

Propuesta de una guía de un sistema de gestión de calidad con integración BIM para empresas de consultoría estructural

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Propuesta de una Guía de un sistema de gestión de calidad con integración BIM para empresas de consultoría estructural

Llevado a cabo por el estudiante:

Gutiérrez Hernández David

Carné: 2019023982

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el lunes 03 de junio de 2024 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Firmado digitalmente por
JOSE ANDRES ARAYA
OBANDO (FIRMA)
Fecha: 2024.07.29
17:14:02 -06'00'

Dr. José Andrés Araya Obando
Director de la Escuela

**ROMMEL LEZING
CUEVAS
KAUFFMANN
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por
ROMMEL LEZING CUEVAS
KAUFFMANN (FIRMA)
Fecha: 2024.07.29
10:36:57 -06'00'

Ing. Rommel Cuevas Kauffmann
Profesor Lector

**ANGEL
HUMBERTO
NAVARRO
MORA (FIRMA)**

Firmado digitalmente
por ANGEL
HUMBERTO NAVARRO
MORA (FIRMA)
Fecha: 2024.07.26
11:35:54 -06'00'

Ing. Ángel Navarro Mora, MSc.
Profesor Guía

**MILTON ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)**

Firmado digitalmente por
MILTON ANTONIO SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2024.07.26 10:34:06
-06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE
Profesor Observador

Resumen

Este proyecto aborda la problemática actual en las empresas de consultoría estructural, que enfrentan dificultades para integrarse con otras disciplinas en la construcción debido a su diversidad de enfoques de trabajo. A su vez, el rápido aumento del uso de la metodología BIM ha generado desafíos en el aprendizaje para estas empresas. En respuesta, se desarrolló la estructura de un Sistema de Gestión de Calidad que integra los requisitos de BIM, lo que permitiría mejorar la calidad y eficiencia de los servicios de diseño e inspección estructural. Los objetivos incluyen la creación de documentación integrada, como manuales de calidad y planes de ejecución de proyectos, así como un plan de acción para mejorar continuamente la documentación. Esta documentación se basa en la retroalimentación de varias empresas de consultoría estructural obtenida mediante entrevistas donde mostraron su interés en implementar un SGC pero que enfrentaban desafíos relacionados con la inversión de tiempo y recursos económicos.

El objetivo principal de este proyecto es brindar a las empresas de consultoría estructural una base sólida y clara que les permita implementar de manera efectiva un SGC, asegurando la calidad y eficiencia en sus operaciones. Esta base promueve la estandarización de procesos y la mejora continua en la industria.

Palabras clave: SGC, manual de calidad, PEP, BIM, IFC, Consultoría estructural.

Abstract

This project addresses the current challenges faced by structural consulting firms, which struggle to integrate with other disciplines in construction due to their diverse working approaches. Simultaneously, the rapid increase in the use of Building Information Modeling (BIM) methodology has posed learning challenges for these firms. In response, the framework of a Quality Management System (QMS) was developed in this project, integrating BIM requirements, which could improve the quality and efficiency of structural design and inspection services. Objectives include creating integrated documentation such as quality manuals and project execution plans, as well as a continuous improvement action plan for documentation. This documentation is based on feedback from various structural consulting firms obtained through interviews where they expressed interest in implementing a QMS but faced challenges related to the investment of time and financial resources.

The main objective of this project is to provide structural consulting firms with a solid and clear foundation to effectively implement a QMS, ensuring quality and efficiency in their operations. This foundation promotes process standardization and continuous improvement in the industry.

Keywords: QMS, quality manual, PEP, BIM, IFC, structural consulting.

Propuesta de una guía para un sistema de gestión de calidad integrado con BIM para empresas de consultoría estructural

DAVID GUTIÉRREZ HERNÁNDEZ

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Junio de 2024

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO..... 1

INTRODUCCIÓN..... 4

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO 9

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA 50

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y ANÁLISIS 56

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 75

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 78

APÉNDICES 82

Resumen ejecutivo

El proyecto desarrollado aborda la problemática actual en las empresas de consultoría estructural, que se deriva de los múltiples enfoques de trabajo presentes en el campo, lo que resulta en que cada profesional pueda seguir métodos diferentes para alcanzar un mismo objetivo. En un entorno donde los avances tecnológicos han dado lugar a metodologías de trabajo colaborativo, esta diversidad representa un desafío significativo. La falta de estándares en los procedimientos de trabajo dentro de la misma disciplina dificulta la integración eficiente con otras disciplinas involucradas en proyectos de construcción.

El proyecto aborda dos áreas fundamentales: la administración de la construcción, centrada en los sistemas de gestión de calidad dentro del ámbito constructivo, y el área de estructuras y sistemas de construcción. Ambas son áreas académicas de la Escuela de Ingeniería en Construcción, sin embargo, el impacto principal de esta iniciativa se dirige hacia las organizaciones de consultoría estructural del país. A través de entrevistas, se ha constatado su interés en implementar un SGC, sin embargo, se enfrentan a desafíos, principalmente relacionados con la inversión de tiempo y recursos. Este proyecto busca proporcionar herramientas y guías específicas para ayudar a estas empresas a superar estas barreras y adoptar prácticas de gestión de calidad eficientes y efectivas. Al ofrecer un enfoque integral que abarque desde la administración hasta la ejecución de proyectos, se espera que estas organizaciones puedan mejorar la calidad de sus servicios y optimizar sus procesos. La colaboración entre la academia y el sector empresarial es crucial para garantizar la pertinencia y aplicabilidad de las soluciones propuestas, así como para impulsar la evolución positiva de la industria de la consultoría estructural en el país.

El incremento significativo en la adopción de la metodología de trabajo colaborativo BIM ha generado una presión considerable sobre las empresas de consultoría estructural para capacitarse en su aplicación. Este aumento en la implementación de BIM se debe en gran parte a la creciente demanda del mercado y a la necesidad de mejorar la eficiencia y la calidad en los proyectos constructivos. Sin embargo, para muchas empresas de consultoría estructural, adaptarse a esta nueva metodología ha sido un desafío considerable según lo comentado en las entrevistas a empresas de consultoría estructural de Costa Rica. La curva de aprendizaje asociada a BIM es pronunciada y requiere una inversión significativa de tiempo y recursos para capacitarse en el uso de software especializado, comprender los nuevos flujos de trabajo y establecer una colaboración efectiva con otros profesionales del sector. Además, la implementación exitosa de BIM no solo

implica dominar la tecnología, sino también adoptar una mentalidad y una cultura organizacional que fomente la colaboración, la transparencia y la comunicación en todas las etapas de un proyecto. En este contexto, las empresas de consultoría estructural se enfrentan al desafío de equilibrar la necesidad de mantenerse actualizadas con las nuevas tecnologías y procesos, con las limitaciones de tiempo y recursos que pueden surgir durante el proceso de transición hacia BIM.

Los sistemas de gestión de calidad (SGC) y la metodología BIM, aunque diferentes, se complementan entre sí para mejorar la calidad, eficiencia y gestión de proyectos en la consultoría estructural y la industria de la construcción. Mientras que los SGC se enfocan en establecer procedimientos estandarizados para garantizar la calidad y coherencia en las operaciones organizacionales, BIM busca la estandarización a través de una estructura de datos uniforme para el intercambio de información durante todo el ciclo de vida de un proyecto.

El desarrollo de este proyecto ha permitido establecer una estructura base para la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) con integración BIM, específicamente dirigido a empresas de consultoría estructural. A través de los objetivos planteados, se ha elaborado un Manual de Calidad que detalla los aspectos clave de la gestión de la calidad, proporcionando una guía exhaustiva sobre la información esencial que debe incorporarse en él. Los Planes de Ejecución de Proyectos (PEP) diseñados para los servicios de diseño e inspección estructural han contribuido a establecer directrices estandarizadas para que todos los miembros de la organización comprendan los requisitos mínimos de cada proyecto. Es crucial reconocer que los proyectos de ingeniería pueden presentar diversas soluciones, dependiendo de su complejidad. Sin embargo, existen aspectos mínimos que deben ser claros, independientemente del tipo de proyecto. Al integrar los conceptos fundamentales de la metodología BIM en estos documentos, se proporciona el conocimiento necesario para que las empresas puedan desarrollar proyectos bajo esta metodología, y orientar a los clientes sobre su aplicación en caso de que no estén familiarizados con esta.

En este proyecto, uno de los objetivos se centró en investigar el modelo de datos abiertos IFC para la transmisión de información BIM. Se determinó que este esquema tiene un potencial significativo, ya que permite la integración de datos provenientes de diversas fuentes en un modelo federado. Este modelo federado, a su vez, se convierte en una herramienta central para coordinar y gestionar la información de las diferentes disciplinas involucradas en un proyecto de construcción. Sin embargo, se identificó que las empresas de consultoría estructural carecen del conocimiento necesario sobre este esquema de datos, lo que dificulta su adopción en flujos de trabajo colaborativos. Por lo tanto, el instructivo técnico desarrollado para el modelado e interoperabilidad BIM-IFC proporciona a los colaboradores encargados de la creación de modelos estructurales una guía detallada sobre las mejores prácticas y recomendaciones. El objetivo es garantizar que los modelos se elaboren de manera adecuada y siguiendo estándares que faciliten su exportación a esquemas IFC de manera efectiva.

La investigación realizada reveló que la mejora continua es un requisito esencial para la gestión efectiva de la calidad en las empresas de consultoría estructural. Fue necesario desarrollar un plan de acción detallado que permitió identificar y abordar los factores clave que influyen en la documentación del Sistema de Gestión de Calidad (SGC). Este plan no solo identificó los posibles desafíos y áreas de mejora, sino que también permitió establecer estrategias claras y prácticas para la implementación de cambios en la documentación del SGC cuando sean requeridos. Este enfoque proactivo garantiza que la documentación del SGC se mantenga actualizada y alineada con los estándares de calidad y las necesidades cambiantes de la empresa y del entorno. Además, promueve una cultura de mejora continua en la organización, donde la retroalimentación, la evaluación periódica y la adaptación constante son fundamentales para optimizar la eficiencia y la efectividad del SGC en el tiempo.

Introducción

La ingeniería estructural es una disciplina fundamental en el campo de la ingeniería civil y en construcción, desempeñando un papel esencial en el desarrollo de cualquier proyecto de construcción. La tarea principal de los ingenieros estructurales consiste en garantizar estructuras seguras y cumplir con los criterios establecidos para tal fin. Sin embargo, en la actualidad, se observa una diversidad en los enfoques de trabajo adoptados por las empresas de consultoría estructural, lo que resulta en que cada profesional pueda seguir métodos distintos para un mismo fin. En un contexto de avances tecnológicos que han dado lugar a metodologías de trabajo colaborativo, esta diversidad representa un desafío importante. La falta de estándares en los procedimientos de trabajo dentro de una misma disciplina dificulta la integración eficiente con otras disciplinas involucradas en proyectos de construcción.

BIM es una de las metodologías de trabajo colaborativo que mayor crecimiento ha tenido en los últimos años en la industria de la construcción. De acuerdo con Salleh et al. (2023), el uso de la metodología de trabajo colaborativo BIM ha ganado popularidad en la industria de la construcción y en países como Estados Unidos cerca del 67% de los ingenieros, 70% de los arquitectos y 74% de los contratistas la están utilizando en sus proyectos. En países como Australia cerca del 75% de los ingenieros utilizan la metodología de trabajo BIM. En Chile, entre los años 2013 y 2015 cerca del 7% de los proyectos de obra pública fueron desarrollados con BIM y entre los años 2016 y 2020 hubo un crecimiento del 11%. De acuerdo con Baduel (2021), la mayoría de los gobiernos de los países de América Latina empiezan a exigir su utilización en la obra pública a partir de decretos, convenios o mandatos. Es claro que la industria de la construcción apunta a que en los próximos años va a tener un crecimiento acelerado en el uso de la metodología BIM en todas las fases de un proyecto.

Esta metodología también está presente en los proyectos relacionados a consultoría estructural como lo puede ser el diseño de edificaciones. A pesar de esto, aún quedan muchos retos en cuanto a la estandarización lo cual ha motivado a la industria a crear comités técnicos en diferentes países. En Costa Rica existe el BIM Forum quienes se encargan de canalizar el conocimiento, información e inquietudes técnicas relacionadas a BIM en la industria de la construcción. Bajo la coordinación de la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) han elaborado documentos como la Guía de Implementación BIM para las Empresas (2018) cuyo objetivo principal es entregar al sector de construcción una guía con los aspectos generales para implementar proyectos BIM en las empresas y ser un primer paso para estandarizar el uso de metodologías BIM. Así mismo, países como España, Singapur y Nueva Zelanda destacan en la

generación de información relacionada con BIM. A pesar de estos avances, todavía existen desafíos específicos que requieren atención, especialmente en compañías enfocadas en servicios particulares como la consultoría estructural.

Este proyecto establece las bases de un Sistema de Gestión de Calidad que integre los requisitos clave de la metodología BIM para empresas de consultoría estructural, mejorando así la calidad y eficiencia de sus procesos. El objetivo principal es lograr la adopción generalizada de esta estructura de trabajo en el campo de la ingeniería estructural para facilitar la integración con otras disciplinas. Los SGC y BIM, siendo enfoques complementarios, colaboran para potenciar la calidad, eficiencia y gestión de proyectos de consultoría estructural y la industria de la construcción. Los SGC se centran en establecer procedimientos estandarizados para asegurar la calidad y coherencia en las operaciones organizacionales, mientras que BIM también persigue la estandarización mediante una estructura de datos uniforme para el intercambio de información a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto.

En este proyecto se define un Manual de Calidad para empresas de consultoría estructural que permite definir la estructura básica de un SGC basado en normas internacionales como la ISO 9001. Este proyecto no desarrolla todo un SGC ya que esto implica tiempo y experiencia, pero a través de planes de ejecución de proyectos e instructivos técnicos, se cuenta con una ruta más clara en cuanto a la estandarización de procedimientos y permite que las empresas puedan adoptar esta metodología dentro de sus marcos de trabajo. Al lograr esto, existen diversos beneficios a lo interno de las empresas de consultoría estructural ya que tendrían los insumos necesarios para trabajar con otras empresas que tengan integrado BIM.

Desde el Poder Legislativo de Costa Rica se busca impulsar el uso de esta metodología para generar eficiencia y reducción de costos en la ejecución de obra pública. El 29 de febrero del año 2024 se presentó en la Asamblea Legislativa el proyecto de ley llamado “Ley para la mejora tecnológica y metodológica de las contrataciones en materia de obra pública” el cual, según la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC, 2024), busca exigir el uso de tecnologías y metodologías disponibles en el mercado en las contrataciones de obras públicas que se tramiten mediante licitación mayor, con el fin de que se garantice la planificación, el diseño, la tramitación, construcción, terminación, operación y mantenimiento de las obras sea eficiente. Integrar el uso de BIM dentro de un SGC permite a las empresas de consultoría estructural participar en licitaciones del estado y ampliar el mercado de trabajo.

Los beneficios e impactos de este proyecto abarcan diversas dimensiones. Un proyecto constructivo se divide en varias fases: inicial, planificación, ejecución, control y cierre. El alcance de este proyecto contribuye significativamente, especialmente en las fases de planificación y control. El aporte se divide en distintas áreas, por ejemplo, en lo tecnológico, se espera una mayor adopción de BIM, lo que puede conducir

a una mayor eficiencia en la gestión de proyectos. En lo económico, se anticipa una reducción de costos operativos y una mayor competitividad para las empresas de consultoría estructural (Succar, 2009). En lo social, se promoverá una mayor colaboración entre disciplinas de ingeniería. En lo ambiental, se espera una reducción del desperdicio de recursos en la construcción planificada desde las etapas de diseño.

En términos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, este proyecto contribuirá con el Objetivo 9 sobre Industria, Innovación e Infraestructura ya que dentro de las metas de este objetivo se menciona la modernización de la infraestructura utilizando recursos con mayor eficiencia y promoviendo la adopción de tecnologías. Así mismo, este objetivo busca apoyar el desarrollo de tecnologías en los países en desarrollo garantizando un entorno normativo (Naciones Unidas, 2018) lo cual está alineado al desarrollo de un SGC con integración BIM que busca fomentar el uso de nuevas tecnologías para proyectos más eficientes desde las etapas de diseño de un proyecto constructivo.

Objetivos

A continuación, se muestran los objetivos del trabajo desarrollado.

Objetivo general

- Elaborar la propuesta de una guía para un Sistema de Gestión de Calidad integrado con BIM que mejore la eficiencia y calidad de los proyectos de empresas de consultoría estructural mediante la estandarización de procedimientos, asegurando consistencia en las operaciones.

Objetivos específicos

- Desarrollar la estructura de un Manual de Calidad integral que incluya estándares de calidad y requisitos BIM relevantes para la consultoría estructural, brindando una guía para la implementación del sistema de gestión de calidad con integración BIM.
- Diseñar planes de ejecución de proyectos integrales como componentes fundamentales del sistema de gestión de calidad que enfoque la gestión eficiente de los principales proyectos de consultoría estructural.
- Desarrollar un instructivo técnico en el sistema de gestión de calidad que facilite la interoperabilidad BIM y la integración efectiva del modelo de datos IFC para respaldar la información en proyectos de consultoría estructural.
- Definir un plan de acción destinado a mejorar la calidad de la documentación a través de un proceso completo de evaluación y mejora continua de la misma.

Alcance y limitaciones

Este proyecto incluye el desarrollo de un manual de calidad integral que define la estructura básica de un Sistema de Gestión de Calidad para empresas de consultoría estructural. La estructura de este manual se basa en normativas internacionales como las ISO 9000, 9001, así como en guías internacionales como las elaboradas por AENOR y aborda distintos capítulos dentro de los cuales se destacan los de contexto de la organización el cual aborda el alcance del Sistema de Gestión de Calidad. Así mismo se incorpora un apartado específico sobre el SGC y sus procesos. También se incluye un apartado sobre Liderazgo en el cual destacan las áreas de política de calidad y el enfoque al cliente. El tercer apartado del manual de calidad incorpora los principales aspectos de planificación donde se detallan las principales acciones para abordar los riesgos y oportunidades relacionadas a empresas de consultoría estructural. Dado a que muchos de estos apartados dependen de la realidad de la empresa, se muestra el manual de calidad a manera de ejemplo con texto explicativo y texto de ejemplo que permitirá a las empresas tener una guía sólida sobre cómo aplicar dicho formato. No se pretende desarrollar un SGC completo, pero sí el planteamiento que integre la estructura de un manual de calidad y pueda ser adoptado por distintas empresas. No se incluye la implementación del manual dentro de una organización.

Relacionado al segundo objetivo específico, el alcance de este aborda la elaboración de Planes de Ejecución de Proyectos (PEP) integrales que detallen aspectos específicos relacionados con la gestión eficiente de proyectos de consultoría estructural relacionados con el diseño estructural y con la inspección estructural de proyectos diseñados por la misma empresa. En el caso del PEP: Diseño estructural, se incorpora la metodología de trabajo colaborativo BIM brindando una guía detallada de la información necesaria para implementar la metodología en empresas de consultoría estructural. Así mismo, se describe el procedimiento de forma detallada abordando cada una de sus principales etapas. En el caso del PEP: Inspección estructural, se brinda una descripción detallada de las etapas y de las principales responsabilidades de cada una de las partes involucradas enfocándose en obras nuevas que se encuentren en fase de construcción. El alcance solo abarca la elaboración de una guía para la documentación, sin incluir su aplicación en proyectos reales.

El alcance del tercer objetivo específico se centra en el desarrollo de un instructivo técnico el cual permita a las empresas de consultoría estructural tener clara la forma en la que se deben de elaborar archivos en el esquema de datos abiertos IFC para la adecuada transmisión de la información en proyectos constructivos que implementen la interoperabilidad BIM – IFC. Los instructivos detallan aspectos técnicos específicos relacionados con la modelación y el respaldo de información. Dentro del instructivo se muestran guías que detallan los procedimientos y flujos de trabajo típicos para garantizar la correcta interoperabilidad BIM. No incluye el desarrollo de un plan de gestión BIM.

Finalmente, el alcance del objetivo específico 4 abarca la elaboración de un plan de acción para la mejora continua de la documentación generada en los otros objetivos que forman parte íntegra del SGC. Se definen los principales factores que puedan afectar la documentación y se utiliza la normativa internacional como lo es la ISO 9004, relacionada a la mejora continua para que el plan de acción permita dar un adecuado seguimiento al SGC en general. No se incluye la implementación.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la sabiduría y entendimiento necesarios para enfrentar todas las pruebas que se presentaron a lo largo de toda esta carrera universitaria. Su guía y apoyo fueron fundamentales, especialmente en los momentos de dificultad, donde encontré en Él la fuerza para perseverar y superar los desafíos. Gracias por todas sus bendiciones y por permitirme alcanzar mis sueños y objetivos.

Gracias a mis padres Marlen y Carlos, por ser el apoyo fundamental en todo este proceso. Por acompañarme y apoyarme en todas mis decisiones y por permitirme tener la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa universidad. Gracias por los consejos y por ser mi motivación para salir adelante. Agradezco profundamente a mi hermano Daniel, su esposa Jenifer y su hija Carolina; a mis abuelas Lila y Camila, y a toda mi familia, quienes han seguido de cerca todo mi proceso formativo. Gracias por su constante apoyo, sus palabras de aliento y sus valiosos consejos.

Agradezco profundamente a mi profesor guía, el Ing. Ángel Navarro Mora, por su continuo acompañamiento y apoyo, no solo durante el desarrollo de mi proyecto de graduación, sino también desde mucho antes. Gracias por los consejos y por compartir conmigo un poco de todo el conocimiento con el que cuenta. Gracias a la Escuela de Ingeniería en Construcción y a sus profesores por inculcar en mí el deseo de convertirme en un gran profesional. Gracias a todos mis amigos y compañeros, quienes fueron un apoyo incondicional en todo este proceso, especialmente a mi amigo Kendall y a aquellos que más allá de ser compañeros de clase, se convirtieron en compañeros de vida. Finalmente, extendiendo mi gratitud a todas y cada una de las personas que, de alguna manera, desempeñaron un papel significativo en este camino, contribuyendo con su tiempo, conocimientos y experiencias a mi formación y éxito académico.

Capítulo 1: Marco teórico

En este capítulo se muestran los conceptos y definiciones relacionadas a los dos enfoques de este proyecto: los sistemas de gestión de calidad y la metodología de trabajo colaborativo BIM.

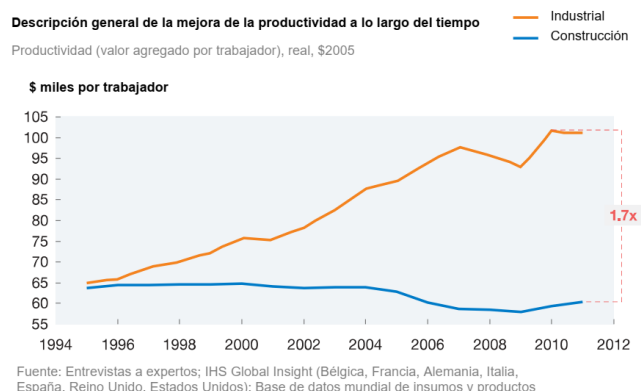
Gestión de calidad en consultoría estructural

Los servicios brindados por las empresas de consultoría estructural tienen un papel fundamental en la industria de la construcción, donde la calidad es un factor esencial para garantizar la efectividad de los proyectos y la satisfacción de los clientes. Sin embargo, para asegurar esta calidad, es indispensable comprender a qué se refiere exactamente.

Según la Guía PMBOK del Project Management Institute (2021) la calidad se refiere al nivel en que un producto, servicio o resultado cumple con los requisitos establecidos. Por lo tanto, la calidad de un proyecto abarca aspectos cruciales como satisfacer las expectativas de las partes interesadas, cumplir con los requisitos del proyecto y los criterios de aceptación. Además, es fundamental garantizar que los procesos del proyecto sean óptimos y lo más eficaces posible.

Sin embargo, de acuerdo con Changali et al. (2015) a nivel internacional la industria de la construcción se ha caracterizado por ser una de las más ineficientes y esto se ve reflejado al comparar la productividad del sector de la construcción con otros sectores.

Figura 1. Comparación de la productividad del sector industrial y el sector de la construcción.



Fuente: Changali et al. (2015)

En la Figura 1 se observa que, a lo largo de los años, el sector de la construcción ha mantenido niveles de productividad constantes o incluso a la baja, mientras que otros sectores, como el industrial, han experimentado un aumento en su productividad, casi duplicando los niveles del sector de la construcción. Esto ha llevado a que la sociedad perciba a la industria de la construcción como un sector ineficiente, con sobrecostos y en el que los retrasos sean comunes. Además, se le considera poco industrializado y, de acuerdo con Agulló (2023), la construcción sigue altamente dependiente de métodos tradicionales y manuales debido a la falta de herramientas a su alcance que permitan la actualización. Todo esto tiene un impacto negativo, especialmente porque el principal cliente de esta industria es la sociedad. Existen diversas causas que han generado que la industria de la construcción se encuentre rezagada en cuanto a la productividad y dentro de las principales Changali et al. (2015) menciona la mala organización, inadecuada comunicación entre las diferentes partes que intervienen en un proyecto constructivo, mala planificación, mal manejo de los riesgos y talento limitado en puestos de gerencia y gestión de proyectos.

Asimismo, varios factores han contribuido al aumento de la productividad en otras industrias a lo largo de los años, siendo uno de ellos el avance tecnológico. La mayoría de estas industrias han aprovechado la tecnología para mejorar y automatizar sus procesos, reduciendo errores humanos y minimizando residuos. En el caso de la industria de la construcción, se ha intentado aprovechar estos avances tecnológicos y, aunque aún queda mucho por hacer en este sentido, la evolución tecnológica ha propiciado el surgimiento de nuevas metodologías de trabajo que incorporan avanzadas soluciones tecnológicas en el sector. Estas metodologías no solo tienen el potencial de mejorar significativamente la productividad, sino que también ofrecen una amplia gama de beneficios adicionales. Entre estas innovaciones destaca la metodología de modelado de la construcción (BIM, por sus siglas en inglés), la cual se presenta como un enfoque integral para la gestión de información y procesos en proyectos de construcción.

El Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2020) ha reconocido la relevancia de la metodología BIM en el contexto de la construcción, resaltando sus ventajas en términos de eficiencia, coordinación y calidad. El enfoque BIM va más allá de simplemente representar gráficamente las estructuras. Implica la gestión de datos a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto, desde la concepción hasta la demolición. En este sentido, garantizar la calidad en cada fase de este ciclo es fundamental para el éxito del proyecto. Es en la etapa de diseño donde la disciplina de la ingeniería estructural desempeña un papel crucial. Aquí es donde se toman decisiones críticas que afectan la integridad, seguridad y eficiencia de la estructura final. Por lo tanto, es importante que se apliquen estándares rigurosos de calidad y que se implementen procesos efectivos de control y aseguramiento de la calidad para garantizar que las estructuras diseñadas cumplan con los requisitos y expectativas establecidos. La tarea principal de los ingenieros estructurales consiste en garantizar estructuras seguras y cumplir con los criterios establecidos para tal fin.

Sin embargo, en la actualidad, se observa una diversidad en los enfoques de trabajo adoptados por las empresas de consultoría estructural, lo que resulta en que cada profesional pueda seguir métodos distintos para un mismo fin. En un contexto de avances tecnológicos que han dado lugar a metodologías de trabajo colaborativo, esta diversidad representa un desafío importante. La falta de estándares en los procedimientos de trabajo dentro de una misma disciplina dificulta la integración eficiente con otras disciplinas involucradas en proyectos de construcción.

La problemática descrita anteriormente puede ser abordada de distintas formas, sin embargo, el mecanismo más efectivo reconocido a nivel mundial es por medio de la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) que proporcione un marco sólido para estandarizar procesos, mejorar la eficiencia, la consistencia en la prestación de servicios y aumentar la satisfacción del cliente (Ingason & Hallgrímsson, 2017).

Sistemas de Gestión de Calidad

De acuerdo con Camisón et al. (2006) un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) comprende un conjunto coordinado de elementos que incluyen actividades, estructuras organizativas, recursos, métodos y tecnologías diseñados para respaldar a la dirección en la implementación de políticas y programas de calidad. Este sistema se enfoca en alcanzar los objetivos de calidad de manera efectiva y eficiente, mediante la aplicación de procesos, procedimientos, reglas e instrucciones de trabajo que aseguran la consistencia y el cumplimiento de los estándares establecidos. Actualmente, la definición e implementación de un SGC puede seguir criterios internos de la organización o adherirse a los modelos normativos establecidos por enfoques de Gestión de Calidad. Estos modelos están compuestos por normas ampliamente aceptadas que regulan el proceso de diseño, implementación y certificación del SGC. Un ejemplo destacado es la familia de normas ISO 9000, un modelo de estandarización de aplicación general ampliamente reconocido. Tal y como lo menciona Medici (2020), la serie de normas ISO 9000 se ha convertido en la referencia obligatoria al momento de diseñar un sistema de gestión de la calidad en las organizaciones. Dentro de esta familia de normas se mencionan las siguientes:

ISO 9000: Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario. Proporciona una visión general de los conceptos fundamentales y el vocabulario relacionado con los sistemas de gestión de calidad.

ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos. Establece los requisitos mínimos para la implementación de un sistema de gestión de calidad eficaz en una organización. Incluye criterios para la planificación, operación y control de los procesos para garantizar la conformidad con los requisitos del cliente y la mejora continua.

ISO 9004: Gestión de la calidad – Calidad de una organización – Orientación para lograr el éxito sostenido. Ofrece pautas para la mejora del desempeño y la eficacia de un sistema de gestión de calidad, más allá de los requisitos establecidos en ISO 9001. Se centra en la mejora continua, la satisfacción del cliente y el logro de resultados sostenibles.

Un SGC implica que la organización defina sus metas, determine los procesos y recursos necesarios para alcanzar sus objetivos. Este sistema administra los procesos y recursos necesarios para generar valor y obtener resultados satisfactorios para las partes interesadas relevantes. Además, permite a la alta dirección optimizar el uso de los recursos, teniendo en cuenta las implicaciones a largo y corto plazo de sus decisiones. Asimismo, el SGC facilita la identificación de acciones para abordar tanto las consecuencias esperadas como inesperadas en la provisión de productos y servicios (Organización Internacional de Normalización, 2015a).

A continuación, se destacan algunos conceptos fundamentales para el desarrollo de este proyecto, los cuales han sido abordados en la “Guía para la aplicación de la norma UNE-EN ISO 9001:2015 en empresas constructoras” elaborada por AENOR (2023):

Organización: de acuerdo con la guía corresponde a la empresa constructora, pero en este caso puede entenderse como la empresa de consultoría estructural.

Producto: se define según el alcance de cada contrato. Esto implica establecer la responsabilidad que la organización asume en relación con el diseño, la supervisión, el análisis, la asesoría técnica o la inspección de obras de ingeniería. Puede abarcar desde informes técnicos, planos y cálculos estructurales hasta servicios de consultoría en diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto, como diseño conceptual, análisis de viabilidad, supervisión de la construcción o evaluación de la integridad estructural.

Proyecto: En el ámbito de los requisitos del diseño y desarrollo de productos y servicios, se entiende por proyecto el conjunto de documentos mediante los cuales se definen las obras y sus exigencias por un técnico competente para tal fin.

Requisitos implícitos: aquellos no especificados en la documentación contractual, pero necesarios para el correcto desarrollo de los trabajos y el logro del objetivo planteado.

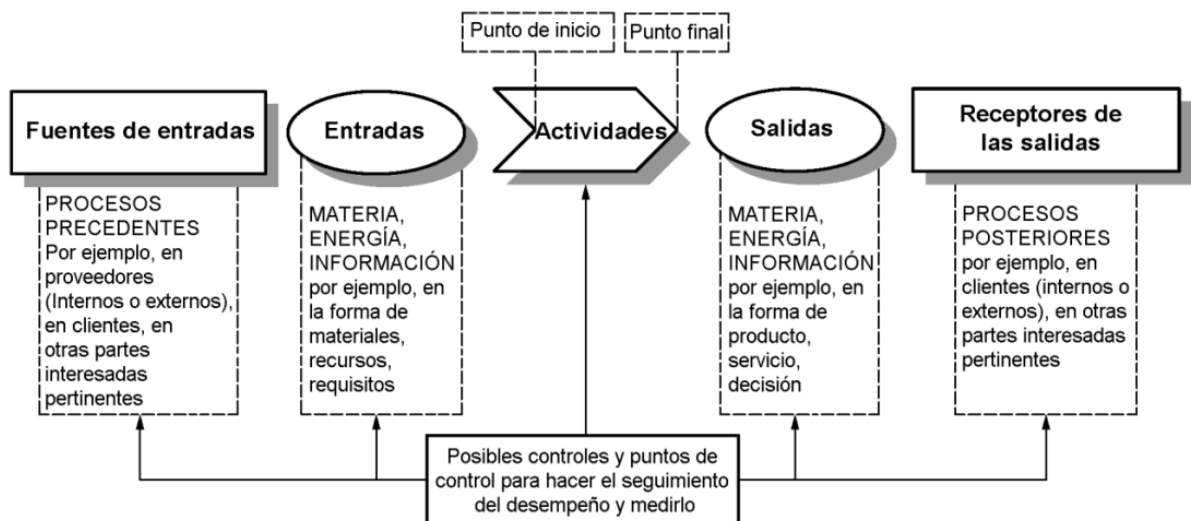
Requisitos explícitos: los expresados en la documentación contractual.

Según Medici (2020), las normas ISO 9000 se basan en una serie de principios de gestión de la calidad. Estos principios incluyen, en primer lugar, el enfoque al cliente, que implica comprender y satisfacer las necesidades y expectativas del cliente. Además, se destaca el liderazgo, que involucra el establecimiento de una visión clara y la motivación del personal hacia objetivos comunes. La participación del personal es otro principio clave, fomentando el compromiso y la contribución de todos los miembros de la organización. Asimismo, se resalta el enfoque basado en procesos, que consiste en entender y gestionar las actividades interrelacionadas como un sistema para alcanzar los resultados deseados. Otros principios relevantes son el

enfoque de sistemas para la gestión, que considera la organización como un todo interconectado, la mejora continua, que promueve la innovación y el perfeccionamiento constante, el enfoque basado en hechos para la toma de decisiones, que implica utilizar datos y evidencias para fundamentar las decisiones, y las relaciones mutuamente beneficiosas con los proveedores, que apunta a establecer colaboraciones sólidas y transparentes con los socios comerciales. En el contexto de la consultoría estructural, la aplicación de estos principios se puede potenciar mediante la integración de metodologías BIM, lo que permite una gestión más eficiente y una mayor colaboración entre los actores del proyecto, facilitando así la satisfacción del cliente y la mejora continua de los procesos.

El enfoque a procesos es algo que se resalta en la versión vigente de la norma donde el principal objetivo es desarrollar, implementar y mejorar la eficiencia de un sistema de gestión de calidad con el fin de aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de los requisitos. En la norma ISO 9001:2015 se define una representación esquemática de cualquier proceso y muestra la interacción entre sus elementos:

Figura 2. Representación esquemática de los elementos de un proceso.

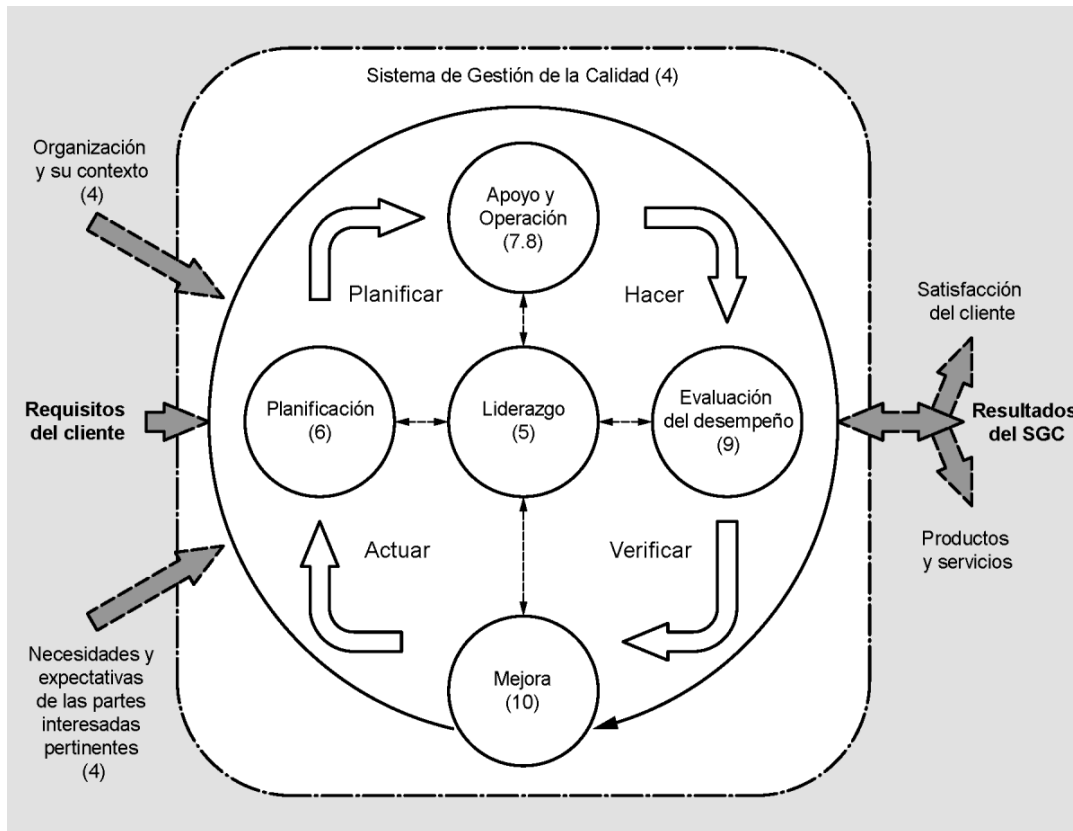


Fuente: Organización Internacional de Normalización (2015b)

El enfoque basado en procesos implica establecer y administrar de manera sistemática los procesos y sus relaciones, con el objetivo de lograr los resultados deseados según la política de calidad y la dirección estratégica de la empresa. La gestión de los procesos y del sistema en su totalidad se puede lograr utilizando el ciclo PHVA el cual corresponde a Planificar-Hacer-Verificar-Actuar. Según la norma ISO 9001:2015, en la etapa de Planificar se definen los objetivos del sistema y de los procesos, así como los recursos necesarios para cumplir con los requisitos del cliente y las políticas organizacionales. En la etapa de Hacer, se

implementan las acciones planificadas. Luego, en la etapa de verificar, se lleva a cabo el seguimiento y la medición de los procesos y los productos o servicios resultantes, comparándolos con los criterios establecidos y se informa sobre los resultados. Por último, en la etapa de Actuar, se toman medidas correctivas o preventivas para mejorar continuamente el desempeño del sistema de gestión de la calidad. En la Figura 3 se resume el ciclo PHVA integrado con la estructura de un SGC:

Figura 3. Representación de la estructura de un SGC con el ciclo PHVA.



