, de manera que puedan ser aplicados independientemente del software utilizado y que puedan implementarse con el apoyo de las aplicaciones informáticas actuales y de las futuras, teniendo en cuenta las tendencias actuales y el desarrollo previsto de la tecnología.

3 CONTEXTO

3.1 BIM

CONCEPTO Y ORIGEN

BIM es el acrónimo de Building Information Modeling (modelado de la información del edificio), pero detrás de eso es importante saber qué significa, en qué consiste, y sobre todo por qué se considera tan importante para el futuro del sector de la construcción. Es difícil encontrar una definición universal del término que responda a esas preguntas, aunque existen muchas definiciones similares, entre las que destacamos las siguientes.

Jerry Laiserin, establece que:

"BIM, o el modelo del edificio basado en datos, es un proceso de representación que crea "vistas" multidimesionales, con gran cantidad de datos disponibles, para todas las fases del proyecto y su construcción. Este método repercute muy positivamente en la comunicación, la colaboración, la simulación y la optimización". (Eastman, et al., 2011)

BuildingSmart lo define como:

"Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D). El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación." (Building Smart, 2014)

Eloi Coloma Picó en Introducción a la tecnología BIM lo define como:

"BIM es el acrónimo de Building Information Modeling y se refiere al conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus calidades físicas, los usos de cada espacio, la eficiencia energética de los cerramientos, etc." (Coloma Picó, 2011)

En definitiva podríamos decir que BIM no es un software ni una herramienta, es un proceso o metodología de representación del edificio basado no solo en su geometría sino también en datos. La informatización del proceso a través del software es lo que modifica por completo las reglas tradicionales del proyecto y su construcción. Es un proceso que se produce en un entorno simultaneo, sinérgico y colaborativo, es decir, que facilita compartir datos (comunicación),

trabajar sobre los datos compartidos (colaboración), realizar análisis previos a la construcción (simulación), y usar estos resultados para mejorar el diseño (optimización).

Este concepto integrador suma y potencia capacidades en los flujos de trabajos y permite integrar el negocio, el diseño, la construcción y el mantenimiento, vinculando a empresarios, profesionales y dueños en un mismo espacio de trabajo.

ACTUALIDAD

Como hemos comentado, el contexto socioeconómico y ambiental actual pide una apuesta decidida por la eficiencia, el ahorro y la optimización de recursos, muy especialmente en el ámbito de la edificación y la arquitectura. Esto obliga a modernizar el sector de la construcción, que arrastra prácticas que se han demostrado obsoletas en el momento de responder a esta demanda. En España, el uso de la metodología BIM está casi comenzando, sin embargo y viendo cómo avanza el sector más allá de nuestras fronteras, parece inevitable un cambio de CAD a BIM. En cuanto al software empleado a nivel nacional, destacaríamos ArchiCAD y REVIT, siendo éste último el que destaca en mercados altamente profesionalizados y en especial en entornos donde la exportación de proyectos y la escala internacional es determinante.

3.2 GIS

CONCEPTO Y ORIGEN.

El término Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS) integra diversas áreas, por lo que no existe una definición consensuada sobre el mismo; si bien una de las más aceptadas es la proporcionada por el National Centre of Geographic Information and Analysis (NCGIA):

Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. (Abler, 1987)

Esta definición proporciona una idea general de lo que es un SIG, aunque existen muchas otras que acentúan su componente de base de datos, su funcionalidad o bien el hecho de ser una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, entre otros aspectos. No obstante, todas coinciden en referirse a los SIG como sistemas integrados para trabajar con información espacial. Los Sistemas de Información Geográfica se han convertido en la última década en herramientas de trabajo esenciales en el planeamiento urbano y en la gestión de recursos. Su capacidad para almacenar, recuperar, analizar, modelizar y representar amplias extensiones de terreno con enormes volúmenes de datos espaciales les han situado a la cabeza de una gran cantidad de aplicaciones. Los Sistemas de Información Geográfica se utilizan actualmente en la planificación de los usos del suelo, gestión de servicios, modelado de ecosistemas, valoración y

planificación del paisaje, planificación del transporte y de las infraestructuras, marketing, análisis de impactos visuales, gestión de infraestructuras, asignación de impuestos, análisis de inmuebles y otras muchas.

3.3 INTEROPERABILIDAD BIM-GIS-FM

3.3.1 CONCEPTO

La idea fundamental a la hora de integrar dos o más softwares es la de permitir la comunicación entre ellos, el intercambio de información y después interoperar para alcanzar un objetivo común. Para lograr lo anterior, deben estar conectados todos los tipos de datos entre las diferentes fuentes y sistemas, de manera que conduzcan a la obtención de una información y conocimiento útil.

Con respecto al espacio, las ciudades tienen grandes superficies y usos dentro de los edificios. A modo de ejemplo, Dan Campbell en la ciudad de Vancouver, explica que simplemente un modelo BIM utiliza ¼ del espacio del modelo SIG en 3D de toda la ciudad. (Safe Software , 2016) Esto significa que en muchos escenarios de SmartCity, la mayoría de los datos tendrán que proceder de Sistemas BIM y conectarse a los SIG. Por lo tanto para hacer esto posible, las bases de datos BIM tendrán que evolucionar al mismo estado de apertura que los SIG, ver Fig. 3. 1 . Hoy en día, el uso de bases de datos abiertas puede ser considerado como un estándar dentro de los SIG y sin embargo, el enfoque de BIM está todavía muy orientado hacia su habilitación en la web y no tanto hacia el uso de modelos BIM de transferencia de datos abiertos (Månsson, 2015).

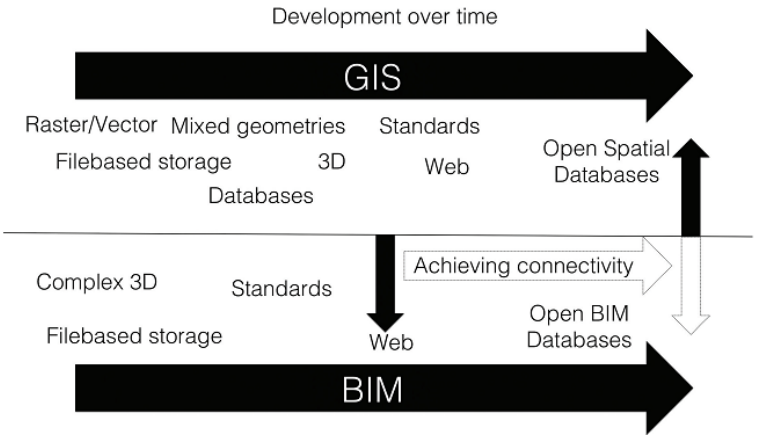

Fig. 3. 1 Conectividad entre BIM y GIS. Fuente: http://www.samgis.m.se/wp-content/uploads/2015/11/ulf_mansson_bim_gis_cad.pdf

