

08-008

NORMATIVE REGULATORY FRAMEWORK AROUND THE BIM METHODOLOGY FOCUSED ON THE PREVENTION OF LABOR RISKS.

Lucena González, Carlos ⁽¹⁾; Villena Manzanares, Francisco ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad Pablo de Olavide, ⁽²⁾ Universidad de Sevilla

The construction sector is still a sector with a great percentage of accidents that have their origin during the design phase. The BIM model allows to manage information needs as well as documentation using a database as a repository of the virtual 3D model. The Study of Health and Safety is the document in which project decisions are reflected when related to the security of the execution of the works. The BIM methodology, focused on the management of the occupational risks, allows to predict the possible incidents throughout the construction development and propose the preventive means needed to avoid these accidents through a virtual model during the design process. Therefore, the goal of this project is to establish the actual regulatory framework that regulates the occupational health and safety measures (OHS) in a project developed with BIM technology.

Keywords: *BIM; Construction Industry; Prevention of Labor Risks.*

EL MARCO NORMATIVO REGULADOR EN TORNO A LA METODOLOGÍA BIM ENFOCADA A LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

El sector de la construcción sigue siendo un sector con un gran porcentaje de accidentes que tienen su origen en la fase de Proyecto. El modelo BIM permite gestionar las necesidades de información y documentación utilizando una base de datos como repositorio del modelo virtual 3D. El Estudio de Seguridad y Salud es el documento donde se reflejan las decisiones proyectuales en relación a la seguridad en la ejecución de la obra. La metodología BIM enfocada a la gestión de los riesgos laborales permitiría pronosticar los riesgos de la construcción y proponer las medidas preventivas necesarias para evitar accidentes laborales a través de un modelo virtual en la fase de diseño. Por tanto, el objetivo de este trabajo es establecer el marco normativo actual que regula la gestión de la prevención de riesgos laborales (PRL) en un proyecto desarrollado con tecnología BIM.

Palabras clave: *BIM; Sector de la Construcción; Prevención de Riesgos Laborales.*

Correspondencia: Francisco Villena Manzanares fvillena@us.es



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción.

¿Están preparadas nuestras empresas y profesionales del sector de la construcción para atender a ese primer cliente que les requiere servicios profesionales para la Coordinación de Seguridad y Salud en BIM? Si el proyecto básico, y el proyecto de ejecución se hacen ya en BIM (Building Information Modeling), ¿por qué la Coordinación de Seguridad y Salud aún no? El origen de este artículo radica en dar respuesta a esta reflexión a través del marco normativo actual del BIM y su impacto en la gestión de la Prevención de Riesgos Laborales (PRL). Es una prioridad que las empresas del sector AEC (Architecture, Engineering & Construction) dispongan de la implementación BIM, no sólo orientada al modelado digital del edificio en 3D, control de costes, planificación, etc. sino también hacia la minimización de riesgos durante la fase de diseño en el proyecto. Evidentemente es una tarea difícil determinar las actividades de riesgos a los que expone el proyecto para gestionarlos priorizándolos y aminorar su probabilidad de ocurrencia (Anderson, 2009). Por tanto, entendemos por gestión de riesgos laborales, el proceso que identifica evalúa y aplica métodos, para eliminar la probabilidad de accidentes en la medida de lo posible (Tohidí, 2011). Por tanto, el objetivo de este trabajo es dar a conocer el marco regulatorio y normativo que pueden utilizar las empresas del sector AEC tanto proyectistas, constructoras, ingenierías, consultorías, asistencias técnicas, subcontratistas, etc., para que puedan elaborar los planes de seguridad en el entorno BIM.

2. Contexto de España.

La seguridad en construcción es una prioridad para el sector AEC, de hecho, se han invertido muchos esfuerzos desde la aparición de la Ley de Seguridad en el Trabajo en 1995. Esto se ha traducido en una reducción muy importante del número de accidentes para el sector de la construcción. A pesar de ello, entre 2009 y 2017 esta tendencia ha empezado a invertirse, incrementando la cantidad de accidentes cada año. Por tanto, el sector de la construcción sigue siendo un sector con un gran porcentaje de accidentes que tienen su origen en la fase de proyecto. El Estudio de Seguridad y Salud (ESS) es el documento donde se reflejan las decisiones proyectuales en relación a la seguridad en fase de construcción. Dicho documento incluye por unidades de obra los posibles riesgos derivados del trabajo constructivo y propone las medidas preventivas de protección necesarias para evitarlos. Hoy en día, gracias a la tecnología BIM las medidas preventivas incluidas en el ESS puedan modelizarse en 3D por fases de obra, mejorando la seguridad durante la fase de ejecución del proyecto-construcción. Por ejemplo se pueden modelizar la colocación de las barandillas y soportes de barandilla, la representación y colocación de las redes verticales y soportes de tipo horca, la ubicación de las zonas de acopio, la representación 3D de protecciones de huecos en forjados, la colocación de los carteles indicativos de riesgos, etc.

Como es sabido, en el sector AEC, la metodología BIM, ha permitido crear una tendencia en digitalización de todas las fases de un proyecto. BIM es una herramienta tecnológica que gestiona proyectos de construcción e ingeniería, a través de un modelo digital 3D. Para autores como Dzambazova et al. (2009) el BIM puede definirse como la gestión de la información a través de todo el ciclo de vida de un proceso de diseño, desde el inicio del diseño conceptual hasta la gestión de la construcción. Tekla (2013), define BIM como el proceso de modelado y comunicación de la estructura de un edificio en detalle para beneficiar todo el ciclo de vida del mismo. Miettinen y Paavola (2014) definen el BIM como una representación digital de objetos visuales paramétricos (3D) que incluyen información geométrica, así como información funcional, semántica y topológica relacionada con los diferentes procesos y aplicaciones que intervienen durante el ciclo de vida de los edificios. Otros autores como Succar y Kassem (2015) dan una definición más amplia identificando al BIM como la expresión actual de innovación digital en el sector de la construcción. Para

autores como Oesterreich y Teuteberg (2016) el BIM es una clave facilitadora de la transformación digital que brinda oportunidades para armonizar el sector de la construcción con paradigmas emergentes dentro del entorno como Internet de las cosas (IoT), sensores inteligentes, conectividad y Big Data. Como se puede observar según las definiciones anteriores, ningún autor hace referencia al hecho de que la tecnología BIM digital pueda utilizarse para minimizar los accidentes laborales.

