

OPTIMIZANDO LA EFICIENCIA CONSTRUCTIVA: ESTRATEGIAS Y SOLUCIONES A TRAVÉS DE LA DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

PRESENTADO: noviembre 2023

REVISADO: enero 2024

PUBLICADO: marzo 2024

Patricia Reyes Goya

Universidad Pablo de Olavide (UPO).

Objetivo: Investigar y comprender la importancia de identificar y resolver las colisiones en proyectos de construcción, destacando su impacto en la eficiencia y éxito del proyecto. Evaluar y comparar diferentes herramientas de detección de colisiones disponibles en la industria de la construcción, analizando sus ventajas, desventajas y aplicaciones específicas. Explorar cómo la detección temprana de colisiones a través de la herramienta Clash Detective y como mejora la coordinación entre disciplinas (estructuras, MEP y arquitectura) durante la fase de diseño.

Palabras clave: BIM, colisiones, interferencias, BIM Coordinator, Clash detection.

OPTIMIZING CONSTRUCTION EFFICIENCY: STRATEGIES AND SOLUTIONS THROUGH THE DETECTION OF INTERFERENCES IN CONSTRUCTION PROJECTS.

Objective: Investigate and understand the importance of identifying and resolving collisions in construction projects, highlighting their impact on project efficiency and success. Evaluate and compare different collision detection tools available in the construction industry, analyzing their advantages, disadvantages and specific applications. Explore how early collision detection through the Clash Detection tool and how it improves coordination between disciplines (structures, MEP and architecture) during the design phase.

Keywords: BIM, clash, interferences, BIM Coordinator, Clash detection.

www.journalbim.org



1. INTRODUCCIÓN.

La industria y el sector AEC es conocedor de los beneficios, ventajas y aportes de la Metodología BIM al sector (Rosa et al., 2021). Autodesk Navisworks es una potente herramienta de software, de las más utilizadas en la industria de la construcción y la ingeniería para la visualización, revisión, coordinación y simulación de proyectos de construcción en entornos 3D. Algunas de sus funciones clave incluyen:

- Integración de Modelos: Permite la integración de modelos 3D de múltiples disciplinas (arquitectura, estructura, instalaciones MEP, etc.) en un solo entorno para la revisión y coordinación conjunta.
- Detección de Colisiones: Facilita la detección de colisiones entre elementos de diferentes disciplinas dentro de los modelos 3D, ayudando a identificar conflictos potenciales antes de la construcción física.
- Revisión Visual: Proporciona herramientas para realizar revisiones visuales detalladas de los modelos, permitiendo inspecciones minuciosas de cada elemento para detectar problemas de diseño o interferencias.
- Simulaciones y Análisis: Permite la realización de simulaciones y análisis de proyectos para evaluar el comportamiento y la viabilidad de los diseños, así como para realizar análisis de interferencias y tiempos de construcción.
- Gestión de Proyectos: Facilita la gestión y coordinación de proyectos, incluyendo la programación, el seguimiento de cambios y la comunicación entre los miembros del equipo a través de la visualización de datos y modelos.
- Generación de Informes: Permite la generación de informes detallados sobre colisiones, revisiones, cambios realizados y el progreso del proyecto para mantener a todos los interesados informados sobre el estado del proyecto.
- Visualización en Tiempo Real: Ofrece capacidades de visualización en tiempo real que permiten a los usuarios navegar y explorar los modelos con facilidad, incluso durante las reuniones y presentaciones.

En resumen, Navisworks es una herramienta integral que facilita la colaboración, la coordinación y la resolución de problemas en proyectos de construcción complejos mediante la integración y visualización de modelos 3D de múltiples disciplinas. Dentro de todos los procesos que existen en Navisworks nos centraremos en la detección de colisiones dentro de un proyecto en posible construcción. La Metodología BIM (Building Information Management) es muy utilizada hoy en día en la construcción, la ingeniería y la arquitectura (Reyes et al., 2020).

Es por ello que la comisión europea acuña el término de “palanca” cuando se refiere a la Metodología BIM por su capacidad para provocar el cambio, la innovación en el sector de la construcción.

Alineándose con los objetivos de la Agenda Europea 2030, el pasado 27 junio 2023 el Ministerio aprobó el nuevo Plan BIM para España, que cubrirá una tercera etapa de implantación entre 2024 y 2030.