Un proyecto de construcción implica normalmente una serie de herramientas de software de diferentes proveedores para llevar a cabo tareas específicas, por lo que la demanda para compartir datos e información entre los agentes del proyecto durante el ciclo de vida de éste ha aumentado considerablemente. El intercambio de datos en un entorno tan heterogéneo requiere que todas las partes tengan un modelo de datos común, de modo que cada parte sepa cómo generar e interpretar los datos dentro de la comunidad. Un modelo neutro común es la solución más factible en la industria de la construcción y el Facilities Management para permitir el intercambio de datos o la integración en

diferentes aplicaciones. Con un modelo de datos común, es posible que la información relativa al proyecto sea creada una vez, y luego sea reutilizada y ampliada durante el resto del ciclo de vida del edificio. Esto reduce la duración del proyecto, eliminando la necesidad de volver a crear modelos de datos en varias ocasiones y aumenta la calidad del mismo gracias a la eliminación de errores

En los últimos 15 años, la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) ha estado desarrollando activamente normas internacionales e industriales. Muchas de estas normas comparten una base tecnológica común con la norma internacional ISO 10303, siendo el modelo más conocido el denominado Industry Foundation Classes [IFC]).

3.3.2 FORMATO IFC

El formato IFC, "Industry Foundation Classes", es un formato de datos de especificación abierta que fue desarrollado por la Alianza Internacional para la Interoperabilidad (IAI) (convertida actualmente en building-SMART) y representa no sólo componentes tangibles de las edificaciones, como muros, puertas, vigas, techos, mobiliario, etc., sino que también incluye conceptos más abstractos como planificadores, actividades, espacios, organización, costos, etc. en forma de entidades. Todas las entidades pueden tener un número de propiedades (nombre, geometría, materiales, acabados, relaciones, etc., por ejemplo). En definitiva, las clases y objetos IFC representan un modelo de información tanto geométrico como alfanumérico, formado por un conjunto de más de 600 clases y en continua ampliación. Todos los programas de software que soportan IFC pueden leer y escribir información e intercambiarla con otros programas. De este modo comunicamos "objetos", con funcionalidad y propiedades.

Los formatos IFCs, ver Fig. 3. 2, llevan más de 10 años de desarrollo, pero con recursos insuficientes y dependiendo de un pequeño número de expertos. Ahora mismo, tras el estándar IFC 2×3, encontramos el IFC 4 que mejorará mucho este tratamiento de la información. Así, el futuro del estándar abierto IFC 4, (Building Smart, 2016), pasa por dos vías. Por una parte tenemos el formato IFC 4 Reference View, cuya utilización será para la coordinación del modelo, y no será editable (los objetos no se convertirán en nativos) con una connotación muy parecida al formato IFC 2×3, y luego el formato IFC 4 Design Transfer View, en donde podemos importar los elementos como si fueran nativos.

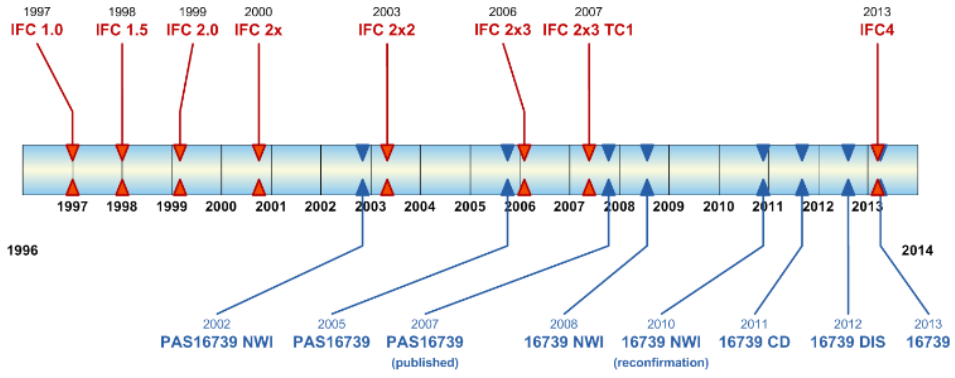

Fig. 3. 2 Evolución estándar IFC. Fuente: http://cypecad.cype.es/ampliadas/cypecad_43.htm

3.3.3 FORMATO CityGML

Como ya hemos comentado, en el campo de los sistemas de información geográfica se ha desarrollado una especificación que facilita la interoperabilidad, denominada lenguaje de marcado geográfico (Geography Markup Language [GML]), el cual permite la representación de las entidades geográficas del mundo real. El objetivo de CityGML es definir de forma común las entidades básicas, atributos y relaciones que establecen un modelo de ciudad en 3D, independientemente de su campo de aplicación. Además, no sólo representa la geometría, topología y apariencia de los objetos de forma coherente y homogénea, sino también las propiedades temáticas y semánticas, taxonomías y agregaciones. El modelo temático está dividido en diferentes áreas: modelos digitales del terreno, los edificios, la vegetación, los sistemas de transporte, el mobiliario urbano, etc.

La información puede representarse en 5 niveles, ver Fig. 3. 3, serían: LOD0: región geográfica; LOD1: ciudad; LOD2: zona urbana, proyecto; LOD3: modelos arquitectónicos exteriores, y LOD4: modelos arquitectónicos interiores.

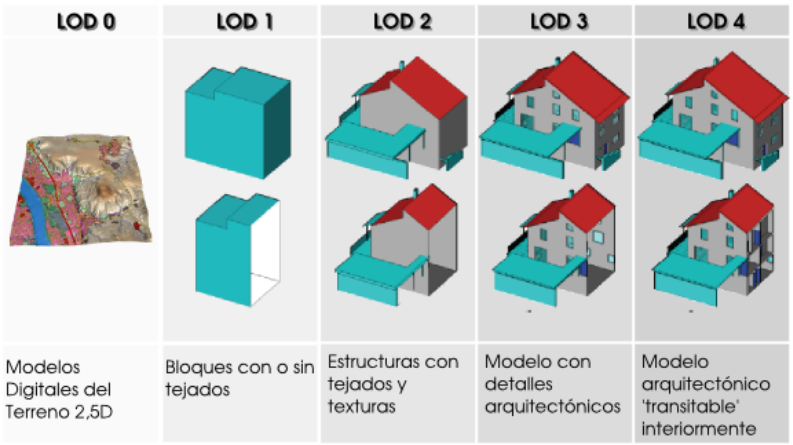

Fig. 3. 3 Niveles CityGML. Fuente: http://www.altergeosistemas.com/wp-content/uploads/LOD_CityGML-e1384425198116.pngNiveles