Es por ello que reflexionamos para que en la implantación de la metodología BIM pudiera incorporarse dentro de los Planes de Seguridad y Salud (PSS), proporcionando una experiencia más real enfocada a la Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales (PRL) desde un entorno más dinámico y digital 3D, comprobando la posibilidad real de incorporación de medidas preventivas en el modelo virtual del edificio.

Gangolells y Casals (2012) explican que los riesgos de seguridad y salud relacionados con los procesos constructivos también pueden obtenerse a través de un enfoque orientado al proceso, empleando los procesos constructivos suministrados por ITec (Instituto de Tecnología de La Construcción) y los riesgos genéricos de seguridad y salud desarrollados en el parte de accidentes de trabajo obtenidos por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en El Trabajo (INSHT). Gangolells y Casals (2012), realizan un estudio con tecnología 3D digital en Open BIM para la Prevención de Riesgos Laborales (PRL), con un enfoque Top-Down. Dicho estudio es válido para identificar las clases y las jerarquías de los “riesgos de seguridad y salud” encontrando que algunos de los riesgos aplicaban simultáneamente al dominio ambiental y al de seguridad y salud en sí mismo. Los aspectos ambientales relacionados con la generación de polvo, que están clasificados dentro de la categoría ambiental “cuestiones locales”, también pertenecen a la categoría de seguridad “contacto con agentes físicos”. Todos los aspectos ambientales relacionados con incidentes, accidentes y situaciones potenciales de emergencia también corresponden a los riesgos en el campo de la seguridad, especialmente dentro de la categoría “incendios y explosiones”.

3. Revisión de la literatura: “Marco normativo del BIM y su impacto en la PRL”.

El BIM permite en el sector AEC construir y gestionar los proyectos de manera más eficiente (Nassar, 2010), y mejorar sus servicios y productos en el mercado (Sebastian y Berlo, 2010; Aibinu y Venkatesh, 2013). Un punto a tener en cuenta es que en España ya es obligatorio el uso de la tecnología BIM para toda licitación pública en dos fases: 17 de diciembre de 2018 en el caso de Licitaciones Públicas de Edificación, ampliándose el 26 de julio de 2019 para Licitaciones Públicas de Infraestructuras (Directiva 2014/24 Unión Europea).

Si en obra planificamos, dirigimos y controlamos todo el proyecto sobre un modelo BIM, la Coordinación de Seguridad y Salud tarde o temprano deberá realizarse también sobre ese modelo virtual de la construcción. Es por ello que Coordinadores de Seguridad y Salud en el ejercicio de su profesión deberían ampliar desde ya sus competencias en adoptar habilidades en el manejo de BIM, para, sobretodo: aprender a integrar los requisitos de PRL en el modelado BIM de la edificación o la infraestructura y gestionarlos durante toda la fase de ejecución del proyecto-construcción trabajando de manera colaborativa con otros profesionales y agentes intervinientes en el proceso. Disponer de un modelo BIM en la gestión de la seguridad y salud en las obras llevará a la reducción del número de accidentes, debido principalmente a la virtualización de las medidas por fases de ejecución del proyecto. Desde un punto de vista de la mejora competitiva en los procesos constructivos, muchas son las ventajas de incorporar e implantar el uso de la metodología BIM para la prevención de riesgos en todas las fases de vida del proyecto construcción desde la fase de diseño fase de ejecución y posterior fase de mantenimiento y explotación.

Toda la reflexión anterior es desarrollada por la BSI (British Standards Institution) en los 8 pilares del BIM y del standard OHSAS 18001. BSI es el organismo de normalización,

estandarización del Reino Unido. Fue creado en 1901, y es el organismo de normalización y estandarización, más antiguo del mundo. Se encarga del desarrollo y la innovación en todas las áreas productivas de la industria británica. En el sitio web oficial se encuentra un apartado dedicado a la venta de las propias normas, y también están disponibles para la descarga de forma totalmente gratuita, las siguientes publicaciones:

- BS 1192:2007+A2:2016
- PAS 1192-2:2013
- PAS 1192-3:2014
- BS 1192-4:2014
- PAS 1192-5:2015
- BS 8536-1:2015

Dichas normas se pueden descargar de manera gratuita en la dirección <http://bim-level2.org/standards>.

Particularmente ha sido muy interesante la decisión por parte de la BSI, de producir una serie de publicaciones "ad hoc", llamadas PAS. Las PAS de la serie 1192 (partes 2, 3, 4, 5) concebidas como desarrollo y evolución de la BS 1192:2007+A2:2016, fueron publicadas como respuesta a la necesidad del gobierno británico de implementar la adopción de la Metodología BIM en la industria nacional de la construcción.

Ahora surgen las siguientes reflexiones: ¿Qué y cuáles son los llamados 8 pilares del BIM? ¿Es significativa la definición de los "ocho pilares" del nivel 2 de madurez del BIM, o sea, las referencias documentales indispensables para el alcance de este nivel de madurez? A continuación, se numeran y especifican cada uno de los pilares del BIM:

- Pilar 1: PAS 1192-2
- Pilar 2: PAS 1192-3
- Pilar 3: BS 1192-4 (COBIE)
- Pilar 4: PAS 1192-5
- Pilar 5: Digital Plans of Work
- Pilar 6: Classification [Uniclass 2015]
- Pilar 7: BS 8536-2 [Government Soft Landings (GSL)]
- Pilar 8: CIC BIM Protocol

La adopción del BIM en el Reino Unido, se presenta como una estrategia colaborativa llena de sinergias, siempre con el objetivo final de la innovación en el sector de la construcción: la Revolución Tecnológica en el sector de la Construcción. Dicho nivel 2 de madurez del BIM, de los 4 niveles de madurez, es definido como "colaborativo" y representó el primer objetivo del Gobierno Británico (su inicio, fue fijado en enero de 2016). El trabajo BIM en este nivel está basado en la creación de modelos virtuales del edificio (VDC: Virtual Design Construction), capaces de transmitir informaciones, que acompañarán y progresivamente sustituirán de manera parcial, la documentación tradicional, es decir, los planos de proyecto.