Fuente: Organización Internacional de Normalización (2015b)

Cada una de las etapas del ciclo PHVA, en conjunto con la estructura del SGC, debe documentarse adecuadamente. En versiones anteriores de la norma ISO 9001, se establecía una documentación mínima obligatoria para el SGC. Sin embargo, en la versión actual, no se especifican requisitos sobre la estructura y terminología que deben aplicarse en la documentación del sistema de gestión de calidad de la organización. En cambio, la norma busca ofrecer una presentación coherente de los requisitos, en lugar de imponer un modelo específico para documentar las políticas, objetivos y procesos de una organización. Esto permite que las organizaciones elijan los términos que mejor se adapten a sus operaciones, sin verse limitadas por una

estructura predefinida. La cantidad de documentación necesaria puede variar de una organización a otra, dependiendo del tamaño, actividades, procesos, productos y servicios de la organización.

Según Alcalde (2019), en la versión actual de la norma ISO 9000, no se hacen referencias explícitas a términos como "procedimientos", "registros", "instrucciones de trabajo" o "manual de calidad" para describir la documentación necesaria en un Sistema de Gestión de Calidad (SGC). Sin embargo, el autor señala la necesidad de designar de alguna manera los distintos tipos de documentación requeridos para el SGC de una organización y para ello plantea un orden según la relevancia de la documentación el cual se resume en la Figura 4:

Figura 4. Pirámide documental de un SGC.



Fuente: Adaptado de Alcalde (2019)

En la Figura 4 se incluye adicionalmente el apartado de Política de Calidad el cual es uno de los requisitos obligatorios en la versión actual de la norma ISO 9001.

Política de calidad

Respecto a la política de calidad, la norma ISO 9001:2015 establece que la alta dirección tiene la responsabilidad de definir, implementar y mantener una política de calidad adecuada al propósito y contexto de la organización, respaldando su dirección estratégica. Esta política debe ofrecer un marco de referencia para la fijación de objetivos de calidad, contener un compromiso de cumplir con los requisitos aplicables y reflejar un compromiso con la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

Manual de calidad

De acuerdo con la norma ISO 9000:2015, el manual de calidad es una especificación para el sistema de gestión de la calidad de una organización. Dicho documento, pueden variar en cuanto a detalle y formato con el fin de que se pueda adaptar al tamaño y complejidad de cada organización en particular. El Manual de Calidad brinda una visión general de cómo es el Sistema de Gestión de Calidad y expresa la política y los objetivos de calidad. En él se incluyen los procedimientos documentados, o una referencia a ellos, así como una interacción entre los procesos. No obstante, el documento debe ser manejable y fácil de entender por lo que la extensión no debería superar las 50 páginas (Alcalde, 2019).

Las estructuras de los manuales de calidad varían considerablemente y se adaptan a las necesidades específicas de cada organización. Por ejemplo, autores como Keen (2023) proponen una estructura exhaustiva que cubre todos los requisitos de la norma ISO 9001. Esta estructura detallada suele incluir secciones dedicadas a la política de calidad, el alcance del sistema de gestión de calidad, los procedimientos documentados, los registros y otros elementos clave. Otros autores sintetizan más la información enfocando el manual de calidad a los documentos y estándares que integran todo el SGC. En el Cuadro 1 se muestra una comparativa de las distintas estructuras que pueden tener los manuales de calidad:

Cuadro 1. Estructuras de manuales de calidad según diferentes autores

Estructura según Keen (2023)	Estructura según Alcalde (2019)	Estructura según AENOR (2023)
1. Introducción 2. Referencias 3. Definiciones 4. Acerca de la organización 5. Liderazgo 6. Planeación 7. Apoyo 8. Desarrollo de productos y servicios 9. Evaluación de desempeño 10. Mejora Apéndices	1. Página de portada 2. Descripción de la organización 3. Mapa de procesos 4. Organigrama 5. Exclusiones 6. Declaración de la política y objetivos de la Calidad por parte de la dirección 7. Detalle de cada uno de los apartados de la norma 8. Documentación complementaria	1. Contexto de la organización 2. Liderazgo 3. Planificación 4. Apoyo 5. Operación 6. Evaluación de desempeño 7. Mejora

A pesar de las distintas estructuras de los manuales de calidad, el objetivo principal de este documento es proporcionar una guía detallada y estructurada sobre cómo una organización planifica, implementa y controla sus procesos para garantizar la calidad en la entrega de productos o servicios. Este documento sirve como punto de referencia para los empleados, describiendo los procedimientos operativos

estándar, las responsabilidades del personal, los flujos de trabajo y los criterios de calidad que deben cumplirse en todas las etapas de la producción o prestación del servicio.

Manuales de procesos

El manual de procesos es un componente fundamental dentro de un sistema de gestión de calidad, ya que proporciona una descripción detallada de las actividades que se llevan a cabo en una organización para alcanzar sus objetivos. Es importante destacar que un proceso y un procedimiento son conceptos relacionados pero diferentes en cuanto a su nivel de detalle y alcance. Según la norma ISO 9001, un proceso se refiere a un conjunto de actividades interrelacionadas que tienen como objetivo transformar elementos de entrada en elementos de salida. Estos procesos pueden involucrar tanto partes internas como externas de la organización y deben estar centrados en las necesidades y expectativas de los clientes. La entrada en un proceso es fundamental, ya que es a partir de ella que se generan los resultados esperados.

Por otro lado, un procedimiento se define como una serie de pasos específicos y ordenados que se siguen para llevar a cabo una actividad o proceso en particular. Es decir, un procedimiento establece cómo se deben realizar las actividades dentro de un proceso para obtener el resultado deseado. Mientras que un proceso describe qué se hace, un procedimiento detalla cómo se hace.

De acuerdo con AENOR (2023), en el caso de empresas constructoras, se entienden por procesos tanto las actividades de ejecución de obra o servicio, como las de apoyo o gestión necesarias para cumplir con los requisitos del sistema, clientes y partes interesadas. Es común que en este tipo de empresas los procesos típicos se agrupen en 4 tipos de procesos:

- **Estratégicos:** corresponden a aquellos que están diseñados para planificar, implementar y controlar las actividades que guían la dirección y el rendimiento general de una organización hacia el logro de sus objetivos estratégicos.
- **Operacionales:** son aquellos que conforman la cadena de valor de la empresa y están directamente vinculados con la creación y entrega del producto o servicio ofrecido. Su principal objetivo es garantizar la satisfacción del cliente al asegurar la calidad, eficiencia y eficacia en todas las etapas del proceso.
- **Soporte:** son aquellas actividades que proporcionan el respaldo necesario para que los procesos operativos y estratégicos puedan realizarse de manera eficaz y eficiente.
- **Seguimiento:** corresponden a los procesos necesarios para la mejora continua y mantenimiento del SGC.

Es fundamental que el control de entradas para cada proceso esté detalladamente descrito en el manual de procesos de la organización. Esta necesidad surge del enfoque a procesos que establece la norma ISO 9001 como base para la gestión de la calidad. Este enfoque implica la comprensión y gestión sistemática de cada proceso, asegurando que las entradas sean adecuadas, consistentes y suficientes para garantizar la calidad de los productos o servicios finales. Este enfoque asegura que cada proceso opere de manera coherente y eficiente, contribuyendo así al cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos por la norma ISO 9001.

AENOR (2023) menciona que los elementos de entrada para el proceso de diseño y desarrollo de un proyecto constructivo son los datos iniciales. La determinación de los elementos de entrada se puede realizar en las fases iniciales de los trabajos, aunque también puede ser necesaria en cualquier momento del proceso de diseño y desarrollo. Algunos ejemplos de elementos de entrada para el diseño y desarrollo pueden estar reflejados en pliegos de prescripciones técnicas, contratos, ofertas, normativas o requisitos legales, datos o especificaciones del cliente, anteproyectos, estudios previos, entre otros.

Es necesario verificar estos elementos para asegurar que son adecuados, completos y libres de contradicciones o ambigüedades. Es posible que parte de esta revisión ya se haya realizado durante la fase de oferta o contrato, en cuyo caso solo sería necesario revisar los elementos de entrada que no hayan sido evaluados previamente. Se debe establecer un proceso de control para toda la información y documentación inicial utilizada en la elaboración del proyecto, asegurando que se conserve la documentación correspondiente a las entradas del diseño y desarrollo para lo cual se recomienda el uno de los Planes de Ejecución de Proyectos (PEP).

Un Plan de Ejecución de Proyecto (PEP) es un documento detallado que abarca cada fase de un proyecto, proporcionando información exhaustiva y considerando cualquier evento que pueda afectar su desarrollo. De acuerdo con Siles & Mondelo (2018), el PEP establece los objetivos y los resultados que el proyecto debe lograr. Este plan es ampliamente utilizado por diversas organizaciones a nivel mundial y su resultado es un plan que detalla los principales resultados, tareas, indicadores, riesgos y cláusulas, lo que permite una supervisión minuciosa de la ejecución del proyecto. Más allá de ser simplemente una representación gráfica, un PEP describe en detalle cómo, cuándo y quién debe lograr objetivos específicos o conjuntos de objetivos. Estos pueden incluir aspectos como productos, plazos, costos, calidad y beneficios del proyecto.

Instrucciones y especificaciones

Las instrucciones abarcan una amplia variedad de documentos técnicos que detallan de manera específica y organizada los pasos necesarios para llevar a cabo una actividad particular. Estos documentos son fundamentales para proporcionar orientación clara y precisa sobre cómo realizar una tarea específica. En la redacción de estas instrucciones, especialmente cuando se requiere una descripción detallada y paso a paso de las actividades, resulta sumamente beneficioso emplear diagramas de flujo. Estos diagramas ayudan a visualizar de manera más clara el proceso y facilitan la comprensión de las acciones requeridas para completar la actividad de manera efectiva. Incorporar diagramas de flujo en la documentación técnica mejora la claridad y la coherencia del contenido, lo que a su vez contribuye a una ejecución más eficiente de las tareas (Alcalde, 2019).

Registros

Los registros tienen como objetivo principal retener información documentada que sirva como evidencia de los resultados alcanzados. Estos registros pueden adoptar diversas formas, como formularios que contienen listas de verificación para confirmar el cumplimiento de los requisitos de un producto o servicio. Su función es demostrar lo que se ha realizado y proporcionar una visión clara de cómo se llevó a cabo una actividad, proyecto o plan de acción en el pasado. Por ejemplo, estos registros pueden incluir fotografías o videos, actas de reuniones, resultados de auditorías, formularios de datos completados, revisiones de diseño y desarrollo, así como validación de procesos, entre otros documentos relevantes.

Mejora continua

De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización (2018), los factores que afectan al éxito sostenido de una organización surgen, evolucionan, aumentan o disminuyen continuamente a lo largo de los años, y adaptarse a estos cambios es importante para el éxito sostenido. Los ejemplos incluyen la responsabilidad social, los factores ambientales y culturales, además de aquellos que se deberían haber considerado previamente, tales como la eficiencia, la calidad y la agilidad; tomados de forma conjunta, estos factores son parte del contexto de la organización. La capacidad para lograr el éxito sostenido mejora cuando los directores en todos los niveles aprenden sobre el contexto en constante evolución de la organización y lo comprenden. La mejora y la innovación también apoyan el éxito sostenido.

Para lograr el éxito sostenido de una organización es necesario que estas realicen un adecuado seguimiento, medición, análisis y evaluación de todo el Sistema de Gestión de Calidad, de sus procedimientos y del impacto que tiene en todas las personas que se ven involucradas dentro del mismo lo cual incluye a los

colaboradores de la empresa así como a sus clientes. La norma ISO 9001:2015, menciona que la organización debe determinar:

- qué necesita para dar seguimiento y medición de su sistema;
- los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación necesarios para asegurar resultados válidos;
- cuándo se deben llevar a cabo el seguimiento y la medición;
- cuándo se deben realizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

Las organizaciones deben evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de calidad y deben conservar la información documentada apropiada como evidencia de los resultados. Una buena práctica para la mejora continua de una organización es evaluar la satisfacción de los clientes. Se debe realizar el seguimiento de las percepciones de los clientes del grado en que se cumplen sus necesidades y expectativas. Esto se puede realizar por medio de encuestas al cliente, la retroalimentación del cliente sobre los productos y servicios entregados, las reuniones con los clientes, las garantías utilizadas, entre otros aspectos.

La información generada por el seguimiento y medición debe ser analizada y evaluada. Dentro de los principales aspectos que se deben evaluar, la Organización Internacional de Normalización (2015b) menciona:

- la conformidad de los productos y servicios;
- el grado de satisfacción del cliente;
- el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad;
- si lo planificado se ha implementado de forma eficaz;
- la eficacia de las acciones tomadas para abordar los riesgos y oportunidades;
- la necesidad de mejoras en el sistema de gestión de la calidad.

Para saber si el sistema de gestión de la calidad es conforme con los requisitos propios de la organización y los requisitos de la norma se deben realizar auditorías internas a intervalos planificados. La organización debe planificar, establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes, que deben tener en consideración la importancia de los procesos involucrados, los cambios que afecten a la organización y los resultados de las auditorías previas. Así mismo, es importante que La alta dirección debe revisar el sistema de gestión de la calidad de la organización a intervalos planificados, para asegurarse de su conveniencia, adecuación, eficacia y alineación continuas con la dirección estratégica de la organización (Organización Internacional de Normalización, 2015b). El objetivo principal de realizar este tipo de seguimiento es para identificar las principales oportunidades de mejora del sistema de gestión de la

calidad asegurando siempre la satisfacción de los clientes. En los casos en los que el proceso de seguimiento de como resultado diversas no conformidades, la organización deberá tomar acciones para controlarlas y corregirlas.

Una organización madura tiene un desempeño eficaz y eficiente y logra el éxito sostenido al hacer lo siguiente:

- comprender y satisfacer las necesidades y expectativas de las partes interesadas;
- hacer el seguimiento de los cambios en el contexto de la organización;
- identificar posibles áreas de mejora, aprendizaje e innovación;
- definir y desplegar políticas, estrategia y objetivos;
- gestionar sus procesos y sus recursos;
- demostrar confianza en las personas, guiándolas hacia un compromiso mayor;
- establecer relaciones beneficiosas con las partes interesadas, tales como proveedores externos y otros aliados de negocio.

Para cumplir con las actividades enlistadas, la norma ISO 9004, propone una herramienta de autoevaluación que utiliza cinco niveles de madurez, que pueden ampliarse para incluir niveles adicionales o personalizarse según sea necesario. En el siguiente cuadro se muestra un modelo genérico para aplicar la herramienta de autoevaluación relacionados con los niveles de madurez de una organización:

Cuadro 2. Modelo genérico para los elementos y criterios de autoevaluación relacionados con los niveles de madurez

Nivel de madurez hacia el éxito sostenido					
Elemento clave	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Elemento 1	Criterio 1 Nivel de base				Criterio 1 Mejor práctica
Elemento 2	Criterio 2 Nivel de base				Criterio 2 Mejor práctica
Elemento 3	Criterio 3 Nivel de base				Criterio 3 Mejor práctica

Fuente: Organización Internacional de Normalización (2018)

Metodología de trabajo colaborativo BIM

Hay múltiples interpretaciones sobre el significado de BIM, un acrónimo en inglés que se traduce literalmente como "Modelado de Información para la Construcción". De acuerdo con BIM Forum Costa Rica & Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) (2018), BIM es una metodología de trabajo colaborativa que permite la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su principal objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo inteligente que permite albergar información digital creada por todos sus agentes.

La definición exacta establecida por la Organización Internacional de Normalización (2020) en la norma ISO 19650-1 indica que BIM es el uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones.

Por su parte, el Grupo Directivo BIMinNZ & Instituto de Construcción de Nueva Zelanda (2023) definen BIM como un conjunto de procesos colaborativos, apoyados en tecnología, que agregan valor mediante el compartimiento de información estructurada para edificios y activos de infraestructura. BIM no es un simple proceso, ni un modelo computacional 3D aislado. BIM implica ser consciente de las necesidades de información de todos los agentes que participan en un proyecto de construcción, a medida que cada uno realiza sus respectivas tareas. Sin embargo, BIM es una herramienta cuya aplicación debe ajustarse a las necesidades específicas del proyecto. En todos los casos, se debe buscar la mejor estrategia la cual permita una gestión adecuada y eficiente de la información y los procesos de un proyecto.

BIM puede ser interpretado como una plataforma centralizada que recopila datos esenciales de un proyecto de construcción. Lo distintivo de BIM radica en su capacidad para estar presente en todas las etapas del proyecto: desde la planificación inicial hasta la fase de mantenimiento posterior a la construcción. De acuerdo con BIM Forum Costa Rica & Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) (2018), BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costos (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D), permitiendo una gestión integral durante el ciclo de vida de una construcción. El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto, permitiendo la gestión de este y reduciendo los costos de operación.

En su esencia, BIM implica la creación de un prototipo digital que sirve como punto de referencia durante todo el ciclo de vida del proyecto. Además de ser una herramienta tecnológica, BIM representa un cambio de paradigma en la industria de la construcción, fomentando una cultura de colaboración e intercambio de información. Esta metodología no solo facilita la gestión eficiente de la información generada en un proyecto, sino que también agiliza los procesos de toma de decisiones al permitir una anticipación temprana a posibles problemas o conflictos.

A nivel internacional existen diferentes organizaciones que han realizado documentación y normativa relevante y en el Cuadro 3 se resume los contenidos destacados de cada una de ellas:

Cuadro 3. Recuento de normativa relacionada a BIM

Tipo de estándar	Nombre	Descripción
Base tecnológica	ISO 16739-1:2020 Intercambio de datos en la industria de construcción y en la gestión de inmuebles mediante IFC (Industry Foundation Classes).	Formato abierto para el intercambio de información entre software
	UNE-EN 17549-2:2023 Modelado de la información de construcción (BIM). Estructura de información basada en la Norma EN ISO 16739-1 para el intercambio de plantillas y hojas de datos para objetos de construcción. Parte 2: Objetos de construcción configurables y requisitos	Define el esquema de un Model View Definition (MVD) y establece un conjunto específico de requisitos y restricciones para un modelo de información en particular, como el Industry Foundation Classes (IFC). Define qué información debe estar presente en el modelo y cómo debe organizarse y estructurarse para satisfacer las necesidades de un proceso o aplicación específica dentro del ámbito de la construcción y la ingeniería.
General	ISO 19650-1:2020 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modeling). Parte 1: Conceptos y principios.	Describe los conceptos y principios de BIM, además del proceso de creación de la información
	ISO 19650-2:2020 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modeling). Parte 2: Fase de desarrollo de los activos	Describe en mayor detalle el proceso de distribución y entrega de la información
	ISO 19650-4:2023 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modeling). Parte 4: Intercambio de información	Este documento especifica el proceso detallado y los criterios de toma de decisiones para la ejecución de un intercambio de información, con el fin de garantizar la calidad del modelo de información del proyecto o activo.
	The New Zealand BIM Handbook	Describe los conceptos y principios de BIM presentes a lo largo del ciclo de vida de un activo, además del proceso de creación de la información utilizado en Nueva Zelanda.
	Singapore BIM Guide	Describe los conceptos y principios de BIM presentes a lo largo del ciclo de vida de un activo, además del proceso de creación de la información utilizado en Singapur.
Conceptos y términos	Level of Development Specification BIM Forum USA 2019	Define seis Niveles de Desarrollo (LOD)
	BIM Planning at Penn State	Define 25 Usos BIM

Fuente: Adaptado de BIM Forum Costa Rica & CCC (2021)

Un aspecto muy importante dentro de esta metodología son los modelos BIM. El BIM Forum Costa Rica & CCC (2021) indica que un modelo BIM es una representación digital tridimensional (3D) basada en entidades, rica en datos, creada por un autor del proyecto utilizando una herramienta de software BIM. Dentro de la diversidad de modelos BIM, se pueden identificar distintas categorías, como los modelos volumétricos, arquitectónicos, estructurales, MEP (mecánico, eléctrico y plomería), los modelos As-Built, así como los modelos de operación y mantenimiento, entre otros más. Aunque cada uno de estos modelos representa disciplinas distintas, todos corresponden a modelos de información, concepto que se ampliará más adelante.

Es relevante destacar que, en la metodología BIM, la información juega un papel esencial y su comprensión es crucial para todas las partes involucradas en el proyecto. BIM va más allá de la creación de un modelo 3D; implica el enriquecimiento constante de dicho modelo tridimensional con información detallada, precisa y confiable. Esta integración de datos permite no solo visualizar la geometría de los elementos, sino también entender su funcionamiento, relaciones y características específicas, lo que contribuye significativamente a la toma de decisiones informada a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Para asegurar la calidad de la información, es esencial definir el Nivel de Desarrollo de los elementos en cada uno de los Modelos BIM necesarios para los proyectos de construcción. Sin embargo, para comprender el significado del Nivel de Desarrollo, es fundamental comprender cómo se debe solicitar la información y cuáles son los requisitos que deben cumplirse.

Información relacionada a los modelos

Anteriormente se mencionó que los modelos BIM de las diferentes disciplinas corresponden a modelos de información. Un modelo de información corresponde a un conjunto de contenedores de información estructurada y no estructurada que facilita la toma de decisiones (buildingSMART Spain Chapter, 2021). De acuerdo con el BIM Forum Costa Rica & CCC (2021), la información estructurada y no estructurada representan lo siguiente:

- **Información estructurada:** corresponde a información geométrica, programaciones y bases de datos que pueden ser extraídos directamente desde los modelos BIM en distintos formatos como por ejemplo planos, presupuestos, cuantificaciones o especificaciones técnicas.
- **Información no estructurada:** este tipo incluye documentos de apoyo al desarrollo del proyecto y los modelos como por ejemplo fichas técnicas, videos, nubes de puntos, catálogos, entre otros.

Los estados de avance de la información en los modelos BIM representan las diversas etapas secuenciales de desarrollo de la información dentro de los modelos. Para las empresas de consultoría estructural, se

observa que se encuentran en los Estados de Avance de Información del Modelo (EAIM) correspondientes al Diseño de Anteproyecto (DA) y al Desarrollo de Diseño (DD), como se muestra en la Figura 5:

Figura 5. Tipo de modelo BIM requerido de acuerdo con el EAIM.

EAIM		TIPOS MODELOS BIM										
		Condiciones existentes 	Volumétrico 	Arquitectura 	Estructura 	Aire Acondicionado 	Fontanería 	Instalaciones Eléctricas 	Coordinación (**) 	Construcción (***) 	As Built 	Operación y Mantenimiento 
PLANIFICACIÓN	EP ESTUDIOS PRELIMINARES	✓										
	EST ESTUDIOS TÉCNICOS	✓										
	DC DISEÑO CONCEPTUAL	✓	✓									
DISEÑO	DA DISEÑO DE ANTEPROYECTO	✓	✓	✓	✓							
	DD DESARROLLO DEL DISEÑO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
CONSTRUCCIÓN	CC COORDINACIÓN DE CONSTRUCCIÓN								✓	✓		
	CM CONSTRUCCIÓN, FABRICACIÓN Y MONTAJE									✓		
	AB AS BUILT										✓	
OPERACIÓN	PM PUESTA EN MARCHA										✓	✓
	OM OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO											✓

Fuente: BIM Forum Costa Rica & CCC (2021)

En el caso del estado de desarrollo de anteproyecto, este corresponde a una etapa donde se elabora la propuesta inicial que define la esencia y función de un proyecto u obra. Dependiendo de la complejidad del proyecto, esta fase debe presentar una solución esquemática completa que abarque tanto la arquitectura como las propuestas de las diferentes disciplinas involucradas. Por otro lado, el Desarrollo del Diseño es la fase en la que se detalla el diseño de cada elemento del proyecto, mediante una descripción completa de la información necesaria para la construcción de estos (BIM Forum Costa Rica & CCC, 2021).

Solicitud de Información BIM (SDI BIM - EIR)

La solicitud de información BIM, o SDI BIM (también conocida como EIR, por sus siglas en inglés), es un documento que define las necesidades del cliente en donde se especifica el por qué y para qué se utilizará BIM en un proyecto, los entregables BIM y la información que debe contener cada uno de ellos (BIM Forum Costa Rica & CCC, 2021). En otra documentación la SDI es conocida como los requisitos de intercambio de información y este corresponde a un documento que aglutina los requisitos de información establecidos por el cliente en un proyecto desarrollado bajo la metodología BIM. De acuerdo con el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) (2023) la SDI deberá contener los siguientes requisitos específicos:

- Los usos de BIM, concretando las principales utilidades que se pretende dar al modelo (por ejemplo, facilitar las revisiones del diseño). Adicionalmente, la SDI podrá establecer, para cada uso, el grado de desarrollo que se quiere conseguir en cada fase del proceso e identificar las entidades responsables.
- Los requisitos técnicos exigibles durante todo el ciclo de vida. Como, por ejemplo, la determinación de las disciplinas a integrar, de los entregables a generar en cada etapa, del nivel de desarrollo del modelo y su información, de los requisitos de seguridad de la información creada y compartida, de las plataformas de software a utilizar en el desarrollo de trabajos BIM, etc
- Los requisitos de gestión a considerar en el despliegue del modelo. Como, por ejemplo, la asignación previa de los roles intervinientes, cómo, dónde y cuándo se compartirá la información del proyecto, formatos de intercambio de información como el IFC el cual se profundizará más adelante, PDF, entre otros.
- Los objetivos previstos para la implementación de BIM (por ejemplo, desde facilitar y mejorar la toma de decisiones y estudiar alternativas durante la redacción de proyecto hasta favorecer la integración de las instrucciones para la operación y el mantenimiento del activo construido en su gemelo digital)
- Personal con el que deberá contar las empresas intervinientes y los requisitos exigidos (por ejemplo, del BIM Manager)

Además, la SDI BIM debe definir las entregas del proyecto, indicando para cada una, en cuál EAIM se debe entregar los modelos. En resumen, los EIR son un conjunto de especificaciones sobre: la información

que debe producirse, cuándo debe producirse, su método de producción y su destinatario. De acuerdo con el buildingSMART Spain Chapter (2021), los requisitos pueden clasificarse como:

- OIR: Requisitos de Información de la Organización relativos a sus objetivos.
- PIR: Requisitos de Información del Proyecto relativo a su desarrollo.
- AIR: Requisitos de Información del Activo relativos a su operación.
- EIR: Requisitos de Intercambio de Información entre dos partes relativos a una adjudicación.
- PIM: Modelo de Información del Proyecto relacionado con la fase de desarrollo.
- AIM: Modelo de Información del Activo relacionado con la fase de operación.

En la Figura 6 se puede observar la jerarquía de los requisitos de información en relación con la organización, la adjudicación y el modelo entregable:

Figura 6. Jerarquía de los requisitos de información según EN ISO 19650-1.



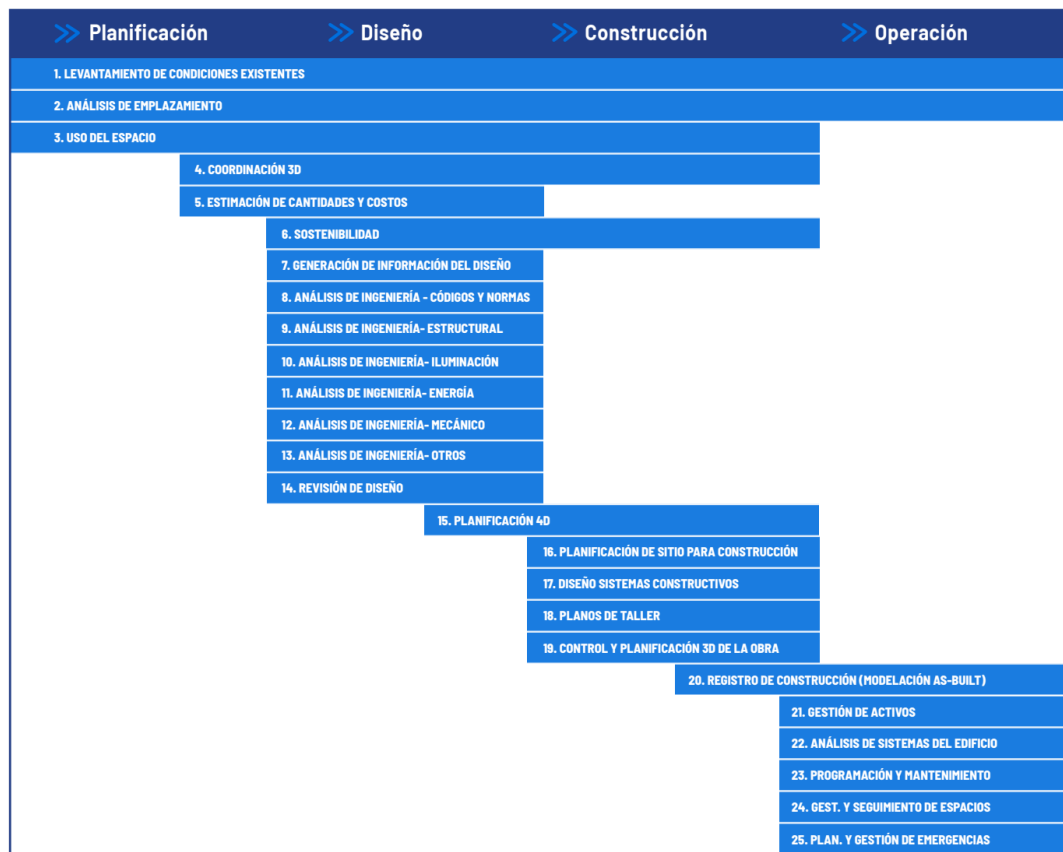
Fuente: buildingSMART Spain Chapter (2021)

Usos BIM en consultoría estructural

La estandarización de los principios de la metodología BIM es notoria a pesar de las variaciones normativas entre distintos países. Así, el concepto de Usos BIM permanece prácticamente constante en todas las fuentes revisadas, y hace referencia a los enfoques para la aplicación de BIM a lo largo de las etapas de un proyecto constructivo. Con BIM abarcando una gama diversa de procesos y tareas, los Usos BIM establecen un

lenguaje común donde cada descripción detalla cómo se aplica BIM específicamente en el desarrollo del proyecto de construcción. Cada descripción ofrece una visión general de su uso, sus posibles ventajas, las competencias requeridas del equipo y los recursos disponibles para obtener más información sobre su implementación (Messner et al., 2019). Los Usos BIM se establecen para abarcar cuatro etapas clave en el ciclo de vida de un proyecto de construcción: planificación, diseño, construcción y operación. Este enfoque integral reconoce la utilidad de BIM en todas las fases del proyecto, desde su concepción hasta su finalización y mantenimiento. De este modo, se garantiza una aplicación coherente y efectiva de la metodología BIM a lo largo de todo el proceso constructivo. En la Figura 7 planteada por el BIM Forum Costa Rica & CCC (2021), se muestran los Usos BIM establecidos en la Guía de planificación de ejecución de proyectos BIM de la universidad de Pensilvania:

Figura 7. Usos BIM.



Fuente: BIM Forum Costa Rica & CCC (2021)

Tal y como se observa en la figura anterior, la disciplina de ingeniería estructural se encuentra en la fase de diseño, específicamente en el noveno uso BIM sobre Análisis de Ingeniería – Estructural. Sin embargo, las empresas de consultoría estructural, con ayuda de la metodología BIM, pueden extender sus servicios aprovechando otros usos BIM como los de la fase de planificación y construcción.

El Uso BIM para el Análisis de Ingeniería Estructural implica la aplicación de software especializado para evaluar el comportamiento de la estructura frente a las cargas previstas. Una vez completada esta fase inicial, el modelo se emplea para la optimización del diseño, buscando soluciones efectivas, eficientes y viables para la construcción. Esta etapa sirve como base para la elaboración de planos detallados y el diseño de sistemas constructivos específicos (BIM Forum Costa Rica & CCC, 2021).

Categorías BIM para consultoría estructural

Dentro del contexto de la Solicitud de Información BIM (SDI), es fundamental establecer categorías claras y definidas que faciliten la organización de los diversos parámetros presentes en el modelo BIM. Estas categorías actúan como un sistema de clasificación que agrupa los datos en función de su naturaleza y el propósito para el cual serán utilizados. Desde la geometría del modelo hasta los datos relacionados con materiales, costos, plazos de tiempo, rendimiento energético y seguridad, entre otros aspectos, estas categorías permiten una estructuración eficiente de la información. Esta organización no solo mejora la accesibilidad y comprensión de los datos, sino que también facilita la interoperabilidad entre diferentes sistemas y herramientas utilizadas a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Además, al estandarizar las categorías de información, se promueve una comunicación más efectiva entre los diversos equipos y partes interesadas involucradas en el proyecto, lo que contribuye a una colaboración más eficiente y una toma de decisiones informada. En la Figura 8 se muestran las categorías de información para cada uno de los posibles usos aplicables para empresas de consultoría estructural:

Figura 8. Categoría de información para cada Uso BIM.

Usos BIM	Categorías de Información														
	Información general	Prop. físicas y geométricas	Propiedades geográficas	Requerimientos fabricante / Constructor	Especificaciones técnicas	Requerimientos y estimación de costos	Requerimientos energéticos	Sostenibilidad	Condiciones sitio y medio ambiente	Validación cumplimiento programa	Cumplimiento normativo	Requerimientos fases	Logística secuencia construcción	Entrega para operación	Gestión activos
LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES EXISTENTES															
ANÁLISIS DE EMPLAZAMIENTO															
USO DEL ESPACIO															
COORDINACIÓN 3D															
GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE DISEÑO															
ANÁLISIS DE INGENIERÍA - CÓDIGOS Y NORMATIVAS															
ANÁLISIS DE INGENIERÍA - ESTRUCTURAL															
REVISIÓN DEL DISEÑO (EVALUACIÓN DE CUMPL. REQUISITOS)															
DISEÑO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS (EFICIENCIA DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS)															
PLANOS DE TALLER															
PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE EMERGENCIAS															

Fuente: (BIM Forum Costa Rica & CCC, 2021)

Nivel de desarrollo

El Nivel de Desarrollo (LOD, por sus siglas en inglés), conocido como Level Of Definition o Level Of Development es un concepto que describe el grado de integridad con el que un elemento del modelo se ha desarrollado teniendo en cuenta la disposición de información tanto gráfica como no gráfica. El nivel de desarrollo es una medida del grado en que se ha pensado la geometría e información del modelo. Les permite a los miembros del equipo conocer el grado en el que se puede confiar en la información del modelo para ejecutar los Usos BIM requeridos (BIM Forum Costa Rica & CCC, 2021).

Una de las principales referencias relacionadas al LOD es la creada por Bedrick et al. (2021) del BIM Forum de Estados Unidos. En este documento se establece la diferencia entre nivel de desarrollo (LOD) y nivel de detalle (LoD). El LoD describe la cantidad de detalles incluidos en el elemento del modelo independientemente de su confiabilidad. Sin embargo, el LOD representa la cantidad de información confiable. En esencia, el Nivel de Detalle puede considerarse como la entrada al elemento (información gráfica como las dimensiones geométricas, refuerzo, entre otras), mientras que el Nivel de Desarrollo es la salida (información no gráfica como costo, plazo, proveedor, acabados, entre otros). Es importante tener en cuenta que la terminología internacional respecto al Nivel de Desarrollo y al Nivel de Detalle varía y en unos países se utiliza el mismo concepto para ambos, en otros se invierten los conceptos y en otros solo se utiliza uno de ellos. Sin embargo, en este caso se estudian ambos conceptos ya que así están definidos en la normativa de referencia del BIM Forum de Estados Unidos.