En CityGML existen relaciones explícitas entre la semántica de los objetos y su representación geométrica; de esta forma, las entidades geométricas "saben" lo que son y las entidades semánticas "saben" dónde están y cuáles son sus extensiones espaciales (Kolbe & Stadler, 2008).Es claro que la información semántica es altamente beneficiosa, pero solamente si se conoce su relación con la geometría. Para cada dimensión existe una primitiva geométrica: un objeto cero dimensional es un punto; unidimensional, una curva; bidimensional, una superficie, y tridimensional, un sólido. Los modelos urbanos 3D pueden integrarse en diversos tipos de sistemas de información geográfica y permiten integrar información espacial heterogénea. El sistema resultante puede ser usado efectivamente en el proceso de planeación urbana.

Frente a otros estándares de representación de datos 3D, CityGML (Prieto, et al., 2012) permite representar información geográfica desde el ámbito de ciudad hasta el de edificio gracias a los diferentes LOD. El edificio puede representarse en 3D incluyendo los detalles del interior al mismo tiempo que incorpora información sobre su entorno, a nivel de barrio o centro histórico. Así, CityGML permite fusionar información procedente de CAD (Computer Aided

Design) y GIS en un único modelo de datos. Esta información, tradicionalmente no compatible, incrementa la utilidad de los modelos almacenados y el campo de aplicaciones que lo explotan.

3.3.4 MODELO BIM/GIS-IFC/CityGML

Las comunidades GIS y AEC, arquitectura, la ingeniería y la construcción, determinaron que tanto IFC como CityGML contienen elementos comunes y que, por lo tanto, pueden llegar a constituir un eslabón de integración, ver Fig. 3. 4, entre los mundos de los SIG y los sistemas de modelado de información de edificaciones. (Bello-Pérez & Pérez-Castillo, 2012)

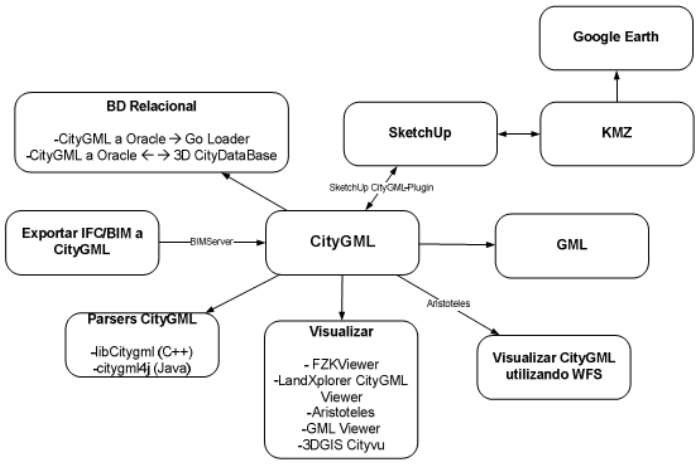

Fig. 3. 4 Interoperabilidad CityGML. Fuente: (Prieto, Egusquiza, Delgado, & Martínez, 2012)

Los modelos IFC que se conviertan a modelos CityGML deben ser georreferenciados. En general, un modelo IFC puede definirse dentro de un sistema de coordenadas arbitrario. Para usar tal modelo dentro de un entorno geográfico virtual tiene que ser transformado al sistema de coordenadas geográficas. De esta forma, las partes internas de la edificación también son georreferenciadas. Al igual que en el GML, las geometrías de IFC son propiedades espaciales de los objetos semánticos. El IFC posee un modelo de geometría muy flexible (representaciones CSG, BRep y Sweep), ver Fig. 3. 5; pero no provee soporte para sistema de coordenadas de referencia.

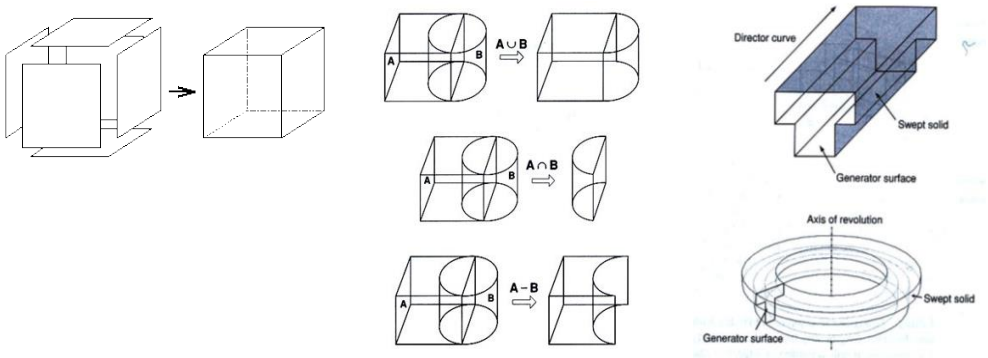

Fig. 3. 5 Diferencias representación BRep (Boundary representation), SGC (Constructive solid geometry) y Sweep. Fuente: http://slideplayer.com/slide/5136326/

Debido a que el ámbito de IFC está restringido a edificaciones y sitios, no incluye clases de fenómenos topográficos, como terreno, vegetación, zonas de agua, etc. IFC es un modelo semántico como CityGML, pero con ámbito y escala diferentes. Los modelos IFC pueden ser convertidos a CityGML con diferentes grados mientras preserva la mayoría de la información semántica. Sin embargo, las geometrías CSG y Sweep deben ser convertidas a BRep, ver Fig. 3. 6. De esta forma, los objetos IFC pueden ser traídos al contexto de modelos de ciudad dentro de SIG o bases de datos espaciales y podrían entonces ser objeto de consultas espaciales y temáticas. (Kolbe, 2009)

Los modelos de ciudades tridimensionales virtuales como marco de trabajo general y plataforma para datos espaciales permiten combinar datos BIM con SIG. Mientras que un creciente número de fuentes de geoinformación está disponible, la información detallada acerca de las edificaciones típicamente no es ni administrada, ni representada por los datos SIG. Para mejorar y complementar los modelos de ciudades 3D virtuales al respecto, la información procedente de sistemas de diseño asistido por computador u otras herramientas de manejo de edificaciones necesita ser integrada y así crear un puente entre los dominios de diseño asistido por computador, GIS y BIM.