Por otra parte, OHSAS 18001 es un estándar que fue desarrollado por los principales organismos de normalización de todo el mundo a partir de los criterios que estableció la British Standard BS 8800. El principal objetivo es que fuera una norma compatible con otras normas de Sistemas de Gestión como la ISO 9001 o ISO 14001, para facilitar su integración. Podemos acceder a dicha norma en la dirección <https://www.bsigroup.com/es-ES/Seguridad-y-Salud-en-el-Trabajo-OHSAS-18001/> "Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo OHSAS 18001".

En marzo de 2021 está previsto deje de ser válida la norma OHSAS 18001. Será sustituida por la nueva norma ISO 45001:2018. La norma ISO 45001:2018 se publicó el 12 de marzo de

2018. Ahora es necesario comenzar con los trabajos de transición, que no es una tarea fácil. La nueva ISO 45001:2018 trae consigo cambios significativos y muy importantes, aunque el más destacado es *“la integración del bienestar del personal de una organización a través de su Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo”*. La norma ISO 45001 versión 2018 ya puede ser implantada en una organización, aunque existe un periodo de transición de 3 años especialmente relevante para aquellas organizaciones que tengan un certificado vigente bajo OHSAS 18001. Es muy importante no dejar todo el trabajo para el final del citado periodo, ya que es posible poner en riesgo el certificado de calidad de una organización.

La nueva norma internacional ISO 19650-1 marca desde el pasado mes de diciembre de 2018 los estándares de la producción, manejo, compartición y gestión de la información de los proyectos y de los activos construidos en la industria AECO (Architecture, Engineering, Construction & Operations).

En primer lugar, conviene especificar que, cuando hablamos de la ISO 19650, en realidad lo estamos haciendo de una serie normativa de la cual, únicamente han sido publicadas sus dos primeras entregas: la ISO 19650-1 y la ISO 19650-2. Ambas vieron la luz a nivel internacional el pasado mes de diciembre de 2018, y los diferentes organismos de normalización y estandarización a nivel estatal (o supraestatal en el caso de Europa, por ejemplo) están llamados a asimilarlas dentro de su ámbito de competencia.

De esta manera, una vez que este estándar internacional (ISO) es asumido por la Unión Europea, la norma pasa a denominarse serie "EN ISO 19650" y finalmente, una vez que la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) la incorpore a su corpus normativo, terminará por denominarse serie "UNE-EN ISO 19650".

A fecha de enero 2019, el estándar ISO 19650-1 se encuentra bajo la denominación PNE, es decir, proyecto de norma UNE. Será cuando AENOR termine su traducción y adaptación al ámbito de nuestro país cuando pase a formar parte de pleno derecho de la estandarización exigible a cualquier empresa que desee certificar estas buenas prácticas en la gestión de la información de los activos construidos y los proyectos de construcción.

Previamente a continuar comentando la norma, conviene aclarar de antemano que la serie ISO 19650 no es un estándar para BIM, sino que se rige como una amplia y más o menos concreta relación de recomendaciones (nótese que durante toda la redacción de la norma se emplea el término "debería") para la correcta producción, manejo, compartición y gestión de toda la información que se produce durante todo el ciclo de vida de los proyectos o los activos construidos. Debe de quedar claro que la serie ISO 19650 no es un estándar para BIM sino, más allá, está relacionada con la correcta producción, manejo, compartición y gestión de toda la información que se produce durante todo el ciclo de vida de los proyectos o los activos construidos.

Bien es cierto que esta información estará basada en el desarrollo y empleo durante dicho ciclo de vida de "contenedores de información" (estructurada o no) que, básicamente, están basados en la tecnología y metodología BIM. Sin embargo, el alcance de esta ISO sobrepasa a los propios modelos para abarcar la totalidad de los métodos, procesos y procedimientos de información, es decir, cómo, gracias al modelado de información BIM, podemos garantizar el cumplimiento de los requisitos de información de la parte contratista o cliente. Todo ello además insertado dentro de marcos de estandarización más amplios como las ISO 55000 para la gestión de activos construidos o ISO 21500 para la gestión de proyectos, todas ellas bajo el paraguas de la gestión de calidad global que asegura la ISO 9001.

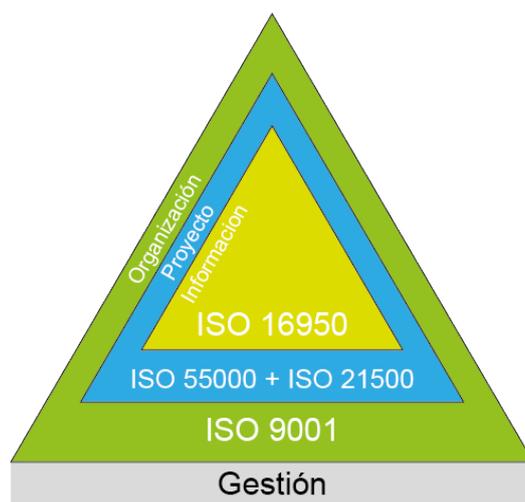
Por tanto, se deduce que no sería posible aplicar la serie 19650 en las tareas de entrega de proyecto o gestión de activos sin un flujo de trabajo basado en BIM, pero no esperemos de la ISO que nos indique cómo debemos estructurar internamente nuestros modelos BIM, proceder a su federación o, en último término, nombrar nuestros elementos. Todas estas

labores quedan reservadas a la experiencia, pericia y buen criterio de las organizaciones que podrán seguir, si así existen, protocolos nacionales o transnacionales.