En el Cuadro 4 se resume la descripción de cada uno de los niveles de desarrollo:

Cuadro 4. Descripción de los diferentes niveles de desarrollo (LOD)

Niveles de desarrollo	Descripción
LOD 100: Información inicial generada	Los elementos no son representaciones geométricas. Ejemplos son información adjunta a otros elementos o símbolos del modelo, mostrando la existencia del componente pero no su ubicación, forma o tamaño preciso. Toda información derivada de este nivel de desarrollo es aproximada
LOD 200: Información básica aproximada	Los elementos son marcadores de posición genéricos. Pueden ser elementos reconocibles como componentes representados o pueden ser volúmenes para reservar espacios. Cualquier información derivada de este nivel de desarrollo es aproximada. También se puede adjuntar información no gráfica a los Elementos del modelo

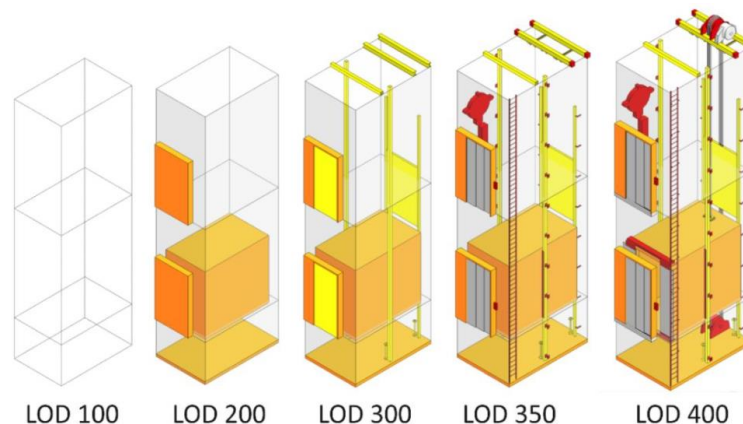
Cuadro 5. Descripción de los diferentes niveles de desarrollo (LOD) (Continuación)

Niveles de desarrollo	Descripción
LOD 300: Información detallada	La cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación del elemento diseñado puede ser medida directamente desde el modelo sin recurrir a información no modelada como notas o anotaciones de dimensiones. Se define el origen del proyecto y el elemento se ubica con precisión con respecto al origen. También se puede adjuntar información no gráfica a los Elementos del modelo
LOD 350: Información detallada y coordinada	Se modelan las piezas necesarias para la coordinación del elemento con elementos cercanos o adjuntos. Estas piezas serán elementos tales como soportes y conexiones. La cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación del elemento tal como se diseñó se pueden medir directamente desde el modelo sin recurrir a información no modelada como notas o anotaciones de dimensiones. También se puede adjuntar información no gráfica a los Elementos del modelo
LOD 400: Información detallada de fabricación	El elemento se modela con suficiente detalle y precisión para la fabricación del componente representado. La cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación del elemento tal como se diseñó se pueden medir directamente desde el modelo sin recurrir a información no modelada como notas o anotaciones de dimensiones. También se puede adjuntar información no gráfica a los Elementos del modelo.
LOD 500: Información detallada de operación	El elemento del modelo es una representación verificada en el campo en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. También se puede adjuntar información no gráfica a los Elementos del modelo.

Fuente: BIM Forum Costa Rica & CCC (2021)

El LOD se puede entender gráficamente tal y como lo muestra Abualdenien & Borrmann (2022) para el ejemplo de un elevador:

Figura 9. Representación gráfica del proceso de diseño de los diferentes LOD's aplicado a un elevador.



Fuente: Abualdenien & Borrmann (2022)

En el caso de las empresas de consultoría estructural, el nivel de desarrollo generalmente se encuentra entre el LOD 100 y el LOD 300. Sin embargo, esta especificación puede variar en los distintos elementos que conforma un proyecto constructivo de forma tal que ciertos elementos pueden tener LOD diferentes entre sí. A esto se le conoce como simultaneidad de los distintos LOD de los elementos del modelo BIM:

Figura 10. Simultaneidad de los distintos LOD de los elementos del modelo BIM.



Fuente: BIM Forum Costa Rica & CCC (2021)

Tal y como se observa en Figura 10, el nivel de desarrollo de los elementos puede variar según los requerimientos del proyecto lo cual está directamente relacionado con los objetivos y usos BIM. Además, la creación de modelos se lleva a cabo de manera gradual, lo que implica que a medida que avanza el proyecto a lo largo de su ciclo de vida, el modelo se va refinando y ampliando. Esto significa que los Niveles de Desarrollo de los sistemas, conjuntos o elementos aumentan, y se añade nueva información. Por ejemplo, durante la fase de diseño, cuando se está elaborando el anteproyecto (DA), los elementos estructurales como las vigas se modelan con un LOD 200, lo que significa que su dimensión, cantidad y ubicación son aproximadas, y se incorpora información básica. A medida que se avanza al desarrollo del diseño (DD), el nivel de desarrollo se incrementa a LOD 300 para obtener dimensiones, cantidades y ubicaciones exactas, y se añade más información a los elementos. Este proceso continúa de forma progresiva a medida que avanza el ciclo de vida del proyecto (BIM Forum Costa Rica & CCC, 2021). En la Figura 11 se muestran los Niveles de Desarrollo recomendados para los EAIM en los que intervienen las empresas de consultoría estructural:

Figura 11. Niveles de desarrollo recomendados para los EAIM.

ESTADOS DE AVANCE DE LA INFORMACIÓN DE LOS MODELOS		TIPOS DE ELEMENTOS EN MODELOS BIM									
		Ejes	Terreno	Elementos Civiles	Elementos Geográficos	Fundaciones	Zonas/Espacios	Columnas	Vigas	Losas	
DISEÑO	DA DISEÑO DE ANTEPROYECTO	LOD 200	LOD 100	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200	
	DD DESARROLLO DEL DISEÑO	LOD 300	LOD 200	LOD 300	LOD 200	LOD 300	LOD 300	LOD 300	LOD 300	LOD 300	
Muros	Muros Cortina	Ventanas	Puertas	Cubiertas/Techos	Cielos Falsos/Acabados	Escaleras/Rampas	Equipos e Instalaciones	Muebles	Estructuras Especiales	Equipamiento electromecánico	Distribución y tuberías
LOD 200	LOD 300	LOD 200	LOD 300	LOD 100	LOD 100	LOD 200	LOD 100	LOD 100	LOD 100	LOD 100	LOD 100
LOD 200	LOD 300	LOD 200	LOD 300	LOD 200	LOD 200	LOD 300	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200

Fuente: BIM Forum Costa Rica & CCC (2021)

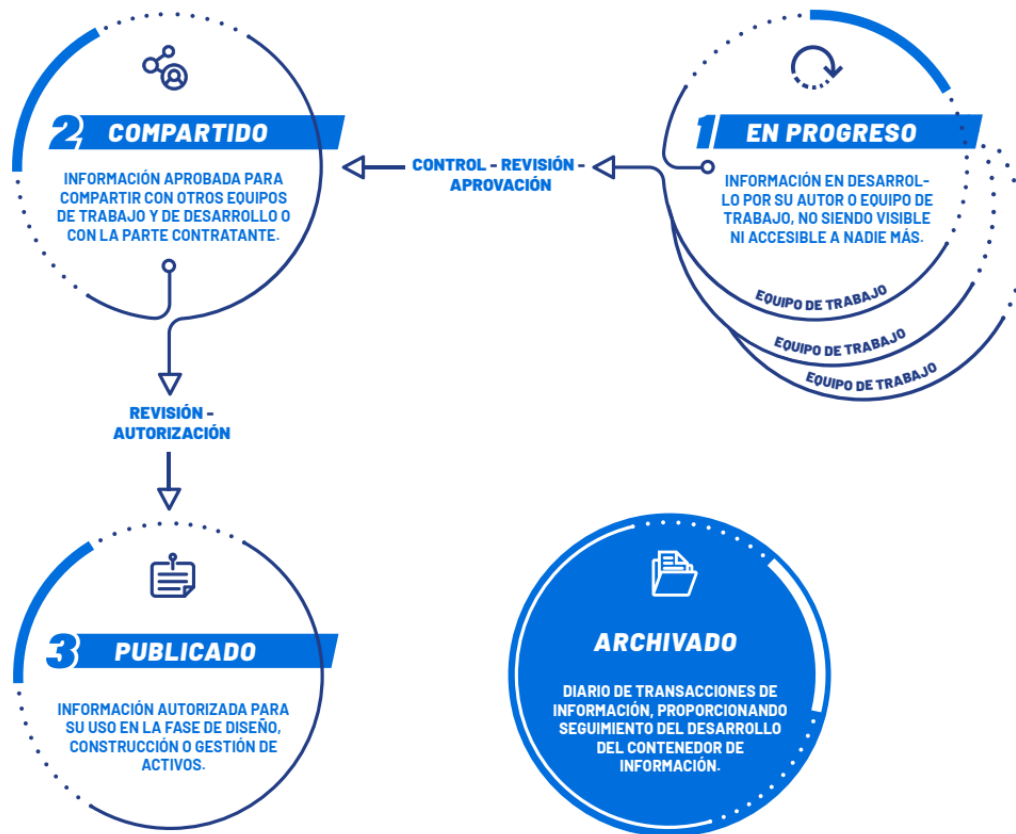
Entorno Común de Datos

Finalmente, otra información que debe quedar clara en la solicitud de información BIM es el lugar en que se realiza la gestión colaborativa de la información de un proyecto. Para ello se introduce el concepto de Entorno Común de Datos (CDE, por sus siglas en inglés) y se refiere a la fuente de información acordada para un proyecto o activo con el fin de recolectar, administrar y difundir cada contenedor de información (documentos o modelos) a través de un proceso debidamente estructurado y estandarizado (Organización Internacional de Normalización, 2020).

La información administrada en el CDE debería ser comprensible para todas las partes. Para ello, de acuerdo con García et al. (2021) es necesario acordar los formatos de información, los formatos de entrega,

la estructura del modelo de información, los medios para estructurar y clasificar la información y los nombres de los atributos para metadatos, por ejemplo, las propiedades de los elementos de construcción y de los entregables de información. Según la ISO 19650-1, los contenedores de información dentro del CDE pueden estar en uno de los siguientes estados: En Progreso, Compartido, Publicado o Archivado:

Figura 12. Concepto de Entorno de datos común (CDE).



Fuente: BIM Forum Costa Rica & CCC (2021)

Toda la información contenida en un CDE puede ser integrada en los modelos BIM. La información desarrollada por las diferentes especialidades del proyecto se puede consolidar y la forma en la que se debe hacer este proceso debe quedar definido en la SDI BIM. La forma más utilizada actualmente para consolidar la información de los diferentes agentes es por medio de un modelo federado el cual corresponde a un modelo creado a partir de información contenida en archivos separados. Otra forma es a través de un modelo BIM integrado el cual corresponde a un modelo compuesto por la información de las distintas disciplinas del proyecto contenida en un único contenedor de información, sin embargo, esta forma no es tan común ya que requiere de muchos recursos computacionales.

Interoperabilidad BIM y modelo de datos abiertos IFC

De acuerdo con Autodesk (2021), las IFC (Clases Fundamentales de la Industria, por sus siglas en inglés) son un modelo de datos orientado a objetos desarrollado para describir los componentes físicos de edificios, productos fabricados, sistemas mecánicos/eléctricos, así como modelos de análisis estructural o energético más abstractos, desglose de costos, cronogramas de trabajo y mantenimiento, entre otros.

El esquema de datos IFC se ideó por primera vez en el año 1997 gracias al aporte de 26 compañías que unieron esfuerzos para iniciar la transformación digital del sector de la construcción. Actualmente, el consorcio trabaja bajo el nombre de buildingSMART Internacional la cual es una organización sin ánimo de lucro que busca impulsar la eficacia en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM para alcanzar nuevos niveles en reducción de costos, tiempos de ejecución y aumento de la calidad. La organización está integrada por diversos actores del sector, como empresas constructoras, desarrolladoras de software, centros de investigación, universidades, fabricantes de productos y materiales, e inversores, ubicados en diferentes regiones del mundo. Estos actores se unen a través de capítulos regionales que convergen en buildingSMART, un espacio donde se abordan las necesidades y desafíos compartidos por múltiples capítulos, con el objetivo de encontrar soluciones colaborativas. Dentro de los principales objetivos de la organización está el desarrollar y mantener estándares BIM internacionales, abiertos y neutros (Open BIM), acelerar la interoperabilidad en el sector, proporcionar documentación de referencia y extender el uso de esta tecnología y procesos asociados a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio y englobando a todos los agentes participantes (buildingSMART International, 2024). La especificación del esquema IFC es el principal entregable técnico de buildingSMART International para cumplir con su objetivo de promover el OpenBIM.

De acuerdo con buildingSMART International (2024), IFC es una descripción digital estandarizada del entorno de la construcción incluyendo edificios e infraestructura civil. Este esquema de datos es un estándar abierto e internacional el cual es aceptado por la Organización Internacional de Normalización mediante la ISO 16739-1:2024: Intercambio de datos en la industria de construcción y en la gestión de inmuebles mediante IFC (Industry Foundation Classes) Parte 1: esquema de datos. De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización (2024), esta norma representa un estándar para la información utilizada en el modelado de información de la construcción BIM, que se intercambia y comparte entre las aplicaciones de softwares utilizadas por los distintos agentes en el sector de la industria de la construcción. Dicho documento incluye definiciones que cubren la información requerida para edificios y obras de infraestructura a lo largo de su ciclo de vida. Se pueden definir diferentes niveles de implementación de este documento para respaldar mejor múltiples entregas de información, a los cuales se les denomina Definición de Vista de Modelo (MVD, por sus siglas en inglés). Cada MVD identifica qué subconjunto de las definiciones

de la norma impone requisitos para la implementación en aplicaciones de software. Las aplicaciones de software conformes deben identificar la MDV a la que se adhieren al solicitar la certificación de software. Según el sitio web oficial de ISO, esta norma y su contenido contribuye a cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 6 sobre Industria, Innovación e Infraestructura debido a las ventajas que ofrece su aplicación.

Dentro de las ventajas de utilizar estándares de formato abierto se encuentra la capacidad de colaborar con una amplia gama de software que utilizan los distintos agentes que participan en un proyecto constructivo. Así mismo, existe libertad de uso de cualquier software siempre y cuando sea capaz de generar información y transmitirla. Esto brinda mayor posibilidad a que más empresas participen en los proyectos ya que no se limita el talento por trabajar con una herramienta u otra. Con el uso del IFC, existe una mayor versatilidad para enviar la información de manera conveniente mediante la configuración de la exportación, lo que permite adaptarse a cualquier tipo de requerimiento. Cada uno de los actores puede trabajar con sus propias herramientas, siguiendo sus propios métodos y únicamente ajustándose a los requisitos del plan BIM de acuerdo con los objetivos del cliente. Otra de las ventajas de utilizar este esquema de datos es el ahorro de dinero para empresas que solo requieren visualizar la información del modelo ya que existen visores IFC gratuitos capaces de procesar la información. En ocasiones, para un mismo software pueden existir problemas para abrir archivos elaborados en versiones anteriores; con el esquema IFC esto no es un problema ya que un archivo IFC generado en 1997 se puede visualizar sin problema en la actualidad y también existe la posibilidad de que un archivo generado en versiones recientes, se pueda abrir en versiones más antiguas. Sin embargo, este proceso tiene mayores limitaciones y solamente se exportará el modelo y la información IFC perdiendo planos y configuraciones y librerías (Autodesk, 2023a).

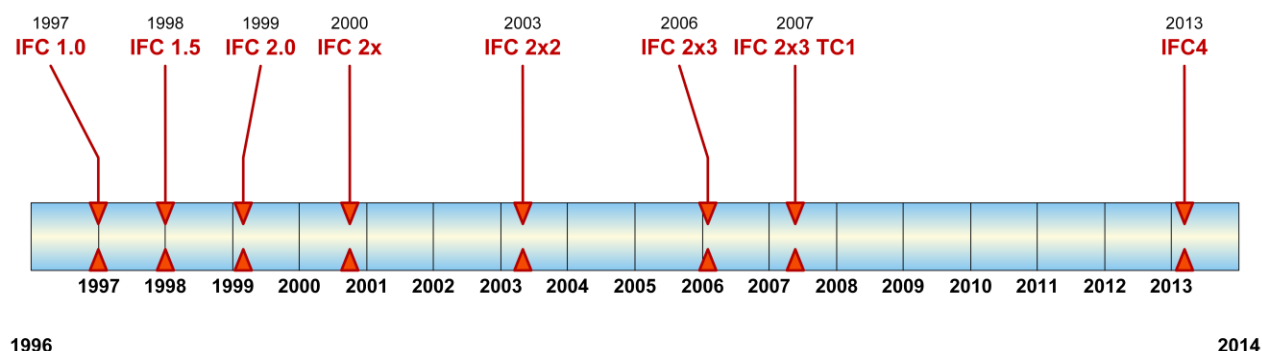
El uso de este tipo de formatos abiertos permite que muchas empresas puedan desarrollar soluciones tecnológicas que ayuden a mejorar la gestión los proyectos constructivos. En países europeos, este tipo de esquema de datos se está solicitando de forma obligatoria y su adopción se está convirtiendo en un requisito esencial para proyectos de carácter público. Por ejemplo, en España, se reconoce que la implementación del BIM no debe limitar el acceso de los operadores económicos a los procesos de contratación, especialmente las microempresas y pequeñas empresas. Por ello, el Plan BIM de España ha establecido estándares abiertos como criterio fundamental para el intercambio de información, garantizando así la neutralidad tecnológica y permitiendo a los licitadores, especialmente a las micro y pequeñas empresas, elegir libremente entre diferentes alternativas tecnológicas (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

Cuando se utiliza el esquema de datos IFC para el intercambio de información, es importante considerar qué versión, qué definición de vista de modelo y qué formato de archivo se debe usar. Para comprender estos aspectos, los siguientes apartados proporcionan una explicación detallada de la información esencial para obtener un conocimiento general del IFC.

Versiones de esquemas IFC

Tal y como se ha mencionado anteriormente, IFC es un esquema semántico que define la forma de estructurar la información de un activo en cuanto a clases, relaciones y propiedades. El formato se puede comprender como una enciclopedia. Es común pensar que IFC es un archivo, sin embargo, va más allá de un archivo. Desde su primera versión hasta la actualidad, el esquema IFC ha experimentado diferentes actualizaciones tal y como se observa en la Figura 13:

Figura 13. Historial de versiones del formato IFC.



Fuente: Borrmann et al. (2018)

Las diferencias entre las versiones de IFC radican principalmente en las actualizaciones, mejoras y nuevas funcionalidades que se incorporan. Cada nueva versión de IFC suele abordar aspectos como la clarificación de definiciones, la ampliación de la cobertura de los datos, la corrección de errores, la optimización del rendimiento y la adaptación a las necesidades cambiantes de la industria de la construcción. Además, las nuevas versiones pueden introducir cambios en la estructura de datos, nuevas entidades y atributos, así como mejoras en la interoperabilidad con otros estándares y formatos de datos. Las versiones de IFC más utilizadas actualmente son las siguientes:

- IFC4: Esta versión incluye mejoras de eficiencia, mejor consistencia del esquema y archivos de tamaños mucho menores. También ofrece definiciones extendidas para crear elementos de servicio y modelos de análisis y estructurales. Además, permite la transformación del sistema de coordenadas GIS, compatibilidad con plantillas de conjuntos de propiedades, referencias de múltiples idiomas e integración con el diccionario de datos de buildingSMART. Asimismo, la versión de IFC4 presenta mejoras generales de geometría (inclinación de extrusiones, barridos arbitrarios, superficies no planas, texturas e iluminación).
- IFC2x3: Se considera que es el formato más estable y extendido en la actualidad recomendado para entornos de producción.

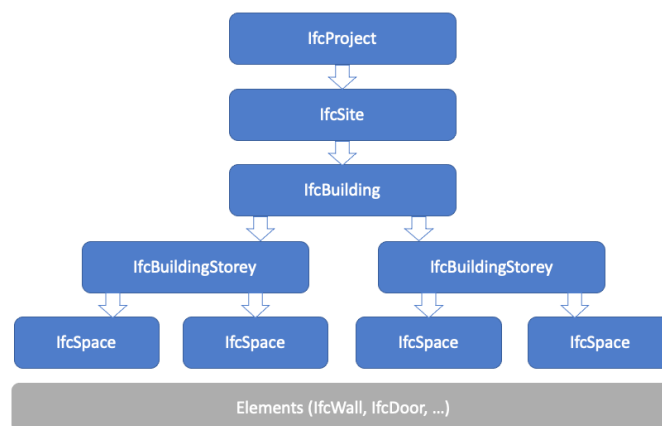
Actualmente se está trabajando en actualizaciones que incluyen mejoras y nuevas clases para infraestructuras. Una de las actualizaciones más conocidas es la 4x3 que, a diferencia de las versiones anteriores, IFC 4x3 incorpora elementos propios de infraestructura horizontal, tales como caminos, líneas ferroviarias, puentes, puertos y canales (Plan BIM Chile, 2022).

En la actualidad, IFC se utiliza para intercambiar información de una parte a otra. Por ejemplo, un arquitecto puede proporcionar a un propietario un modelo de diseño de una nueva instalación, un propietario puede enviar ese modelo de edificio a un contratista para solicitar una oferta, y un contratista puede proporcionar al propietario un modelo tal como se construyó con detalles que describen el equipo instalado y la información del fabricante. IFC también puede ser utilizado como un medio para archivar información del proyecto, ya sea de manera incremental durante las fases de diseño, adquisición y construcción, o como un contenedor de información para la preservación a largo plazo y fines de operaciones (buildingSMART International, 2024). Para una adecuada transmisión de información de la información es importante comprender ciertos conceptos como por ejemplo la estructura del esquema IFC, los conceptos de entidades, propiedades y clasificaciones, las definiciones de vistas de modelo (MDV) y los manuales de entrega de información (IDM).

Estructura de esquemas IFC

Los archivos IFC crean un modelo de construcción basado en una estructura predefinida que genera el modelo de manera lógica. Cuando se guarda, el formato de archivo IFC ordena las unidades IFC de manera jerárquica en función de su tipo, tal y como se muestra en la Figura 14 donde las tres primeras entidades (IfcProject, IfcSite e IfcBuilding) se representan solamente una vez por archivo IFC.

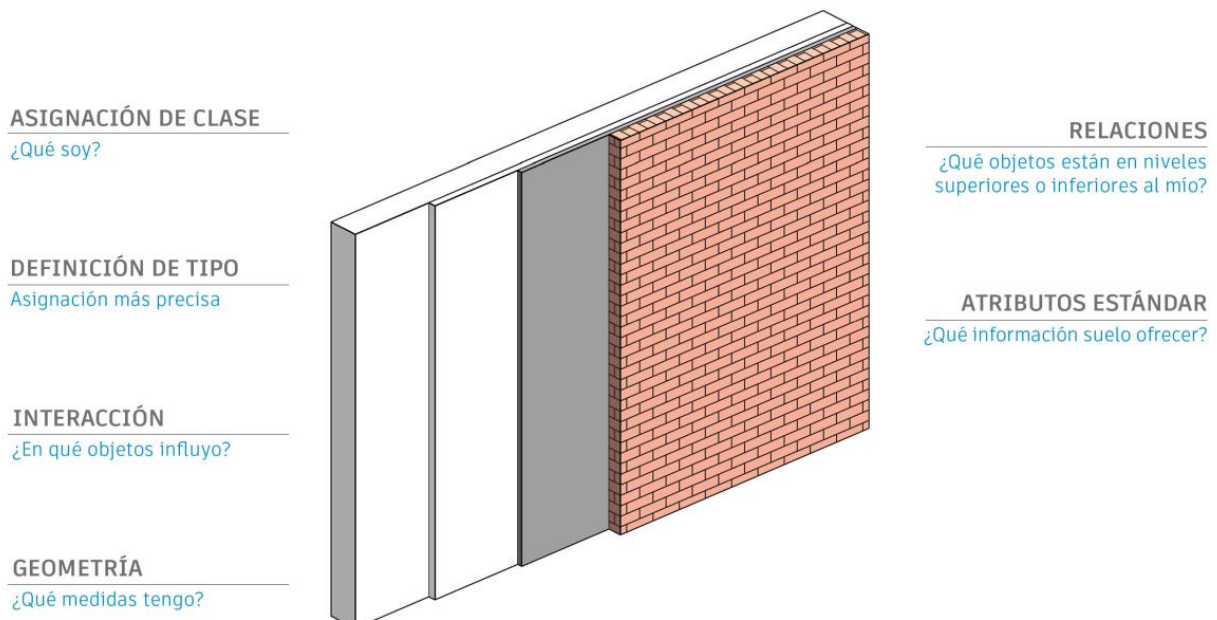
Figura 14. Estructura del esquema IFC.



Fuente: Autodesk (2021)

Una entidad IFC es un objeto definido de manera inequívoca en el modelo de datos IFC. Dependiendo de la asignación de entidad y la definición de tipo, se conferirán determinados atributos y dependencias predeterminados al objeto, dentro del esquema IFC. Elegir la entidad adecuada es esencial al exportar archivos IFC ya que si, por ejemplo, no se asigna un muro a la entidad *IfcWall*, no se le conferirán todos los atributos que necesita para describirlo con claridad. Esto implica, a su vez, que otros programas de coordinación o evaluación no podrán interpretarlo correctamente. En la Figura 15 se observan los distintos componentes que puede tener un muro:

Figura 15. Ilustración de un objeto con sus componentes.



Fuente: Autodesk (2021)

Las propiedades, también conocidas como Psets, constituyen un conjunto de características que pueden vincularse a cualquier elemento del proyecto, ya sea abstracto (como *ifcProject*) o concretamente definido, como los muros (*ifcWall*). Con relación a la clasificación, es importante comprender que dentro del estándar IFC existe un campo normativamente definido denominado *ifcClassificationReference*, el cual actúa como contenedor del valor de clasificación. Es importante destacar que un mismo elemento puede estar asociado a varios ítems de clasificación. Esta característica resulta útil, ya que permite que los usuarios trabajen y exporten la información de clasificación con base en este parámetro estandarizado. Por consiguiente, un usuario que necesite acceder a esta información podrá hacerlo de manera independiente a las Psets de usuario que pueda haber definido el promotor, facilitando así un acceso rápido y eficiente a través de visores de IFC.

Definiciones de vista del modelo (MVD)

Las definiciones de vista de modelo son filtros de datos que establecen con precisión la información gráfica y alfanumérica que debe incluirse en el intercambio de datos. Por tanto, estas definiciones constituyen un subconjunto del esquema IFC global. Una definición de vista de modelo en particular está diseñada para respaldar uno o varios flujos de trabajo reconocidos en el sector de construcción de edificios y gestión de instalaciones. Cada flujo de trabajo identifica los requisitos de intercambio de datos que deben ser respaldados por las aplicaciones de software.

El esquema IFC está diseñado para adaptarse a muchas configuraciones diferentes. Por ejemplo, de acuerdo con buildingSMART International (2024), una pared se puede representar:

- Como un segmento de línea o curva entre dos puntos.
- Utilizando distintos tipos de geometría 3D para visualización y análisis, como sólidos extruidos o superficies trianguladas.
- Mediante formas simples que incluyen detalles constructivos específicos, como accesorios de tuberías o cableado.
- Con una configuración específica de descomposición espacial.
- Al incorporar datos adicionales, como propiedades de ingeniería, una pared puede representar no solo su geometría y detalles constructivos, sino también aspectos relacionados con la programación de actividades constructivas, la asignación de responsabilidades y los costos asociados.

Durante mucho tiempo, la flexibilidad en el desarrollo de Modelos de Datos Virtuales (MVD) permitió a cualquier individuo crear y trabajar con los proveedores de software en su implementación. Sin embargo, esta libertad dio lugar a la creación de varios MVD que no eran interoperables entre sí y se requerían esfuerzos adicionales para su implementación en herramientas de software. Debido a esto, el concepto de MVD se restringió con el fin de garantizar la interoperabilidad. Existen tres MVD base que son los niveles básicos de implementación de software para IFC los cuales se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Definiciones de vistas de modelos más utilizados en la actualidad

Esquema	MVD	Descripción
IFC4	Vista de referencia	Representación relacional y geométrica simplificada de los componentes físicos y espaciales para hacer referencia a información del modelo para la coordinación del diseño entre los ámbitos arquitectónico, estructural y de servicios de edificios (MEP)

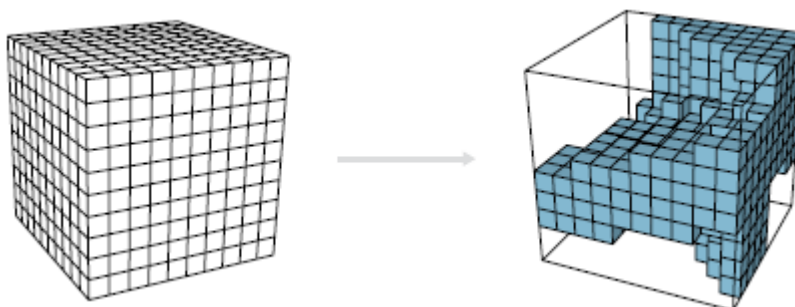
Cuadro 7. Definiciones de vistas de modelos más utilizados en la actualidad (Continuación)

Esquema	MVD	Descripción
IFC 2x3	Vista de coordinación	Componentes físicos y espaciales para la coordinación del diseño entre los ámbitos arquitectónico, estructural y de servicios de edificios (MEP)
IFC 4	Vista de transferencia de diseño	Representación relacional y geométrica simplificada de los componentes físicos y espaciales para permitir la transferencia de la información del modelo entre herramientas, pero no una transferencia „de ida y vuelta“, sino una transferencia de datos y responsabilidades unidireccional de mayor fidelidad

Fuente: Autodesk (2021)

El esquema IFC establece la estructura global para la representación de información en el ámbito de la construcción. Por otro lado, la MVD se refiere a una porción específica de la información contenida en el esquema IFC, adaptada para satisfacer las necesidades de un proceso particular en el ciclo de vida de la industria. En otras palabras, el MVD selecciona y organiza los datos relevantes del esquema IFC de acuerdo con el proceso y la terminología específica, permitiendo una transmisión eficiente y enfocada de la información requerida para llevar a cabo una tarea determinada dentro del proyecto de construcción. Dado su inmenso alcance, IFC no se implementa en ningún programa de software. IFC es un gran conjunto de acuerdos, y una definición de vista de modelo hace uso de las entidades de IFC para establecer el estándar de intercambio de datos de un caso de uso o flujo de trabajo en particular. En la Figura 16 se logra observar de forma gráfica el significado de la MDV:

Figura 16. Esquema IFC comparado con una definición de vista de modelo (MVD).



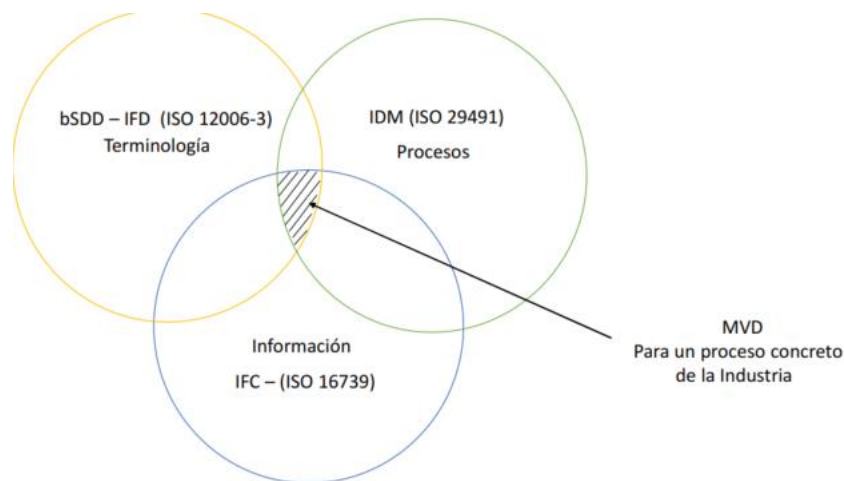
Fuente: Autodesk (2021)

Los requisitos de intercambio de información se pueden establecer con base en estos MVD base, lo que contribuye significativamente a mejorar la interoperabilidad entre distintas disciplinas de la construcción.

Además de estos MVD fundamentales, existen casos de uso específicos definidos para áreas como la arquitectura, ingeniería estructural, instalaciones MEP (Mecánicas, Eléctricas y de Fontanería), infraestructura y ferrocarriles. Estos casos de uso son escenarios típicos en los que se necesita intercambiar datos de forma eficiente y precisa entre distintas disciplinas y fases del proyecto. Asimismo, las herramientas de software pueden obtener certificaciones para cada uno de estos casos de uso, lo que garantiza su compatibilidad y capacidad para trabajar con los estándares definidos por los MVD. Esta certificación juega un papel importante en la selección de herramientas de software, ya que proporciona una garantía de que las soluciones elegidas son capaces de manejar los requisitos específicos de intercambio de información para cada caso de uso en particular (buildingSMART International, 2024).

Existen muchas formas de definir requisitos de intercambio interpretables por computadora. En la comunidad de buildingSMART, el término MVD se ha utilizado principalmente para definir los requisitos de intercambio en un proyecto. Sin embargo, dentro de las soluciones de buildingSMART, esto se cubre con la combinación de los Manuales de Entrega de Información y las Especificación de Entrega de Información (IDM y IDS, respectivamente, por sus siglas en inglés) los cuales trabajan mano a mano con IFC y las base de datos de buildingSMART (bSDD o IFD) para poder definir requisitos de intercambio interpretables por computadora por caso de uso. En la Figura 17 se representa gráficamente el entorno de conceptos y estándares aprobados por la ISO:

Figura 17. Estándares de trabajo Open BIM.



Fuente: buildingSMART International (2024)

En el caso de las bsDD, corresponde a una biblioteca que contiene términos específicos, como clases y propiedades, que se utilizan como referencias en la IDS y en los modelos IFC. Una IDS es un documento interpretable por computadora que define cómo deben intercambiarse los datos en un intercambio basado en

modelos. Describe qué objetos, clasificaciones, propiedades e incluso valores y unidades deben ser entregados y compartidos entre diferentes partes involucradas en un proyecto. La principal ventaja de una IDS es que proporciona una forma estandarizada y confiable de intercambiar datos entre diferentes partes, como clientes, modeladores y herramientas de software que realizan análisis automáticos. También puede servir como un contrato para garantizar que la información entregada cumpla con los requisitos acordados. La IDS es la solución para flujos de trabajo de intercambio de datos predecibles y confiables (buildingSMART International, 2024). El flujo de trabajo usual utilizando las IDS es el que se muestra en la **Figura 18**:

Figura 18. Flujo de trabajo openBIM con IFC e IDS.



Fuente: buildingSMART International (2024)

En el caso de la IDM, esta es otra forma de definir los procesos de intercambio de información similar a la IDS. Lo que busca es capturar y especificar los procesos y flujo de información durante el ciclo de vida de información durante el ciclo de vida de un proyecto constructivo al reunir a múltiples partes interesadas en una organización específica del proyecto.

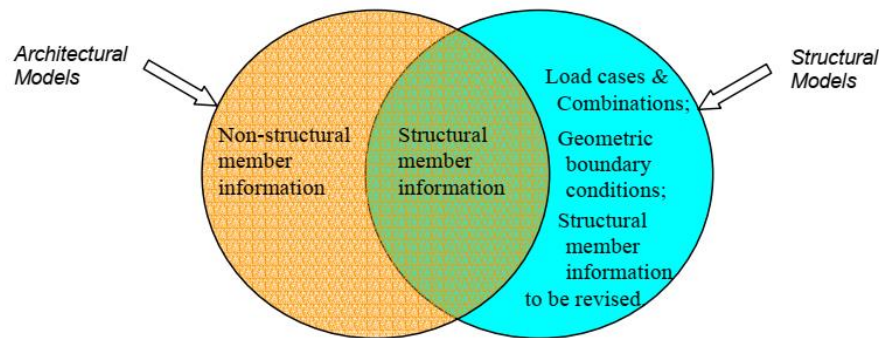
Utilizar estos estándares ofrece diversas ventajas, entre las que se destaca la garantía de una transmisión y compartición de la información más precisa y específica. Esto facilita el intercambio de datos, promoviendo un mejor entendimiento entre los diferentes programas computacionales que generan, insertan y analizan la información. Además, una configuración adecuada de los Model View Definitions (MVD) puede resultar en ahorro de tiempo tanto para la interpretación de la información por parte del software como por parte de los usuarios. En lugar de manejar datos globales que pueden llevar a pérdidas de tiempo, es preferible utilizar información orientada que se ajuste directamente a las necesidades de los distintos agentes que formen parte del proyecto y que requieran información específica.

Esquemas IFC en empresas de consultoría estructural

La implementación de esquemas IFC en empresas de consultoría estructural ha sido compleja a lo largo de la evolución del esquema IFC. Tal y como lo explica Deng & Chang (2006), la integración del diseño arquitectónico y el estructural al momento de la publicación no estaba del todo resuelto debido al hecho de que la representación de un esquema IFC arquitectónico es esencialmente un modelo físico muy diferente al modelo IFC estructural el cual es un modelo abstracto de elemento finito. Se ha realizado propuestas de algoritmos para deducir la relación topológica entre diferentes elementos estructurales para crear modelos estructurales a partir de un modelo IFC arquitectónico. Sin embargo, los modelos estructurales creados estaban limitados a los softwares propios de las empresas que los elaboraban y no estaban disponibles para otros paquetes de software comerciales.