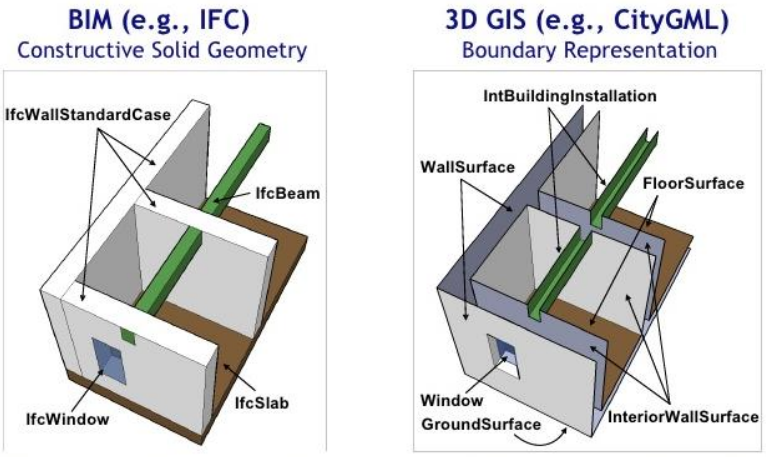

Fig. 3. 6 Diferencias modelado IFC-CityGML. Fuente: http://www.slideshare.net/berlotti/citygml-extension-for-bim-and-ifc

El Open Geospatial Consortium es la entidad encargada de fijar los estándares de información espacial en el ámbito internacional. Uno de sus programas es el de interoperabilidad, que busca facilitar el intercambio de información geográfica, incluido diseño asistido por computador, SIG y BIM. Dicha integración busca introducir los conceptos geográficos en BIM, y la pieza fundamental son los servicios web del Open Geospatial Consortium. El modelo de la edificación se almacena utilizando IFC y es traducido mediante un servicio web de entidades a lenguaje CityGML.

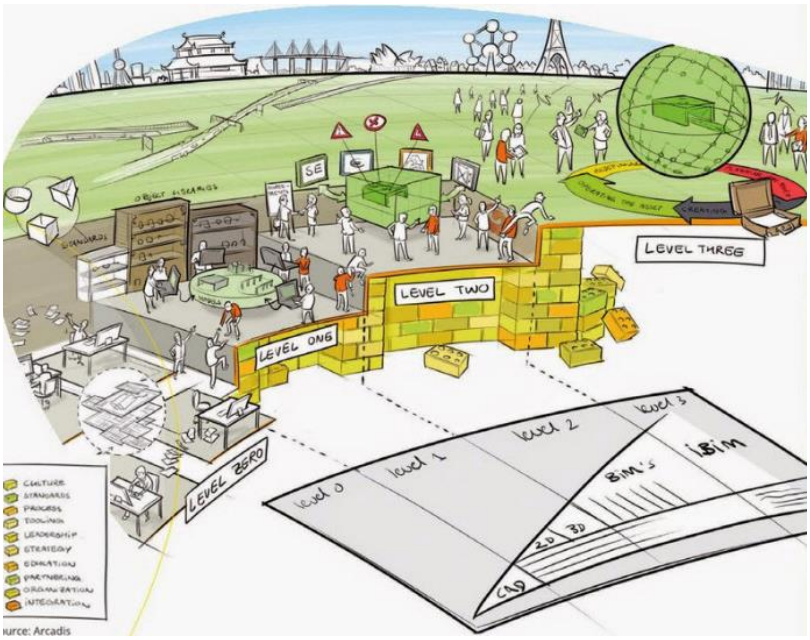

Fig. 3. 7 Evolución del BIM. Niveles. Fuente: https://elbimbang.wordpress.com/2014/10/05/etapasniveles-en-el-bim/

Los principales desarrolladores de IFC y CityGML están de acuerdo en que esos dos modelos de información son complementarios. Teniendo esto en cuenta, existe un gran desafío respecto a métodos que permitan traducir algún conjunto de IFC hacia CityGML, y viceversa. Por tanto podemos afirmar que el futuro de la interoperabilidad en los dominios de la arquitectura, la ingeniería y la construcción y SIG involucra la comprensión de cómo se complementan IFC y CityGML (Open Geoespacial Consortium, 2016) para permitir su transformación e integración. Así, lo más difícil en esta etapa de BIM Nivel 2 en la que nos encontramos, ver Fig. 3. 7, ha sido por tanto la estandarización. En el caso del software para el campo geoespacial, ha sido el software libre el que ha hecho la fuerza para la estandarización con el grado de consenso que ahora representa el Open Geospatial Consortium OGC, donde se ha logrado avanzar con varios estándares de aceptación consensuada que apuntan al BIM, especialmente el GML, del que avanzan los ejemplos aquí analizados como InfraGML, CityGML Y UrbanGML.

Las tendencias de la convergencia de disciplinas son notorias tanto en la fusión/adquisición de empresas como en la visión holística por la estandarización. El nivel de integración que se espera en el BIM Nivel 3, ya después de 2020 incluye expectativas un tanto utópicas de uniformidad en cuanto a los estándares: Datos Comunes (IFC), Diccionarios Comunes (IDM) y Procesos Comunes (IFD). Se espera que la adaptación del Ciclo de Vida lleve al Internet de las Cosas (Internet of Things IOT), en donde no solo está modelada la superficie del terreno, sino también las maquinarias e infraestructuras que forman parte de los inmuebles, los objetos utilizados para el transporte (bienes muebles), los bienes de consumo doméstico, los recursos naturales, todo en el ciclo de vida que aplica a la actuación de derecho público y el privado de los Propietarios, Planeadores, Diseñadores e Inversores.

En lo que muchos coinciden, es que GIS se integrará en el BIM bajo la visión de Ciudades Inteligentes o SmartCities cuyo concepto ampliaremos en el siguiente apartado. Si consideramos la Sexta dimensión (6D) en los

tiempos de las SmartCities, donde cuantificar, utilizar, reciclar y generar energía será importante, entonces serán necesarias capacidades que ahora hace el GIS con mucha especialidad.

3.4 CONCEPTO DE SMARTCITY

El concepto de Smart City es un concepto muy amplio, en el que caben definiciones de diverso alcance, desde las más restrictivas hasta las más extensivas, pero que comparten en todos los casos la aplicación de las Tecnologías como pilar básico y elemento transversal facilitador de la mejora de los servicios públicos, de la sostenibilidad y de la eficiencia.

Vicente Guallart, ver Fig. 3. 8, hace una aportación importante cuando define la anatomía que configura este concepto de ciudad, estableciendo una superposición de capas en la que la primera es el medio ambiente y una red de redes compuesta por: un sistema para el análisis y gestión de la información, un sistema de abastecimiento y depuración del agua, un sistema productivo y de gestión de residuos, un sistema de generación y abastecimiento energético y un sistema de movilidad urbana.