De esta manera, el fundamento sobre el que se basa el espíritu de esta norma es que en los procesos llevados a cabo mediante sus recomendaciones y metodología BIM se puede generar un beneficioso valor añadido por parte de las empresas a sus clientes, sus cadenas de suministro y la reducción efectiva de los costes a lo largo de la producción y la vida útil del activo. En definitiva, la búsqueda de la competitividad, la eficiencia y la sostenibilidad en toda la industria AECO.

Las prácticas y recomendaciones expuestas en la ISO 19650-1 son aplicables a los proyectos de construcción de todas las escalas y niveles de complejidad, así como a los proyectos parciales que los componen, siempre aplicados de manera proporcional en cada caso. Para este fin, como apuntábamos, las empresas requerirán, cada vez más, de profesionales expertos y cada vez más formados en la materia. Es de destacar que la norma, aunque no de manera explícita, desliza que durante todo el tiempo estará haciendo referencia a una manera de licitación próxima o basada en la Entrega Integrada de Proyecto o Integrated Project Delivery (IPD), puesto que es la que más requiere del tipo de colaboración que proporciona esta manera de organizar y gestionar la información, basada en BIM. En esta forma de licitación, varias empresas más pequeñas se unen y comparten riesgos y beneficios de cara al proyecto, construcción u operación y mantenimiento de un proyecto o activo construido. De este modo, los conceptos y principios contenidos en la ISO 19650-1 son aplicables a todas las fases del ciclo de vida del activo y a todos los agentes que intervienen en un momento u otro, desde el inversor hasta el cliente incluyendo, sin limitarse, al propietario u operador del activo, al cliente, al gestor del activo, al equipo de diseño, al equipo de construcción, al fabricante de un equipamiento, al técnico especialista, a la autoridad regulatoria, el inversor, al asegurador, al usuario final, etc.

Figura 1: Esquema de la gestión de la información en todo el ciclo para un proyecto genérico.



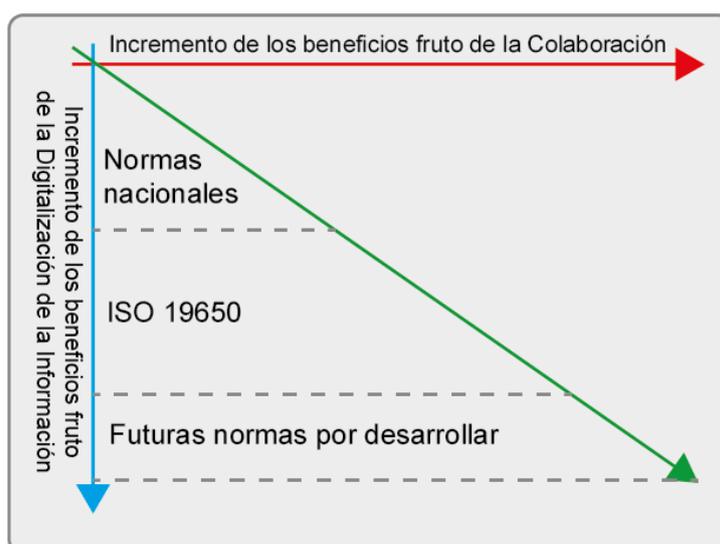
Esta primera parte de la serie, en ningún momento incluye la obligación de aplicar la ISO 19650-2 donde se especifican los principios de esta primera parte de la serie, o cualquier otra de las partes que eventualmente sean publicadas. Se reconoce la diversidad en los modos que los interesados pueden acordar cumplir con sus requisitos particulares o contextos nacionales, lo que se hará mediante los llamados "requisitos de información" que se especificarán para cada proyecto por los gestores, operadores o clientes, partes principalmente interesadas en la correcta gestión de la información de los proyectos y activos.

La colaboración entre todos los participantes es primordial para la eficiencia en las tareas de entrega y gestión de proyecto. Así, las organizaciones comenzarán a ser consideradas por el valor añadido que puedan aportar en entornos colaborativos mediante la correcta comunicación, reutilización y compartición eficiente de la información y en qué medida son capaces de reducir el riesgo de pérdida, contradicción o malinterpretación de dicha información.

El estándar presupone que será aplicado en entornos colaborativos en los que se ha alcanzado lo que se identifica como Estado de madurez “BIM de acuerdo con la serie ISO 19650” -lo que viene siendo el Estado 2 de Madurez BIM de las PAS- donde una combinación de procesos de gestión de la información tanto manuales como automatizados se emplean para generar el modelo federado, que contiene todos los modelos parciales desarrollados por los diferentes equipos de entrega. El modelo BIM federado se constituye como la principal base de datos integral del activo construido, cuyo alcance supera a los actores propia y directamente implicados en el proyecto o la gestión directa del activo, para convertirse en la referencia a la que acudir por parte de cualquier interesado, bajo cualquier circunstancia. Por otro lado, esta necesidad de federación es fruto del propio estado de madurez tanto de BIM como de la tecnología en general, pero a su vez permite una mejor gestión de la información en los siguientes aspectos:

1. Posibilita que diferentes equipos trabajen en diferentes partes del modelo de información de manera simultánea sin introducir problemas de coordinación, por ejemplo, interferencias espaciales o incompatibilidades funcionales;
2. Apoya la seguridad de la información, especialmente en proyectos o instalaciones sensibles -imaginemos una prisión-, de esta manera podremos compartir modelos federados con información más o menos sensible dependiendo de quién deseemos que acceda a ese tipo de información más restringida.
3. Facilita la transmisión de la información, ya que reducimos el tamaño de los modelos individuales.