2. ¿CÓMO SE DEFINE EL PROCESO DEL CLASH DETECTION?.

El Clash Detection es un proceso, procedimiento, y, el Clash Detective es una herramienta específica de Navisworks Manage, y, comúnmente utilizada como cualquier otro software de diseño asistido por ordenador (CAD) para la industria de la construcción. Autodesk Navisworks y otros programas similares del mercado son capaces de realizar este proceso del clash detection. Su función principal es identificar y gestionar colisiones (clash) o conflictos potenciales entre elementos de diseño en un proyecto de construcción antes de comenzar la obra. Las tecnologías de la información y el análisis de datos, Big Data tan importante para la industria, y cada vez más incorporado a la toma de decisión en los proyectos (Gonçalves et al., 2020).

Cuando se crea un diseño complejo que incluye múltiples disciplinas (arquitectura, estructuras, instalaciones mecánicas, eléctricas, etc.), es común que los elementos de cada disciplina se superpongan o entren en conflicto unos con otros. Clash Detective se utiliza para detectar estas colisiones, que podrían causar problemas durante la construcción si no se identifican y resuelven con anticipación. Innovación unida a la construcción (Manzanares et al., 2020).

El software analiza los modelos 3D, identifica las áreas donde los elementos se superponen o están muy cerca entre sí, y genera informes detallados sobre estas colisiones. Los equipos de diseño y construcción pueden utilizar estos informes para corregir los problemas, ajustar los diseños y asegurar que todos los elementos encajen correctamente antes de comenzar la construcción física en Fase de Ejecución. Un escenario donde el sector de la construcción adquiere ya una cultura colaborativa (Manzanares et al., 2020).

Los informes generados por la herramienta Clash Detective suelen proporcionar detalles sobre la ubicación exacta de las colisiones (clash), los elementos (objetos del modelo BIM 3D) involucrados, y a menudo incluyen herramientas para la gestión y seguimiento de las soluciones propuestas (RFI, Request for Information). Buscando un entorno más seguro, bajo un modelo de optimización casi predictivo (R. Roca et al., 2020).

Aplicado al proyecto que se desarrolla nos interesa de manera pormenorizada la aplicación de este proceso en las interferencias entre la estructura (STR, Structure) de un edificio y las instalaciones (MEP, Mechanical, Electrical & Plumbing) como: sistemas eléctricos, tuberías, conductos HVAC, etc.) son comunes en el diseño de construcciones complejas y macro proyectos. La Metodología BIM no camina sola, acompañada de otras innovaciones en el sector AEC como la inteligencia artificial, la robótica, el aprendizaje automático, la realidad virtual (VR), etc, logran juntas su objetivo de aportación (Gonzalez et al., 2022).

Estas interferencias pueden causar problemas importantes si no se identifican y resuelven durante las etapas de diseño y planificación. Las interferencias pueden surgir cuando los elementos de las instalaciones entran en conflicto con la estructura del edificio, como cuando una tubería o un conducto de aire atraviesa un área donde debería haber una viga o una pared estructural. Detectar estas interferencias antes de la construcción física es crucial para evitar retrasos, costos adicionales y problemas durante la etapa de construcción. Como en otros países ha ocurrido, tenemos el caso de Chile o Perú antes que España (Villena et al., 2019).

3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS.

Los equipos de diseño utilizan la herramienta Clash Detective para analizar los modelos 3D de la estructura y las instalaciones, principalmente. La herramienta identifica áreas donde estos elementos se superponen, están demasiado cerca o entran en conflicto. Luego, se generan informes detallados que indican la ubicación exacta de las interferencias y los elementos involucrados. Una vez identificadas, las interferencias se resuelven mediante ajustes en los diseños. Los equipos de diseño y construcción colaboran para encontrar soluciones que puedan incluir ajustes en la ubicación, tamaño o diseño de los elementos afectados para asegurar que todo encaje correctamente antes de la construcción real. Este proceso de detección y resolución de interferencias ayuda a garantizar un flujo de trabajo más fluido y reduce la probabilidad de problemas durante la construcción, mejorando la eficiencia y la calidad del proyecto final. En el contexto de diseño y construcción, las principales colisiones o interferencias que se buscan identificar y resolver suelen involucrar:

- Conflictos entre estructuras: Ocurren cuando elementos estructurales como vigas, columnas, muros, o losas están en conflicto entre sí o con otros elementos del diseño. Pueden ser problemas de superposición o intersección que podrían debilitar la estructura si no se abordan adecuadamente.
- Interferencias entre instalaciones mecánicas, eléctricas y plomería (MEP): Estos conflictos involucran tuberías, conductos HVAC, cableado eléctrico, etc., que

podrían estar superponiéndose o interceptándose con otros componentes de diferentes sistemas o con la estructura misma.