Cada una de las redes está compuesta por multitud de nodos entrelazados entre sí. Esta visión de la ciudad por capas permite, con una perspectiva global de la situación, diseccionar una realidad compleja, hacerla fácilmente

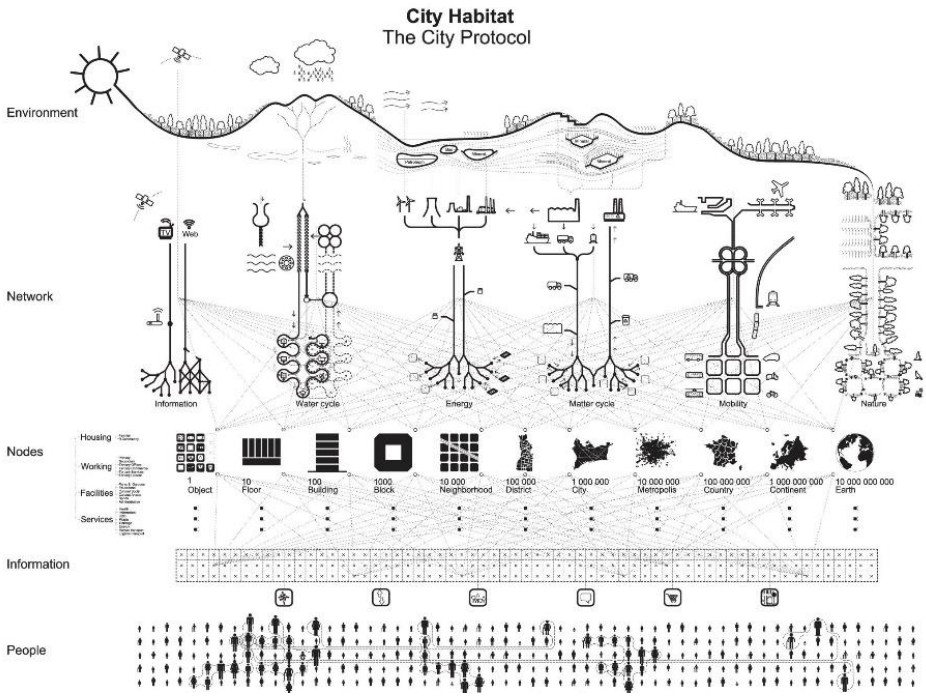

Fig. 3. 8 Anatomía de la ciudad. Fuente: http://spain-lab.net/architect/guallart/

comprensible, definir las medidas específicas a implementar en cada sistema y también permite complementar y agregar nuevos sistemas a la Smart City.

El concepto de Smart City es por tanto un término abierto en su definición, formaliza una ciudad como red dentro de una red, cuyo objetivo es intentar dar respuesta a la demanda de la nueva sociedad que la está generando. Desde un

punto de vista conceptual, no formal, las soluciones que aporta una Smart City a un modelo de ciudad equilibrado y sostenible, son:

- Incorpora y desarrolla soluciones técnicas que mejoran la eficiencia de los sistemas que la componen (agua, residuos, energía movilidad, gestión de emergencias, e-administración…) desde una concepción global del modelo de ciudad que se pretende.

- Cuenta con una red de sensores que permite tener información actualizada para la toma de decisiones en tiempo real.

- Está dotada con una plataforma capaz de analizar la información y facilitarla de forma que le pueda ser útil a la administración, los ciudadanos y las empresas.

- Permite que los ciudadanos satisfagan sus necesidades mediante el desarrollo de infraestructuras que respondan los crecientes requerimientos de los Smart Buildings.

- Cuentan con sistemas a los que los ciudadanos pueden conectar sus "Smart House", ofreciendo unos servicios atentos a las demandas actuales. (Quesada & Pulido, 2012)

La conceptualización de la ciudad como una "red de redes", multiescalar o fractal, permite interpretar la realidad desde un mismo paradigma, se puede considerar el globo terráqueo como una red de redes en el que cada ciudad forma parte de un sistema más complejo, a un edificio en el que los sistemas deben de interactuar para mejorar el funcionamiento y la eficiencia del mismo. Una red que cambia, que muta, en constante movimiento y que, en función de las necesidades de la sociedad y de las soluciones propuestas, incorpora nuevas capas o modifica las existentes.

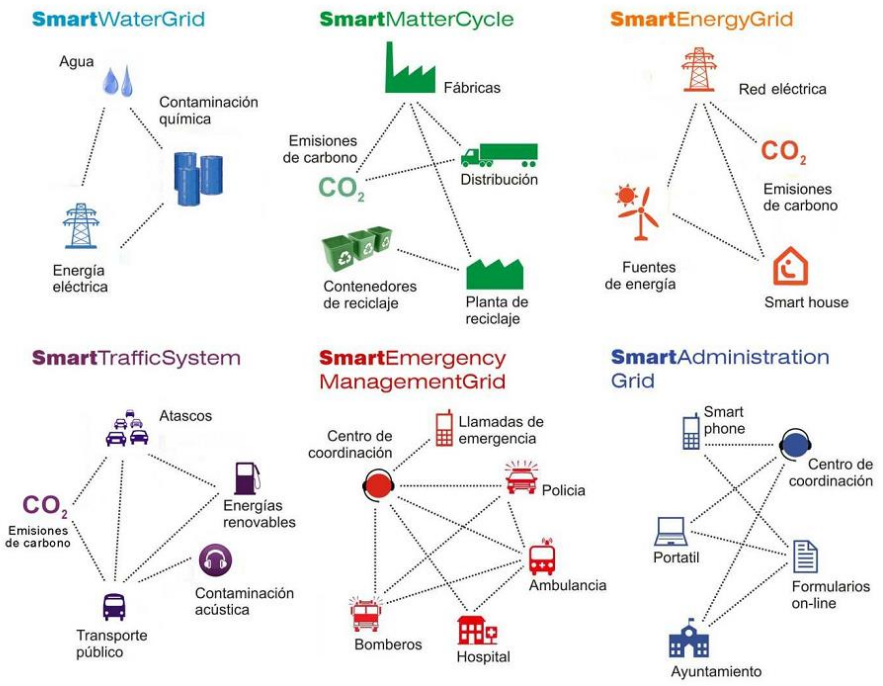

Fig. 3. 9 Redes de la SmartCity. Fuente: Smart city: hacia un nuevo paradigma. QUESADA, Santiago; PULIDO, Antonio Luis. 2012

En definitiva, Smart Cities es sinónimo no sólo de ciudad inteligente y aplicación de TICs "4.0" (IoT, BMS, BIM, Realidad Aumentada, Inteligencia Artificial…) sino la manera de conjugar las necesidades de conservación y correcta operación bajo criterios de sostenibilidad del Patrimonio, poniendo en contacto, a través de aplicaciones de gestión modernas que aprovechan todas las capacidades tecnológicas existentes, al gobierno municipal con los ciudadanos, los técnicos y las empresas de servicios en aras del mejor aprovechamiento de los recursos públicos.