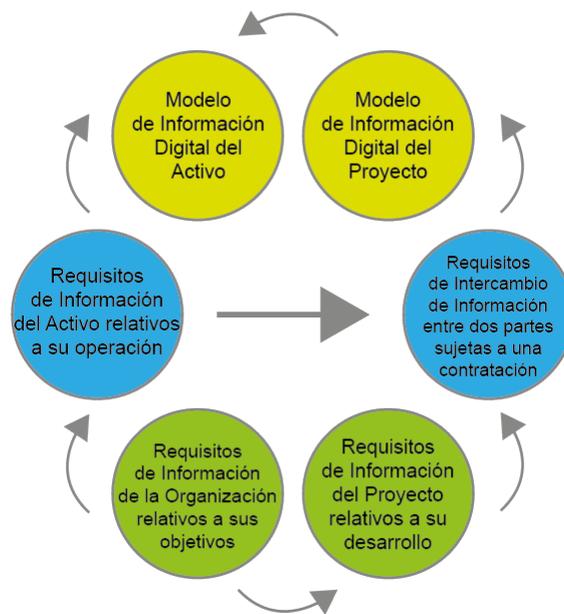
Figura 2: Etapas de madurez del proceso digital de la información.



3.1 Requisitos de los modelos de entrega de información. Capacitación y capacidad de los equipos de entrega

Es importante especificar que el "impulso BIM" debe partir directamente desde el cliente, quien debe ser capaz de expresar los requisitos de los modelos de información a las organizaciones e individuos contratados, que tienen que conocerlos para especificar el alcance de su trabajo. Además, las organizaciones contratadas siempre podrán proponer mejoras o procedimientos propios más adecuados para el proyecto. En definitiva, las empresas contratistas ya no ofrecerán únicamente solvencia técnica a nivel constructivo, sino también a nivel de producción y correcta gestión de la información a fin de responder adecuadamente a las expectativas del cliente. Los requisitos variarán dependiendo de los aspectos operativos, de gestión, de planificación, de obligaciones regulatorias o de políticas empresariales del cliente. Esta situación obligará a las empresas contratistas bien a capacitarse de manera muy amplia con gran cantidad de profesionales muy experimentados en la producción y gestión de la información en este tipo de entornos, o bien encaminarse hacia la especialización, algo que quizá se haya echado en falta históricamente en nuestro país. Será fundamental, por tanto, evaluar correctamente tanto la capacitación (habilidades) como la capacidad (recursos) para desarrollar el proyecto por las partes contratadas, quienes deberán acreditar estos extremos antes de la firma de los contratos. Es decir, el famoso EIR (Employer's Information Requirements, o Requisitos de Información del Contratista) que ya conocíamos de las PAS británicas.

Figura 3: Requerimientos en la información del proyecto.



3.2 El entorno común de datos. estados de la información (en progreso, compartida, publicada o archivada)

A fin de garantizar que la información producida se comparta y gestione de manera correcta por todas las partes comprometidas, se establece la necesidad de la creación de un Entorno Común de Datos o Common Data Environment (CDE) que también nos va a sonar bastante (totalmente) del estándar británico al que viene a sustituir a la serie ISO 19650.

En este entorno común, cada contenedor de información debería incluir metadatos, como un código de revisión, conforme con un estándar acordado (por ejemplo, IEC 82045-1) y un

código de estado, mostrando el/los uso/s permitido/s para esa información. Los posibles estados en los que podrá encontrarse la información en el CDE son:

1. El estado de Trabajo en Progreso (work in progress): para aquella información que está siendo desarrollada por los equipos de trabajo y únicamente será accesible para el propio equipo encargado de su desarrollo;
2. El estado Compartido (shared): la información compartida permite el desarrollo constructivo y colaborativo del modelo de información dentro de un equipo. Sin embargo, esta información sí podrá ser consultada por el resto de partes interesadas, como otros equipos de entrega, para el propósito de coordinación con su propia información, o por el cliente. Así, será fundamental que estos modelos, siendo accesibles, no puedan ser editables, para lo que será muy útil el formato de intercambio IFC. Y aquí podríamos entrar en un interesante debate sobre la necesidad/posibilidad de que los IFCs sean editables... ganaremos versatilidad, pero seguro perderemos seguridad en la compartición de información (lo vemos en los comentarios, si os parece);
3. El estado Publicado (published): se usa para información que ha sido autorizada para su uso, por ejemplo, en la construcción de un nuevo proyecto o en la operación de un activo;
4. El estado Archivado (archived): constituye una especie de diario o histórico de todos los contenedores de información que han sido compartidos y publicados. Lo contenido aquí representa información que ha sido ya empleada para el trabajo de diseño más detallado, para construcción o para gestión del activo.

Figura 4: Concepto de un Common Data Environment (CDE).



4. La tecnología BIM aplicada a PRL. Aplicación práctica en entorno “Open BIM” uso del estándar abierto IFC.

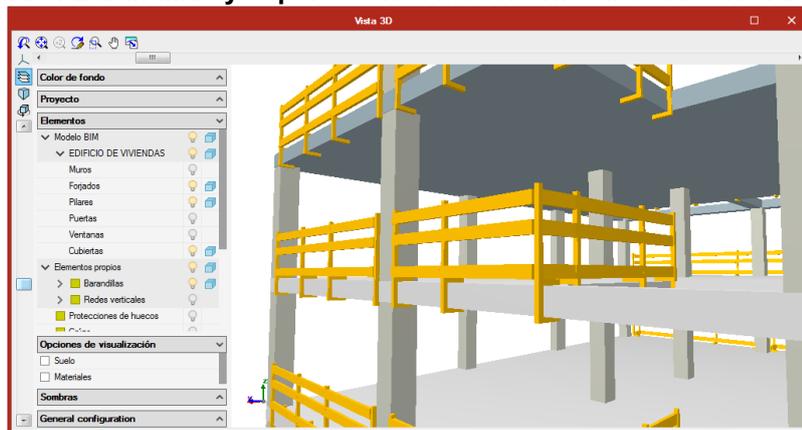
Open BIM Health and Safety es un software BIM creado por CYPE Ingenieros específicamente para asistir al profesional en la elaboración de los planos de elementos de protección colectiva para que sean incorporarlos al Proyecto de Seguridad y Salud. También exporta la medición de los elementos introducidos en formato FIEBDC-3 para ser tratada por programas de mediciones y presupuestos. Todo ello está integrado en un flujo de trabajo Open BIM a través del estándar IFC (Industry Foundation Classes). Para trabajar con él, hay que vincular la obra a un proyecto BIM existente en IFC. Cualquier software BIM puede importar y exportar a IFC. Podemos consultar el listado de software BIM certificado por la BuildingSMART para usar el archivo IFC, en la dirección web: <https://www.buildingsmart.org/compliance/certified-software/>