- **Colisiones arquitectónicas:** Estas se producen cuando elementos arquitectónicos como puertas, ventanas, escaleras, o elementos decorativos se superponen o entran en conflicto con otros elementos del diseño, ya sea de la estructura o de las instalaciones.
- **Problemas de accesibilidad:** Se refieren a conflictos que dificultan o impiden el acceso a ciertas áreas del edificio, como pasillos bloqueados por conductos o áreas de servicio que obstaculizan puertas de emergencia.
- **Inconsistencias en niveles y alineaciones:** Pueden ocurrir cuando los diferentes componentes del diseño están a alturas o niveles inconsistentes, lo que podría crear problemas durante la construcción o el uso final del edificio.
- **Errores de diseño o modelado:** A veces, las colisiones no son reales, sino errores en los modelos 3D que muestran elementos superpuestos cuando en realidad no deberían estarlo. Estos errores también se deben identificar y corregir para evitar confusiones. La detección temprana de estas colisiones mediante herramientas como Clash Detective permite a los equipos de diseño y construcción resolver los problemas antes de que se conviertan en costosos errores durante la fase de construcción física.

4. COLISIONES MÁS COMUNES DENTRO DE UN PROYECTO.

Tubería vs. Viga: Una tubería de agua atraviesa el área donde está planeada una viga estructural. Esto podría requerir un ajuste en la ubicación de la tubería o un rediseño de la viga para evitar la interferencia.

Conducto HVAC vs. Conducto Eléctrico: Un conducto de aire acondicionado choca con un conducto eléctrico en el techo, lo que puede causar problemas de acceso para mantenimiento o requerir una reubicación para evitar interferencias.

Puerta vs. Pared Estructural: La ubicación planeada de una puerta choca con una pared estructural, lo que podría afectar la integridad de la estructura o requerir ajustes en la disposición de las áreas internas.

Columna (Pilar) vs. Espacio de Trabajo: Una columna (pilar) planificada interfiere con el espacio de trabajo designado para un área específica, dificultando la función prevista para ese espacio.

Sistema de Drenaje vs. Cimientos: Un sistema de drenaje diseñado entra en conflicto con los cimientos del edificio, lo que podría comprometer la estabilidad de la construcción.

Escalera vs. Conductos de Servicio: La ubicación de una escalera choca con los conductos de servicio, lo que podría afectar la circulación y el acceso a diferentes niveles del edificio.

Estos ejemplos ilustran cómo las colisiones pueden ocurrir entre elementos estructurales, instalaciones y componentes arquitectónicos en un diseño de construcción, destacando la importancia de detectar y resolver estas interferencias antes de la fase de construcción para evitar problemas durante la ejecución del proyecto.

5. PROCESO APLICADO A UNA OBRA.

En una obra real, el proceso de manejo de colisiones (interferencias) se lleva a cabo de manera sistemática y colaborativa entre los equipos de diseño, ingeniería y construcción. La Metodología BIM (Building Information Management) es muy utilizada hoy en día en la construcción, la ingeniería y la arquitectura (Gonzalez et al., 2022). La construcción 4.0 como uno de los objetivos finales que persigue la Metodología BIM y hacia el que la industria camina (Gonçalves et al., 2020). Aquí se muestra a continuación cómo se desarrolla este proceso:

- **Modelado y Diseño Inicial:** Los equipos de diseño crean modelos 3D detallados de la estructura, instalaciones y componentes arquitectónicos utilizando software especializado. Cada disciplina (estructural, MEP, arquitectura) crea su propio modelo.
- **Integración de Modelos:** Se integran todos los modelos (estructurales, MEP, arquitectónicos) en un software como Navisworks. Este software permite visualizar todos los elementos juntos para identificar colisiones.
- **Detección de Colisiones:** Se ejecuta una detección de colisiones utilizando herramientas como Clash Detective. El software señala las áreas donde los elementos se superponen o interfieren.
- **Generación de Informes:** Se crean informes detallados que indican la ubicación, naturaleza y los elementos involucrados en cada colisión. Estos informes se comparten con los equipos respectivos para su revisión.