Para comprender el flujo de trabajo de esquemas IFC para modelos de análisis estructural, es importante entender que, por un lado, el modelo arquitectónico consta de información sobre miembros estructurales y no estructurales, como ubicaciones geométricas, perfiles de sección de miembros y datos de materiales. Por otro lado, el modelo estructural es normalmente un modelo de elementos finitos que consta de los miembros estructurales originales proporcionados por los arquitectos como un sistema de transferencia de carga vertical y lateral. También incluye nuevos miembros estructurales que son definidos o modificados por ingenieros estructurales, diferentes casos de carga y sus combinaciones durante el ciclo de vida del edificio, condiciones de borde geométricas, entre otros.

Figura 19. Relación entre la información de modelos arquitectónicos y estructurales.

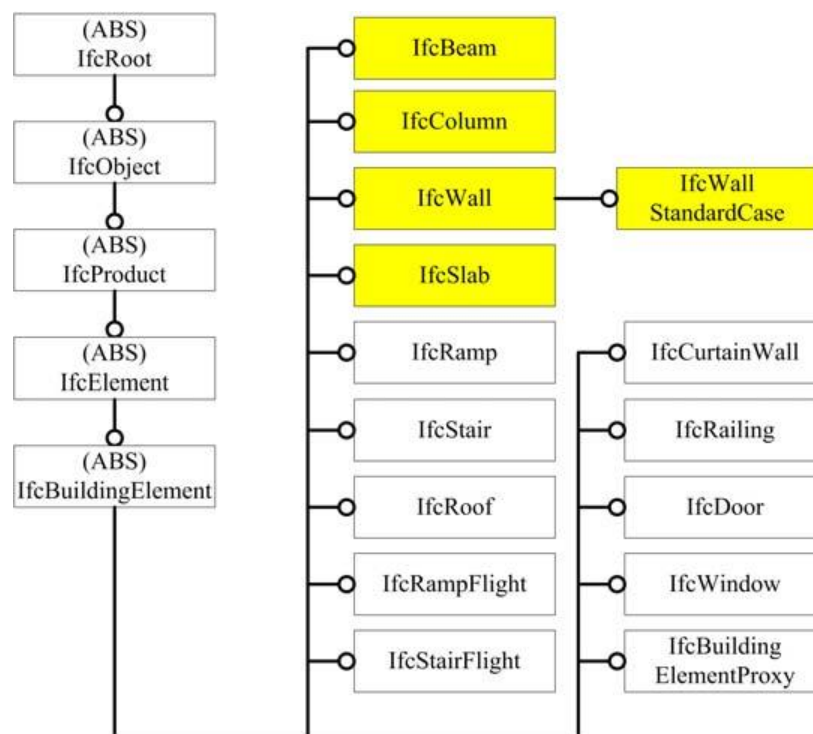


Fuente: Deng & Chang (2006)

Tal y como se observa en la Figura 19, mucha de la información necesaria para crear un modelo estructural proviene del modelo arquitectónico y tal y como lo indican Deng & Chang (2006), es necesario tener presentes los distintos tipos de elementos de construcción definidos en la capa de interoperabilidad del

esquema IFC, que se utilizan para representar tanto la información estructural como no estructural del modelo arquitectónico. La información estructural normalmente se representa en términos de elementos de construcción especificados, como IfcBeam, IfcColumn, IfcWall/IfcWallStandardCase, IfcSlab y IfcCurtainWall. En la investigación de Deng & Chang (2006) estos elementos de construcción especificados se extraen del modelo arquitectónico como los miembros estructurales preliminares en el modelo estructural; otros elementos de construcción se filtran, pero no se extraen. Otro tipo de elemento especial, IfcOpeningElement, que normalmente se emplea para representar la abertura en la ubicación de una puerta o ventana en un elemento de pared, también se extraerá del modelo arquitectónico. En la Figura 20 se observan los elementos del esquema IFC que son utilizados para representar información estructural y no estructural en modelos arquitectónicos. Esta representación permite extraer detalles geométricos, como las ubicaciones y perfiles de sección transversal de los miembros estructurales, así como información relacionada con los materiales de los elementos. Dicha información puede ser obtenida mediante el análisis del archivo físico que representa los elementos de construcción.

Figura 20. Elementos constructivos definidos en el esquema IFC.

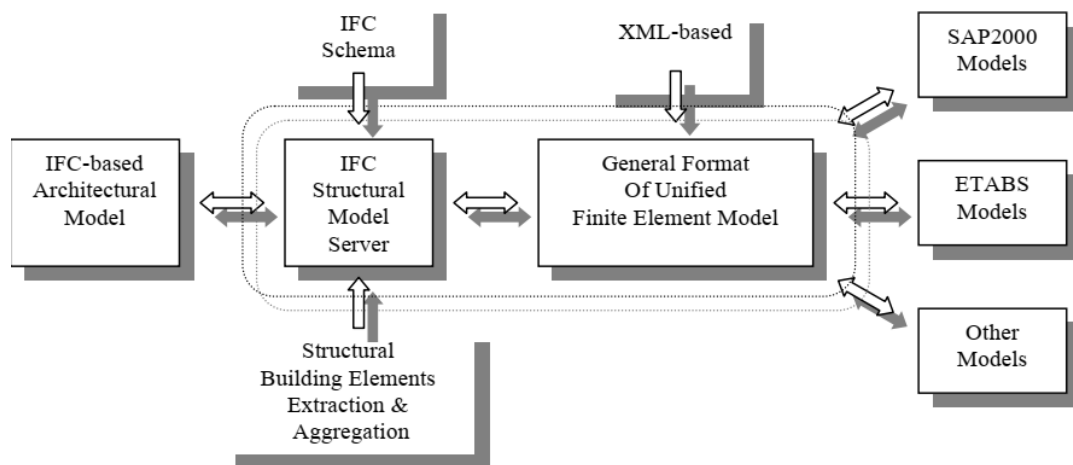


Fuente: Deng & Chang (2006)

Una vez obtenida la información del modelo estructural, Deng & Chang (2006) proponen el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 21 donde en primer lugar el modelo IFC arquitectónico se importa al

servidor de modelos estructurales IFC propuesto junto con el esquema IFC implementado. A continuación, se extraen los elementos de construcción estructurales y su información correspondiente utilizando el módulo de extracción específico. Estos elementos extraídos se transforman luego en un formato general basado en XML, lo que resulta en la formación de un modelo unificado de elementos finitos. Posteriormente, este modelo unificado se vincula con modelos estructurales específicos mediante interfaces de datos, facilitando la integración con diversas aplicaciones de software de análisis estructural. Los ingenieros estructurales importan el modelo estructural creado, realizan la verificación del modelo, definen y asignan los casos de carga correspondientes, e introducen las condiciones de borde geométricas para el modelo. Finalmente, ejecutan el modelo para el análisis y el diseño estructural, realizando las revisiones necesarias en el modelo según sea necesario. Por otra parte, una vez finalizado el análisis estructural y la revisión del modelo, es posible revertir el modelo estructural al formato unificado de elementos finitos. Desde este punto, se puede convertir nuevamente en un modelo estructural basado en IFC, apto para su importación e integración en el modelo arquitectónico original.

Figura 21. Procedimiento general para la construcción de un modelo estructural a partir de un modelo arquitectónico.



Fuente: Deng & Chang (2006)

Actualmente, buildingSMART ha desarrollado distintas soluciones a los problemas presentes cuando Deng & Chang (2006) realizaron su investigación. En IFC 4x3 existe todo un esquema dedicado elementos estructurales llamado *ifcStructuralElementsDomain*. Este esquema proporciona la capacidad de representar diferentes tipos de elementos de construcción y partes de elementos de construcción que en general son de naturaleza estructural. Además de los elementos de construcción comúnmente utilizados ya definidos en el esquema *ifcSharedBldgElements*, el esquema contiene entidades para representar partes de cimientos, como zapatas y pilotes, así como algunas subpartes estructurales importantes incluidas en otros elementos de construcción, como diferentes tipos de refuerzos explícitos y características y tratamientos fabricados.

Requisitos de calidad BIM para consultoría estructural

La gestión de la calidad en cualquier organización se centra en la adecuada documentación de sus actividades, como se ha analizado en secciones previas. La integración de la metodología BIM en la gestión de calidad representa un enfoque innovador y crucial para optimizar los procesos en la industria de la construcción. Sin embargo, en el ámbito de las empresas de consultoría estructural, aún no se ha establecido un estándar claro para la ejecución de los diferentes procesos involucrados en esta disciplina. buildingSMART Spain (2023) explica que la estandarización es importante para promover un entorno construido sostenible a través del desarrollo de sistemas de comunicación e intercambio de información más inteligentes.

La fase de diseño y análisis estructural es de vital importancia para las empresas de consultoría en este campo. Según Solnosky et al. (2014) estas etapas son críticas debido a que determinan el sistema estructural, pronostican el comportamiento frente a diversas condiciones ambientales durante todo el ciclo de vida de la estructura, y evalúan la capacidad de los diseños propuestos. En la actualidad, el avance tecnológico ha facilitado este proceso, ya que herramientas computacionales han reemplazado en gran medida los cálculos manuales, permitiendo una mayor eficiencia en el análisis y diseño mediante el uso de software especializado. No obstante, garantizar la calidad de la información generada por estos programas de cálculo requiere la intervención de un profesional calificado con la experiencia necesaria para interpretar adecuadamente los resultados obtenidos.

Para mejorar la calidad de los servicios ofrecidos por empresas de consultoría estructural en el contexto de la metodología BIM, Solnosky et al. (2014) proponen un enfoque conocido como Plan de Reducción de Errores de Software (SERP, por sus siglas en inglés). Este método establece una serie de pasos para desarrollar una herramienta destinada a mitigar el riesgo de errores en los softwares de cálculo estructural. Esta herramienta se basa en lo que comúnmente se denomina listas de verificación. Aunque existen enfoques similares para la reducción de errores en el ámbito de BIM, son menos conocidos y explícitos. Por esta razón, diversas organizaciones han publicado guías BIM y normativas para abordar este desafío. En su artículo, Solnosky et al. (2014), menciona los principales errores que se cometen en el modelado estructural y los principales aspectos que deben ser revisados. Así mismo menciona los principales errores que se cometen en el modelado BIM de proyectos estructurales. Con el fin de que la metodología BIM sea más eficiente en el ámbito de la consultoría estructural, desde un punto de vista práctico se debe considerar los siguientes puntos relacionados con el modelado estructural:

- Utilizar el software tal y como fue diseñado para su uso y no utilizar accesos directos únicamente para la producción de documentación.
- Agregar todos los datos en el modelo y luego utilizarlos.

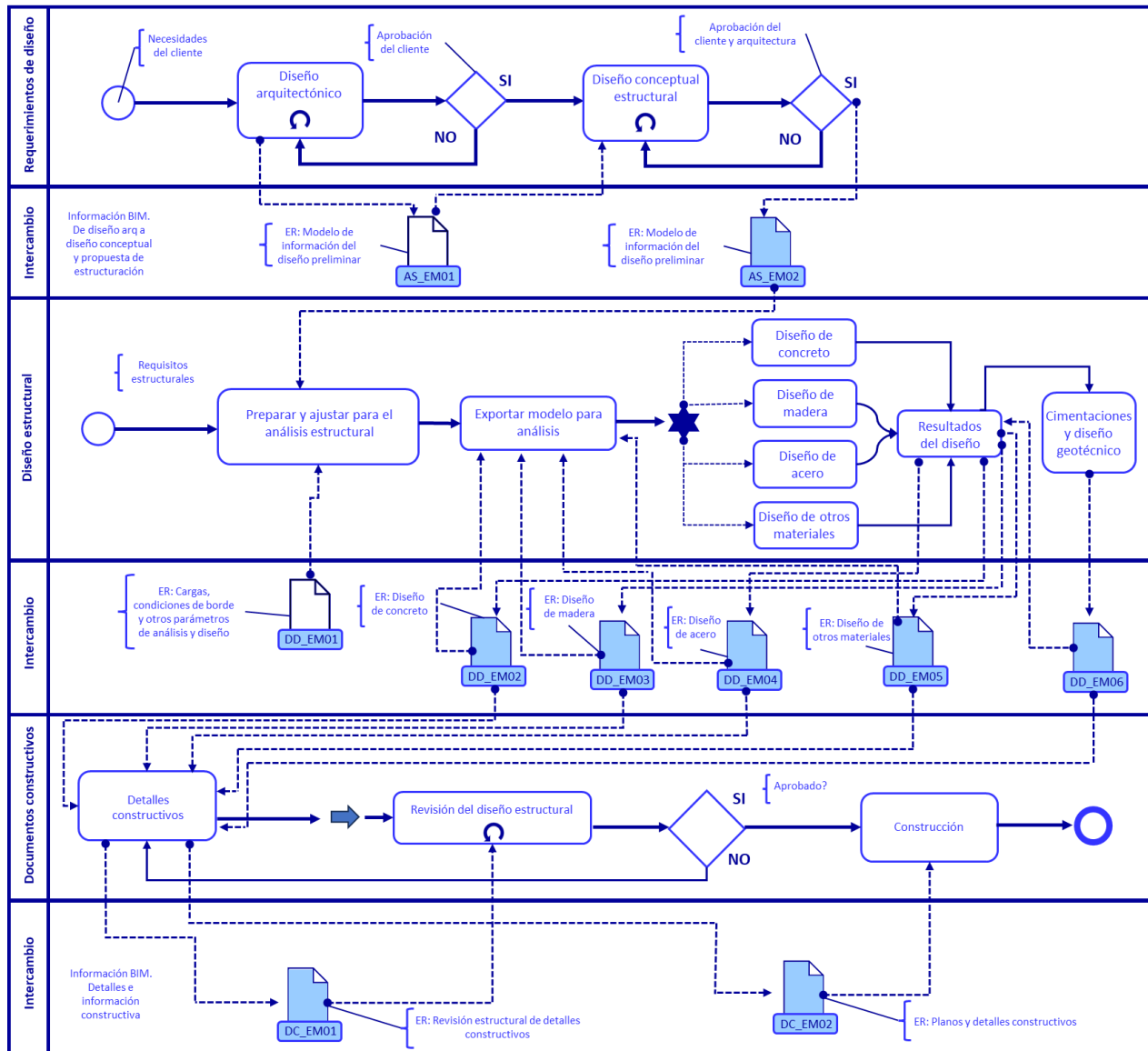
- Verificar la coherencia del modelo antes de generar y distribuir información específica relacionada con el diseño estructural.
- Proporcionar documentación a otros sobre cómo está estructurado el modelo.
- Definir el LOD del modelo como grado de precisión y granularidad de la información.

En su trabajo, Nawari (2012) introdujo un estándar destinado al ámbito del BIM estructural, con el propósito fundamental de establecer pautas claras y específicas para el modelado BIM aplicado al análisis y diseño estructural en la industria de la construcción. Como se menciona en el artículo, el proceso de modelado para el análisis estructural demanda una amplia cantidad de información de entrada. Asimismo, los resultados obtenidos deben cumplir rigurosamente con las normativas y códigos aplicables para garantizar la seguridad estructural de las edificaciones diseñadas. Para ello introduce el IDM Estructural, documento en el que se describen los procesos y requerimientos necesarios para elaborar modelos BIM para el análisis y diseño estructural. Este documento brinda las bases para estandarizar el proceso de intercambio de información y dentro de sus principales objetivos está:

- Definir los procesos dentro del ciclo de vida del proyecto de diseño estructural para los cuales los ingenieros requieren intercambio de información.
- Describir los resultados de la ejecución del proceso que pueden ser utilizados en procesos posteriores.
- Identificar los actores que envían y reciben información dentro del proceso.
- Asegurar que las definiciones, especificaciones y descripciones se proporcionen en una forma que sea útil y fácilmente entendible por el grupo objetivo.

Así mismo, Nawari (2012), estableció un mapa de procesos para el diseño estructural en el que integra las principales actividades de diseño con el intercambio de información necesario para la metodología BIM. Dicho mapa se muestra en la Figura 22:

Figura 22. Mapa de procesos de modelado BIM estructural.



Fuente: Nawari (2012)

Capítulo 2: Metodología

Este estudio se enfoca en dos aspectos cruciales para el desarrollo efectivo de empresas de consultoría estructural: la gestión administrativa a través de los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) y la implementación de la metodología BIM. El propósito fundamental consiste en integrar estos dos enfoques con el objetivo de establecer un marco conceptual sólido para un SGC específico destinado a empresas de consultoría estructural. Esta integración se fundamenta en el reconocimiento de la importancia de la calidad en los servicios ofrecidos por estas empresas y en el potencial transformador que tiene la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción.

Para alcanzar este propósito, se llevó a cabo una revisión bibliográfica que abarcó tanto la literatura relacionada con los SGC como los avances más recientes en la aplicación de la metodología BIM en el ámbito de la consultoría estructural y la construcción en general. Durante este proceso, se recopiló información de diversos tipos, incluyendo investigaciones académicas, estándares internacionales, normativas nacionales y mejores prácticas del sector. Esta revisión bibliográfica no solo proporcionó una comprensión profunda de los principios fundamentales de la gestión de calidad y la metodología BIM, sino que también permitió identificar las áreas de convergencia y las sinergias potenciales entre ambos enfoques.

Dentro de las principales fuentes de información en relación con la administración de empresas por medio de sistemas de gestión de calidad se menciona:

- AENORMás: Una base de datos integral que abarca documentación relacionada con la normalización y certificación en todos los sectores industriales y de servicios. De esta base de datos se logró obtener la documentación generada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) , así como otras guías técnicas aplicada a empresas de construcción.
- Guía del PMBOK: Libro publicado por el Project Management Institute (PMI), el corresponde a un estándar reconocido a nivel internacional que proporciona un marco de referencia para la gestión de proyectos. Define un conjunto de procesos, términos y mejores prácticas ampliamente aceptadas en la gestión de proyectos en diversas industrias y sectores que buscan asegurar la calidad de los productos y servicios de las empresas. De esta fuente se recopiló la información necesaria relacionada a los procesos de mejora continua.

En el caso de las fuentes consultadas para la recopilación de información sobre la metodología BIM así como el modelo de datos abiertos IFC se tienen las siguientes:

- BIM Forum Costa Rica: Es un Comité Técnico impulsado por la Cámara Costarricense de la Construcción, el cual fue conformado con el propósito de promover la implementación consultada y paulatina de los procesos BIM en la industria de la construcción costarricense (BIM Forum Costa Rica & CCC, 2018).
- BIM Forum Estados Unidos: Es una entidad que reúne a los principales participantes del sector de la construcción en los Estados Unidos. Su objetivo es investigar las tecnologías innovadoras para mejorar los procesos en proyectos de construcción mediante la implementación de modelos de información y nuevas formas de colaboración. Buscan mejorar el diseño y la construcción de edificaciones en la industria a través de la educación y el desarrollo de mejores prácticas para estas innovaciones.
- buildingSMART Internacional: Asociación sin ánimo de lucro cuyo principal objetivo es fomentar la eficacia en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM (Building Information Modeling) para alcanzar nuevos niveles en reducción de costes y tiempos de ejecución y aumento de la calidad. La información relacionada al modelo de datos abiertos IFC se obtuvo principalmente de esta fuente.
- Instituto de la Construcción de Nueva Zelanda: Se extrajo información relevante sobre la metodología BIM de la fuente proporcionada por el Grupo BIMinNZ, el cual produce documentación técnica detallada acerca de la implementación de BIM en este país.

Además, se consideraron otros recursos como informes técnicos, manuales de buenas prácticas y estudios de casos relevantes para complementar la información recopilada. La principal base de datos que se utilizó para recopilar este tipo de documentación es la siguiente:

- ASCE Library: Base de datos de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE, por sus siglas en inglés) que contine información en el área de la ingeniería civil. En esta base de datos se identificaron documentos técnicos sobre la aplicación de la metodología BIM en empresas de consultoría estructural.

Este enfoque integral garantizó que se obtuviera una perspectiva amplia y actualizada sobre los estándares, procedimientos y mejores prácticas en el ámbito de la consultoría estructural, contribuyendo así a una metodología sólida y bien fundamentada.

Con el fin de obtener una visión completa y detallada de la situación actual de las empresas de consultoría estructural en Costa Rica, se realizaron entrevistas con representantes de diversas organizaciones del sector. Estas entrevistas se dirigieron tanto a empresas de gran envergadura como a medianas y pequeñas, abarcando distintos aspectos de su funcionamiento. Se focalizaron en los departamentos administrativos, así como en aquellos encargados de actividades clave como el modelado, el dibujo, el diseño y la inspección. De esta manera, las entrevistas se dividieron en dos enfoques principales: en primer lugar, se exploró el uso actual o el interés potencial de las empresas en implementar Sistemas de Gestión de Calidad (SGC). En segundo lugar, se evaluó el nivel de adopción y la percepción de la metodología BIM dentro de estas empresas. Este enfoque dual permitió obtener una visión completa de la situación actual y las perspectivas futuras de las empresas de consultoría estructural en el país. En total se realizaron 4 entrevistas y las preguntas realizadas se mencionan a continuación:

- ¿Podría hablarme un poco de la empresa, cómo nace, cuánto tiene en la industria de la consultoría estructural?
- ¿Podría describir brevemente los servicios y los proyectos principales que realiza la empresa?
- ¿Cómo define la empresa sus estándares de calidad en la actualidad?
- ¿La empresa tiene un Sistema de Gestión de Calidad establecido actualmente?
- ¿Cómo se gestionan actualmente los procedimientos y la calidad en los proyectos?
- ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de gestión de calidad y procesos?
- ¿Utilizan la metodología BIM actualmente?
- ¿Cómo se utiliza la metodología?
- ¿Cómo es el proceso de compartir la información generada con la metodología BIM con el cliente?
- ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de metodología BIM?

Estas entrevistas, aunque estructuradas con el conjunto de preguntas guía mencionadas, se desarrollaron de manera abierta y flexible para permitir a los entrevistados expresar libremente sus opiniones y experiencias. Esta aproximación cualitativa permitió captar una visión más profunda y detallada sobre el interés y la percepción de las empresas respecto a la integración de un SGC con BIM. En cuanto a la categorización de los datos cualitativos derivados del diagnóstico, se realizó un análisis temático de las entrevistas, identificando patrones y temas recurrentes que reflejan las preocupaciones, expectativas y necesidades de las empresas de consultoría estructural. Esta técnica cualitativa es efectiva para organizar y entender los datos no estructurados, proporcionando una base sólida para el desarrollo de los productos del proyecto (Bastíe, 2023). Al categorizar los datos de esta manera, se garantizó que los productos elaborados fueran relevantes y aplicables a las realidades y desafíos específicos de las empresas entrevistadas,

asegurando que la estructura propuesta del SGC con integración BIM fuera práctica y alineada con las necesidades del sector.

Una vez completadas las entrevistas y recopilada toda la información bibliográfica relevante, se procedió a la etapa de generación de productos. El primer producto elaborado en esta fase fue el Manual de Calidad, diseñado de acuerdo con las necesidades específicas de las empresas de consultoría estructural. Este documento constituye la base del Sistema de Gestión de Calidad, integrando todos los procedimientos pertinentes de la metodología BIM. Este documento se elaboró según la estructura propuesta por AENOR (2023) para el caso específico de empresas constructoras y por el Departamento de Tesorería y Finanzas de Tasmania para el caso específico de empresas consultoras.

Durante la estructuración del manual, se identificaron dos servicios principales ofrecidos por las empresas de consultoría estructural: diseño e inspección. Para cada uno de estos servicios, se definieron y detallaron los procedimientos correspondientes, junto con la elaboración de los Planes de Ejecución de Proyectos. Estos planes de ejecución de proyectos están basados en la información brindada por las empresas entrevistadas y por estándares internacionales los cuales brindan los procedimientos necesarios tanto para diseño como para inspección. Así mismo se utilizó la información disponible en las fuentes de datos mencionadas para todo lo correspondiente a la metodología BIM. Otro de los productos elaborados es el instructivo técnico de modelación estructural e interoperabilidad BIM – IFC el cual se elaboró según las recomendaciones e información brindada por Autodesk (2023b). El plan de acción para la mejora continua de la documentación del SGC se elaboró según las recomendaciones de la norma ISO 9001 e ISO 9004 sobre la mejora continua y la gestión de calidad respectivamente.

Los resultados obtenidos, junto con su análisis detallado, fueron presentados de manera consolidada en un único apartado para ofrecer una visión integral de los productos alcanzados. En este apartado, se proporcionó una descripción de la utilidad práctica de la documentación generada, destacando la información más relevante derivada de la investigación. Asimismo, se llevó a cabo un análisis de los beneficios relacionados a la estructura propuesta para el Sistema de Gestión de Calidad, con especial énfasis en los servicios de inspección y diseño proporcionados por las empresas de consultoría estructural. El proceso de elaboración del Manual de Calidad siguió una estructura basada en las directrices establecidas por el ente acreditador de normas en España para el caso específico de empresas constructoras y guías específicas de manuales de calidad para empresas consultoras. Dentro de este análisis integrado, se evaluó la importancia estratégica de la integración de la metodología colaborativa BIM, explorando la posibilidad y necesidad de su estandarización mediante un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en el ámbito de la consultoría estructural.

En cuanto a los Planes de Ejecución de Proyectos se presentó la estructura general tanto para el proceso de diseño estructural como para el de inspección estructural. Se realizó un análisis de estos según

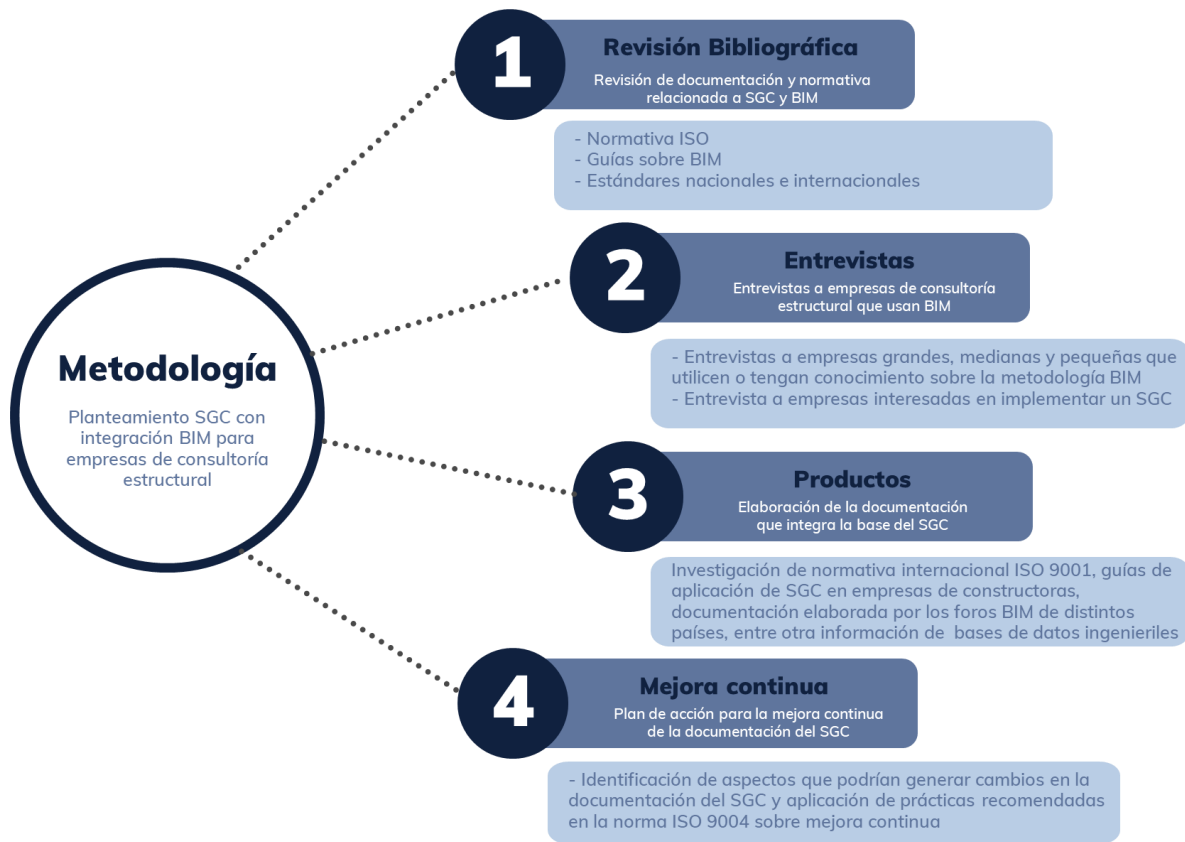
la normativa y documentos relacionados a dichos procedimientos. Asimismo, se destacó la importancia de integrar la metodología de trabajo colaborativo BIM en cada uno de estos documentos, basándose en la información recopilada y en las experiencias de profesionales que aplican esta metodología. Por otra parte, se analizó el instructivo técnico para modelado e interoperabilidad BIM - IFC destacando su importancia para la adecuada transmisión de la información generada en un proyecto constructivo. Este documento se elaboró gracias a la documentación generada por buildingSMART y Autodesk.

Adicionalmente, se abordaron posibles factores que podrían influir en cambios en el contenido informativo a lo largo del tiempo. Para abordar esta dinámica, se estableció un plan de acción orientado a la mejora continua. Este plan se diseñó con el propósito de supervisar y controlar eficazmente la documentación, asegurando su actualización constante y su conformidad con los estándares de calidad previamente establecidos basados en la norma ISO 9004 sobre la gestión de la calidad y mejora continua.

El apartado de resultados y análisis de resultados ofrece una visión detallada sobre la importancia y utilidad de la documentación generada a partir de la investigación realizada y de las entrevistas llevadas a cabo. Este análisis no solo se centró en la descripción de los productos obtenidos, sino que también examina el impacto de estos resultados en el contexto de las empresas de consultoría estructural. Además, se abordaron aspectos clave identificados durante el proceso de investigación, como tendencias, patrones y hallazgos significativos y se proporciona un análisis para comprender mejor su relevancia en relación con los objetivos del proyecto.

A continuación, se presenta un diagrama que ilustra la metodología empleada en el desarrollo de este proyecto. Este esquema visual destaca los aspectos clave previamente mencionados, ofreciendo un resumen gráfico de los pasos y procesos involucrados tanto en la investigación como en la ejecución del proyecto. Cabe destacar que las etapas 1, 2 y 3 mostradas en la figura se repiten para la elaboración de los productos relacionados con los objetivos específicos 1 sobre el Manual de Calidad, 2 sobre los Planes de Ejecución de Proyectos y 3 sobre el Instructivo técnico de modelación. Por otro lado, la etapa 4 se enfoca en los entregables relacionados con el objetivo específico 4 sobre el plan de acción para la mejora continua del SGC.

Figura 23. Esquema del marco metodológico.



Capítulo 3: Resultados y análisis

Las siguientes secciones presentan los resultados principales obtenidos y su análisis. Las entrevistas revelaron el estado actual de la gestión de proyectos y el uso de BIM en empresas de consultoría estructural. Los productos desarrollados buscan integrar la gestión de proyectos y los procesos BIM para estas empresas. Este análisis ofrece una visión clara de las necesidades y oportunidades en esta área.

Entrevistas

Para el desarrollo de este proyecto se tuvo la oportunidad de entrevistar a 4 empresas de consultoría estructural de Costa Rica. A solicitud de las empresas, los resultados obtenidos se presentan de forma confidencial garantizando la privacidad de la información. Cabe destacar que se entrevistaron empresas de diversos tamaños, incluyendo tanto grandes como pequeñas y medianas empresas, asegurando así una representación variada del sector.

Los resultados de las entrevistas se muestran de forma sintetizada en el Cuadro 8 y posteriores; sin embargo, estas se pueden profundizar en el Apéndice 8.

Cuadro 8. Respuestas de las entrevistas realizadas

Pregunta	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4
¿Podría hablarme un poco de la empresa, cómo nace, cuánto tiene en la industria de la consultoría estructural?	Nace en 1997 y a partir del 2006 empiezan en el área de consultoría estructural. Han diseñado todo tipo de estructuras como tanques de almacenamiento, puentes, viviendas, edificios, entre otros.	Fundada en 1998, con más de 26 años de experiencia en el diseño estructural, área en la que cuentan amplia experiencia con estructuras como condominios, hoteles, hospitales e intervenciones en edificios patrimoniales.	Inicia como consultor independiente hace más de 30 años. Actualmente es una empresa que enfoca principalmente en el diseño e inspección de estructuras nuevas como naves industriales, clínicas, casas todo tipo de edificaciones.	Desde el año 2014 funge como consultor independiente y en el 2020 se consolida la empresa. Desde ese entonces realizan distintos tipos de trabajo dentro de la rama de consultoría estructural.

Cuadro 9. Respuestas de las entrevistas realizadas (continuación)

Pregunta	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4
¿Podría describir brevemente los servicios y los proyectos principales que realiza la empresa?	Actualmente se centra en el diseño de viviendas unifamiliares. También realizan estudios de vulnerabilidad sísmica, inspecciones estructurales lo cual va de la mano con el diseño.	Diseño estructural e inspección. Revisiones de diseños, reforzamiento de estructuras, ingenierías de valor, peritajes y participación en licitaciones públicas y privadas.	Diseño e inspección de obras nuevas.	Diseño de obras industriales, análisis estructural, revisión de estructuras existentes, estudios de vulnerabilidad, estudios de amenaza sísmica y diseños de reforzamiento de estructuras existentes.
¿Cómo define la empresa sus estándares de calidad en la actualidad?	Revisiones en distintas etapas del proyecto. El área de dibujo es una de las que mayor control requiere. Se trata de que las revisiones sean realizadas por personas diferentes.	Dos áreas principales: Ingeniería y dibujo. Cada área cuenta con sus encargados de revisión. Se realizan reuniones para mejora continua. Los proyectos tienen un orden específico y es conocido por las partes involucradas, pero no se tienen documentados.	Se realizan diferentes revisiones por medio de una única persona.	Para asegurar la calidad de los servicios brindados, se incorporan las necesidades de los clientes en cada una de las etapas.
¿La empresa tiene un Sistema de Gestión de Calidad establecido actualmente?	No. Pero consideramos que la estandarización es importante y desde el punto de vista estructural, los procesos y procedimientos son fáciles de estandarizar ya que los flujos de trabajo son similares independientemente del tipo de proyecto.	No, pero es un trabajo en construcción ya que la empresa tiene planeado integrar un SGC.	No.	No.
¿Cómo se gestionan actualmente los procedimientos y la calidad en los proyectos?	La calidad en nuestros servicios se fundamenta principalmente en el criterio y experiencia de las personas encargadas de revisar los diseños y entregables.	El dueño fundador quien es ingeniero estructural con muchos años de experiencia es quien se encarga de profundizar en los resultados y en los entregables de los proyectos. Se está trabajando en un proceso de estandarización. La empresa cuenta con un sistema computacional propio que ayuda en la gestión administrativa de los proyectos.	Nuestro objetivo siempre es cumplir con los objetivos del proyecto de forma que el resultado sea el esperado por el cliente. Es difícil pretender que todas las empresa de consultoría estructural trabajen de la misma forma ya que existen muchos flujos de trabajo. Pero definir estándares mínimos de calidad es importante para cumplir con dichos objetivos.	A pesar de que no está documentado, todos conocen el flujo de trabajo común de los proyectos. Se cuenta con listas de verificación, y realizamos al menos tres revisiones antes de hacer la entrega final de un proyecto. Nos enfocamos mucho en que los planos generados de los diseños sean claros con el fin de evitar errores a la hora de la construcción.

Cuadro 10. Respuestas de las entrevistas realizadas (continuación)

Pregunta	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4
¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de gestión de calidad y procesos?	Un SGC requiere tiempo y una persona calificada que se encargue de gestionar la implementación del mismo.	Falta de recursos y tiempo. No se trata solo de hacer un documento sino que este requiere una constante evaluación y actualización. Las listas de verificación son necesarias y no se cuenta con estas.	Se necesitan realizar procedimientos sencillos y comprensibles pero para esto se requiere tiempo. En el momento en el que un procedimiento se vuelve extenso y complejo, pierde el sentido.	Requiere una inversión considerable de tiempo y la dedicación de una persona para liderar este proceso y motivar a todos los involucrados a adoptar un enfoque de trabajo bajo un SGC.
¿Utilizan la metodología BIM actualmente?	La metodología se utiliza desde el 2016. Su uso depende del tipo de proyecto ya que no todos lo requieren o lo solicitan. Generalmente se utiliza para proyectos de gran tamaño.	Sí, aunque depende el tipo de proyecto.	Sí, pero únicamente en los proyectos que lo solicitan ya que BIM implica reuniones, software especializado, capacitación y eso no se cobra en todos los proyectos.	Utilizamos BIM en los proyectos que lo solicitan. En proyectos pequeños no vale la pena la inversión de tiempo y recursos.
¿Cómo se utiliza la metodología?	Se utiliza solo para generar modelos en 3D. Revit ayuda a que el proceso de revisión de planos es más sencillo	Se utiliza principalmente para la visualización en 3D del modelo. Se trata de incorporar BIM desde el inicio del proyecto.	Se utiliza principalmente para visualización tridimensional.	Se utiliza principalmente para facilitar la visualización de un proyecto. Desde el punto de vista estructural permite identificar los principales elementos que conforman una construcción del tipo que sea. Nuestros proyectos se modelan con un LOD300. También hemos utilizado la metodología para planificar y presupuestar.
¿Cómo es el proceso de compartir la información generada con la metodología BIM con el cliente?	Depende del cliente. Puede ser por medio de la nube del cliente en herramientas como SharePoint donde se suben los distintos modelos y se actualizan cada ciertos días. No conocen sobre IFC.	El cliente brinda una nube donde se comparten los archivos de modelado. A nivel interno los archivos se almacenan por carpetas. No conocen sobre IFC.	Generalmente se trabaja con el IFC. Los modelos se exportan a IFC y se transmiten a la plataforma correspondiente. Pero hay que tener mucho cuidado con el IFC y la persona encargada de revisarlos. Es necesario que existan procesos que definan un flujo de trabajo claro.	Depende mucho del cliente ya que se pueden transmitir los modelos hasta por un correo electrónico. Es importante que esto quede claro desde las etapas iniciales del proyecto y que también quede claro el nivel de detalle de los modelos.