Esta herramienta BIM importa el archivo de la estructura de las plantas (niveles de proyecto) para generar un plano de planta para cada una de las plantas importadas del proyecto. En cada plano de planta el profesional, debe dibujar los elementos de seguridad que desea incluir en la obra. Acerca de las fases constructivas del proyecto, y la cuarta dimensión del BIM: Planificación de Obra (BIM 4D): Además, en este flujo de trabajo, el profesional puede definir las fases constructivas del proyecto (Fases de Obra, BIM 4D) e incluir en cada una de ellas los sistemas de protección colectiva. Se pueden definir las fases constructivas que son de especial atención de cara a la creación de las oportunas medidas de seguridad para su ejecución. Si se definen estas fases, el profesional en prevención indica las fases en las que está disponible cada sistema de protección colectiva utilizado.

4.1. Representación de los sistemas de protección colectiva en el modelo virtual para la construcción (VDC).

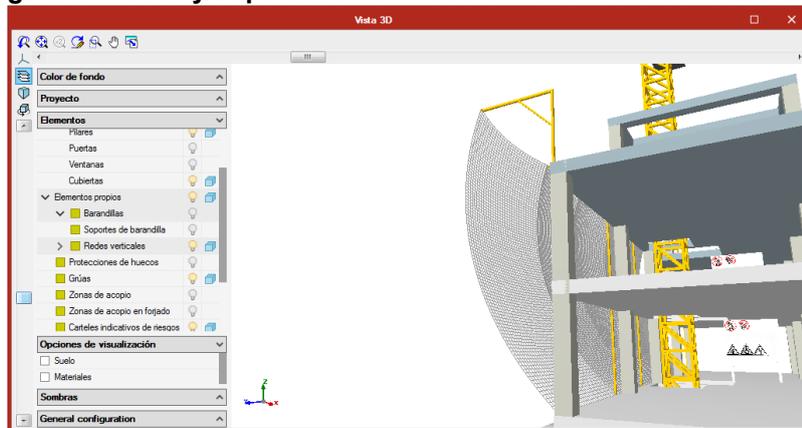
Colocación de barandillas y soportes de barandilla. El técnico debe introducir primero soportes de las barandillas (especificando si son fijos o telescópicos) y, a continuación, una barandilla.

Figura 5: Barandillas y soportes en el modelo virtual de la construcción.



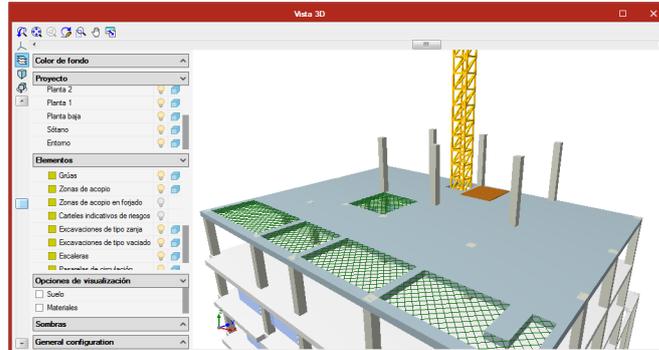
Representación y colocación de las redes verticales y soportes de tipo horca. Para la introducción de un sistema de protección mediante red vertical, deben introducirse primero los soportes de las redes, especificando si la fijación es mediante horquillas de acero o mediante cajetín hueco en el forjado.

Figura 6: Redes y soportes en el modelo virtual de la construcción.



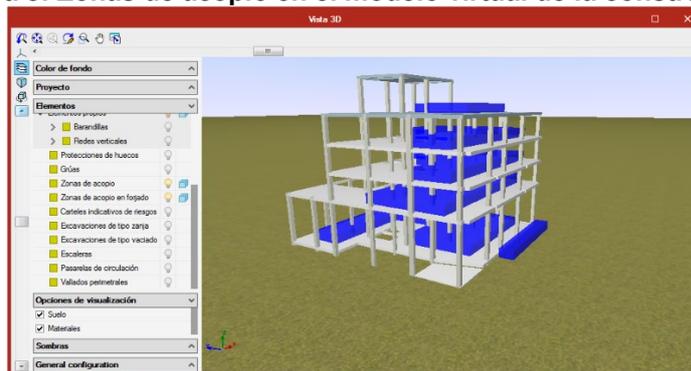
Representación en el modelo virtual para la obra de las protecciones de huecos en forjados. Estas protecciones pueden ser de tres tipos, red tipo S, mallazo metálico o mediante tablonces de madera.

Figura 7: Protecciones de huecos en el modelo virtual de la construcción.



Estudio de la ubicación de las zonas de acopio. El programa permite especificar zonas de acopio tanto en forjado como zonas de acopio fuera de él.

Figura 8: Zonas de acopio en el modelo virtual de la construcción.



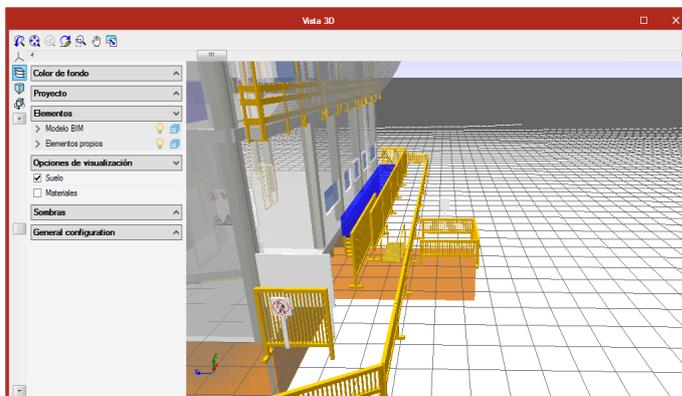
Colocación de los carteles indicativos de riesgos. El técnico puede configurar los carteles indicativos de riesgos seleccionando las señales que suministra el programa o creando nuevas señales a través de la importación de ficheros DXF/DWG.