3.4.1 LA SMARTCITY Y EL FACILITIES MANAGEMENT

La Smart City es, por analogía, la placa base donde se deben insertar los edificios "Smart Buildings" generando una nueva relación público-privada donde el ciudadano es más protagonista de su hábitat gracias a las tecnologías, tanto del hábitat ciudad como de los propios edificios. Entendemos por tanto que la evolución en la ciudad es la misma que en los edificios, ya que concepto de Smart City pasa por la visión concreta del edificio, y por tanto la profesión del Facilities debe extenderse a la gestión del espacio público en la ciudad. El papel del Facilities Management debe entrar en el proceso edificatorio desde una visión integral, donde se tengan en cuenta sus conocimientos y el proceso

constructivo no sea entendido como una carrera de relevos entre los diferentes agentes, veáse Fig. 3. 11, sino pasar a un sistema de trabajo integral donde se establezca contacto con los conocimientos de los demás.

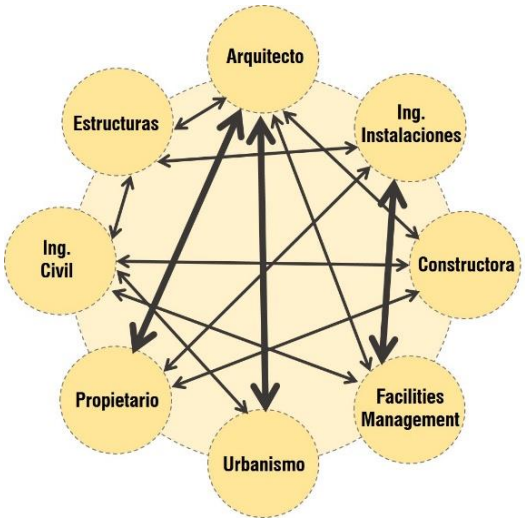

Fig. 3. 11 Modelo tradicional de intercambio de información. Fuente: Propia.

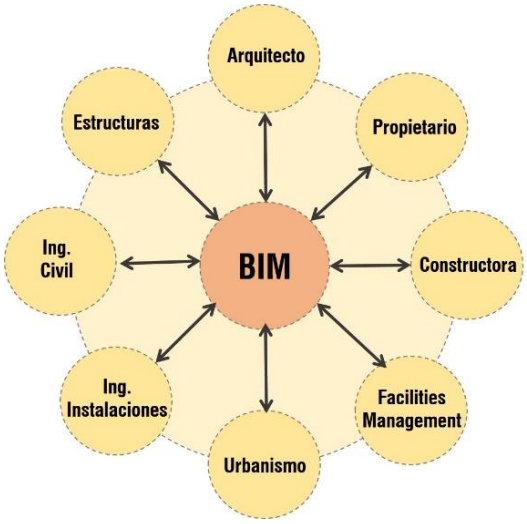

Fig. 3. 10 Modelo BIM integral de intercambio de información. Fuente: Propia.

Tal como se viene señalando en los últimos congresos sobre Smart City, *"Las Smart Cities necesitan "Smart Buildings" y los "Smart Buildings" necesitan Facilities Management"*. El BIM es, respecto al proceso edificatorio, el centro que permitirá que los diferentes actores estén actuando de manera integrada, ver Fig. 3. 10, cada uno en su momento pero con conocimiento y alertas de la actuación del resto de los agentes.

La disciplina del Facility Management es por tanto un instrumento imprescindible para que las Smart Cities sean una realidad integral tanto desde la concepción de los edificios, Smart Buildings como de las People Best Practices. (Smartcity Expo World Congress, 2016)

Smart City y Facility Management son dos conceptos confluyentes debido al paralelismo que existe entre la manera de planear, construir y gestionar la ciudad desde el concepto de ciudad inteligente y la evolución tipológica y tecnológica de la disciplina del FM para la gestión de los activos y sus servicios, con el objetivo de aumentar tanto su valor como la productividad de su uso. La Smart City tecnológica, medible, controlable por y para las personas, es un concepto de ciudad que además facilita la mejora de la participación ciudadana proactiva y fomenta la cooperación y cohesión social en el funcionamiento de la ciudad por parte de los usuarios. (Neri Gordi, 2015)

3.4.2 SMARTCITY Y LA APLICACIÓN DE LAS TICS

La tecnología digital ofrece grandes beneficios cuando se adopta para implementar formas integradas de representación del mundo físico en un formato digital, ver Fig. 3. 12. Cuando ésta se aplica a la extensión total del mundo

construido y natural, se le conoce como el Entorno Construido Digital o Digital Building Environment (DBE) y abarca una amplia gama de enfoques e iniciativas tecnológicas, todos ellos destinados al mismo objetivo final: desarrollar un mundo virtual que refleje suficientemente el mundo real formando la base de las Smartcities, facilitar el diseño eficiente de las infraestructuras y el mantenimiento programado, y crear una nueva base para el crecimiento económico y el bienestar social a través del análisis basado en la evidencia. (Plume, et al., 2015)