Cuadro 11. Respuestas de las entrevistas realizadas (continuación)

Pregunta	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4
¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de metodología BIM?	La capacitación. Es importante que las personas que modelan tengan experiencia en técnica en estructuración y en campo.	La capacitación. La persona encargada de los modelos requiere tener conocimiento técnico en ingeniería. Se brinda acompañamiento por parte de los ingenieros ya que hay errores que se detectan gracias a la experiencia y criterio.	Hay 3 desafíos: El cliente, la inversión y la curva de aprendizaje.	El principal desafío es el cambio en la forma de trabajar ya que se necesita que todo el gremio vea BIM con los mismo ojos. También la inversión de tiempo, el recurso monetario y la capacitación del personal.

A partir de la información recopilada, se determinó que los principales servicios proporcionados por las empresas de consultoría estructural son el diseño y la inspección. Sin embargo, estas empresas también ofrecen otros servicios, como estudios de vulnerabilidad sísmica, ingenierías de valor, peritajes, entre otros. En consecuencia, se destaca la importancia de desarrollar una estructura de SGC que permita integrar la documentación necesaria para complementar la información relacionada con todos los servicios que ofrecen las organizaciones. Esto asegurará un enfoque coherente en la gestión de calidad, adaptado a la diversidad de servicios prestados.

Además, se identificó que las empresas entrevistadas no cuentan con un SGC formal. Los principales desafíos que enfrentan son la inversión de tiempo y recursos económicos. A pesar de esto, las empresas consideran crucial la estandarización de procedimientos, no solo para asegurar la calidad, sino también para garantizar la operatividad de la empresa sin depender de una sola persona. En una de las entrevistas, se mencionó que el encargado de revisar los entregables y los cálculos estructurales es el dueño fundador, quien cuenta con amplia experiencia en el campo, pero que está a punto de retirarse. Esto resalta la necesidad de un SGC que permita la continuidad y la transferencia de conocimiento dentro de la organización.

En cuanto al uso de la metodología de trabajo colaborativo BIM, se identificó que las empresas la utilizan principalmente para la visualización en 3D de los proyectos y no en todos los proyectos, sino solo en aquellos que lo solicitan. Esto revela dos puntos importantes: primero, que BIM es una herramienta que debe evaluarse en función del impacto que tendrá en un proyecto constructivo; y segundo, que en proyectos de alta complejidad, que involucren distintos sistemas constructivos y disciplinas de la ingeniería, BIM puede tener un impacto sumamente positivo. Sin embargo, en proyectos sencillos, el uso de BIM puede resultar innecesario y hasta entorpecer el trabajo. Por ello, es crucial que la documentación generada establezca pautas claras para determinar en qué casos es factible y beneficioso utilizar la metodología BIM y en cuáles no.

Gestión documental

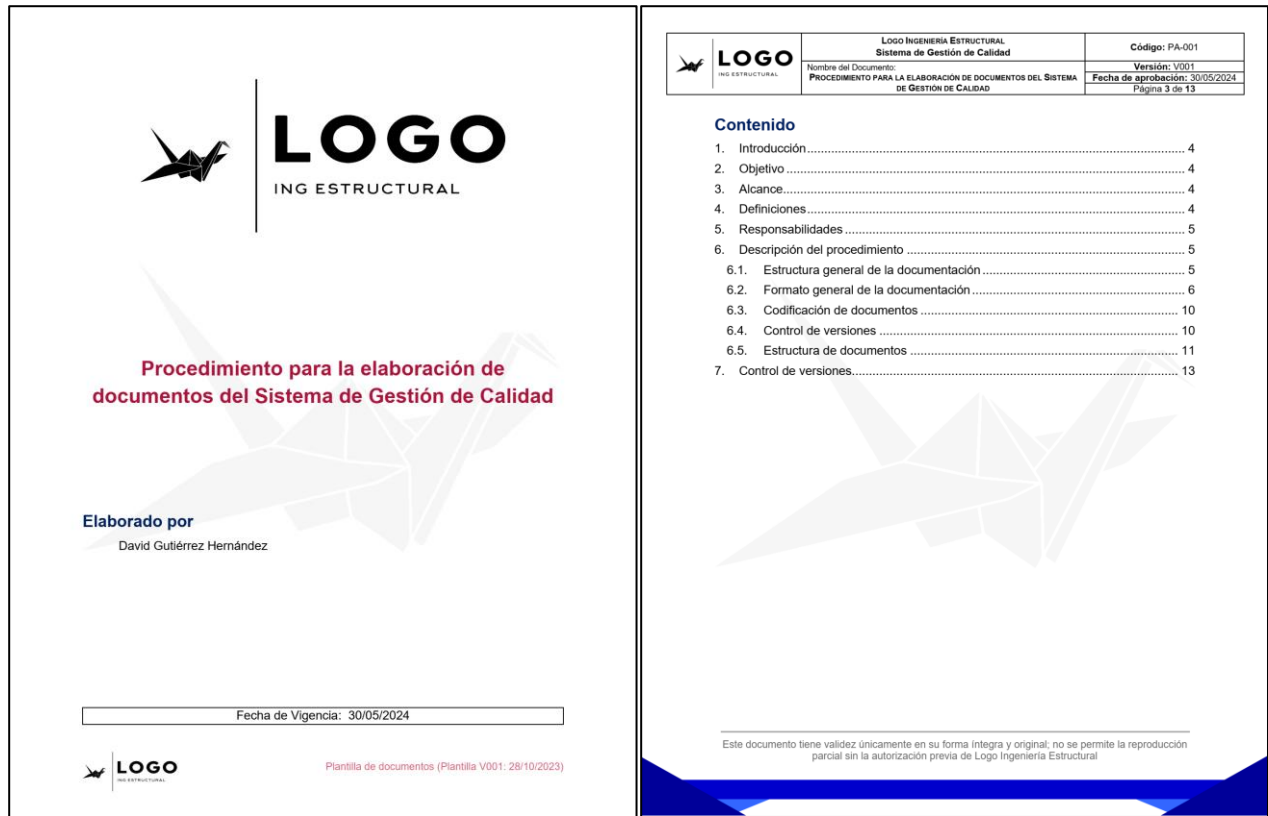
El éxito de un sistema de gestión de calidad se basa en diversos factores interrelacionados, como el compromiso y liderazgo de la alta dirección, la participación de todos los miembros de la organización, la definición clara de objetivos y políticas de calidad, la implementación efectiva de procesos y procedimientos, la formación y capacitación del personal y la medición y análisis de datos para la mejora continua. Además, se requiere una atención constante a las necesidades y expectativas de los clientes, así como la promoción de una cultura organizacional orientada a la calidad y la capacidad de adaptación a los cambios del entorno.

En este contexto, la gestión documental desempeña un papel importante al proporcionar la estructura y el marco necesarios para establecer, implementar y mantener los procesos y procedimientos esenciales para la calidad. La documentación clara y precisa asegura que todos los miembros comprendan sus roles y responsabilidades, facilitando la capacitación y la identificación de áreas de mejora continua. De esta forma, una gestión documental efectiva garantiza la coherencia, la consistencia y la conformidad con los estándares de calidad, contribuyendo así al éxito del sistema de gestión de calidad.

El objetivo de este proyecto era crear una guía que proporcionara una base sólida y estandarizada de los principales requisitos y contenidos para una gestión efectiva de la calidad a las empresas de consultoría estructural que adopten la estructura del Sistema de Gestión de Calidad propuesto. Es por esto que se desarrolló un procedimiento para la elaboración de documentos del sistema de gestión de calidad. Este documento tiene como fin garantizar que todos los miembros del equipo dentro de la organización comprendan a fondo cómo se desarrolla y gestiona la documentación dentro del marco del SGC.

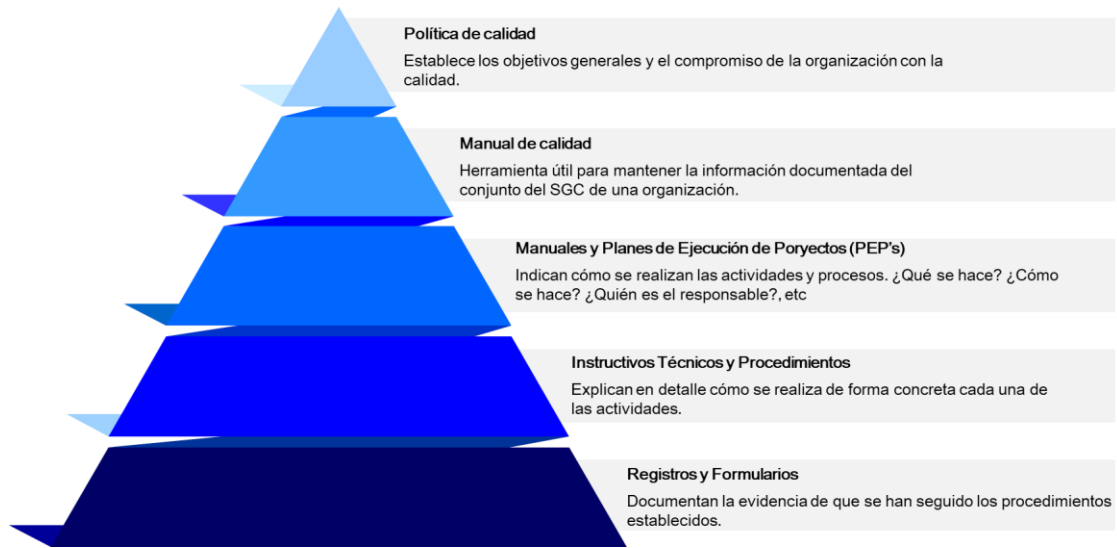
El procedimiento ofrece una guía detallada sobre la organización de la documentación dentro del Sistema de Gestión de Calidad. Además, presenta una propuesta específica de la estructura de la pirámide documental adaptada a las particularidades de las empresas de consultoría estructural, teniendo en cuenta sus necesidades fundamentales. Además, este documento detalla los apartados específicos que deben contener cada uno de los documentos que integren el SGC, la forma en la que se deben nombrar y los requisitos que deben cumplir priorizando las buenas prácticas de edición documental. Con ayuda de este documento, las empresas de consultoría estructural tendrán una base para estructurar su propia pirámide documental adaptándola a las necesidades y servicios en los que se especializa. Con este documento se recalca la importancia de estandarizar las formas de trabajar de las organizaciones lo cual va desde lo más sencillo como lo es elaborar un documento hasta lo más específico como lo es un instructivo técnico que busca brindar una guía de un tema específico. En la Figura 24 se muestra la portada y los contenidos de dicho documento:

Figura 24. Portada y contenidos del procedimiento para la elaboración de documentos del SGC.



En este procedimiento se adopta una estructura de pirámide documental similar a la propuesta por Alcalde (2019), mostrada en la Figura 4. Sin embargo, se realizan leves adaptaciones atendiendo a los principales requerimientos de empresas de consultoría estructural. La jerarquía mostrada en la Figura 25 ordena los documentos según su nivel de detalle, de modo que los procedimientos proporcionan información más detallada que los manuales:

Figura 25. Pirámide documental del SGC propuesto.



Manual de calidad

El manual de calidad es uno de los principales documentos que integra un Sistema de Gestión de Calidad ya que es en él en donde se documentan todos los procesos y procedimientos relacionados a los servicios y productos que brinda una empresa. El desarrollo de este manual de calidad fue un proceso que involucró la recopilación y documentación de los estándares y prácticas de calidad adoptadas por las empresas de consultoría y empresas constructoras y se realizaron los ajustes necesarios para enfocarlo a empresas de consultoría estructural. Para el caso específico de estas empresas se decidió utilizar la estructura propuesta por AENOR (2023) ya que esta entidad se enfoca en el área específica de la construcción. La estructura es similar a la propuesta por el Departamento de Tesorería y Finanzas (2019) de Tasmania quienes desarrollaron una guía sobre como elaborar un manual de calidad para empresas de consultoría. Cabe resaltar que dichas estructuras se basan en la referencia principal que es la norma ISO 9001:2015.

Se ha creado un formato y una plantilla de documentos para la documentación generada en este proyecto, con el propósito de facilitar a las empresas la generación de documentación. Esto permite que las empresas utilicen la plantilla proporcionada y reemplacen la información específica de su empresa, como el nombre y el logotipo. En la Figura 26 se muestra la portada del Manual de calidad al lado izquierdo y en el lado derecho se muestran los contenidos de dicho documento.

Figura 26. Portada y tabla de contenidos del Manual de calidad

LOGO

ING ESTRUCTURAL

Manual de calidad

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de aprobación: 31/05/2024

LOGO
ING ESTRUCTURAL

Plantilla de documentos (Plantilla V001, 31/05/2024)

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERIA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Código: MC-001 Versión: V01 Fecha de aprobación: 31/05/2024 Página 3 de 22
--	---	---

Contenido	
Introducción	5
1. Contexto de la organización	5
1.1. Alcance del Sistema de Gestión de Calidad	5
1.2. Sistema de gestión de calidad y sus procesos	6
2. Liderazgo	8
2.1. Enfoque al cliente	8
2.2. Política de calidad	8
3. Planificación	9
3.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades	9
3.2. Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos	10
4. Apoyo	12
4.1. Recursos	12
4.2. Competencia	13
4.3. Comunicación	13
4.4. Información documentada	14
5. Operación	15
5.1. Requisitos de proyectos - Entradas de Diseño, desarrollo y gestión de proyectos 15	15
5.2. Determinación, revisión y cambios a los requisitos del proyecto	15
6. Diseño, desarrollo y gestión de proyectos	16
6.1. Planeación	16
6.2. Controles	17
6.3. Salidas	17
6.4. Cambios	18
6.5. Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente	18
6.6. Control de las salidas no conformes	18
7.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación	19
8. Referencias	21
9. Control de versiones	22

Este documento tiene validez únicamente en su forma íntegra y original; no se permite la reproducción parcial sin la autorización previa de Logo Ingeniería Estructural

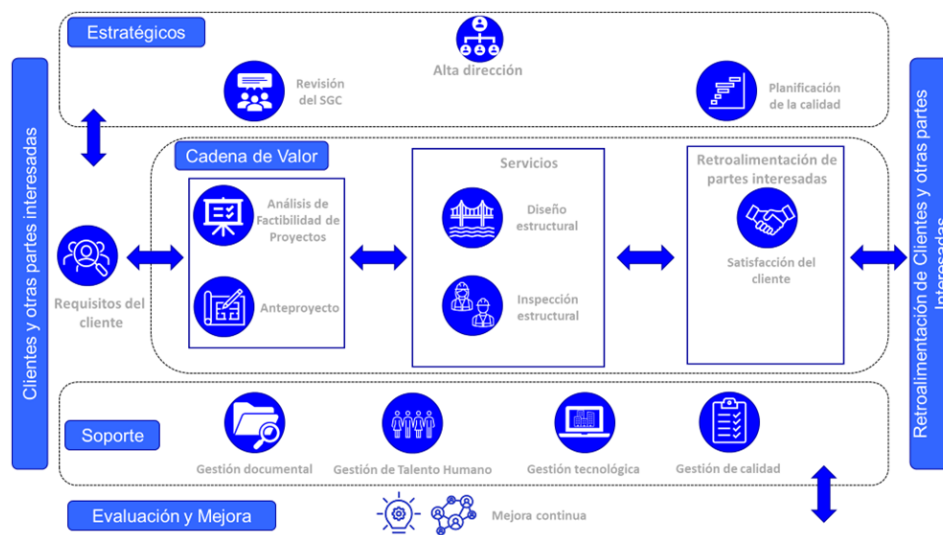
En cada sección del manual de calidad propuesto, se proporciona información detallada que permite a las empresas de consultoría estructural comprender la importancia y el impacto de cada aspecto en el desempeño general de la organización. Por ejemplo, en la primera sección del manual, que trata sobre el contexto de la organización, se ofrece una guía sobre los elementos que deben incluirse. Sin embargo, también se deja espacio para que las empresas agreguen información adicional que consideren relevante para su compromiso con la calidad de los servicios. El valor añadido del documento radica en que cada sección proporciona una explicación detallada que guía a las organizaciones sobre la información que deben incluir en el manual de calidad. Además, se ofrece texto de ejemplo que puede servir como referencia para las empresas, brindándoles una idea clara de los contenidos que deberían incorporar en el documento. Por otro lado, el documento también incluye información estándar que se considera esencial y que no debería variar de manera significativa, independientemente de la empresa que lo adopte. La responsabilidad de la Alta Dirección de adoptar un Sistema de Gestión de Calidad implica la formación de sus colaboradores en una cultura de calidad.

Durante las entrevistas realizadas, se destacó como uno de los principales hallazgos la carencia de un sistema de gestión de calidad en las empresas consultadas. Esta situación se atribuyó principalmente a la percepción de que su implementación demandaría tiempo y recursos de investigación. Dado a que las empresas no cuentan con una guía unificada y detallada sobre los procedimientos de calidad, se perciben distintos problemas como inconsistencias en la ejecución de los proyectos, lo que a su vez afecta negativamente en la eficiencia y en la satisfacción del cliente. Es por esto que la estructura del SGC propuesto

beneficia directamente a las organizaciones ya que les ahorra ese tiempo de investigación y solamente tendría que invertir tiempo en la adopción de la estructura en sus esquemas de trabajo.

Otro aspecto identificado en las entrevistas realizadas es que los principales servicios que brindan las empresas de consultoría estructural corresponden al diseño e inspección estructural. Es importante que en el manual de calidad queden claras las interacciones entre los procesos y las distintas áreas funcionales de la empresa. Según las recomendaciones de la norma, esto se puede lograr por medio de un mapa de procesos en el cual se definen las interacciones entre procesos y el alcance del SGC de forma gráfica y sintetizada. En la Figura 27 se logra observar el mapa de procesos propuesto para empresas de consultoría estructural. En él se observan las interacciones entre los procesos estratégicos relacionados a aquellos en los que participa la Alta Dirección y cuya función principal es promover la calidad de los servicios brindados. La calidad es algo que se debe planificar y este es uno de los principales procesos estratégicos que debe cumplir la Alta Dirección de la organización. La cadena de valor hace referencia a todos los procesos específicos en los que la empresa se especializa y que de alguna u otra forma ayudan al sostenimiento de la organización. Son estos procesos en los que deben centrarse los esfuerzos para asegurar la calidad de los servicios y para ello es necesario la estandarización. El enfoque al cliente es indispensable en cualquier organización y las empresas de consultoría estructural no son la excepción. Es vital que la alta dirección destine los medios y recursos necesarios para comprender las necesidades y expectativas de los clientes, y comuniquen a toda la organización la importancia de cumplirlas. Debido a esto, también es importante contar con la retroalimentación del cliente ya que la información que se recolecte es de suma importancia para la mejora continua del sistema de gestión de calidad de la empresa.

Figura 27. Mapa de procesos para empresas de consultoría estructural



Los apartados de liderazgo, planificación, apoyo, operación, diseño, desarrollo y gestión de proyectos, junto con la evaluación del desempeño, forman una estructura integral para un sistema de gestión de calidad. Esta estructura proporciona a las empresas una base sólida y estandarizada que garantiza la inclusión de información relevante en el manual de calidad. Al abordar estos aspectos de manera integral, se establece una guía clara y concisa para la gestión efectiva de la calidad en la organización. Además, esta estructura facilita la comprensión y aplicación de los procesos de calidad, promoviendo una cultura organizacional orientada a la excelencia y la mejora continua. Es importante señalar que, aunque se adoptó esta estructura como punto de partida, el desarrollo del manual de calidad no se limitó únicamente a sus directrices, sino que también se adaptó y amplió según las particularidades y requisitos específicos de los servicios ofrecidos por las empresas de consultoría estructural. Este enfoque permitió garantizar que el manual de calidad reflejara de manera precisa y exhaustiva los estándares de calidad y los procedimientos operativos necesarios para garantizar la excelencia en los servicios proporcionados.

La estructura de un manual de calidad con el enfoque basado en procesos requiere la identificación de las entradas y salidas de los procesos propios de la cadena de valor definidos en el SGC, así como la determinación de los criterios y métodos necesarios para garantizar su operación eficaz y controlada. Esta información fue recopilada con ayuda de las entrevistas realizadas y se sintetizó la información en los Planes de Ejecución de Proyectos los cuales se explican en el siguiente apartado.

Planes de ejecución de proyectos

Después de la investigación realizada, se determinó que los planes de ejecución de proyectos son la forma más adecuada para documentar los proyectos en empresas de consultoría estructural. Este tipo de documento es ampliamente utilizado en diversas organizaciones y proporciona un plan detallado que incluye tareas, indicadores, riesgos y resultados clave relacionados con un tipo específico de proyecto. Como se mencionó anteriormente, los principales proyectos en empresas de consultoría estructural se centran en el diseño e inspección estructural. Por lo tanto, como parte de este proyecto, se han desarrollado dos planes de ejecución de proyectos para estos servicios específicos que buscan estandarizar la forma en la que se llevan a cabo las principales actividades de estos proyectos.

Tal y como se mencionó en una de las entrevistas realizadas, los procesos y procedimientos de los servicios brindados por empresas de consultoría estructural son fáciles de estandarizar ya que los flujos de trabajo son similares independientemente del tipo de proyecto. Es claro que cada proyecto tendrá una solución única y que los niveles de complejidad pueden variar. Sin embargo, la secuencia de pasos necesarios para iniciar el proyecto, desarrollarlo y entregar el producto final se puede estandarizar de forma que se tenga claro los pasos necesarios para que el proyecto se lleve a cabo de la mejor manera.

El PEP de diseño estructural comprende los procesos y fases esenciales desde la concepción inicial hasta la entrega final del proyecto. Para determinar cada una de las fases se utilizó documentación de referencia como la presentada por La Institución de Ingenieros Estructurales (2020) del Reino Unido, los Ingenieros y geocientíficos de Columbia Británica (2019) y por los Ingenieros profesionales de Ontario (2017). Estas agrupaciones ofrecen una documentación detallada sobre los servicios específicos proporcionados por las empresas de consultoría estructural, abordando todas las consideraciones relevantes que deben tenerse en cuenta al ofrecer el servicio de diseño estructural. A partir de esta información e información adicional recolectada en las entrevistas, se logró definir una estructura estándar para los proyectos de diseño estructural.

En cada sección de este PEP, se ha buscado integrar la metodología de trabajo colaborativo BIM y su aplicación específica en el contexto de las empresas de consultoría estructural. A través de las entrevistas realizadas, se ha observado un nivel considerable de desconocimiento sobre el potencial que ofrece BIM en el ámbito de la construcción, particularmente en el ámbito de la consultoría estructural. Además, se ha constatado que el uso más común que las empresas le dan a esta metodología es para la visualización tridimensional de los proyectos. Aunque esta funcionalidad es valiosa, representa solo una fracción de las ventajas que BIM puede ofrecer, ya que existen numerosos beneficios adicionales que podrían mejorar significativamente la eficiencia y la gestión de proyectos en este campo. En Costa Rica la implementación de BIM se encuentra en un nivel básico para los proyectos privados y en un nivel mínimo en proyectos del sector público lo cual significa que solo existen pequeños avances debido a acciones individuales en la implementación de la metodología. En términos generales, Costa Rica se encuentra en las primeras etapas de implementación BIM. Existe un bajo nivel en la intensidad de adopción BIM, así como en la intensidad de cambio organizacional (BID & CFIA, 2022).

La elaboración de documentos detallados que aborden los aspectos clave en cada etapa de los proyectos de diseño estructural representa un paso fundamental en la implementación exitosa de la metodología BIM. Estos documentos no solo ofrecen una guía clara y coherente para el desarrollo de los proyectos, sino que también establecen un estándar unificado que promueve la consistencia y la eficiencia en todas las actividades relacionadas. Además, al proporcionar una estructura sólida y bien definida, estos documentos facilitan la colaboración entre diferentes disciplinas y actores del proyecto, lo que contribuye a una integración más fluida y a una mejor coordinación en todas las fases del proceso constructivo. Esto es especialmente relevante al integrar la consultoría estructural desde las etapas de anteproyecto, lo que puede impulsar la sostenibilidad y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Las metas del objetivo 9 sobre Industria, Innovación e Infraestructura promueven desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad. Al incorporar a las empresas de consultoría estructural desde las etapas iniciales de los proyectos, se logra integrar el criterio técnico con los requerimientos arquitectónicos, asegurando que las decisiones se tomen con una perspectiva integral.

Un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) con integración BIM facilita esta colaboración temprana al proporcionar una plataforma estandarizada para el intercambio de información, mejorando la coordinación entre todas las disciplinas involucradas. Esta integración no solo optimiza la eficiencia y calidad de los procesos, sino que también fomenta la innovación y el uso de tecnologías avanzadas, contribuyendo a la creación de infraestructuras más sostenibles y resilientes. Además, al permitir una mejor planificación y control de los proyectos, un SGC con BIM ayuda a reducir errores y retrabajos, minimizando así el desperdicio de recursos y promoviendo prácticas de construcción más responsables y sostenibles.

La implementación de un SGC con BIM también apoya el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación en los países en desarrollo. Al establecer un entorno normativo favorable, se fomenta la adopción de prácticas innovadoras y el agregado de valor a los productos básicos, contribuyendo al avance tecnológico y a la innovación en la industria de la construcción. Además, al fomentar la adopción de prácticas y protocolos comunes, estos documentos mejoran la interoperabilidad y la comunicación entre los diversos equipos involucrados, lo que optimiza la gestión de información y reduce la probabilidad de errores o conflictos durante la ejecución del proyecto. En la Figura 28 se muestra el contenido del PEP diseñado:

Figura 28. Portada y contenidos del PEP de diseño estructural.

LOGO
ING ESTRUCTURAL

PEP: Diseño estructural

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de aprobación: 31/05/2024

Plantilla de documentos (Plantilla V001: 31/05/2024)

LOGO
ING ESTRUCTURAL

Logo Ingeniería Estructural
Sistema de Gestión de Calidad

Nombre del Documento:
PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL

Código: PEP-001

Versión: V001
Fecha de aprobación: 31/05/2024
Página 3 de 31

Contenido

1. Objetivo.....	4
2. Alcance.....	4
3. Documentos relacionados.....	4
4. Definiciones.....	5
5. Responsabilidades.....	5
6. Proceso: Diseño estructural.....	7
6.1. Términos de referencia con el cliente.....	7
6.2. Diseño conceptual o esquemático.....	18
6.3. Propuesta de estructuración.....	19
6.4. Cálculo estructural.....	20
6.5. Diseño estructural.....	21
6.6. Dibujo / modelado.....	22
6.7. Documentación.....	24
6.8. Revisión.....	26
6.9. Entregables.....	27
6.10. Control de cambios.....	29
7. Referencias.....	29
8. Anexos.....	30
9. Control de versiones.....	31

Este documento tiene validez únicamente en su forma íntegra y original; no se permite la reproducción parcial sin la autorización previa de Logo Ingeniería Estructural

El alcance del Plan de Ejecución de Proyectos (PEP) para diseño estructural comprende los procesos y fases esenciales desde la concepción inicial hasta la entrega final del proyecto. Esto engloba desde la etapa de diseños preliminares hasta el diseño detallado y la elaboración de planos y modelos utilizando la metodología BIM en cada una de estas fases. Además, este PEP se centra específicamente en los procedimientos relacionados con el diseño de estructuras nuevas, abarcando diversos materiales como concreto, mampostería, acero, madera, entre otros. En la sección 6.1.3, se abordan los Términos de Referencia con el cliente en relación con la metodología BIM, ofreciendo una recopilación completa de la información necesaria para la correcta ejecución de proyectos BIM por parte de una empresa de consultoría estructural. Esta guía no solo sirve como referencia interna, sino que también permite a la empresa brindar asesoramiento al cliente y formular propuestas de trabajo en los casos en que este no proporcione dicha información inicialmente. El contenido aborda varios aspectos esenciales de la metodología BIM, incluyendo los Usos BIM, niveles de desarrollo (LOD), requerimientos de información BIM (SDI) y flujos de trabajo típicos. Estos temas se derivan de la información recopilada durante las entrevistas, destacando áreas críticas para la implementación efectiva de BIM en proyectos de consultoría estructural.

Uno de los principales desafíos que enfrentan las empresas de consultoría estructural, mencionado en la mayoría de las entrevistas realizadas, es la capacitación necesaria para implementar efectivamente la metodología BIM. Frente a esta problemática, el PEP de diseño estructural tiene como objetivo proporcionar una guía detallada sobre los requisitos mínimos de información que una organización debe poseer para ofrecer servicios de modelación BIM de manera eficaz. Además, busca ofrecer asesoramiento al cliente en caso de que no esté completamente familiarizado con esta metodología.

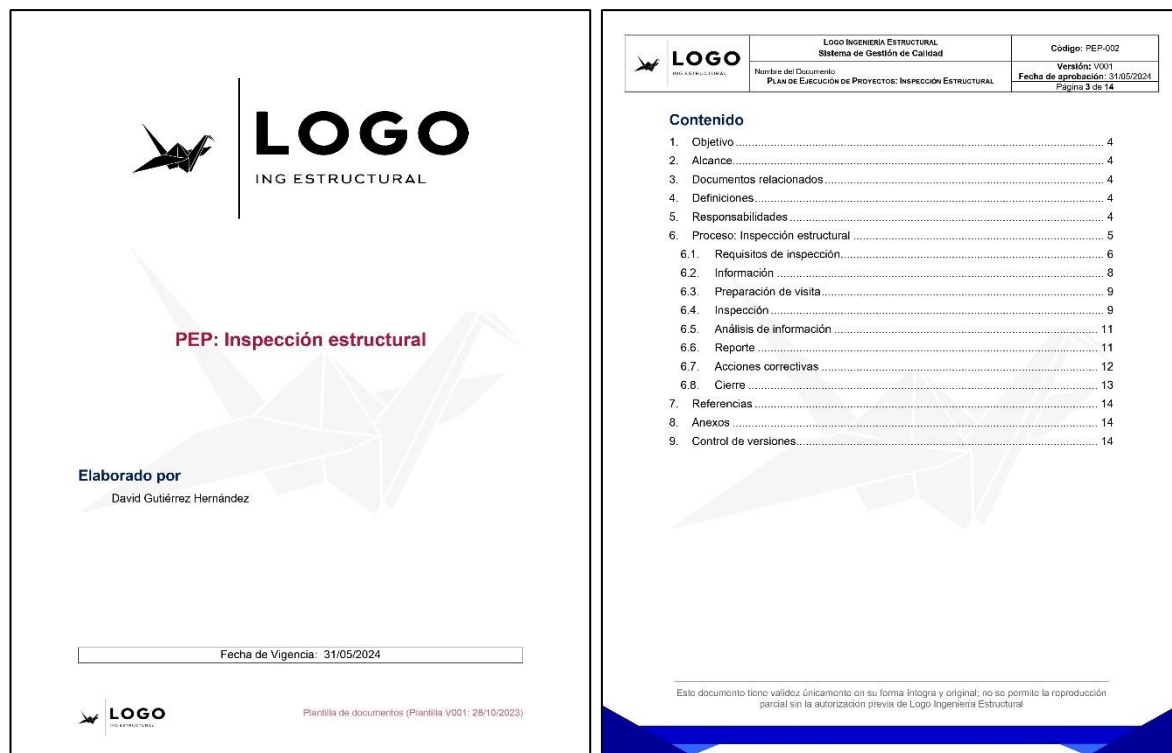
Las siguientes etapas presentan detalles sobre procesos como el diseño esquemático, propuestas de estructuración, cálculo y diseño estructural, así como dibujo/modelado, documentación, revisión y entregables, integrando en cada una de ellas los aspectos relevantes de la metodología de trabajo colaborativo BIM. Estos flujos de trabajo se visualizan gráficamente, lo que ofrece una síntesis del proyecto. Además, el documento incluye información sobre la gestión del control de cambios después de la entrega final por parte de la empresa consultora, para lo cual se utiliza el formulario designado con el nombre de *FOR-001: Control de cambios*. El objetivo de este documento es tener un estándar para cuando sucedan cambios en la etapa de diseño y poder documentarlos no solo para respaldo, sino también para poder darles trazabilidad en la fase constructiva.

Es importante destacar que con el desarrollo de este documento estandarizado se ofrece la oportunidad de integrar y fomentar prácticas sostenibles en los proyectos de diseño estructural. Esto se refleja en el apartado 6.3. del PEP, que aborda la propuesta de estructuración y enfatiza la necesidad de incorporar consideraciones de diseño sostenible desde las primeras etapas del proceso. Esta integración implica evaluar las opciones de materiales para minimizar el impacto ambiental y promover la eficiencia energética. Además,

implica proponer diseños que incorporen prácticas sostenibles en todas las fases del proyecto, considerando aspectos como la resiliencia ante eventos climáticos extremos y el cambio climático. Esto incluye la gestión del agua, el diseño de sistemas de drenaje sostenibles, la selección de materiales duraderos y la implementación de estrategias de enfriamiento pasivo para reducir la vulnerabilidad del edificio. Abordar estos aspectos desde el inicio de los proyectos constructivos y es contar con la retroalimentación y colaboración activa de las empresas de consultoría estructural promueve el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En el caso del PEP sobre inspección estructural, este tiene como alcance abarcar todas las etapas esenciales, desde la definición de los requisitos iniciales hasta la conclusión con la elaboración de un informe detallado y recomendaciones pertinentes. Este PEP se desarrolló exclusivamente para proyectos en fase de construcción, cuyo diseño previo se haya llevado a cabo de acuerdo con el PEP de diseño estructural. Este documento lo que busca es proporcionar una guía general para el proceso de inspección estructural durante la fase de construcción, asegurando la calidad, seguridad y conformidad con los requisitos de diseño, así como la adecuada documentación de hallazgos y actividades de inspección. En la Figura 29 se muestra la portada y cada uno de los apartados del PEP:

Figura 29. Portada y contenido del PEP de inspección estructural.



Es importante destacar que este PEP y en cada uno de los apartados de la descripción del proceso, se establecen los requisitos necesarios que se deben cumplir para poder realizar la inspección. Estos requisitos son generales y fueron determinados a partir de documentos como el de Navarro (2014). Los requisitos de inspección dependerán de la complejidad constructiva del proyecto, de los requisitos del cliente y de otros factores. Sin embargo, el profesional que realice el proceso de inspección debe contar con al menos la definición del alcance de la inspección estructural, la documentación de diseño, recursos y personal, información sobre el calendario y planificación de las inspecciones, documentación y el seguimiento durante el proceso constructivo.

En este PEP se destaca la relevancia de integrar la metodología de trabajo colaborativo BIM, ya que ofrece ventajas significativas en las actividades de inspección. Gracias a las ventajas que ofrece la metodología, se cuenta con la capacidad de generar modelos de seguimiento de obra que proporcionan representaciones en 3D, permitiendo visualizar el progreso de la construcción de manera clara y detallada. Mediante un seguimiento adecuado de estos modelos, los inspectores estructurales pueden utilizarlos como herramienta principal para ubicar y verificar los elementos en construcción. Esta práctica garantiza una mayor precisión permitiendo verificar que la construcción se esté llevando a cabo conforme al diseño estructural realizado.

Este documento sirve como una guía básica en la que se estandariza el proceso de inspección estructural. Tal y como se mencionó anteriormente, las inspecciones dependerán de cada proyecto y no se puede pretender estandarizar todos los proyectos y la forma en la que se deben realizar las inspecciones. Sin embargo, los pasos generales y la información mínima con la que debería contar la empresa de consultoría estructural antes de cualquier inspección, si se puede estandarizar y se ve evidenciado con el desarrollo del PEP. Aunque el documento brinda las pautas generales, siempre debe prevalecer el criterio y experiencia del profesional encargado de ejecutar lo establecido en la documentación desde las etapas iniciales hasta el cierre respectivo con la elaboración de los informes de inspección.