Figura 9: Posición de carteles indicativos en el modelo virtual de la construcción.



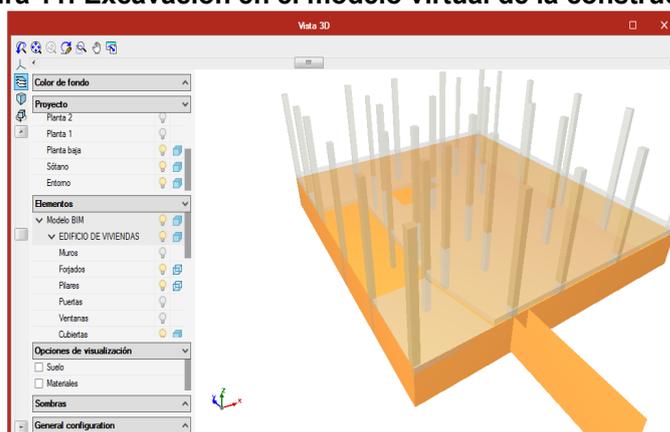
Representación 3D del vallado perimetral en el VDC (Virtual Design Construction). Mediante la introducción de vallas, el usuario puede acotar las zonas de trabajo, restringir el acceso a la obra y delimitar las zonas de paso de peatones.

Figura 10: Vallado perimetral en el modelo virtual de la construcción.



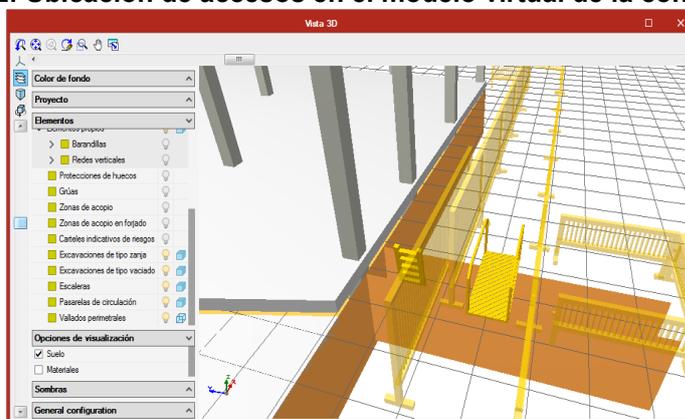
Representación 3D de las excavaciones en obra. Es posible introducir excavaciones de zanjas, pozos o vaciados.

Figura 11: Excavación en el modelo virtual de la construcción.



Indicación de accesos a la obra. Mediante esta opción se pueden introducir las escaleras y las rampas de acceso a las excavaciones, así como las pasarelas de circulación a través de las mismas.

Figura 12: Ubicación de accesos en el modelo virtual de la construcción.



4.2. Salida de datos: mediante el uso del estandar BC3

Acerca de los planos, los entregables: en este flujo de trabajo el profesional puede obtener los planos de planta con los diversos elementos de protección colectiva que haya definido en la obra para incorporarlos al Proyecto de Seguridad y Salud. Los planos en DXF pueden incluirse como documentos adjuntos si el proyecto está alojado en la plataforma BIMserver.center: el CDE (Common Data Environment) de la empresa CYPE Ingenieros.

Y sobre Exportación al formato FIEBDC-3 (archivo BC3): en este flujo de trabajo se permite la exportación de la medición de todos los elementos de seguridad definidos en el proyecto al formato estándar FIEBDC-3. Este formato puede ser importado por programas de mediciones y presupuestos para elaborar el presupuesto y completar así el Proyecto de Seguridad y Salud.

4.3. Flujo de trabajo abierto en Open BIM (uso del estandar IFC)

El flujo de trabajo abierto en Open BIM requiere el uso de archivos standard, tales como el IFC (Industry Foundation Classes) y del uso de un CDE (Common Data Environment) para el trabajo colaborativo recogido en la nueva ISO 19650. Para trabajar de esta forma, hay que vincular la obra a un proyecto BIM alojado en la plataforma web BIMserver.center (CDE de CYPE Ingenieros). El proyecto al que se vincule podrá tener ficheros IFC con información de cada uno de los especialistas que colaboran, llamadas disciplinas en la Metodología BIM: modelo arquitectónico, modelo estructural y modelo de las instalaciones.

Necesitamos que el proyecto al que se vincula, incluya un IFC del modelo arquitectónico con la distribución de plantas del edificio (creado por programas gratuitos Open BIM como por ejemplo el IFC Builder pero igualmente desde otras plataformas de modelado BIM 3D de pago, tales como: Edificius, Allplan, Archicad, Revit, AecoSIM, etc). Con dicha vinculación, se importará la estructura de plantas (niveles de proyecto) para generar un plano de planta para cada una de las plantas del proyecto. En cada plano de planta el profesional podrá dibujar los elementos de seguridad que desea incluir en la obra.

Los planos generados por el programa pueden ser incorporados a la plataforma BIMserver.center junto con los ficheros gráficos en formato GLTF. De este modo, los agentes intervinientes en el proyecto tendrán una representación 3D de todos los elementos de seguridad y salud dispuestos y los DXF de los planos definidos en el programa.

Cualquier modificación del proyecto es notificada en tiempo real a través de internet a todos los agentes intervinientes para que decidan si dicha modificación afecta a cada una de las disciplinas del proyecto, y consecuentemente a los trabajos de los ingenieros especialistas de cada subdisciplina. Si es así, cada técnico especialista podrá importar de nuevo los ficheros IFC que desee del proyecto y realizar las modificaciones pertinentes, devolviendo a la plataforma (CDE, Common Data Environment) sus nuevos resultados y consolidando así el flujo de trabajo en Open BIM.