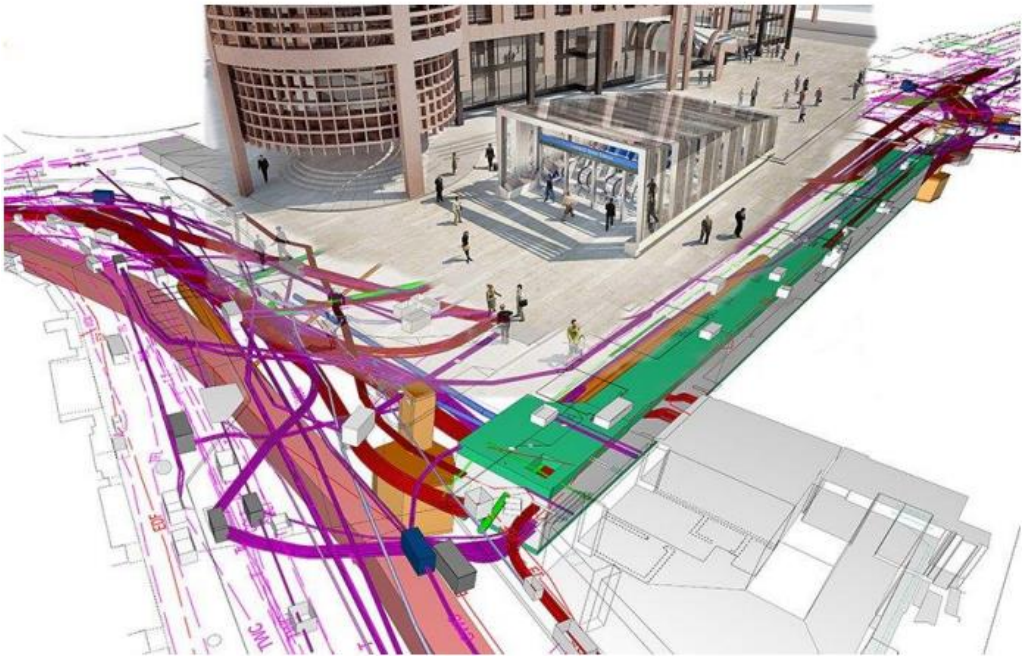

Fig. 3. 12 Proyecto Crossrail de Londres, Nivel 2 "Common data environment" (CDE). Fuente: CIOB-Chartered Institute of Building, UK.

Las investigaciones relacionadas con la construcción de edificios y ciudades están siendo testigo de un resurgimiento, provocado principalmente por el uso generalizado de las aplicaciones tecnológicas inteligentes y los dispositivos electrónicos. Así, se espera que el uso efectivo de estas tecnologías en los activos construidos se traduzca en un impacto significativo para la economía digital de muchos países. En estas nuevas tendencias, hay que hablar del "Internet of the Things" (IoT) o "Internet de las cosas", un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet, haciendo referencia a un mundo conectado hasta el último extremo, donde objetos y seres físicos interaccionan con entornos virtuales de datos en el mismo espacio y tiempo. Gracias a esta interacción del ciudadano con la ciudad, es posible el uso del "Big Data" (tratamiento masivo de los datos de la red), que presenta importantes oportunidades para las administraciones públicas, tanto para el análisis de los comportamientos, como para las necesidades de sus habitantes. El Big Data y la información recogida a través de los Smart Sensors de la ciudad, serían enviados a una central donde se gestionan los datos y se ejecutan las acciones pertinentes. Las teorías de modelización urbanas y arquitectónicas todavía tienen que responder a estas tendencias, con el fin de proporcionar una base para comprender y hacer intervenciones en la tecnología, en la telemática y la modelización de los flujos de información y las interacciones de intercambio de datos. (Al Sayed, et al., 2013)

Las representaciones de los edificios en los modelos de ciudad utilizan información transferida desde BIM para representar la semántica del edificio, mientras que la información en tiempo real sobre el interior debe ser proporcionada por los sensores virtuales. Ya que una ciudad puede ser considerada como un ecosistema vivo, los modelos más precisos información de la ciudad utilizaran la información procedente de ambos.

A pesar de que la información semántica de los modelos esté representada con éxito en el entorno BIM, cuando se trata del modelo de edificio ya construido y destinado a la operación del mismo esta información permanece inalterada, lo que significa que no representa el edificio como una entidad viva, sino sólo el estado "as-built" o "as-operated" del mismo. Por ejemplo mediante la consulta de un modelo BIM se puede averiguar si una puerta en un edificio es de madera, o si una puerta se ha construido (o no) en una fecha determinada, o incluso se pueden consultar los cambios realizados en esa puerta hasta hoy, pero no es posible recibir avisos para saber si la puerta está abierta o cerrada en un momento concreto. Con el fin de hacer del BIM un recurso de información "viva", la información procedente de la IoT y los nodos o redes de sensores deben integrarse con él. Una vez los sensores que monitorizan cada elemento del edificio se integren con los datos de los objetos en BIM, proporcionarán información significativa acerca de los estados de los elementos de construcción y también en relación con los estados de los espacios (habitaciones, pasillos, etc.) en el edificio. Así, podrán ser observadas ciertas condiciones de los espacios o habitaciones, como la temperatura, niveles de gases, niveles de ruido, la existencia de personas o animales, la tasa de contaminación del aire, la humedad, de manera que esta información se proporcione a través de la nube en tiempo real. Así, como vemos en la Fig. 3. 13, algunos autores (Isikdag, 2015) proponen un patrón de integración GIS-BIM-IoT para la creación de un modelo de ciudad inteligente.

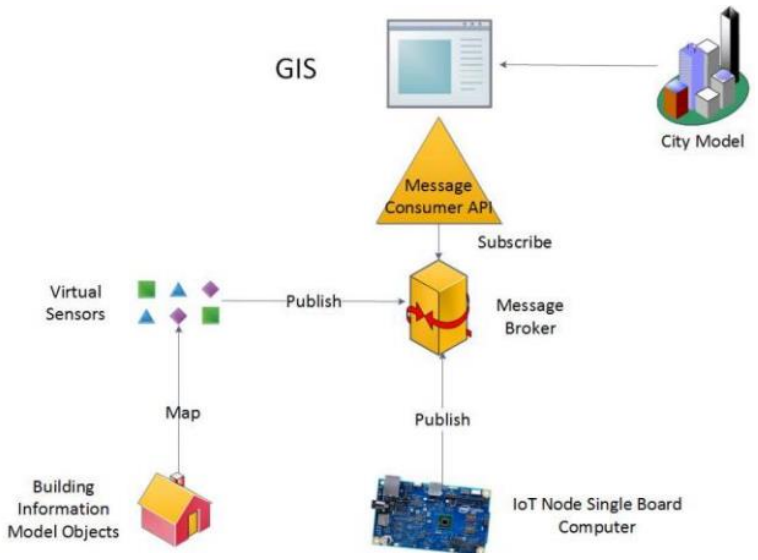

Fig. 3. 13 Integración GIS-BIM-IoT para el modelo de SmartCity. Fuente: (Isikdag, 2015)

Otro de los retos del BIM es que llegue un momento donde incluya una relación intrínseca con el PLM (Product Lifecycle Management), en donde la industria de manufactura y servicios gestiona un ciclo similar aunque con alcances que no necesariamente incluyen el aspecto geoespacial. El punto de convergencia de estas dos rutas (BIM + PLM) es este concepto de ciudades Inteligentes, en donde la mayoría de grandes empresas están poniendo la mirada, tanto por

la demanda urgente de las grandes metrópolis como por lo irreversible ante el inagotable ingenio humano en la ciencia y la tecnología aplicada a la toma de decisiones.