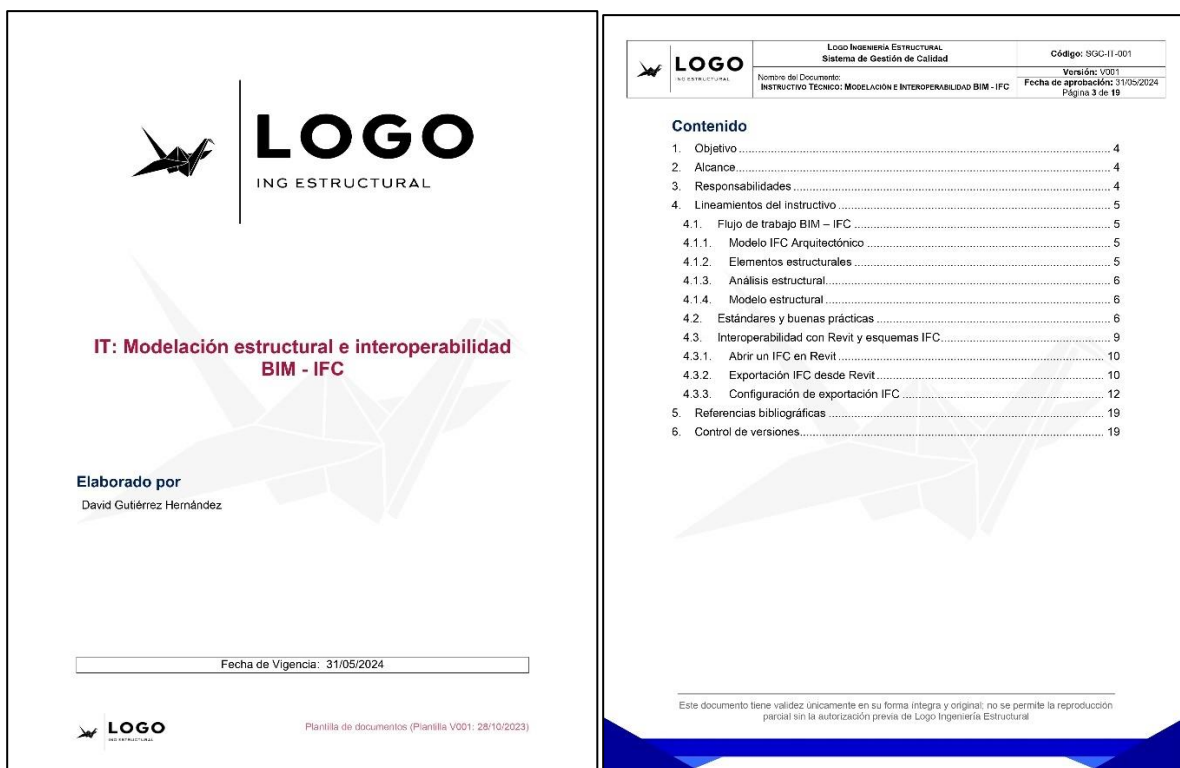
Instructivo técnico

Los instructivos técnicos son una herramienta que permiten a las personas entender cómo funciona algo para realizar una actividad determinada. Más allá de ser un paso a paso de un determinado proceso, los instructivos técnicos brindan conocimiento sobre un tema en específico con el fin de que la actividad se realice de forma correcta. Sin embargo, tal y como se mencionó en una de las entrevistas realizadas, es fundamental que los procedimientos e instructivos técnicos sean documentos claros, simples y concisos. Cuando un procedimiento se vuelve excesivamente detallado, pierde su efectividad y se aleja del propósito principal de estos documentos. Por lo tanto, la elaboración de un instructivo técnico requiere tiempo para investigar el

tema en cuestión y determinar la cantidad adecuada de información. Debe evitar tanto la sobrecarga de información como la falta de ella, garantizando que el instructivo sea efectivo y útil para su propósito previsto.

El desarrollo del instructivo técnico para el modelado e interoperabilidad BIM – IFC es un documento que busca facilitar la integración de modelos con el uso de formatos abiertos para el caso específico de empresas de consultoría estructural. Este documento tiene como objetivo establecer lineamientos, recomendaciones y buenas prácticas de modelado para la implementación efectiva de los estándares de interoperabilidad BIM – IFC. El uso de modelo de datos abiertos IFC tiene como finalidad facilitar la integración y el intercambio de datos entre los diversos actores que participan en un proyecto de construcción. Asimismo, se pretende fomentar una colaboración más eficiente y una gestión más efectiva de la información, especialmente desde la perspectiva de las empresas de consultoría estructural. La interoperabilidad eficaz entre fabricantes, diseñadores y clientes finales mediante el intercambio constante de datos es un elemento crucial en el BIM. Para garantizar la precisión del diseño, es fundamental que el formato de los datos del producto esté estandarizado al máximo nivel y esto se logra gracias al IFC. En la Figura 30 se observa la portada y los principales contenidos del documento desarrollado:

Figura 30. Portada y contenidos del Instructivo técnico sobre modelación e interoperabilidad BIM-IFC



En la actualidad, las organizaciones que mayor avance tienen en cuanto al desarrollo de modelos de datos abiertos IFC es buildingSMART y Autodesk. Es por esto que dichas organizaciones han unido esfuerzos para generar documentación técnica en cuanto a la integración del modelo de datos abiertos IFC. Por su parte buildingSMART Spain (2022), ha generado información valiosa sobre los manuales de entrega de información (IDM), en donde se establecen principios básicos para favorecer el intercambio de información. Con esta información se pudo incluir una serie de buenas prácticas de modelado en el instructivo técnico permitiendo a la persona encargada de modelar, una adecuada integración entre modelos y el esquema de datos IFC. En el caso de Autodesk (2023b), han elaborado documentación técnica enfocada principalmente al software que comercializan el cual corresponde a Revit. Revit es uno de los softwares computacionales más utilizados en la actualidad debido a las ventajas que ofrece y a lo consolidado que esta la empresa en cuanto a estándares BIM. Debido a esto, el alcance del IT desarrollado se centra en este software, no obstante, las recomendaciones y el flujo de trabajo propuesto son aplicables a otros programas de software de diferentes marcas comerciales.

De acuerdo con BIMCollab (2023), OpenBIM es un método universal para el diseño, la construcción y el funcionamiento de las construcciones en base de códigos abiertos. La metodología de OpenBIM soporta una cooperación abierta para todos los participantes de un proyecto independientemente del software implementado. Debido a eso, el instructivo técnico desarrollado se basa en un flujo de trabajo que se adapta al de OpenBIM utilizando los modelos de datos abiertos IFC. Este flujo estándar implica la creación de un modelo en el software nativo, seguido de su exportación al formato IFC para su posterior coordinación dentro del modelo federado. Sin embargo, en el contexto específico de las empresas de consultoría estructural, este proceso se extiende aún más. Por lo general, estas empresas reciben el modelo arquitectónico en formato IFC, del cual extraen la información necesaria para elaborar su propuesta de estructuración. Utilizando un software de cálculo estructural se realiza el análisis y diseño estructural y luego se pasa a la fase de modelado, en la cual el instructivo técnico proporciona una serie de recomendaciones y buenas prácticas. En resumen, el flujo de trabajo de interoperabilidad BIM-IFC para empresas de consultoría estructural consta de varias etapas: inicialmente, se recibe el modelo IFC arquitectónico, luego se realiza el análisis y diseño estructural para generar un modelo propio en un software como Revit, el cual se exporta al formato IFC y se integra en el modelo federado final.

En las secciones siguientes del instructivo se explican aspectos sobre como importar y exportar archivos IFC y sobre como configurar el MVD en Revit. Sin embargo, es importante resaltar que las empresas de consultoría estructural deberán apegarse a los EIR del proyecto. Las configuraciones de los archivos IFC deberán ser brindadas por el cliente o promotor de la metodología BIM. En el instructivo técnico se muestran los aspectos generales para poder atender a una solicitud de información IFC.

Gracias al uso de modelos de datos abiertos IFC, las empresas de consultoría estructural, así como a todas las disciplinas involucradas en un proyecto de construcción, cuentan con las herramientas que necesitan para tomar decisiones informadas, comunicarse mejor, optimizar los flujos de trabajo y mejorar la documentación. Las funciones de intercambio de datos proporcionadas por OpenBIM y IFC permiten a los participantes de un proyecto colaborar entre sí, aunque utilicen diferentes productos de software. Este enfoque favorece la interoperabilidad y la eficiencia, al garantizar que todos los aspectos del proyecto estén coordinados y que la información sea accesible y comprensible para todos los implicados

Evaluación y mejora continua

En un entorno tan cambiante como el de la industria de la construcción, es necesario reconocer que la documentación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) no puede permanecer estática a lo largo del tiempo. Los avances tecnológicos, las nuevas regulaciones y las mejores prácticas en la industria impulsan cambios continuos que deben reflejarse en la documentación del SGC. Es importante comprender que la adaptabilidad y la evolución constante son esenciales para garantizar la eficacia y la relevancia de la documentación del SGC lo cual es necesario para que cumpla con su función principal, que consiste en garantizar la calidad de los servicios, la satisfacción del cliente y el adecuado desempeño de la organización. Esto implica revisar y actualizar regularmente los procedimientos, instructivos y manuales para mantenerlos alineados con los estándares actuales y las necesidades cambiantes del negocio. Además, la mejora continua no solo asegura la conformidad con las normativas vigentes, sino que también impulsa la excelencia operativa y la satisfacción del cliente al incorporar las mejores prácticas y lecciones aprendidas en cada actualización del SGC.

Existen diversas herramientas que permiten realizar un adecuado seguimiento del SGC de una organización. Independientemente de cuál se utilice, el fin principal es utilizar los datos generados para mejorar continuamente orientado al cumplimiento de los objetivos de calidad la organización. Definir planes de acción para la mejora continua es un requisito indispensable para mejorar los productos y servicios de las empresas, sin embargo, más allá de un requisito es una herramienta que le permitirá a la empresa tener un adecuado control y seguimiento de la documentación, los procesos y el sistema de gestión de calidad en general.

De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización (2018), los factores que afectan al éxito sostenido de una organización surgen, evolucionan, aumentan o disminuyen continuamente a lo largo de los años, y adaptarse a estos cambios es importante para el éxito sostenido. Los ejemplos incluyen la responsabilidad social, los factores ambientales y culturales, además de aquellos que se deberían haber considerado previamente, tales como la eficiencia, la calidad y la agilidad; tomados de forma conjunta, estos

factores son parte del contexto de la organización. La capacidad para lograr el éxito sostenido mejora cuando los directores en todos los niveles aprenden sobre el contexto en constante evolución de la organización y lo comprenden. La mejora y la innovación también apoyan el éxito sostenido. Para lograr el éxito sostenido de una organización es necesario que estas realicen un adecuado seguimiento, medición, análisis y evaluación de todo el Sistema de Gestión de Calidad, de sus procedimientos y del impacto que tiene en todas las personas que se ven involucradas dentro del mismo lo cual incluye a los colaboradores de la empresa así como a sus clientes. Es por esto por lo que se definió el FOR-002-Plan de acción para la mejora continua del SGC, el cual pretende trazar una ruta para que la documentación que integra el SGC se mantenga actualizada, siguiendo las mejores prácticas del sector y garantizando la calidad y eficiencia de los servicios brindados por parte de las empresas de consultoría estructural.

El plan de acción permitió enlistar toda la documentación generada en este proyecto y definir aspectos clave a evaluar, siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 9004. Para cada documento, se han identificado los elementos que podrían generar modificaciones. La mejora continua es un tema muy amplio y que sin duda alguna tiene un impacto muy significativo en el SGC de cualquier organización. La razón de desarrollar este plan en una hoja de cálculo es facilitar la inclusión de una estructura completa de mejora continua en el futuro, que incluya indicadores medibles. Esto permitirá obtener resultados que, a su vez, orientarán las acciones necesarias sobre la documentación.

En síntesis, los resultados obtenidos y presentados anteriormente permitieron identificar la importancia de los diversos productos generados para cada uno de los objetivos específicos planteados en el proyecto. Cada uno de estos productos contribuyó al cumplimiento del objetivo general de integrar la metodología de trabajo BIM en un sistema de gestión de calidad adaptado a las necesidades de las empresas de consultoría estructural. Los principales hallazgos proporcionaron una visión clara del valor que estos productos aportan a los procesos, abordando desafíos específicos y sentando las bases para una implementación exitosa de prácticas mejoradas de calidad en el campo de la consultoría estructural. Además, al examinar estos productos en conjunto, se ha podido identificar no solo su impacto individual, sino también cómo interactúan entre sí para lograr el objetivo general del proyecto.

Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se presentan las conclusiones y las principales recomendaciones derivadas del desarrollo de este proyecto de graduación.

Conclusiones

A partir de la información recopilada, se logra concluir que las empresas de consultoría estructural de Costa Rica muestran interés en adoptar un sistema de gestión de calidad. Sin embargo, se enfrentan a desafíos importantes relacionados a la inversión de recursos tanto económicos como de tiempo. En este sentido, gracias al desarrollo de la estructura base del Manual de Calidad integral, se proporciona una solución concreta al ofrecer una guía sólida para la implementación efectiva del sistema de gestión de calidad en estas empresas basado en la normativa internacional y en guías internacionales para empresas de consultoría.

Aunque la muestra de entrevistas realizadas fue pequeña, los resultados obtenidos no se ven comprometidos, ya que los productos del proyecto no se basan en las opiniones de las empresas. El objetivo de las entrevistas era analizar el estado actual de las empresas de consultoría estructural en cuanto al uso de un SGC y el conocimiento de la metodología de trabajo colaborativo BIM. Los hallazgos indican que, aunque existe interés en la metodología BIM, esta no se utiliza en su totalidad. En conclusión, se evidencia una oportunidad significativa para mejorar la implementación y el aprovechamiento de BIM en las empresas de consultoría estructural, reforzando la necesidad de un SGC que integre esta metodología de manera más efectiva.

A partir de la investigación realizada se concluye que el nivel de adopción de la metodología BIM en empresas de consultoría estructural se sitúa en un rango que va desde un nivel mínimo hasta básico. Aunque estas organizaciones han mostrado disposición para aprovechar los beneficios que ofrece BIM en sus operaciones, hasta el momento su aplicación se ha limitado principalmente a la visualización en tres dimensiones de los proyectos, sin alcanzar su máximo potencial. En este contexto, los Planes de Ejecución de Proyectos se destacan como elementos esenciales dentro del sistema de gestión de calidad, al ofrecer un enfoque estandarizado para la gestión eficiente de proyectos de diseño e inspección estructural. Al integrarse con la metodología BIM, estos planes brindan a las empresas una estructura clara y definida para optimizar sus operaciones y aprovechar al máximo las ventajas de la tecnología BIM en cada etapa del proyecto constructivo. Por su parte, el PEP de diseño estructural tiene un gran aporte en las etapas iniciales de un proyecto constructivo

mientras que el PEP de inspección estructural tiene mayor impacto en la fase constructiva asegurando la calidad y el cumplimiento del diseño.

Se concluye que la implementación de procedimientos y planes de ejecución de proyectos representa una estrategia efectiva para estandarizar los servicios ofrecidos por las empresas de consultoría estructural. Aunque cada proyecto presenta particularidades únicas, es importante establecer y documentar información mínima que es clave en todos los proyectos. Esta práctica no solo promueve la consistencia en la prestación de los servicios, sino que también facilita la comunicación interna y externa, mejora la coordinación entre equipos y contribuye a la entrega exitosa de los proyectos.

Según la investigación realizada, el modelo de datos IFC es el esquema que permite una adecuada transmisión de la información BIM entre los distintos agentes que participan en un proyecto constructivo. Tener conocimientos sobre este modelo de datos es indispensable para las empresas de consultoría estructural y según las entrevistas realizadas se logra concluir que existe gran desconocimiento sobre este. Con ayuda del instructivo técnico desarrollado, las empresas consultoras podrán tener un documento en el que se mencionan los principales aspectos relacionados al esquema de datos abiertos IFC y podrán generar archivos IFC estructurales para que puedan ser incorporados a modelos federados utilizando los programas computacionales mencionados en el documento.

Finalmente, se llega a la conclusión de que la documentación producida para respaldar el sistema de gestión de calidad debe ser sometida a una revisión constante y a mejoras continuas. Dada la naturaleza dinámica y cambiante de la industria de la construcción, es necesario que la documentación se adapte y evolucione para mantenerse al día con las nuevas tendencias, regulaciones y mejores prácticas. Además, la retroalimentación recibida de los usuarios y las partes interesadas durante este proceso puede proporcionar valiosas ideas para la optimización de los documentos existentes y la creación de nuevos materiales que aborden las necesidades emergentes de la industria.

Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo la implementación de la estructura propuesta del Sistema de Gestión de Calidad en una empresa de consultoría estructural. Esta medida facilitará la evaluación de la eficacia de la estructura sugerida al proporcionar una guía detallada para operar bajo un SGC. La implementación no solo permitirá identificar posibles mejoras específicas adaptadas a las necesidades de la empresa en cuestión, sino que también contribuirá a la evolución y refinamiento continuo de la estructura genérica propuesta. Es importante reconocer que cada empresa tiene sus propios métodos de trabajo y peculiaridades, pero ciertos aspectos deben mantenerse consistentes en todas las organizaciones para garantizar la calidad y una gestión efectiva de los proyectos dentro de una misma disciplina.

A las empresas que adopten la estructura de SGC propuesta, se les recomienda integrar diversos tipos de documentación complementaria como manuales de modelado estructural, formularios para listas de verificación en proyectos de diseño e inspección estructural, hojas de cálculo y otros documentos relevantes para asegurar la calidad de los servicios proporcionados por las empresas de consultoría estructural. Es recomendable que esta documentación adicional siga el formato establecido por los documentos generados en este proyecto, lo que garantizará una coherencia en la estructura del SGC. En caso de ser necesario realizar modificaciones, se aconseja aplicarlas en toda la estructura del sistema de gestión de calidad para mantener la integridad y consistencia de este.

A las instituciones de educación superior se les recomienda continuar profundizando en la aplicación de la metodología de trabajo colaborativo BIM en la industria de la construcción ya que en Costa Rica el uso de esta se encuentra muy rezagada en comparación a otros países. Se necesita realizar trabajos de investigación y de implementación para establecer pautas claras sobre cómo aprovechar al máximo los beneficios que esta metodología ofrece. Este esfuerzo no debe limitarse a la contribución individual de una persona o institución educativa, sino que requiere la colaboración de toda la comunidad ingenieril, desde profesionales con experiencia tradicional hasta las nuevas generaciones de ingenieros. Es sumamente importante reconocer que la industria de la construcción está evolucionando hacia una era digital, donde la adopción de la metodología BIM no debería considerarse simplemente como un requisito u obligación impuesta por parte de los clientes, sino como una herramienta destinada a mejorar la eficiencia, la efectividad y la calidad de los servicios ofrecidos.

Referencias bibliográficas

- Abualdenien, J., & Borrmann, A. (2022). LEVELS OF DETAIL, DEVELOPMENT, DEFINITION, AND INFORMATION NEED: A CRITICAL LITERATURE REVIEW. *Journal of Information Technology in Construction*, 27, 363–392. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.018>
- AENOR. (2023). *Guía para la aplicación de la Norma UNE-EN ISO 9001:2015 en empresas constructoras*. https://www.aenor.com/ebooks/Guia-ISO-9001_2015-empresas-constructoras.pdf
- Agulló, P. (2023). *Digitalizar el sector de la construcción. El papel de las tecnológicas*. <https://www.eleconomista.es/opinion/noticias/12389673/07/23/digitalizar-el-sector-de-la-construccion-el-papel-de-las-tecnologicas.html>
- Alcalde, P. (2019). *Calidad* (3rd ed.). Ediciones Paraninfo SA. <https://books.google.cl/books?id=sjqlDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Autodesk. (2021). *Revit IFC Manual* 2.0. <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/pdfs/revit-ifc-manual-ens-ls-es-la.pdf>
- Autodesk. (2023a). *Convertir de Revit 2022 a 2021*. <https://forums.autodesk.com/t5/revit-bim-360-autodesk/convertir-de-revit-2022-a-2021/td-p/11667017>
- Autodesk. (2023b). *Manual de Autodesk IFC*. <https://autodesk.ifc-manual.com/introduction>
- Baduel, G. (2021). *Los mandatos BIM para 2021 están llegando a América Latina: ¿su empresa está preparada?* Design & Make. <https://www.autodesk.com/es/design-make/articles/mandatos-bim-2021>
- Bastíé, A. (2023). *Cómo analizar transcripciones de entrevistas de investigación cualitativa*. <https://www.happyscribe.com/blog/es/analizar-transcripciones-entrevistas-investigacion-cualitativa>
- Bedrick, J., Ikerd, W., & Reinhardt, J. (2021). *LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION For Building Information Models Part I, Guide, & Commentary*. <https://bimforum.org/resource/lod-level-of-development-lod-specification/>
- BID, & CFIA. (2022). *MEDICION-DE-NIVEL-DE-MADUREZ-BIM-CR-2022*. <file:///C:/Users/David%20Gutierrez/Downloads/MEDICION-DE-NIVEL-DE-MADUREZ-BIM-CR-2022.pdf>
- BIM Forum Costa Rica, & Cámara Costarricense de la Construcción (CCC). (2018). *Guía de implementación BIM para las empresas*. www.construccion.co.cr/BimForum
- BIM Forum Costa Rica, & Cámara Costarricense de la Construcción (CCC). (2021). *Guía para la elaboración de una solicitud de información BIM (SDI BIM)*. www.construccion.co.cr/BimForum

- BIMcollab. (2023). *¿Qué es openBIM?*
<https://www.bimcollab.com/es/resources/openbim/#:~:text=OpenBIM%20es%20un%20m%C3%A9todo%20universal,proyecto%20independientemente%20del%20software%20implementado.>
- Borrmann, A., Beetz, J., Koch, C., Liebich, T., & Muhic, S. (2018). Industry foundation classes: A standardized data model for the vendor-neutral exchange of digital building models. In *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice* (pp. 81–126). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_5
- buildingSMART International. (2024). *Industry Foundation Classes (IFC)*.
<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>
- buildingSMART Spain. (2022). *Manual de Entrega de Información en Edificación*.
<https://www.buildingsmart.es/recursos/manual-de-entrega-de-informaci%C3%B3n-edificaci%C3%B3n/>
- buildingSMART Spain. (2023). *Diseño y coordinación de infraestructuras mediante IFC*. [Video]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=yvZ1luV5klM>
- buildingSMART Spain Chapter. (2021). *Introducción a la serie EN ISO 19650*.
<https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/>
- Camisón, C., Cruz, Sonia., & González, T. (2006). *Gestión de la calidad : conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Pearson Educación SA.
- CCC. (2024). *Cámara Costarricense de la Construcción celebra presentación de Proyecto de Ley para mejorar las contrataciones en materia de obra pública*. <https://construccion.co.cr/camara-costarricense-de-la-construccion-celebra-presentacion-de-proyecto-de-ley-para-mejorar-las-contrataciones-en-materia-de-obra-publica/>
- Changali, S., Mohammad, A., & Van Nieuwland, M. (2015). *The construction productivity imperative*.
<https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-construction-productivity-imperative#/>
- Deng, X. Y., & Chang, T.-Y. P. (2006). CREATING STRUCTURAL MODEL FROM IFC-BASED ARCHITECTURAL MODEL. *Proceedings of the Joint CIB W78, W102, ICCCB, ICC, and DMUCE International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering*, 3687–3695. <https://itc.scix.net/pdfs/w78-2006-tf577.pdf>
- Department of Treasury and Finance. (2019). *Quality Assurance Manual for Consultants*.
<https://www.purchasing.tas.gov.au/Documents/Quality-Assurance-Manual-for-Consultants.pdf>
- García, D. L., Pinzón, Á. I., & Zapata, S. (2021). *Creación de una guía para la planeación y control de proyectos de infraestructura de transporte en la etapa de construcción, empleando Building Information Modeling (BIM)* [Tesis de Maestría, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito].
<https://catalogo.escuelaing.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=22724>
- Grupo Directivo BIMinNZ, & Instituto de Construcción de Nueva Zelanda. (2023). *The New Zealand BIM handbook: A Guide to Enabling BIM for the Built Environment* (4th ed.). <https://www.biminnz.co.nz/nz-bim-handbook>

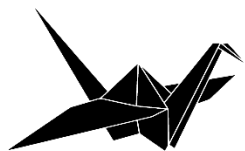
- Ingason, H. Þ., & Hallgrímsson, S. T. (2017). QMS in the consulting engineering industry – can we do better? *Tecnología de Ingeniería*, 23, 31–37. https://www.vfi.is/media/utgafa/QMS_in_the_consulting_engineering_industry.pdf
- Ingenieros profesionales de Ontario. (2017). *STRUCTURAL ENGINEERING DESIGN SERVICES FOR BUILDINGS - GUIDELINE*. <https://www.peo.on.ca/sites/default/files/2019-11/structural-engineering-design-services-for-buildings-guideline.pdf>
- Ingenieros y geocientíficos de Columbia Británica. (2019). *PROFESSIONAL PRACTICE GUIDELINES - STRUCTURAL ENGINEERING SERVICES FOR PART 3 BUILDING PROJECTS*. <https://www.egbc.ca/getmedia/75eaea9b-86a2-4446-9a55-dd692b7690f1/EGBC-Struct-Eng-Serv-Pt3-Building-Proj-V4-0.pdf.aspx>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2023). *Metodología BIM: Oportunidades para integrar la PRL a lo largo del ciclo de vida de una construcción*. <http://cpage.mpr.gob.es>
- Keen, R. (2023, December 10). *Quality Manual ~ Everything You Need to Know [ISO 9001 QMS]*. <https://www.iso-9001-checklist.co.uk/quality-manual.htm>
- La Institución de Ingenieros Estructurales. (2020). *The Structural Plan of Work 2020: Overview and Guidance 3*. <https://www.istructe.org/IStructE/media/Public/Resources/Guidance-to-structural-plan-of-work-20200701.pdf>
- Medici, L. (2020). ISO 9000: Evolución hacia la calidad total. *Publicaciones En Ciencias y Tecnología*, 14, 3–13. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27619.48162>
- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., & Zikic, N. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide-Version 2.2*. <https://bim.psu.edu/>
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2020, February 20). *Metodología BIM modernizará la construcción de infraestructura pública*. [https://www.mideplan.go.cr/metodologia-bim-modernizara-la-construccion-de-infraestructura-publica#:~:text=La%20Estrategia%20BIM%20\(Building%20Information,y%20minimizar%20el%20impacto%20ambiental](https://www.mideplan.go.cr/metodologia-bim-modernizara-la-construccion-de-infraestructura-publica#:~:text=La%20Estrategia%20BIM%20(Building%20Information,y%20minimizar%20el%20impacto%20ambiental)
- Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana. (2023). *Plan BIM en la contratación pública*. https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/cbim/v_26_bis_web_plan_bim_contratacion_publica.pdf
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- Navarro, Á. (2014). *Diagnóstico de procedimientos de inspección estructural y propuesta de herramientas de estandarización* [Tesis de grado, Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6216>
- Nawari, N. (2012). Standardization of Structural BIM. *Computing in Civil Engineering*, 405–412. [https://doi.org/10.1061/41182\(416\)50](https://doi.org/10.1061/41182(416)50)

- Organización Internacional de Normalización. (2015a). *UNE-EN ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario* (ISO 9000:2015).
- Organización Internacional de Normalización. (2015b). *UNE-EN ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos*. www.aenor.es
- Organización Internacional de Normalización. (2018). *UNE-EN ISO 9004:2018: Gestión de la calidad - Calidad de una organización - Orientación para lograr el éxito sostenido*. www.aenor.es
- Organización Internacional de Normalización. (2020). *UNE-EN ISO 19650-1:2018 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling) Parte 1: Conceptos y principios*.
- Organización Internacional de Normalización. (2024). *ISO 16739-1:2024: Intercambio de datos en la industria de construcción y en la gestión de inmuebles mediante IFC (Industry Foundation Classes) Parte 1: esquema de datos*. <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/08/41/84123.html>
- Plan BIM Chile. (2022). *IFC Y SUS ACTUALIZACIONES IFC 4.3 E IFC 4.4*. <https://planbim.cl/ifc-y-actualizaciones/>
- Project Management Institute. (2021). *El estándar para la dirección de proyectos e Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. (7th ed.).
- Salleh, H., Ahmad, A. A., Abdul-Samad, Z., Alaloul, W. S., & Ismail, A. S. (2023). BIM Application in Construction Projects: Quantifying Intangible Benefits. *Buildings*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/buildings13061469>
- Siles, R., & Mondelo, E. (2018). *Herramientas y técnicas para la gestión de proyectos de desarrollo PM4R*. https://indesvirtual.iadb.org/file.php/1/PM4R/Guia%20de%20Aprendizaje%20PMA%20SPA.pdf?fbclid=IwAR0_17MRzWGU-xgLTa1HregQQYcDu4V8vVnAga7GbhpPdR2dJ0QbezaNZ-ig
- Solnosky, R., Asce, M., Quinn, B., & Willard, L. (2014). *Reducing Errors when using Structural Software*. <https://doi-org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.1061/9780784413357.188>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>

Apéndices

APÉNDICES	82
APÉNDICE 1: GESTIÓN DOCUMENTAL	83
APÉNDICE 2: MANUAL DE CALIDAD	84
APÉNDICE 3: PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL.....	85
APÉNDICE 4: PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL	86
APÉNDICE 5: CONTROL DE CAMBIOS.....	87
APÉNDICE 6: INSTRUCTIVO TÉCNICO MODELACIÓN ESTRUCTURAL E INTEROPERABILIDAD BIM-IFC.....	88
APÉNDICE 7: PLAN DE ACCIÓN PARA MEJORA CONTINUA DEL SGC.....	89
APÉNDICE 8: ENTREVISTAS.....	90

Apéndice 1: Gestión documental



LOGO

ING ESTRUCTURAL

Procedimiento para la elaboración de documentos del Sistema de Gestión de Calidad

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de Vigencia: 30/05/2024



LOGO
ING ESTRUCTURAL

Plantilla de documentos (Plantilla V001: 28/10/2023)

CONTROL DE DOCUMENTOS			
Elaborado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Revisado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Aprobado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL		Código: PA-001
	Sistema de Gestión de Calidad		Versión: V001
	Nombre del Documento:		Fecha de aprobación: 30/05/2024
	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD		Página 3 de 13

Contenido

1. Introducción 4

2. Objetivo 4

3. Alcance..... 4

4. Definiciones..... 4

5. Responsabilidades 5

6. Descripción del procedimiento 5

 6.1. Estructura general de la documentación 5

 6.2. Formato general de la documentación 6

 6.3. Codificación de documentos 10

 6.4. Control de versiones 10

 6.5. Estructura de documentos 11

7. Control de versiones..... 13

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PA-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA		Fecha de aprobación: 30/05/2024
	DE GESTIÓN DE CALIDAD		Página 4 de 13

1. Introducción

Este documento ha sido creado con el propósito de brindar una comprensión clara y exhaustiva del proceso de elaboración de la documentación para el Sistema de Gestión de Calidad (SGC). Este documento tiene como fin garantizar que todos los miembros del equipo dentro de la organización comprendan a fondo cómo se desarrolla y gestiona la documentación dentro del marco del SGC. Es responsabilidad de cada colaborador familiarizarse con los requisitos y especificaciones detallados en este procedimiento para la Elaboración de Documentos del SGC, el cual establece las directrices para la elaboración y codificación de documentos. Se espera que cada individuo contribuya activamente al cumplimiento de estos estándares, asegurando así la efectividad y el cumplimiento del sistema de gestión de calidad. Además, se enfatiza la importancia de la evaluación y mejora continua del sistema, ante la posible necesidad de cambios o la identificación de nuevas actividades.

2. Objetivo

Establecer las disposiciones generales para la elaboración y codificación de los documentos que componen el Sistema de Gestión de Calidad de Logo Ingeniería Estructural mediante la utilización de las buenas prácticas de edición documental.

3. Alcance

El alcance de este procedimiento abarca toda la documentación interna relacionada con el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de Logo Ingeniería Estructural. Esto incluye, pero no se limita a, todos los documentos utilizados para planificar, ejecutar, monitorear y mejorar los procesos y actividades dentro del SGC. El procedimiento establece las pautas y procedimientos para la elaboración, codificación y gestión de esta documentación, con el fin de garantizar la coherencia, la precisión y la eficacia en todos los aspectos del sistema de calidad de la empresa.

4. Definiciones

Alta dirección: nivel más alto de liderazgo en una organización, compuesto típicamente por individuos como el presidente, director ejecutivo (CEO), gerentes generales y otros altos directivos.

Instructivo técnico (IT): documento que proporciona instrucciones detalladas y específicas sobre cómo llevar a cabo una tarea técnica o utilizar un equipo, proceso o sistema.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PA-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD		Fecha de aprobación: 30/05/2024
			Página 5 de 13

Manual (M): documento que proporciona instrucciones, directrices o información general sobre cómo llevar a cabo una tarea específica, operar un sistema, utilizar un equipo o cumplir con ciertos estándares.

Manual de calidad (MC): documento formal que establece el marco de referencia para el sistema de gestión de la calidad de una organización. Contiene información detallada sobre la política de calidad de la empresa, los procedimientos y procesos clave, así como las responsabilidades y autoridades de cada miembro del equipo en relación con la calidad.

Plan de Ejecución de Proyectos (PEP): documento detallado que describe cómo se llevará a cabo un proyecto desde su inicio hasta su conclusión.

Versión: identifica el número de modificaciones que se han realizado en un documento.

5. Responsabilidades

Es deber de la Alta Dirección asegurar la aplicación efectiva de este manual para la elaboración de documentos del SGC. Se establece la necesidad de revisar periódicamente este procedimiento según las circunstancias lo requieran. Asimismo, cada colaborador está obligado a consultar este documento antes de proceder con la actualización o creación de cualquier documento dentro del SGC.

6. Descripción del procedimiento

6.1. Estructura general de la documentación

En Logo Ingeniería Estructural, la estructura de la documentación del Sistema de Gestión de Calidad sigue una jerarquía definida, representada por la pirámide mostrada en la **Figura 1**. Esta jerarquía ordena los documentos según su nivel de detalle, de modo que los procedimientos proporcionan información más detallada que los manuales. Sin embargo, todos los documentos deben estar en consonancia con la Política de Calidad establecida.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PA-001
	Nombre del Documento: PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 30/05/2024
			Página 6 de 13

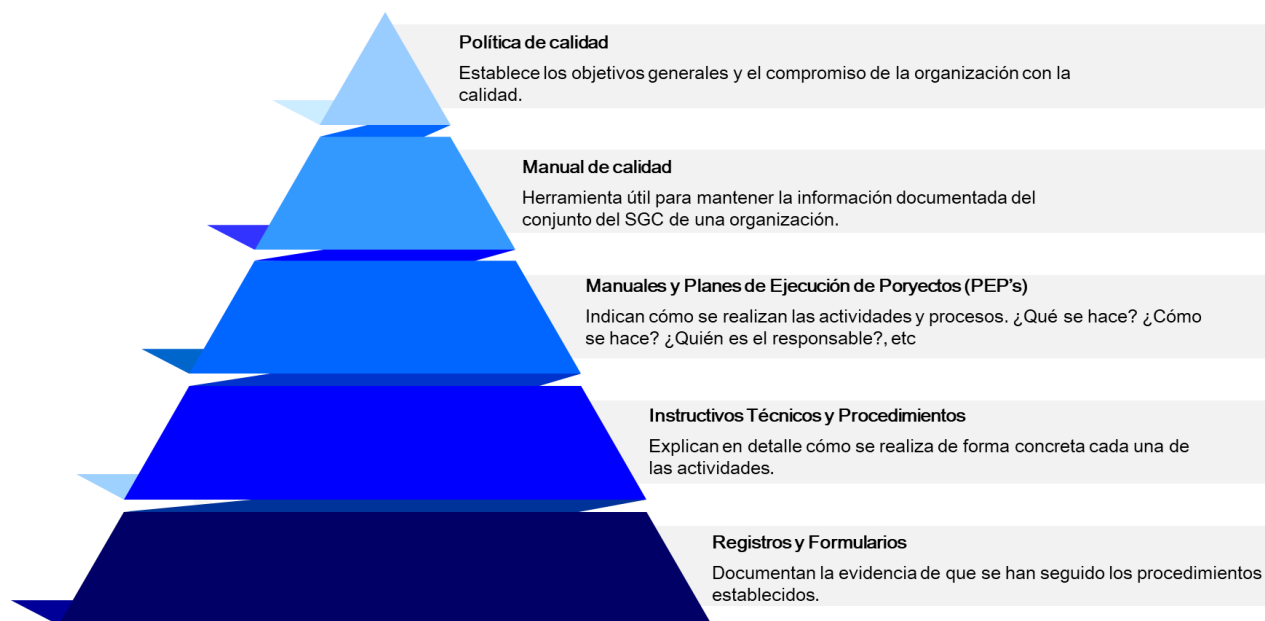


Figura 1. Pirámide documental del Sistema de Gestión de Calidad

6.2. Formato general de la documentación

Los documentos que formen parte integral del Sistema de Gestión de Calidad deberán mantener un formato uniforme independientemente del tipo de documento. De forma general se deberán cumplir las siguientes características:

6.2.1. Portada

La portada de los documentos que formen parte del Sistema de Gestión de Calidad deberá ser de la siguiente forma:

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: PA-001
	Nombre del Documento:	Versión: V001
	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	Fecha de aprobación: 30/05/2024
		Página 7 de 13



[NOMBRE DEL DOCUMENTO]

Elaborado por

[Nombre Apellido1 Apellido2]

Fecha de aprobación: DD/MM/AAAA



Plantilla de documentos (Plantilla V001: 31/05/2024)

Figura 2. Portada de los documentos

En la parte superior de la portada se deberá colocar el logo oficial de la organización, seguido del nombre del documento en letra Arial tamaño 20 de color rojo oscuro en negrita. Seguidamente se deberá colocar le autor del documento y la fecha de aprobación de este. En el pie de página se debe colocar la versión de plantilla utilizada para elaborar el documento y el logo oficial de la organización en el lado izquierdo. La portada, así como todas las páginas siguientes deberán contar con la marca de agua del logo oficial de la organización en versión reducida.