- Resolución de Colisiones: Los equipos trabajan en conjunto para resolver las colisiones detectadas. Esto puede incluir reuniones para discutir soluciones, ajustes en los modelos, rediseño de elementos o cambios en la planificación.
- Actualización de Modelos: Una vez que se resuelven las colisiones, se actualizan los modelos BIM 3D con los cambios realizados.
- Iteración, supervisión y verificación: Se repite el proceso de detección de colisiones para asegurarse de que todas las interferencias se hayan solucionado correctamente.
- Seguimiento y Documentación de obra: Se documentan todas las colisiones identificadas, las soluciones propuestas y aplicadas para su referencia futura.
- Implementación sobre la obra: Los planos y modelos actualizados se utilizan durante la fase de construcción para garantizar que los problemas de interferencias se hayan abordado y se ejecuten según lo planeado.

6. SOLUCIONES FRENTE A LOS PROBLEMA DETECTADOS.

Resolver los problemas detectados con la herramienta Clash Detection implica un proceso colaborativo entre los equipos de diseño, ingeniería y construcción.

Protocolizar la revisión y priorización: analizar los informes de colisiones para identificar los problemas más críticos que requieren atención inmediata. Priorizar las colisiones según su impacto en la construcción y funcionamiento del edificio.

Aumentar la colaboración entre Equipos: reuniones recurrentes de los equipos implicados (estructuristas, MEP, proyectistas) para discutir y encontrar la solución más óptima en cada conflicto. Esto puede requerir reuniones conjuntas donde se compartan ideas para resolver las interferencias.

Sincronizar los ajustes del diseño: realizar cambios en los modelos BIM 3D para solucionar las colisiones. Esto puede incluir mover elementos, rediseñar componentes o ajustar tamaños para evitar las interferencias.

Mejorar la comunicación y plasmar cada aprobación en documentación: registrar y documentar todas las soluciones propuestas y aplicadas para cada colisión. Asegurarse (compliance) de que todos los miembros del equipo estén informados sobre los cambios realizados en los modelos.

Verificación y validación a posteriori: ejecutar nuevamente la detección de colisiones para confirmar que las soluciones implementadas hayan resuelto efectivamente los problemas detectados.

Actualización de Modelos BIM 3D y sus correspondientes planos (entregables): Una vez que se resuelven las colisiones, se actualicen los modelos BIM 3D y los planos y entregables de construcción puedan reflejar los cambios realizados.

Seguimiento durante la Construcción: Durante la fase de construcción, asegurarse de que los equipos involucrados en la obra estén utilizando los planos actualizados (y la última versión) y que se estén siguiendo las soluciones implementadas (aprobadas). Las empresas del sector de la construcción en creciente ascenso en el uso de BIM en Fase de Obra (R. Roca et al., 2021).

Revisión final y entrega de la obra: Realizar una revisión final antes y durante la construcción para garantizar que todas las colisiones críticas se hayan solucionado satisfactoriamente. La clave para resolver eficazmente las colisiones detectadas es la comunicación constante entre los equipos, la capacidad de encontrar soluciones que no comprometan la funcionalidad ni la integridad del diseño, y asegurarse de que todas las partes estén al tanto de los cambios realizados para evitar problemas durante la construcción y la operaciones de mantenimiento en el edificio.

7. CONCLUSIONES.

La importancia del BIM en España, como ya se adelantaba (Rosa et al., 2020) hace años. El uso de la detección de conflictos en Navisworks es una herramienta indispensable para garantizar la coordinación y la eficiencia en proyectos de construcción. El BIM como palanca, catalizador, activador del cambio para la transformación digital del sector de la construcción (Gonzalez et al., 2022). A través de la detección de choques, colisiones, interferencias, se pueden identificar y resolver problemas potenciales antes de que ocurran durante la obra, lo que ayuda a evitar retrasos y desviaciones presupuestarias en los costes.