5. Conclusiones

Durante este trabajo se ha realizado una revisión del estado del arte del marco regulatorio y normativo que pueden utilizar las empresas del sector AEC, haciendo insistencia en la repercusión positiva del uso del BIM en la PRL. Finalmente se presenta un caso práctico con el software Open BIM Health and Safety para conocer las utilidades y funcionalidades del uso BIM para la PRL manejando el estandar IFC. También se ha confirmado que a pesar de las ventajas que tiene la tecnología BIM para la PRL, aún no se ha integrado adecuadamente en los proyectos de construcción, por tanto, este trabajo pretende ser una inquietud tanto para las empresas del sector AEC como para las Administraciones Publicas, etc. Ambos deben trabajar en una integración adecuada del BIM en la gestión de la PRL, tanto en la fase de

diseño proyectual, como en la fase de ejecución. Lo anterior, conllevaría a mejorar la calidad de la documentación entregable. Como conclusiones generales comentamos:

- El modelo BIM permite una comunicación eficaz entre todos los agentes y garantiza una transmisión de la información sin errores. Conocer la situación y características de cada elemento auxiliar, provisional en la obra y los recorridos peatonales quedan preestablecidos. De este modo, la documentación en obra pasa a ser algo dinámico que evoluciona junto con el desarrollo de la obra.
- Los elementos de protección colectiva y el tiempo del montaje y desmontaje de los medios auxiliares entran a formar parte del BIM 4D, esa cuarta dimensión del BIM donde las fases de obra son planificadas. Sabremos con antelación el lugar exacto de colocación, el desmontaje estará planificado. Esto permitirá combatir de forma fehaciente los accidentes laborales en obra y disminuir las cifras en nuestro país.
- Las constructoras podrán tener el control espacial de la evolución de su obra. Se evitarán situaciones peligrosas por causa de la improvisación o falta de medios, y por lo tanto se produce una mayor coordinación y comunicación entre los agentes en obra. El modelo BIM realizado por el proyectista permanece en poder de la constructora, por tanto, se plantea que la constructora, basándose en el mismo modelo virtual, pueda elaborar de su PSS.

6. Referencias

- Aibinu A. & Venkatesh S. (2013), Status of BIM adoption and the bim experience of cost consultants in Australia. American Society of Civil Engineers (ASCE), Vol. 140: No. 3, pp. 1-10.
- Anderson, S. (2009). Risk Identification and Assesment. PMI Virtual Library.
- Autodesk. (2009). A clean Process - Butler Water Reclamation Facility. Peoria, Arizona, Estados Unidos.
- Autodesk. (2013). Consigli Construction Co. uses Autodesk BIM Solutions to deliver a residences all on time.
- British Standards Institution (bsi) para la descarga gratuita de los documentos normativos que sustentan la Metodología BIM, los 8 pilares del BIM: <http://bim-level2.org/standards>
- Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de Febrero de 2014 sobre Contratación Pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE
- Dzambazova T., Krygiel E., and Demchak G. (2009), Introducing Revit architecture 2010 " BIM for beginners", 1st Edition. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc.
- Enlace a la Fundación laboral de la Construcción. Visor estadístico de Accidentes de Trabajo en el Sector de la Construcción: <http://www.lineaprevencion.com/visor-estadistico>
- Gangolells, M. Casals, M. (2012), An ontology-based approach for on-site integrated environmental and health and safety. Ingeniería de Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Vol. 27: No. 3, pp. 113-114.
- INSHT: Instituto Nacional de Salud e Higiene en el trabajo. Informe anual de accidentes de trabajo en España 2017. Madrid; 2018.
- ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information management using building information modelling -- Part 1: Concepts and principles
- ISO 19650-2:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information

management using building information modelling -- Part 2: Delivery phase of the assets

ISO 45001:2018: <https://www.iso.org/standard/63787.html>

Karlshøj J. (2012), Not just CAD ++. *BIM Journal*, Vol. 3: No. 28, pp. 39- 42.

Mandhar M. & Mandhar M. (2013), Biming the architectural curricula – integrating building information modelling (BIM) in architectural education. *International Journal of Architecture (IJA)*, Vol. 1: No. 1, pp. 1-20. McGraw.

Miettinen, R. & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: approaches to the development and implementation of building information modeling, *Automation in Construction*. 43 : 84–91, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>

Nassar K. (2010), The Effect of Building Information Modeling on the Accuracy of Estimates. The sixth annual AUC research conference. Cairo: The American University, Available at: <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPRT155002010.pdf> (Accessed: February 10, 2014).

National Building Specification de Reino Unido (UK): <https://www.thenbs.com/>

Normalización de AENOR acerca de los Estándares en apoyo del BIM: https://www.une.org/normalizacion_documentos/informe-bim.pdf

Oesterreich T.D. & Teuteberg F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of industry 4.0: a triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry, *Computers in Industry* . 83 : 121–139, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>

OHSAS 18001 de la BSI (British Standards Institution), "Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo OHSAS 18001": <https://www.bsigroup.com/es-ES/Seguridad-y-Salud-en-el-Trabajo-OHSAS-18001/>

Pérez Merlos R. Diagnóstico del Sector de la Construcción en Materia Preventiva. 1ª Ed. Edición propia; 2011: <https://diagnosticoprconstruccion.wordpress.com/acerca-del-libro>

Sebastian R. & Berlo L. v. (2010), Tool for benchmarking BIM performance of design, engineering and construction firms in the netherlands. *Architectural Engineering and Design Management*, Vol. 6: No. 4, pp. 254-263.

Succar B. & Kassem M., (2015). Macro-BIM adoption: conceptual structures, *Automation in Construction*. 57 : 64–79, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>

Tekla Corporation. 2013, Basic concepts [online], [16 Enero 2013]. Available from Internet: <http://www.tekla.com>

Tohidi, H. (2011). The Role of Risk Management in IT systems of organizations. *Procedia - Computer Science Journal*, pp. 881-887.