6.2.2. Control de documentos

El control de documentos se lleva a cabo a través de un cuadro que especifica la persona responsable de elaborar, revisar y aprobar el documento respectivamente. Se recomienda que estas tres responsabilidades recaigan en individuos distintos para garantizar una revisión objetiva. Además, se debe registrar la fecha de elaboración, revisión y aprobación, así como el cargo y la firma de cada persona involucrada en el proceso. Esta tabla debe estar inmediatamente después de la portada del documento y la tabla tiene el siguiente formato:

Cuadro 1. Cuadro utilizado para el control de documentos del SGC.

CONTROL DE DOCUMENTOS			
Elaborado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Revisado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Aprobado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:

6.2.3. Letra

El tipo de letra debe ser “Arial” tamaño 12 a excepción de los títulos los cuales deberán cumplir con lo especificado en el siguiente punto. El texto deberá estar justificado con espaciado sencillo.

6.2.4. Jerarquía de títulos

Títulos de primer orden

Letra: Arial, tamaño 18, color azul oscuro RGB 0-33-126 #00217E en negrita.

Títulos de segundo orden

Este documento tiene validez únicamente en su forma íntegra y original; no se permite la reproducción parcial sin la autorización previa de Logo Ingeniería Estructural

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PA-001
	Nombre del Documento: PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 30/05/2024
			Página 9 de 13

Letra: Arial, tamaño 14, color gris claro RGB 102-102-102 #666666 en negrita.

Títulos de tercer orden

Letra: Arial, tamaño 12, color negro RGB 0-0-0 #000000 en negrita.

Todos los títulos deberán estar alineados al margen izquierdo sin ningún tipo de sangría y deberán estar enumerados.

6.2.5. Encabezado

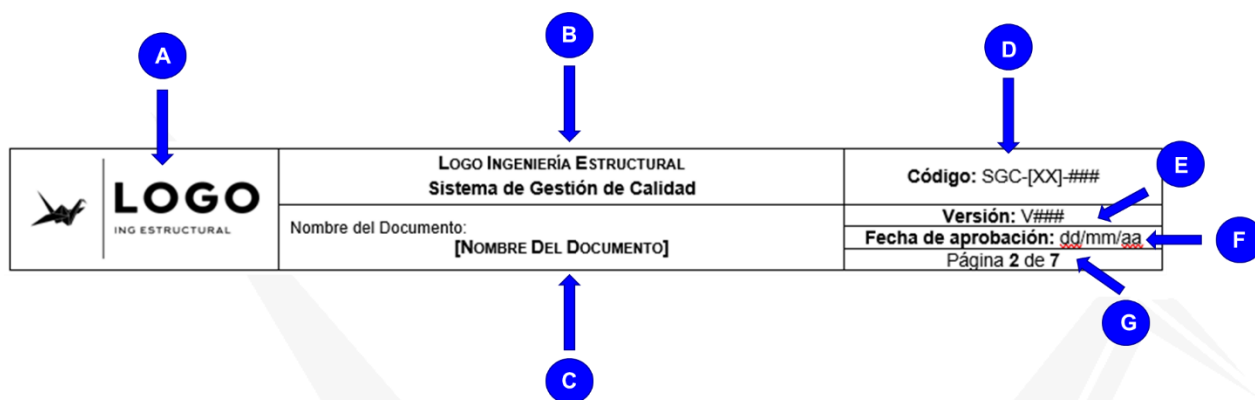


Figura 3. Encabezado de la documentación.

El encabezado deberá estar presente en todas las páginas de los documentos y debe contener lo siguiente:

A: Logo oficial de la organización.

B: Nombre de la organización con efecto versalitas y encabezado que identifica al documento como parte del Sistema de gestión de calidad ambos en Arial 9 negrita.

C: Nombre del documento: Se debe escribir el tipo de documento (manual, procedimiento, instructivo, etc) seguido del nombre del documento con mayúscula sostenida y efecto versalitas en Arial 9 en negrita.

D: Código del documento: Se deberá colocar el código del documento según lo especificado en el apartado 6.3.

E: Versión del documento: Se deberá colocar la letra "V" seguida de dos ceros y el número de versión correspondiente.

F: Fecha de aprobación: Se registra la fecha en el que el documento fue revisado y aprobado por el o los encargados correspondientes.

G: Número de página: será de edición automática en el formato "Página # de #"

6.2.6. Pie de página

Al pie de página los documentos deberán incluir la siguiente nota:

“Este documento tiene validez únicamente en su forma íntegra y original; no se permite la reproducción parcial sin la autorización previa de Logo Ingeniería Estructural”

6.3. Codificación de documentos

La identificación y codificación de documentos en el Sistema de Gestión de Calidad se lleva a cabo utilizando una estructura estándar. Esta estructura incluye letras que representan el tipo de documento, seguidas de un número de tres dígitos asignado secuencialmente, el nombre del documento y su versión. Cada documento recibe un número único para garantizar una identificación clara y precisa dentro del sistema.

Cuadro 2. Nomenclatura de documentos del Sistema de Gestión de Calidad

Nombre	Código
Manual de Calidad	MC-[Consecutivo]-[Descripción]-[Versión]
Manual	M-[Consecutivo]-[Descripción]-[Versión]
Procedimiento administrativo	PA-[Consecutivo]-[Descripción]-[Versión]
Procedimiento técnico	PT--[Consecutivo]-[Descripción]-[Versión]
Plan de ejecución de Proyectos	PEP-[Consecutivo]-[Descripción]-[Versión]
Instructivo técnico	IT-[Consecutivo]-[Descripción]-[Versión]
Memorias de cálculo	MCAL-[Consecutivo]-[Descripción]-[Versión]
Informes	INF-[Consecutivo]-[Descripción]-[Versión]

6.4. Control de versiones

Al final de cada documento se proporciona un cuadro destinado a registrar los cambios realizados en los documentos del Sistema de Gestión de la Calidad. Específicamente, las políticas, reglamentos, fichas de proceso, procedimientos, manuales e instructivos deben incluir este elemento, que se detalla a continuación:

Cuadro 3. Control de versiones de documentos

Control de versiones: [Nombre del documento]				
Versión	Fecha	Elaborado	Revisado	Descripción de modificación

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PA-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA		Fecha de aprobación: 30/05/2024
	DE GESTIÓN DE CALIDAD		Página 11 de 13

En este cuadro se debe colocar la versión del documento que se está modificando, la fecha en la que se aprobaron los cambios correspondientes, el nombre y cargo de la persona que elabora y revisa los cambios y una breve descripción de la modificación realizada.

6.5. Estructura de documentos

6.5.1. Estructura de los manuales

El formato para la descripción de los manuales debe seguir la siguiente estructura:

- Introducción
- Objetivo
- Alcance
- Definiciones
- Responsabilidades
- Descripción
- Referencias (en caso de ser necesario)
- Anexos (en caso de ser necesario)
- Control de versiones

Los manuales son documentos que indican cómo se realizan las actividades y procesos, con el propósito de garantizar una ejecución precisa y consistente de dicha actividad en cada aplicación. Este tipo de documentos indica ¿Qué se hace? ¿Cómo se hace? ¿Quién es el responsable?

6.5.2. Estructura de los planes de ejecución de proyectos y procedimientos

Los planes de ejecución de proyectos y procedimientos deberán estar estructurados de la siguiente manera:

- Objetivo
- Alcance
- Documentos relacionados
- Definiciones
- Responsabilidades
- Descripción del procedimiento
- Referencias (en caso de ser necesario)
- Anexos (en caso de ser necesario)
- Control de versiones

Los planes de ejecución de proyectos son documentos específicos que detallan los pasos a seguir para un determinado proyecto. Estos indican cómo se llevará a cabo un proyecto

Este documento tiene validez únicamente en su forma íntegra y original; no se permite la reproducción parcial sin la autorización previa de Logo Ingeniería Estructural

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PA-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD		Fecha de aprobación: 30/05/2024
			Página 12 de 13

específico desde su inicio hasta su finalización. Incluye información sobre los objetivos del proyecto, los recursos necesarios, los entregables, las responsabilidades del equipo, los riesgos identificados y las estrategias de gestión de esos riesgos, entre otros aspectos. Básicamente, es una guía que proporciona una visión general de cómo se llevará a cabo el proyecto y cómo se gestionarán sus diferentes aspectos para alcanzar con éxito los objetivos establecidos.

En el caso de los procedimientos, estos tienen un carácter más de detalle secuencial sobre cómo llevar a cabo una actividad específica. Los procedimientos son más específicos y detallados que el PEP, ya que se centran en actividades particulares dentro del proyecto. Por lo general, los procedimientos están vinculados al PEP y se utilizan para implementar las directrices y estrategias definidas en el plan general del proyecto.

Se establecen dos tipos de procedimientos:

- **Técnicos (PT):** relacionadas a actividades específicas de las empresas de consultoría estructural como por ejemplo un procedimiento para realizar la propuesta de estructuración de un proyecto.
- **Administrativos (PA):** relacionadas a actividades administrativas de la empresa como por ejemplo un procedimiento para elaborar documentos que formen parte del SGC.

6.5.3. Estructura de los instructivos técnicos

Los instructivos técnicos deberán estar estructurados como mínimo de la siguiente manera:

- Objetivo
- Alcance
- Responsabilidades
- Lineamientos del instructivo
- Referencias (en caso de ser necesario)
- Anexos (en caso de ser necesario)
- Control de versiones

Un instructivo técnico es un documento que ofrece una guía detallada sobre un tema específico en el ámbito de la ingeniería u otro campo técnico asociado. A diferencia de un manual general o un plan de ejecución de proyectos, el instructivo técnico se centra en proporcionar instrucciones detalladas y específicas para llevar a cabo una tarea o proceso técnico. Este tipo de documento ofrece un mayor grado de detalle y está diseñado para ayudar a los profesionales a realizar tareas específicas de manera eficiente y precisa.

7. Control de versiones

Control de versiones: Procedimiento para la elaboración de documentos del SGC				
Versión	Fecha	Elaborado	Revisado	Descripción de modificación
1	10/03/2024	DGH	- - -	Versión inicial del documento

-- Última línea --

Apéndice 2: Manual de calidad



LOGO

ING ESTRUCTURAL

Manual de calidad

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de aprobación: 31/05/2024



LOGO
ING ESTRUCTURAL

Plantilla de documentos (Plantilla V001: 31/05/2024)

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: MC-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	MANUAL DE CALIDAD		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 2 de 22

CONTROL DE DOCUMENTOS			
Elaborado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Revisado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Aprobado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024 Página 3 de 22

Contenido

Introducción.....	5
1. Contexto de la organización.....	5
1.1. Alcance del Sistema de Gestión de Calidad	5
1.2. Sistema de gestión de calidad y sus procesos.....	6
2. Liderazgo	8
2.1. Enfoque al cliente	8
2.2. Política de calidad	8
3. Planificación	9
3.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades	9
3.2. Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos	10
4. Apoyo	12
4.1. Recursos	12
4.2. Competencia	13
4.3. Comunicación	13
4.4. Información documentada.....	14
5. Operación.....	15
5.1. Requisitos de proyectos – Entradas de Diseño, desarrollo y gestión de proyectos 15	
5.2. Determinación, revisión y cambios a los requisitos del proyecto	15
6. Diseño, desarrollo y gestión de proyectos	16
6.1. Planeación	16
6.2. Controles.....	17
6.3. Salidas	17
6.4. Cambios.....	18
6.5. Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente .	18
6.6. Control de las salidas no conformes	18
7.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación	19
8. Referencias	21
9. Control de versiones.....	22

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024 Página 4 de 22

Descripción de tipos de fuente utilizadas en este documento

Este documento tiene el objetivo de funcionar como una plantilla base de un SGC aplicado a empresas de consultoría estructural. Debido a esto, hay secciones que son propias de cada organización y hay otras que se mantienen iguales independientemente de la organización. Debido a esto, se tiene la siguiente estructura de fuentes utilizadas:

Texto de explicación:

El texto que utiliza el estilo "Notas de aclaración" sirve como explicación adicional dentro del apartado correspondiente. Su propósito es guiar a la organización respecto al contenido de dicho apartado. Sin embargo, una vez que se formalice el uso de esta plantilla de Manual de Calidad en la organización y todos los apartados cuenten con la información necesaria, estas notas de aclaración deberán ser eliminadas.

Texto de ejemplo:

El texto que utilice el estilo "General azul" sirve como ejemplo y tiene como objetivo ilustrar el contenido que debería estar presente en el apartado correspondiente. Sin embargo, la organización no debe limitarse a lo descrito y puede agregar más detalles según sea necesario. Una vez que se complemente la información y se adapte a las necesidades de la organización que esté utilizando este formato de Manual de Calidad, se deberá eliminar o cambiar el estilo del texto a "Normal".

Texto obligatorio:

El texto que utilice el estilo "Normal" constituye una parte integral de este Manual de Calidad y se recomienda mantenerlo en la medida de lo posible, ya que proporciona información descriptiva necesaria para cumplir con la estructura del Sistema de Gestión de Calidad (SGC).

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024 Página 5 de 22

Introducción

Los servicios proporcionados por una empresa de consultoría estructural juegan un papel crucial en la industria de la construcción, donde la calidad es un factor determinante para el éxito de los proyectos. Los ingenieros estructurales se enfrentan al desafío de garantizar la seguridad y el cumplimiento de los estándares establecidos en cada estructura diseñada. En este contexto, la estandarización de los procedimientos es esencial para asegurar la coherencia y la excelencia en la ejecución de cada proyecto. Este Manual de Calidad se propone como una guía integral que no solo aborda los aspectos tradicionales de la gestión de calidad, sino que también incorpora las nuevas tecnologías y metodologías colaborativas, como el Building Information Modeling (BIM). Al integrar estas herramientas, se busca optimizar los procesos de consultoría estructural, facilitando la comunicación, la colaboración y la toma de decisiones basadas en datos precisos y actualizados. De esta manera, se promueve la eficiencia, la seguridad y la excelencia en la ejecución de proyectos, contribuyendo al desarrollo sostenible y al progreso de la industria de la construcción.

1. Contexto de la organización

[RESERVADO]

Esta sección se reserva para la presentación introductoria de la empresa que adopta este formato de Manual de Calidad. Es esencial que en este apartado se exprese claramente el compromiso de la empresa con la gestión de calidad de sus servicios, así como su dedicación a la implementación de nuevas tecnologías. Aunque se proporcionan las secciones a continuación, este apartado no está limitado únicamente a ellas. La organización tiene la flexibilidad de incluir la información adicional que consideren pertinente para mayor comprensión de este Manual de Calidad. Es crucial que las empresas consideren todos los factores, tanto internos como externos, que puedan influir de manera positiva o negativa en el desempeño del sistema de gestión de calidad. Por lo tanto, se puede integrar un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (FODA), donde las amenazas y oportunidades se evalúan externamente, mientras que las debilidades y fortalezas se analizan internamente en la organización.

Logo Ingeniería Estructural es una empresa dedicada a proporcionar servicios de consultoría en diseño e inspección estructural. Nuestra empresa se especializa en el diseño y construcción de obras civiles de todo tipo, desde edificios residenciales hasta infraestructuras industriales.

1.1. Alcance del Sistema de Gestión de Calidad

La organización consultora debe definir los límites y la aplicabilidad del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) para establecer su alcance de manera precisa. Al determinar este alcance, la organización debe considerar los servicios que ofrece, teniendo en cuenta sus recursos y capacidades. Es esencial establecer los límites del sistema para garantizar una implementación efectiva. Por ejemplo, se detallan las áreas y

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024 Página 6 de 22

servicios abordados en este SGC, pero las empresas pueden agregar servicios adicionales que se integren adecuadamente, siempre y cuando estén estructurados y estandarizados de acuerdo con lo establecido en los apartados 5 y 6 de este Manual de Calidad. Es importante que el alcance de este sistema de gestión de calidad se mantenga documentado según el procedimiento administrativo PA-001: Elaboración de documentos del Sistema de Gestión de Calidad.

El sistema de gestión de calidad de Logo Ingeniería Estructural engloba de manera integral todos los procesos vinculados a la prestación de servicios de diseño e inspección estructural. Este alcance comprende la planificación, ejecución y supervisión de proyectos, así como la administración de recursos y el continuo mejoramiento de nuestros servicios. Es relevante destacar que, en cada uno de los procedimientos asociados al diseño estructural, se integra la metodología de trabajo colaborativo BIM para estandarizar su aplicación. Es crucial tener en cuenta que esta disciplina puede integrarse en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto constructivo, y este Manual de Calidad aborda específicamente aquellas en las que Logo Ingeniería Estructural desempeña un papel fundamental.

De esta manera, en este Manual de Calidad se incluye la descripción de procesos relacionados a las siguientes áreas y/o servicios:

- Diseño estructural
- Dibujo / modelado BIM
- Inspección estructural

1.2. Sistema de gestión de calidad y sus procesos

El enfoque a procesos requiere la identificación de las entradas y salidas de los procesos definidos en el SGC, así como la determinación de los criterios y métodos necesarios para garantizar su operación eficaz y controlada. Esto implica establecer indicadores de desempeño, designar responsables y asignar los recursos adecuados para cada proceso. Además, se deben evaluar los riesgos y oportunidades asociados con cada proceso para implementar medidas preventivas y aprovechar las posibilidades de mejora. La organización consultora está obligada a establecer, implementar y mantener el SGC de acuerdo con los requisitos establecidos en este manual, demostrando así su confianza en la ejecución planificada y controlada de los procesos y proyectos.

El Sistema de Gestión de Calidad (SGC) se establece mediante la identificación de los procesos esenciales para su funcionamiento efectivo. Esto implica determinar cómo interactúan estos procesos, así como las entradas y salidas asociadas a cada uno, con el fin de garantizar una gestión eficiente y un control adecuado. Además, se establecen indicadores de gestión y calidad para monitorear y evaluar el desempeño de los procesos, lo que permite tomar medidas correctivas cuando sea necesario y asegurar la mejora continua.

En cada etapa, se lleva a cabo una evaluación de los riesgos y oportunidades asociados con los procesos identificados. Esto permite identificar posibles amenazas que puedan afectar la calidad o eficiencia de los servicios, así como oportunidades para mejorar y optimizar las operaciones. Se implementan medidas preventivas y correctivas para mitigar los riesgos y aprovechar las oportunidades identificadas, asegurando así la operación eficaz del sistema y el logro de los objetivos de calidad y rendimiento establecidos.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: MC-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	MANUAL DE CALIDAD		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 7 de 22

El sistema se mantiene con información documentada para su operación de acuerdo con:

- El presente Manual de Calidad
- Planes de ejecución de proyectos
- Procedimientos específicos para procesos técnicos o administrativos
- Instructivos de técnicos
- Manuales
- Planos propios
- Registros

En la siguiente figura se muestra un mapa de procesos que conforman la gestión de una empresa de consultoría estructural.

Se recomienda crear un mapa de procesos u otra herramienta metodológica de calidad para especificar las estructuras organizacionales, responsabilidades de control de calidad y el plan de mantenimiento del manual. Esta representación visual ayudará a los lectores a tener una visión resumida y fácil de consultar del SGC, incluyendo la descripción de procesos, recursos de formación de personal y las exclusiones de los requisitos de la norma ISO 9001. Además, el mapa proporcionará una comprensión clara de las interacciones entre los procesos y las áreas funcionales, mostrando la secuencia de actividades y las responsabilidades asociadas. El mapa de procesos que se muestra en la siguiente figura puede servir como plantilla y deberá ser ajustado según las necesidades de la empresa que aplique este formato de Manual de Calidad.

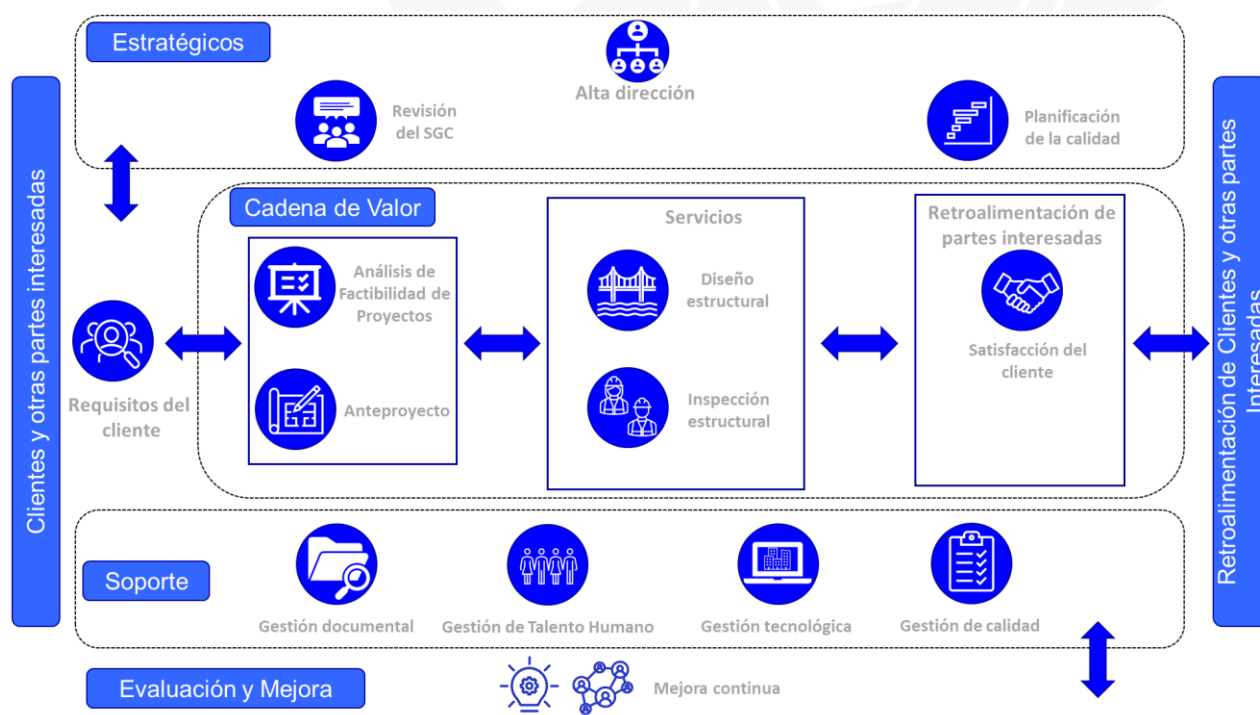


Figura 1. Mapa de procesos

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024 Página 8 de 22

2. Liderazgo

2.1. Enfoque al cliente

El enfoque al cliente es un principio fundamental del sistema de gestión de calidad, ya que la satisfacción del cliente es una meta primordial para toda organización. Es vital que la alta dirección destine los medios y recursos necesarios para comprender las necesidades y expectativas de los clientes, y comuniquen a toda la organización la importancia de cumplirlas. Es fundamental que la alta dirección muestre liderazgo y compromiso en relación con el enfoque en el cliente, asegurando que se identifiquen y cumplan los requisitos del cliente, así como los requisitos legales y reglamentarios aplicables para cada proyecto. Así mismo, se debe determinar y abordar para cada proyecto los riesgos y oportunidades que pueden afectar la conformidad de los servicios y la capacidad de mejorar la satisfacción del cliente. La organización debe mantener el enfoque en mejorar la satisfacción del cliente.

El éxito de Logo Ingeniería Estructural se basa en comprender y satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes y usuarios finales en el ámbito de la consultoría estructural. Esto implica identificar preocupaciones relacionadas con la conformidad, disponibilidad, confiabilidad, entrega, soporte, precio del producto estructural, entre otras. Para lograr este objetivo, la empresa determina las necesidades y expectativas del cliente y del usuario final, convirtiéndolas en requisitos específicos para sus servicios de inspección y diseño estructural, integrando la metodología BIM en los casos en los que aplique para una mayor eficiencia y calidad. La Alta Dirección de Logo Ingeniería Estructural se compromete a asegurar que estos requisitos definidos se comprendan y cumplan plenamente, mediante la implementación de los Planes de Ejecución de Proyectos PEP-001: *Diseño estructural* y PEP-002: *Inspección estructural*. Además, como parte de su estrategia centrada en el cliente, la empresa establece alianzas con contratistas para compartir información, generar valor agregado mutuo y mejorar continuamente sus servicios en el ámbito de la consultoría estructural.

2.2. Política de calidad

La alta dirección de la organización, como máximo órgano ejecutivo, tiene la responsabilidad de establecer la política de calidad, la cual debe ser coherente con el alcance, propósitos, contexto y políticas generales de la empresa. Esta política debe comprometerse explícitamente a cumplir con los requisitos aplicables y a buscar la mejora continua del sistema de gestión de calidad. Es crucial que la política sea revisada periódicamente para asegurar su alineación con los objetivos de la empresa, manteniendo registros de dichas revisiones. En caso de cambios en el alcance, propósitos, contexto o políticas generales de la organización, la política deberá ser actualizada. Sin embargo, es importante destacar que la revisión de la política no siempre conlleva cambios si se considera adecuada.

En Logo Ingeniería Estructural, hemos establecido e implementado una política de calidad que refleja nuestro compromiso con la excelencia en el desarrollo de los servicios brindados. Esta política está alineada con nuestra dirección estratégica y contexto operativo. Nos comprometemos a:

1. Establecer objetivos de calidad que cumplan con todos los requisitos aplicables y se alineen con nuestra misión y visión empresarial.
2. Fomentar la participación de nuestro equipo en la mejora continua del sistema de gestión de calidad, promoviendo una cultura de calidad en toda la organización.
3. Garantizar que nuestros servicios cumplan con los más altos estándares de calidad y tecnológicos de forma que satisfagan las necesidades y expectativas de nuestros clientes.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024 Página 9 de 22

4. Implementar prácticas y procesos eficientes que nos permitan alcanzar nuestros objetivos de calidad de manera consistente y efectiva.
5. Evaluar regularmente nuestro desempeño y resultados, identificando áreas de mejora y oportunidades para la innovación en nuestros servicios de diseño e inspección estructural.

2.3. Roles, responsabilidades y autoridades en la organización

Para asegurar el funcionamiento eficiente del sistema, es crucial que todos los involucrados comprendan plenamente sus roles en cada proyecto. La alta dirección se compromete a definir claramente las responsabilidades, autoridades y recursos clave para cada proyecto que aseguren el cumplimiento del SGC. Además, la organización consultora mantendrá información documentada, como organigramas, descripciones de trabajo y procedimientos, para establecer de manera precisa las responsabilidades y autoridades dentro de los Planes de Ejecución de Proyectos específicos.

3. Planificación

3.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades

Las organizaciones consultoras necesitan comprender la variedad de riesgos y oportunidades relevante para el alcance de la organización y para cada uno de los proyectos y/o servicios que brindan. Debido a esto, las organizaciones deben determinar acciones, objetivos y planes para abordarlos. Para esto existen diversas formas, sin embargo, la más común y recomendada por la norma ISO 9001 es por medio del análisis FODA, es decir, Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas para la organización y sus actividades de diseño, desarrollo y gestión de proyectos. Seguidamente a la identificación de riesgos y oportunidades, la organización debe establecer acciones para abordar dichas incertidumbres (negativas o positivas). Las acciones serán proporcionales al resultado que se pretende alcanzar. Las acciones derivadas de los riesgos y oportunidades identificados durante la planificación del sistema de gestión de calidad estarán alineadas con los objetivos de calidad.

Las acciones tomadas para abordar riesgos y oportunidades deben ser proporcionales al impacto potencial en la conformidad de los servicios de la organización consultora. Las opciones para abordar los riesgos pueden incluir:

- Evitar riesgos
- Tomar riesgos para perseguir una oportunidad
- Eliminar la fuente de riesgo
- Cambiar la probabilidad o consecuencias de un riesgo
- Compartir el riesgo
- Retener el riesgo mediante una decisión informada

Las oportunidades pueden llevar a:

- La adopción de nuevas prácticas
- El lanzamiento de nuevos servicios
- La apertura de nuevos mercados
- La adquisición de nuevos clientes
- La formación de asociaciones
- El uso de nueva tecnología o software

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: MC-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	MANUAL DE CALIDAD		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 10 de 22

- *Otras posibilidades deseables y viables para abordar las necesidades de la organización o de sus clientes*

El pensamiento basado en el riesgo que adopta la nueva ISO 9001:2015 tiene como objeto que en las diversas fases de planificación se adopte un enfoque preventivo.

Cuadro 1. Ejemplo de determinación de riesgos en la planificación de los procesos de la empresa

Proceso	Riesgos / oportunidades	Efecto potencial	Acciones
Diseño estructural	Detectado como factor externo en el análisis de contexto: - Gestión de cambios durante la etapa de diseño (RIESGO)	- Reprocesos y dificultad para avanzar con el diseño estructural. Si los cambios se realizan luego de la entrega final, se deberán realizar cambios significativos en modelos BIM, documentación y especificaciones, modelos analíticos y la información en general relacionada al proyecto. - Debido a esto se generan aumentos de plazos y costos que no siempre son asumidos por el cliente.	- Adecuada gestión de cambios y control de estos por medio de un procedimiento estandarizado y aceptado por el cliente y la empresa consultora.
Clientes	Detectado como una expectativa de las partes interesadas: - Solicitud del servicio de estudios de vulnerabilidad sísmica. (OPORTUNIDAD)	- Ampliación del mercado	- Capacitación del personal en procesos de inspección de estructuras construidas y en análisis y estudios de vulnerabilidad sísmica.

3.2.Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos

Como parte del proceso de planificación, la alta dirección debe establecer objetivos de calidad que conviertan la Política de Calidad en realidad. Los objetivos de calidad deben ser coherentes con la Política de Calidad y ser medibles. La organización consultora debe establecer objetivos de calidad y planes para asegurarse de que estos sean claros, medibles, monitoreados, comunicados, actualizados y dotados de recursos, es decir, SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Realistas y con un tiempo en el que se pueden lograr).

La organización deberá establecer un plan de objetivos que contendrá las acciones, los responsables, los medios y el calendario para alcanzar los objetivos definidos. Para la medición del grado de cumplimiento

de los objetivos, se recomienda el uso de indicadores apropiados para el sector de la construcción. Los objetivos deben ser significativos para quienes tienen la responsabilidad de alcanzarlos, así como para aquellos cuyas actividades contribuyen a su logro.

La organización debe mantener información documentada sobre los objetivos de calidad. Hay diferentes tipos de objetivos que podrían considerarse:

- *posición en el mercado y/o crecimiento;*
- *eficacia y/o eficiencia del proceso;*
- *mantenimiento de la posición actual;*
- *reducción de costos;*
- *mejoras en la conformidad del servicio, es decir, mejora en la entrega del proyecto; y*
- *mayor satisfacción del cliente.*

Cuadro 2. Ejemplo de objetivos de calidad y planificación para lograrlos

Objetivo de calidad	Acciones a realizar	Responsables	Recursos	Plazo
Reducir los errores en la elaboración de modelos estructurales	1. Implementar controles de calidad automatizados en los softwares de diseño estructural. 2. Establecer sesiones de revisión técnica entre ingenieros para discutir y corregir posibles errores. 3. Preparar Instructivos Técnicos (IT) y Manuales (M) que brinden una guía técnica a las personas encargadas de la elaboración de los modelos estructurales.	Alta Dirección, Ingenieros estructurales Senior	Capacitación, software de modelado estructural.	Semestralmente

4. Apoyo

4.1. Recursos

Un sistema de gestión de calidad efectivo no puede mantenerse o mejorarse sin recursos adecuados. Como función de la planificación, estos recursos deben ser determinados y proporcionados. Los recursos pueden ser:

- financieros;
- temporales;
- competencia y conciencia de las personas;
- infraestructura;
- ambiente de trabajo; y
- comunicación.

El objetivo primordial de esta sección radica en garantizar que el personal involucrado en el sistema de gestión de calidad posea la competencia necesaria para desempeñar sus funciones de manera eficaz. Esto implica asegurar que cuenten con el respaldo adecuado en términos de infraestructura y equipos, como instalaciones, herramientas, sistemas informáticos, software, transporte y métodos de comunicación. Además, es crucial identificar y desarrollar programas de mantenimiento y respaldo para garantizar la continuidad operativa de la organización como parte integral de la planificación estratégica. La empresa consultora debe identificar y asignar los recursos humanos necesarios para implementar de manera efectiva su sistema de gestión de calidad, así como para operar y controlar sus proyectos de manera óptima. Esto implica no solo contar con el personal adecuado en términos de número, sino también garantizar que estén debidamente capacitados y calificados para llevar a cabo sus responsabilidades de acuerdo con los estándares y requisitos establecidos. Se pueden definir dos tipos de recursos: los internos y los externos. El alcance de estos recursos será adecuado y proporcional a cada organización.

Cuadro 3. Ejemplos de recursos internos y externos de una organización

Internos	- Personal propio: implantación del sistema en los distintos niveles y centros, auditorías, control operacional y seguimiento, etc. - Aplicaciones informáticas: aplicación de control administrativo, gestor documental, para diseño y redacción de proyectos, etc. - Equipo especializado para inspecciones estructurales
Externos	- Expertos de otras disciplinas que trabajan en conjunto con la ingeniería estructural como topógrafos, ingenieros electromecánicos, ingenieros geotécnicos, etc. - Personal perteneciente a empresas subcontratadas - Auditores externos - Laboratorios y talleres

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: MC-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	MANUAL DE CALIDAD		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 13 de 22

4.2.Competencia

La organización debe identificar las características necesarias para desempeñar los puestos de trabajo relacionados con el sistema de gestión de calidad, y asegurarse que el personal que realiza esas funciones tiene las habilidades, los conocimientos, la experiencia y la formación adecuados para llevar a cabo todas las funciones necesarias relativas al desarrollo, la implementación y el control del sistema.

Se deben establecer criterios de competencia para cada función que afecte la calidad del proyecto. Esto luego se puede utilizar para evaluar la competencia existente y determinar las necesidades futuras. Cuando no se cumplen los criterios, puede ser necesario proporcionar capacitación o supervisión del personal. Los requisitos de competencia también suelen indicarse en avisos de reclutamiento y descripciones de trabajo/posición.

Los programas de reclutamiento e inducción, los planes de capacitación, las pruebas de habilidades, los registros/matrices de capacitación continua, los registros de desarrollo profesional continuo y las evaluaciones del personal a menudo proporcionan evidencia de competencia y su evaluación. En todos los casos se debe conservar información documentada como evidencia de competencia.

Cuadro 4. Ejemplo de algunos perfiles y sus competencias.

Puesto	Competencias requeridas por la organización	Evidencias
Ingeniero estructural Senior	- Conocimiento sobre el SGC de la empresa. - Conocimiento en la administración de proyectos de diseño e inspección estructural. - Conocimiento en la metodología de trabajo colaborativo BIM	-Estudios de maestría en ingeniería estructural. -Formación en SGC -Colegiado en el CFIA -Estudios de formación continua relacionados con BIM
Modelador BIM	- Conocimiento en los principios fundamentales de la ingeniería estructural - Dominio de software y metodología BIM -Adaptación al esquema de trabajo definido en el SGC -Conocimiento en le modelo de datos abiertos IFC	- Estudiante avanzado de ingeniería civil o en construcción - Certificaciones en el uso de software de cálculo y modelado estructural.

4.3.Comunicación

La organización consultora deberá definir sus necesidades de comunicación interna y externa estableciendo qué canales de información son adecuados para garantizar los resultados previstos en el sistema de gestión de calidad: contenido, formato, frecuencia, destinatarios y remitentes. La comunicación

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024 Página 14 de 22

debe planificarse para garantizar que toda la información necesaria esté disponible cuando se necesite, tanto de fuentes externas como internas. Algunos medios de comunicación interna podrían incluir reuniones, tableros de anuncios, publicaciones internas, seminarios, intranet y correos electrónicos.

Cuadro 5. Ejemplos de comunicaciones internas

Comunicación vertical (desde la Alta Dirección hacia el resto del personal)	- Compromiso de la alta dirección con el sistema y su mejora continua. Se informará al resto de la organización del resultado de la planificación (inicial o sistemática) y la revisión del SGC (política y objetivos de calidad, nuevas acciones a implantar, cambios en el sistema que no vayan a ser notificados a través de la formación). - Información sobre la satisfacción del cliente - Resultados de auditorías internas y externas - Información necesaria para que los procesos y las interacciones entre ellos obtengan los resultados previstos.
---	---

Además de las comunicaciones que establezca para cumplir los requisitos relacionados a la comunicación con el cliente, la organización determinará la manera adecuada de transmitir la información al resto de partes interesadas externas. Para ello, se deberán definir los canales de comunicación más apropiados (por ejemplo, publicación de memorias en la página web, redes sociales, comunicados de prensa, requisitos contractuales, campañas de comunicación, participación en ferias, jornadas y congresos, etc.

4.4. Información documentada

La información documentada requerida por el sistema de gestión de calidad debe estar controlada. Esto implica que toda la documentación que forme parte de la pirámide de gestión documental debe cumplir con los requisitos establecidos en este apartado. También debe estar disponible y ser adecuada para su uso, donde y cuando se necesite. La organización consultora también debe asegurarse de que esté adecuadamente protegida (por ejemplo, contra la pérdida de confidencialidad, el uso indebido o la pérdida de integridad). La organización decidirá cómo documentar sus procesos y sus formas de actuar para que el sistema de gestión de calidad sea eficaz y adecuado, ya sea a través de manuales y procedimientos o con una justificación documental de cómo se han tomado determinadas decisiones de implantación y mantenimiento del sistema.