El proceso de Clash Detection ofrece una serie de ventajas significativas en la gestión de proyectos de construcción como: la identificación temprana de problemas ya que permite detectar y resolver interferencias entre elementos de diseño en una etapa temprana, evitando problemas costosos durante la construcción física. De vital importancia la aplicación de la ISO-19650 (Fase de Diseño, Fase de Ejecución y Fase de Mantenimiento), la ISO con un papel protagonista de la normalización (Reyes et al., 2021). También la reducción de errores en el diseño ya que ayuda a identificar errores o conflictos en el diseño BIM 3D, lo que permite corregirlos antes de la etapa de construcción, minimizando el "re-working" y gastos adicionales (en plazos también por supuesto). Mejorando la coordinación entre las disciplinas ya que facilita la colaboración entre los equipos de las diferentes empresas involucradas tanto en Fase de Diseño como

en Fase de Obra, asegurando que todos los elementos del Modelo BIM 3D se integren y construyan sin conflictos.

Por supuesto vamos a lograr mejorar de la eficiencia constructiva optimizando el flujo de trabajo al resolver problemas antes de llegar a obra, lo que permite una ejecución más eficiente y con menos interrupciones y tiempos muertos (Last Planner System, LPS) durante la construcción (construcción "sin pérdidas", LEAN Construction). Permitámonos un uso del BIM más allá de la Fase de Diseño (Villena et al., 2019).

Mejorando como no, en la seguridad del proyecto (H&S, Health & Safety), al eliminar colisiones y conflictos potenciales, se reduce el riesgo de accidentes o problemas de seguridad durante la construcción (BIM para PRL, Prevención de Riesgos Laborales). Desde hace años la industria necesita también lograr el objetivo de reducir los accidentes laborales en el sector de la construcción, ello es posible gracias a la aplicación de la Metodología BIM en Fase de Obra (Lucena, 2019). En resumen, el proceso de Clash Detection ofrece beneficios sustanciales al mejorar la precisión del diseño, reducir costes y reducir tiempos en fase de construcción, y al mismo tiempo aumentar la eficiencia y la seguridad en proyectos de construcción de gran envergadura y complejidad. Son muchas las aplicaciones que crean un entorno BIM óptimo para la industria (Reyes et al., 2021).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Rosa et al. (2021), "The Management of the BIM Project in the works execution phase through the VDC (Virtual Design Construction)", Management 2, 017, 25th International Congress on Project Management and Engineering.
2. Reyes et al. (2020), "Método para la gestión de la información en proyectos desarrollados en entornos BIM", XXIV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Asociación española de ingeniería de proyectos (AEIPRO).
3. Gonçalves et al. (2020), "La construcción 4.0: hacia la sostenibilidad en el sector de la construcción", XXIV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Asociación española de ingeniería de proyectos (AEIPRO).
4. Manzanares et al. (2020), "A Knowledge Management Method for Projects Developed under BIM Environments", XXIV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Asociación española de ingeniería de proyectos (AEIPRO).
5. R. Roca et al. (2020), "La gestión del proyecto BIM en fase de ejecución de obras mediante el VDC (Virtual Design Construction)", 25th International Congress on Project Management and Engineering.
6. Gonzalez et al. (2022), "Experiencias de aplicación BIM y la colaboración en la nube como herramientas de innovación docente en el ámbito universitario", XXVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.
7. Villena et al. (2019), "El marco normativo regulador en torno a la Metodología BIM enfocada a la prevención de riesgos laborales", 23th International Congress on Project Management and Engineering.

8. Gonzalez (2024), "Disruptive method for managing BIM design and construction using Kanban", ORGANIZATION TECHNOLOGY AND MANAGEMENT IN CONSTRUCTION, Volumen 16, Número 1, páginas 1-12. DOI: 10.2478/otmcj-2024-0001
9. Lucena (2019), "Metodología BIM (Building Information Modeling) aplicada a la prevención de riesgos laborales (PRL)", Journal of BIM and Construction Management, Vol. 1.
10. Pellicer et al. (2023), "Contract Conditions and BIM Use Effectiveness to Improve Project Performance", Advances in Civil Engineering, Vol. 1, pp. 1-11, DOI: 10.1155/2023/2629608.