Bew y Richards teorizan la ruta de maduración del BIM en cuatro niveles, incluido el Nivel cero, como vemos en la Fig. 3. 14. El reto del BIM Nivel 3, es que las disciplinas convergen ya no mediante formatos de archivos sino mediante servicios desde BIM-Hubs. Un ejercicio interesante de eso serán las propias Smart Cities, de las que ya hay casos como Compenhague, Johanesburgo o Singapoore que hacen intentos interesantes por fusionar el e-gobierno, gobierno electrónico, con el g-gobierno, GIS + Internet para un gobierno más eficiente (ESRI, 2016), si nos permitimos esos términos.

Pero también es un reto interesante, que en ese entorno del BIM Nivel 3, toda la actividad humana está modelada. Esto implica que se incluyen aspectos como las finanzas, educación, salud, medio ambiente, dentro de un ciclo vinculado a la gestión espacial. Por supuesto, no veremos ejercicios funcionales de esos en esta década, incluso es cuestionable si realmente lleguen a darse en el mediano plazo, si consideramos que las aspiraciones son para asegurar la mejora en la calidad de vida de los habitantes de este planeta *–o al menos de esas ciudades–* y la recuperación de los daños al ecosistema global *–cosa que no depende de unas cuantas ciudades-*.

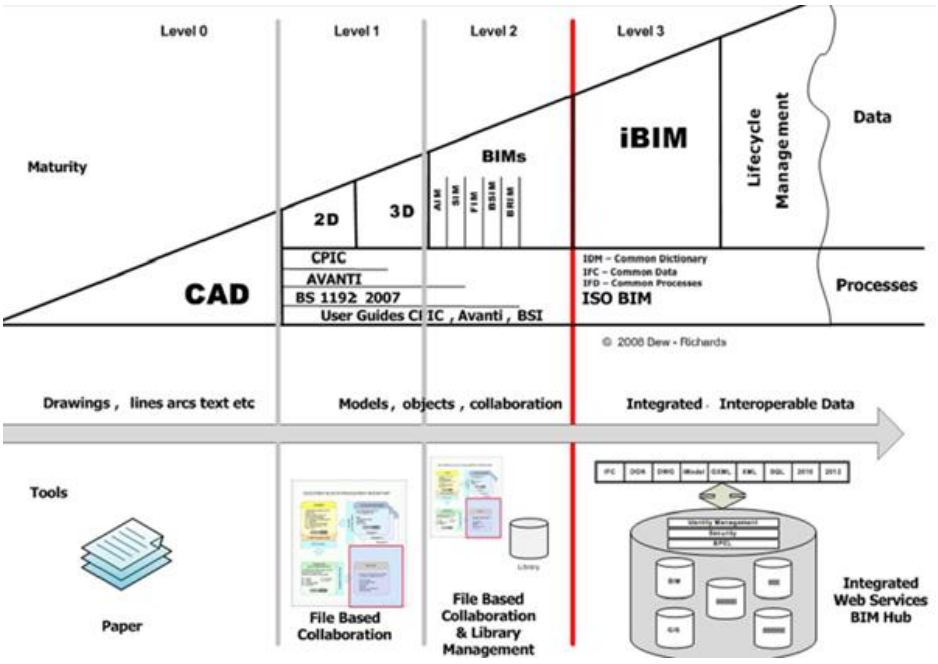

Fig. 3. 14 Niveles de madurez BIM. Fuente: http://leanbimconstruction.com/bim-en-uk

4 Referencias

Abler, R. F., 1987. The national science foundation national center for geographic information and analysis.. *International Journal of Geographical Information System. Vol. 1, no 4.,* pp. 303-326.

Al Sayed, K. y otros, 2013. Modelling dependency networks to inform data structures in BIM and smart cities.

Bello-Pérez, F. O. & Pérez-Castillo, J. N., 2012. Interoperabilidad entre los dominios de la arquitectura, la ingeniería y la construcción y los sistemas de información geográfica.. *Ingeniería y Universidad.*

Building Smart, 2014. *BIM Building Smart.* [En línea]
Available at: http://www.buildingsmart.es/bim/

Building Smart, 2016. *Specifications IFC4.Reference View & Design Transfer View..* [En línea]
Available at: http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-view-definition/ifc4-reference-view/comparison-rv-dtv

Coloma Picó, E., 2011. Introducción a la tecnología BIM.

Eastman, C. y otros, 2011. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors..* s.l.:John Wiley & Sons.

ESRI, 2016. *Are You Ready for G-Government?.* [En línea]
Available at: http://www.esri.com/news/arcuser/0101/umbrella13.html

Isikdag, U., 2015. BIM and IoT: A Synopsis from GIS Perspective. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-2/W4,* pp. 33-37.

Kolbe, T. H., 2009. Representing and exchanging 3D city models with CityGML.. *3D geo-information sciences. Springer Berlin Heidelberg,* pp. 15-31.

Kolbe, T. H. & Stadler, A., 2008. CityGML - Modelling our environment. *Berlin: Technische Universität Berlin.*

Liebich, T., 2013. *IFC4 – the new buildingSMART Standard. What's new in IFC4 ?,* s.l.: s.n.

Månsson, U., 2015. BIM & GIS connectivity paves the way for really Smartcities. *Perspektiv n. 25,* pp. 20-23.

Neri Gordi, F., 2015. *Facility Management y Smart Cities.* [Entrevista] (30 11 2015).
Open Geoespacial Consortium, 2016. *OGC Standards..* [En línea]
Available at: http://www.opengeospatial.org/docs/is

Plume, J., Simpson, R. & Owen, R., 2015. Integration of Geospatial and Built Environment - National Data Policy. *Joint buildingSMART - SIBA Position Paper.*

Prieto, I., Egusquiza, A., Delgado, F. J. & Martínez, R., 2012. CityGML como modelo de datos para la representación, intercambio y visualización de información sobre el patrimonio arquitectónico.. *Virtual Archaeology Review. V. 3 n. 5,* pp. 48-52.

Quesada, S. & Pulido, A. L., 2012. Smart City: hacia un nuevo paradigma en el modelo de ciudad.. *Greencities&Sostenibilidad,* pp. 6-8.

Safe Software , 2016. *How to Create BIM & GIS Interoperability.* [En línea]
Available at: http://www.safe.com/webinar/

Smartcity Expo World Congress, 2016. *FM&BS.* [En línea]
Available at: http://www.smartcityexpo.com/en/fmbs