El término "información documentada" ahora reemplaza a los términos previamente utilizados "procedimiento documentado" y "registros". Es responsabilidad de la organización consultora determinar qué tipo de información documentada se requiere. Esta información puede adoptar cualquier formato siempre que proporcione evidencia suficiente para demostrar el cumplimiento de los requisitos. Algunos ejemplos de formatos pueden incluir:

- documentos de licitación y contratos;
- organigramas;
- mapas de procesos;
- diagramas de flujo de procesos;

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024
		Página 15 de 22

- descripciones de procesos;
- procedimientos;
- instrucciones de trabajo y/o prueba;
- especificaciones;
- bases de datos;
- programas de software; y
- formularios.

Al crear y actualizar información documentada, la organización consultora debe garantizar el cumplimiento del PA-001: *Elaboración de documentos del SGC*. La información documentada requerida para establecer la implementación y el mantenimiento del sistema de gestión de calidad no necesariamente implica la creación de procedimientos específicos. Sin embargo, es fundamental contar con una justificación documentada que explique cómo se han tomado decisiones relacionadas con la instalación y mantenimiento del sistema. A menudo, resultará más práctico cumplir con estos requisitos mediante un documento que detalle estas decisiones, aunque no necesariamente se le denomine "procedimiento".

5. Operación

5.1. Requisitos de proyectos – Entradas de Diseño, desarrollo y gestión de proyectos

La organización consultora debe planificar, implementar y controlar los procesos necesarios para cumplir con los requisitos de provisión de sus servicios. Se deben establecer los requisitos para los servicios y los criterios para estos, así como la aceptación de los resultados del proyecto. La organización debe poder demostrar cómo ha determinado qué información documentada se ha considerado necesaria para la organización y sus proyectos. Las entradas de diseño y desarrollo pueden incluir:

- documentos de licitación y contratos;
- especificaciones del cliente;
- requisitos funcionales y de rendimiento;
- requisitos estatutarios y regulatorios;
- códigos de práctica y normas que la organización se ha comprometido a implementar;
- información derivada de actividades de diseño y desarrollo similares anteriores; y
- consideraciones de honorarios.

Debe existir un proceso para garantizar que se determinen las necesidades y expectativas de los clientes y sus requisitos. Esto debe incluir la verificación del uso previsto del proyecto y cualquier requisito legal aplicable.

5.2. Determinación, revisión y cambios a los requisitos del proyecto

5.2.1. Determinación de los requisitos del proyecto

Cuando la organización oferta sus productos o servicios, debe definir los requisitos de estos. Por norma general, en el sector, los requisitos vienen definidos en los pliegos de prescripciones técnicas de los proyectos. A la hora de presentar una oferta, se suelen incluir, entre otras, las siguientes consideraciones:

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 16 de 22

plazos, medios de ejecución, recursos, procesos constructivos, especificaciones técnicas, normativa aplicable, controles a implantar, etc.

5.2.2.Revisión de los requisitos del proyecto

Después de identificar las necesidades y expectativas del cliente, es importante que la organización consultora revise cuidadosamente estos requisitos antes de comprometerse a brindar cualquier servicio. Para demostrar su capacidad para cumplir con los requisitos de los servicios ofrecidos, la organización puede presentar pruebas como el alcance detallado en sus certificados de calidad, aprobaciones del cliente y su registro en listas oficiales de contratistas, entre otros. La revisión del contrato es un paso durante el cual se examinan los documentos técnicos del proyecto o servicio, como la memoria, los planos y las especificaciones técnicas y se determina la viabilidad del proyecto. La organización debe asegurarse de que todos los elementos del servicio sean factibles y estén claramente definidos, y que también cumplan con los requisitos legales y regulatorios pertinentes, así como los acordados por la organización.

5.2.3.Cambios en los requisitos del proyecto

Cualquier modificación de los requisitos inicialmente acordados debe someterse a revisión, y se debe transmitir la información a todos los implicados. La organización recopilará y documentará cualquier cambio que se produzca durante la ejecución del servicio, bien sea a propuesta propia, aceptada por el cliente o su representante, o por cambio de los requisitos legales o de la reglamentación específica.

Todos los cambios deben ser registrados utilizando el formulario *FOR-001-Control de Cambios*, con el objetivo de documentarlos adecuadamente y respaldarlos con la información correspondiente.

6. Diseño, desarrollo y gestión de proyectos

La empresa debe definir el enfoque para planificar, ejecutar y supervisar el diseño del proyecto cuando su responsabilidad implique la ejecución de este (en proyectos y obras). En situaciones donde se perciba la necesidad debido a la complejidad o importancia de la tarea, o debido a la inexperiencia del personal involucrado, se crearán procedimientos detallados, instrucciones operativas o listas de verificación.

6.1.Planeación

De cara al establecimiento de una adecuada planificación, es necesario analizar las características del diseño o proyecto. Algunas formas habituales de planificar el diseño pueden ser por medio de la definición de:

- Las fases, etapas, tareas o actividades de las que consta un trabajo, incluyendo las subcontrataciones cuando sean necesarias. Un medio comúnmente utilizado para determinar esto es documentarlas mediante un programa de trabajos (diagrama de barras, diagrama de Gantt, método PERT, aplicaciones informáticas de proyectos, cuadro de actividades y tiempos, etc.).*
- Los hitos de control (cuándo revisa, verifica o valida).*
- Los criterios de revisión, verificación y validación, basados en capacitaciones de las personas que realizan estas actividades, o los soportados en documentos tales como procedimientos, instrucciones, guías, listas, etc.*
- Los documentos en los que se indican las responsabilidades y autoridades de quienes realizan el trabajo y las actividades de control de este (relación de personal asignado, organigrama,*

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024
		Página 17 de 22

dependencias, delegación de funciones, etc.). Estos documentos pueden elaborarse en cada planificación o formar parte de la documentación del sistema.

- *El nivel de control esperado para las actividades del proyecto por parte de los clientes y otras partes interesadas relevantes.*

La planificación del diseño y desarrollo deberá actualizarse a medida que este progrese y haya cambios significativos en la misma.

6.2. Controles

Durante el desarrollo de los proyectos se aplicarán los controles y se realizarán las revisiones necesarias para evaluar que el proyecto se está desarrollando en los términos previstos y que cumple con las especificaciones definidas. Estas revisiones o controles deberán establecerse de manera que permitan identificar problemas o desviaciones con la suficiente antelación como para adoptar las acciones necesarias. Todos los documentos o la información derivada de dichos controles deberán conservarse convenientemente (revisión de cálculos, resolución de contradicciones, comunicaciones mantenidas, etc.).

Logo Ingeniería Estructural aplicará controles a las actividades de diseño, desarrollo y gestión de proyectos para cada proyecto garantizando que:

- Los resultados a alcanzar estén definidos.
- Se realicen revisiones en etapas planificadas para evaluar la capacidad de los resultados del diseño y desarrollo para cumplir con los requisitos. Estas revisiones deben desencadenar soluciones a cualquier problema encontrado. Se conserva información documentada de estas actividades. Típicamente, podrían incluir:
 - Minutas de reuniones;
 - Dibujos marcados / alterados;
 - Bocetos;
 - Documentos de aprobación; y
 - Correos electrónicos.
- Se tomen las acciones necesarias sobre los problemas/cambios identificados durante las revisiones.

El diseño del proyecto, una vez finalizado, deberá ser verificado al objeto de asegurar la adecuación de la solución adoptada a los requisitos del proyecto o servicio, y debe quedar documentado. Para el registro de verificaciones se pueden utilizar pautas de inspección, listas de comprobación, protocolos o planes de pruebas, índices ampliados, etc. En ocasiones, la verificación se realiza de forma conjunta con el cliente, pudiéndose formalizar esta en actas.

6.3. Salidas

Los datos finales del proyecto estarán documentados y serán consistentes con los datos de partida. Habitualmente, dicha documentación consiste en las memorias y los anexos, planos, pliegos de condiciones y mediciones, y el presupuesto o los planes de actuación en contratos de servicios. Esta información final puede incluir detalles para la preservación de la obra que garantice el buen estado durante su vida útil.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024 Página 18 de 22

6.4.Cambios

Los cambios en los requisitos del proyecto pueden surgir en cualquier momento y como resultado de muchos factores. También pueden impactar significativamente en el diseño en progreso. Cualquier cambio resultante en el diseño debe ser revisado, verificado y autorizado cuando sea necesario. Los cambios de diseño deben ser identificados y deben ser conservados como información documentada.

Es esencial considerar los cambios para garantizar que los trabajos o servicios cumplan con los requisitos del cliente. Para lograr esto, será necesario ajustar cada fase del control de producción y prestación de servicios según la nueva situación. Después de la aprobación del cambio, se deberá actualizar la programación de trabajos, los programas de inspección, la programación de ensayos de control, los estándares de calidad de los materiales, los recursos necesarios, entre otros aspectos.

6.5.Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente

Este requisito tiene como objetivo garantizar que los procesos, productos o servicios necesarios para el proyecto puedan cumplir con los requisitos del cliente y del contrato. La organización consultora deberá determinar y aplicar criterios para la evaluación, selección, monitoreo del desempeño y reevaluación de proveedores externos, es decir, consultores, contratistas o subconsultores, en función de su capacidad para proporcionar procesos y / o servicios relacionados con el proyecto de acuerdo con los requisitos contractuales. La organización consultora deberá conservar información documentada de estas actividades y de cualquier acción necesaria derivada de la evaluación. Además, la organización consultora también debe asegurarse de proporcionar toda la información necesaria a los proveedores externos, como contratistas, proveedores, subcontratistas o subconsultores. La claridad es esencial, no solo en términos de especificación del producto, sino también en términos de calificación del operador, control de calidad, garantía de calidad, documentación y tiempos de entrega. Los proveedores externos, contratistas, proveedores, subcontratistas o subconsultores deben ser reevaluados continuamente según criterios predefinidos. Los resultados de las evaluaciones y reevaluaciones deben mantenerse como información documentada. Esto podría realizarse como parte de una reunión posterior al proyecto o como parte de la reunión de revisión de la dirección.

6.6.Control de las salidas no conformes

La organización debe definir una metodología para identificar y tratar los productos y servicios que no sean conformes, entendiendo como no conforme aquel que incumple los requisitos aplicables. La organización consultora debe asegurarse de que los productos o proyectos no conformes se eviten de ser procesados, utilizados o entregados. Ejemplos de esto incluyen revisiones de diseño, verificación de calidad, etc. Una vez identificados, deberían activar un proceso en el cual una persona autorizada y competente decidirá qué curso de acción tomar. Las opciones pueden incluir:

- *rediseño;*
- *revisión del diseño;*
- *nuevo diseño;*
- *concesión del cliente o del cliente final; y*
- *solicitudes de variación.*

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: MC-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	MANUAL DE CALIDAD		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 19 de 22

La organización consultora deberá tomar medidas para eliminar la causa de la no conformidad con el fin de prevenir su recurrencia. Las acciones correctivas deben incorporar los principios del análisis de causa raíz. Las acciones tomadas deben ser apropiadas para el impacto del problema (riesgo). Es necesario verificar la efectividad de la acción tomada para asegurarse de que realmente surta el efecto deseado. La organización consultora también debe tener en cuenta cualquier necesidad específica de capacitación y comunicación.

La información documentada de cualquier no conformidad debe ser retenida como evidencia, incluidas las acciones subsecuentes tomadas y cualquier concesión acordada por el cliente o el cliente final, por ejemplo, solicitudes de variación.

7. Evaluación del desempeño

7.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación

La empresa debe seleccionar los procesos para el seguimiento y medición, definiendo los controles a efectuar, los plazos, los responsables y los criterios de aceptación o rechazo. Se guardarán los registros documentados tanto de las inspecciones realizadas como del análisis y evaluación periódica realizados de dicho seguimiento.

Cuadro 6. Ejemplos actividades sujetas a seguimiento y medición.

Proceso	Actividad	Registro
Diseño estructural	Diseño conceptual o esquemático	Criterios de predimensionamiento utilizados en otros proyectos de diseño estructural.

La alta dirección debe revisar el sistema de gestión de calidad de la organización en intervalos apropiados determinados por la organización consultora. Esto es para garantizar su continua idoneidad, adecuación, eficacia y alineación con las direcciones estratégicas de la organización. La alta dirección también debe utilizar la revisión como una oportunidad para identificar mejoras que se pueden hacer y / o cualquier cambio necesario, incluida la adecuación y cualquier recurso adicional necesario.

También es necesario obtener retroalimentación del cliente. Esto debe incluir un análisis de la satisfacción del cliente y las quejas de los clientes para monitorear sus percepciones sobre el grado en que se han cumplido sus necesidades y expectativas. Ejemplos de métodos para obtener retroalimentación son:

- entrevistas;
- reuniones con el cliente;
- encuestas de mercado;
- cuestionarios;
- fin de proyecto y lecciones aprendidas; y
- revisiones.

Son ejemplos de fuentes de tendencias cambiantes: nuevos requisitos del cliente, nuevas tendencias constructivas, nuevas tecnologías, edificios sostenibles, etc.

Los datos obtenidos durante el seguimiento de los procesos deberán ser analizados para evaluar la eficacia del sistema y determinar las actuaciones que consigan la mejora continua del mismo. Un ejemplo de evaluación de los datos obtenidos es el análisis periódico a través de indicadores

Cuadro 7. Ejemplo de indicador en el sector de la consultoría estructural

Proceso	Indicador	Fórmula de cálculo	Periodicidad	Valor de referencia	Responsable
Satisfacción de clientes	Índice de satisfacción	Valor del aspecto evaluado por el cliente	Al finalizar los proyectos o de forma anual	El 80% de las encuestas recibidas evalúa el aspecto por encima de 7 (Sobre valor máximo de 10)	Director de calidad

Como resultado del análisis de la implantación, adecuación y eficacia del sistema mediante análisis periódicos, la organización adoptará acciones para una mejora continua del mismo.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: MC-001
	Nombre del Documento: MANUAL DE CALIDAD		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 21 de 22

8. Referencias

La redacción del presente manual de calidad se basó en normativa internacional asociada a la industria de la construcción y a empresas de consultoría. Las principales referencias utilizadas se muestran a continuación:

- [1] AENOR, “Guía para la aplicación de la Norma UNE-EN ISO 9001:2015 en empresas constructoras,” 2023. Accessed: Feb. 14, 2024. [Online]. Available: https://www.aenor.com/ebooks/Guia-ISO-9001_2015-empresas-constructoras.pdf
- [2] Department of Treasury and Finance, “Quality Assurance Manual for Consultants,” Tasmania, 2019. Accessed: Apr. 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.purchasing.tas.gov.au/Documents/Quality-Assurance-Manual-for-Consultants.pdf>
- [3] Organización Internacional de Normalización, “UNE-EN ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario,” ISO 9000:2015, 2015. Accessed: Feb. 12, 2024. [Online]. Available: www.aenor.es
- [4] Organización Internacional de Normalización, “UNE-EN ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos,” 2015. [Online]. Available: www.aenor.es
- [5] Organización Internacional de Normalización, “UNE-EN ISO 9004-2018: Gestión de la calidad - Calidad de una organización - Orientación para lograr el éxito sostenido,” 2018. Accessed: Apr. 26, 2024. [Online]. Available: www.aenor.es

9. Control de versiones

Control de versiones: Manual de calidad				
Versión	Fecha	Elaborado	Revisado	Descripción de modificación
001	31/05/2024	DGH	- - -	Versión inicial del documento

-- Última línea --

Apéndice 3: Plan de Ejecución de Proyectos: Diseño estructural



LOGO

ING ESTRUCTURAL

PEP: Diseño estructural

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de aprobación: 31/05/2024



LOGO
ING ESTRUCTURAL

Plantilla de documentos (Plantilla V001: 31/05/2024)

CONTROL DE DOCUMENTOS			
Elaborado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Revisado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Aprobado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento: PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 3 de 31

Contenido

1.	Objetivo	4
2.	Alcance.....	4
3.	Documentos relacionados	4
4.	Definiciones.....	5
5.	Responsabilidades	5
6.	Proceso: Diseño estructural	7
6.1.	Términos de referencia con el cliente.....	7
6.2.	Diseño conceptual o esquemático.....	18
6.3.	Propuesta de estructuración	19
6.4.	Cálculo estructural.....	20
6.5.	Diseño estructural	21
6.6.	Dibujo / modelado	22
6.7.	Documentación	24
6.8.	Revisión	26
6.9.	Entregables	27
6.10.	Control de cambios.....	29
7.	Referencias	29
8.	Anexos	30
9.	Control de versiones.....	31

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 4 de 31

1. Objetivo

Garantizar la entrega oportuna de un diseño estructural que cumpla con las normativas aplicables, garantizando la seguridad y la calidad del proyecto, mediante la optimización de recursos, una comunicación efectiva, con el fin de asegurar la satisfacción del cliente.

2. Alcance

El alcance del Plan de Ejecución de Proyectos (PEP) para diseño estructural comprende los procesos y fases esenciales desde la concepción inicial hasta la entrega final del proyecto. Esto engloba desde la etapa de diseños preliminares hasta el diseño detallado y la elaboración de planos y modelos utilizando la metodología BIM en cada una de estas fases. Además, este PEP se centra específicamente en los procedimientos relacionados con el diseño de estructuras nuevas, abarcando diversos materiales como concreto, mampostería, acero, madera, entre otros.

3. Documentos relacionados

Internos:

PEP-002: Inspección estructural: Documento en el que se enlistan los procedimientos para la inspección de estructuras que van a ser construidas posterior al proceso de diseño estructural.

FOR-001: Control de cambios: Documento que permite una adecuada trazabilidad y registro de los cambios solicitados del proyecto constructivo.

Externos:

Código Sísmico de Costa Rica: Normativa obligatoria para el diseño de estructuras sismorresistentes en Costa Rica.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 5 de 31

4. Definiciones

Clash: se refiere a una colisión o conflicto entre los distintos elementos de un modelo federado. Estos conflictos pueden ocurrir cuando dos o más componentes del modelo ocupan el mismo espacio en el diseño virtual, lo que podría generar problemas durante la construcción física. La detección temprana de clashes permite identificar y resolver estos problemas antes de que ocurran durante el proceso constructivo.

Contenedor de información: conjunto de información persistente y recuperable desde un archivo, sistema o aplicación de almacenamiento jerarquizado.

Modelo analítico: es una representación simplificada y matemática de un sistema físico, diseñado para estudiar su comportamiento y predecir su respuesta ante diferentes condiciones o cargas. Se utiliza para calcular y analizar las fuerzas internas, las deformaciones y otros aspectos relevantes de una estructura bajo cargas específicas. Estos modelos suelen ser simplificaciones de la realidad

Términos de referencia (TDR): constituyen las pautas específicas que definen las características y requisitos del servicio a ofrecer. Estos términos comprenden una descripción detallada de las actividades involucradas, así como las especificaciones técnicas correspondientes a cada una de ellas. Su propósito es garantizar la obtención del producto final deseado por parte del cliente.

5. Responsabilidades

De la empresa de consultoría estructural:

- Interpretar las necesidades del cliente para que los diseños cumplan con la función prevista del proyecto constructivo.
- Identificar y asesorar al diseñador arquitectónico sobre criterios específicos de diseño estructural tales como cargas, equipamiento, requerimientos específicos de elementos estructurales.
- Participar en etapas de diseños preliminares o anteproyectos con el fin de que desde estas etapas se puedan dar recomendaciones sobre consideraciones estructurales para el adecuado cumplimiento de normativas y códigos aplicables.
- La empresa consultora es responsable de la integridad del sistema estructural primario lo cual significa que el diseño deberá cumplir con todas las normativas y códigos de diseño aplicables brindando un diseño seguro y sostenible.
- En general, deberá proporcionar documentación como planos, especificaciones técnicas, modelos BIM y otros recursos con información confiable y clara, sin ambigüedades, para garantizar una adecuada ejecución del proyecto constructivo.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento: PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 6 de 31

Del cliente o propietario:

- Proceder con el proyecto de construcción solo después de asegurar un financiamiento adecuado.
- Asegurarse de que un profesional incorporado al CFIA sea quien realice los respectivos diseños del proyecto constructivo.
- Brindar una adecuada descripción del proyecto en conjunto con la empresa que realiza el diseño arquitectónico. En caso de contratar por licitaciones, apegarse al procedimiento típico para licitaciones privadas y públicas y asegurar la transparencia durante todo el periodo de contratación de las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto constructivo.
- Asegurar que se desarrollen alcances de trabajo realistas y cronogramas de trabajo apropiados.
- Reconocer que durante el diseño pueden existir cambios por distintas razones y que por lo tanto deberán existir vías de comunicación para lograr que las partes involucradas puedan llegar a un acuerdo priorizando siempre el criterio técnico de los profesionales involucrados.

De la empresa constructora:

- Asegurar que se cumplan las buenas prácticas constructivas apegadas a los diseños estructurales. La empresa constructora es responsable de la mano de obra, los materiales y el equipo para el proyecto de construcción, así como de los métodos, técnicas, secuencias, procedimientos, precauciones de seguridad y programas de construcción.
- Supervisar que los subcontratistas realicen los trabajos apegados a las normas de calidad de la empresa constructora.
- Si la inspección ha sido encargada a la empresa consultora, corresponde a la empresa constructora notificar cuándo el proyecto está listo para las revisiones en campo.
- Brindar un adecuado control de calidad de todos los procesos constructivos.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 7 de 31

6. Proceso: Diseño estructural

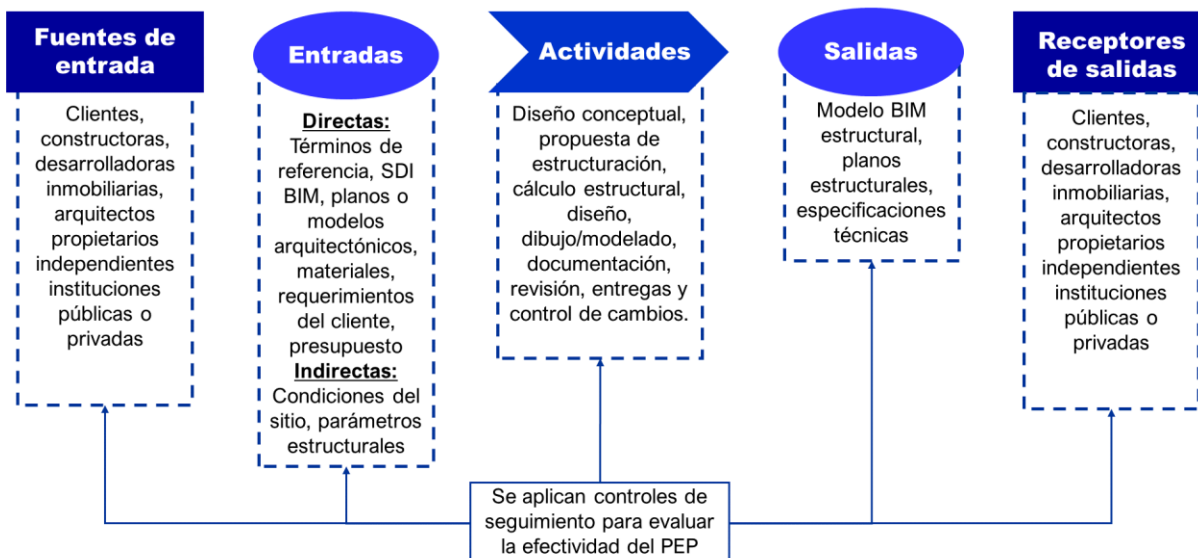


Figura 1. Descripción general del PEP: Diseño estructural

6.1. Términos de referencia con el cliente

Los términos de referencia con el cliente deben incluir toda la información relevante para cumplir de forma adecuada con el objetivo de este PEP. Para proyectos de consultoría estructural se deben definir los siguientes aspectos de forma inicial con el cliente:

6.1.1. Objetivos del proyecto

El cliente es responsable de definir los objetivos del proyecto y proporcionar información detallada sobre este. Además, debe brindar los detalles generales del proyecto, los contactos del equipo de trabajo y cualquier otra información relevante que pueda influir en el desarrollo de este.

6.1.2. Alcance del proyecto

El cliente debe detallar el alcance y los requisitos específicos del diseño estructural, incluyendo la información necesaria, el formato de entrega y la posible utilización de la metodología BIM. Se deben definir las áreas y elementos estructurales a diseñar, así como las fases del proyecto y los límites de responsabilidad de la empresa consultora. Se recomienda que el alcance del diseño estructural forme parte de etapas de anteproyectos o diseños preliminares con el fin de que las propuestas arquitectónicas iniciales tengan sustento estructural y que las etapas de diseño sean más eficientes.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 8 de 31

6.1.3. Metodología BIM

El cliente deberá establecer el enfoque para la implementación de la metodología BIM. Con base en los requisitos definidos, la empresa de consultoría deberá llevar a cabo el diseño estructural según lo dispuesto en los apartados 6.2 y siguientes.

Entre los aspectos de BIM que el cliente debe especificar se encuentran: la consolidación de modelos BIM mediante modelos federados e integrados, la geolocalización del modelo con coordenadas, puntos de referencia y niveles definidos, nivel de desarrollo (LOD), así como los entregables y su formato, que pueden incluir planos, presupuestos, memorias de cálculo y otros documentos relacionados.

Toda la información mencionada anteriormente deberá ser especificada por parte del cliente por medio de un documento formal conocido como Solicitud de Información BIM (SDI BIM o EIR, por sus siglas en inglés). Según [1], este documento como mínimo deberá incluir:

- Objetivos generales y específicos de la utilización de BIM en el proyecto
- Entregables BIM
- Tipos de modelos BIM requeridos
- Documentos relacionados a modelos BIM
- Definir el estado de avance de la información de los Modelos BIM
- Usos BIM
- Categorías de información
- Niveles de desarrollo
- Estrategias de colaboración
- Organización de los modelos

En el caso de los **Entregables BIM**, la SDI debe incluir el Plan de Ejecución BIM el cual define el proceso de ejecución del modelado y la gestión de información del proyecto, los modelos que se requieren para el proyecto y la información relacionada a los modelos.

Existen distintos **Modelos BIM** y uno es el modelo estructural. El cliente deberá indicar en la SDI BIM los formatos y versiones para los documentos relacionados a modelos BIM como por ejemplo los planos constructivos, presupuestos, especificaciones técnicas, imágenes, videos, entre otra información requerida por el cliente.

Para los **Estados de Avance de la Información de los modelos BIM**, la disciplina de ingeniería estructural participa principalmente en el diseño de anteproyecto (DA) y en el desarrollo del diseño (DD). En la fase DA se elabora una propuesta preliminar que abarca aspectos espaciales, técnicos y funcionales, definiendo el carácter distintivo de un proyecto u obra. Dependiendo de la complejidad del proyecto, el anteproyecto debe ofrecer una solución esquemática completa, que no solo englobe la concepción arquitectónica, sino también las propuestas de las soluciones planteadas por las distintas

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 9 de 31

disciplinas involucradas. Durante la etapa DD, se deberá elaborar una descripción detallada de cada elemento del proyecto, proporcionando la información necesaria para su construcción.

Los **Usos BIM** de la etapa de diseño que podrían involucrar a las empresas de consultoría estructural se resumen en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Usos BIM para empresas de consultoría estructural

Usos BIM	Descripción
LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES EXISTENTES	Se refiere al desarrollo de un modelo 3D de las condiciones existentes de un sitio, edificaciones existentes completa; también se puede realizar en áreas específicas del sitio o edificación existente. Puede ser desarrollado por varios métodos: Escaneo láser, técnicas convencionales de topografía, etc. Este modelo puede ser utilizado para una nueva construcción o una renovación
ANÁLISIS DE EMPLAZAMIENTO	A través de herramientas BIM/GIS se determinan propiedades para determinar el mejor sitio de un proyecto futuro. La información de sitio se utiliza para inicialmente seleccionar el sitio, y posteriormente ubicar el inmueble con base en otros criterios.
USO DEL ESPACIO	A través de un programa de análisis del espacio, se evalúa si el diseño es eficiente en términos de requerimientos de espacio. Esto permite tomar decisiones críticas, tomando en cuenta la complejidad de los estándares y regulaciones; se obtiene mayor valor para el proyecto al haber evaluado varias opciones.
COORDINACIÓN 3D	Se realiza, a través de software específico, la Prevención de Interferencias durante la fase de coordinación para determinar potenciales conflictos de los sistemas al comparar los modelos 3D.
GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE DISEÑO	Utilizar el modelo para aportar la documentación gráfica e información necesaria para cubrir el alcance del proyecto contratado. Es la base para conectar el modelo con información clave de los elementos del proyecto (propiedades, cantidades, medios y métodos, costos, requerimientos, cronogramas).
ANÁLISIS DE INGENIERÍA – CÓDIGOS Y NORMATIVAS	A través de software específico para este uso, se puede validar el cumplimiento de códigos específicos para el proyecto.
ANÁLISIS DE INGENIERÍA – ESTRUCTURAL	En el caso estructural, se utiliza software de análisis para determinar el comportamiento de la estructura ante las cargas que se estima afectarán a la estructura. Luego de esa etapa inicial el modelo se utiliza para optimización (diseños efectivos, eficientes, construibles). Esta es la base para luego desarrollar planos de taller y diseño de sistemas constructivos.
REVISIÓN DEL DISEÑO (EVALUACIÓN DE CUMPL. REQUISITOS)	Los participantes del proyecto revisan el modelo 3D y dan retroalimentación para validar múltiples aspectos de diseño. Se puede hacer a través de software o CAVEs (entornos virtuales asistidos por computadora) con diferentes niveles de detalle. Se pueden hacer modelos muy detallados de algunas zonas críticas (por ejemplo, una fachada para analizar alternativas de diseño y resolver temas como constructibilidad).
DISEÑO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS (EFICIENCIA DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS)	Usar los modelos para resolver la construcción de elementos y estructuras complejas durante la fase de obra. Por ejemplo, formaleta.

Cuadro 2. Usos BIM para empresas de consultoría estructural. (Continuación)

Usos BIM	Descripción
PLANOS DE TALLER	Se utiliza la información digital para facilitar el proceso de fabricación de equipos, sistemas y/o ensambles. Algunos usos: acero estructural, aceros secundarios, cortado de tuberías, prototipos para revisión de propuestas de diseño. Ayuda para disminuir la cantidad de información ambigua durante la fase de fabricación/ construcción, y propicia menor desperdicio.

Nota: Descripción de los usos BIM que se consideran aplicables a empresas de consultoría estructural. [1]

La SDI BIM también debe definir las **Categorías de Información** que se requieren para los modelos BIM. Las categorías de información permiten agrupar los distintos parámetros incluidos en el modelo según la utilización que se le pueda dar. En la siguiente figura se muestran las categorías de información para cada uno de los usos BIM mencionados en el Cuadro 1:

Usos BIM	Categorías de Información														
	Información general	Prop. físicas y geométricas	Propiedades geográficas	Requerimientos fabricante / Constructor	Especificaciones técnicas	Requerimientos y estimación de costos	Requerimientos energéticos	Sostenibilidad	Condiciones sitio y medio ambiente	Validación cumplimiento programa	Cumplimiento normativo	Requerimientos fases	Logística secuencia construcción	Entrega para operación	Gestión activos
LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES EXISTENTES															
ANÁLISIS DE EMPLAZAMIENTO															
USO DEL ESPACIO															
COORDINACIÓN 3D															
GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE DISEÑO															
ANÁLISIS DE INGENIERÍA - CÓDIGOS Y NORMATIVAS															
ANÁLISIS DE INGENIERÍA - ESTRUCTURAL															
REVISIÓN DEL DISEÑO (EVALUACIÓN DE CUMPL. REQUISITOS)															
DISEÑO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS (EFICIENCIA DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS)															
PLANOS DE TALLER															

Figura 2. Categoría de información para cada Uso BIM. [1]

El **Nivel de Desarrollo (LOD)** permite conocer a los miembros del equipo el grado en el que se puede confiar en la información del modelo para ejecutar los Usos BIM requeridos. Para el caso de empresas de consultoría estructural, el cliente deberá especificar en la SDI BIM el LOD que aplica para los diferentes elementos que integran el modelo estructural. Cabe resaltar que un modelo puede contener distintos Niveles de Desarrollo y un mismo elemento puede tener diferente LOD según la etapa del ciclo de vida del proyecto en la que se encuentre. Por ejemplo, en la etapa de diseño, cuando se está desarrollando el anteproyecto (DA) los elementos estructurales como vigas se desarrollan con un LOD 200 es decir su dimensión, cantidad y ubicación es aproximada y se le incorpora información básica, una vez se avanza al desarrollo de diseño (DD) el nivel de desarrollo se aumenta a LOD 300 para ya tener dimensión, cantidad y ubicación exacta y se agrega mayor información a los elementos y así progresivamente conforme se avanza en el ciclo de vida [1]. En la siguiente figura se muestran los LOD recomendados para los Estados de Avance de Información de los Modelos en los que intervienen mayoritariamente las empresas de consultoría estructural.

ESTADOS DE AVANCE DE LA INFORMACIÓN DE LOS MODELOS		TIPOS DE ELEMENTOS EN MODELOS BIM									
		Ejes	Terreno	Elementos Civiles	Elementos Geográficos	Fundaciones	Zonas/Espacios	Columnas	Vigas	Losas	
											
DISEÑO	DA DISEÑO DE ANTEPROYECTO	LOD 200	LOD 100	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200	
	DD DESARROLLO DEL DISEÑO	LOD 300	LOD 200	LOD 300	LOD 200	LOD 300	LOD 300	LOD 300	LOD 300	LOD 300	
Muros	Muros Cortina	Ventanas	Puertas	Cubiertas/Techos	Cielos Falsos/Acabados	Escaleras/Rampas	Equipos e Instalaciones	Muebles	Estructuras Especiales	Equipamiento electromecánico	Distribución y tuberías
											
LOD 200	LOD 300	LOD 200	LOD 300	LOD 100	LOD 100	LOD 200	LOD 100	LOD 100	LOD 100	LOD 100	LOD 100
LOD 200	LOD 300	LOD 200	LOD 300	LOD 200	LOD 200	LOD 300	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200	LOD 200

Figura 3. Niveles de desarrollo recomendados para los EAIM. [1]

El cliente también deberá especificar dentro de la SDI BIM la estrategia de colaboración que se va a utilizar para lograr el cumplimiento de los objetivos BIM y del proyecto. Como mínimo deberá indicar el entorno común de datos (CDE), la consolidación de modelos BIM y el procedimiento de reuniones. Dentro de un CDE, es crucial contar con una definición clara de los flujos de trabajo de intercambio. Esto implica establecer los procesos y procedimientos específicos que guían la forma en que se intercambia la información entre los diferentes actores del proyecto. Estos flujos de trabajo pueden incluir aspectos como la programación de intercambios, las responsabilidades de cada parte y las etapas en las que se realiza el intercambio.

Si la parte contratante no detalla alguno de los aspectos mencionados anteriormente en la SDI BIM, la parte contratada debe proponerlos en el Plan de Ejecución BIM (PEB) para su revisión y aprobación por parte de la parte contratante y las demás disciplinas, incluidas la estructural, se deberán apegar a esto.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 12 de 31

Se recomienda que la empresa de ingeniería estructural adopte la estructura de un CDE para el manejo de la información de forma interna. Esto implica manejar la información en 4 carpetas o estados según [2]:

- **En progreso:** Información en desarrollo por su autor o equipo de trabajo, no siendo visible ni accesible a nadie más. Esta recomendación es particularmente importante si la solución de CDE se implementa a través de un sistema compartido, como un servidor compartido o un portal web. Ejemplos de trabajos en progreso incluyen plantas de trabajo, levantamientos, opciones de diseño y otros tipos de información utilizados para la toma de decisiones internas a un equipo.
- **Transición Control/Revisión/Aprobación:** Esta transición debe ser realizada por el equipo autor del trabajo y se utiliza para comparar el contenedor de información con el programa de desarrollo de información y con los estándares, métodos y procedimientos acordados para generar la información. Por ejemplo, los equipos de diseño deberían validar internamente que la información que estén entregando cumpla con los formatos establecidos por el cliente, además de cumplir con todos los requisitos técnicos e incluir toda la información necesaria solicitada en la SDI BIM. Es importante que estas revisiones incluyan la práctica de limpiar los contenedores de información para que solo incluyan información que es relevante para el resto del equipo. Lo anterior es una buena práctica en términos de productividad y claridad.
- **Compartido:** Información aprobada para compartir con otros equipos de trabajo y de desarrollo o con la parte contratante. Esta información debería ser visible y accesible, pero no editable. En caso de requerir la edición de la información, se debería devolver el contenedor de información al estado “En Progreso” para que el autor pueda editarlo y enviarlo nuevamente.
- **Transición Revisión /Autorización:** En esta etapa se compara todos los contenedores de información en el intercambio de información con los requisitos de información relevantes para la coordinación, integridad y precisión. En caso de que cumpla todos los requisitos, se cambia al estado “Publicado” y de lo contrario, se devuelve al estado “En Progreso”. La autorización separa la información confiable (Publicada) de la información que aún puede estar sujeta a cambios (En Progreso).
- **Publicado:** Este estado se utiliza para almacenar la información que ha sido autorizada para su uso en la fase de diseño, construcción o gestión de activos. El modelo BIM solo debería de tener información que ha sido sometida primero a un proceso de revisión por parte del equipo de la originó, un proceso de validación y

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 13 de 31

coordinación de parte del resto del equipo y finalmente una autorización final por parte del cliente.

- **Archivado:** Este estado se utiliza para mantener un registro de todos los contenedores de información que se han compartido y publicado durante el proceso de gestión de la información, así como para realizar un seguimiento de su desarrollo.

El flujo de trabajo dentro de la plataforma que el cliente establezca como CDE se resume en la siguiente figura:

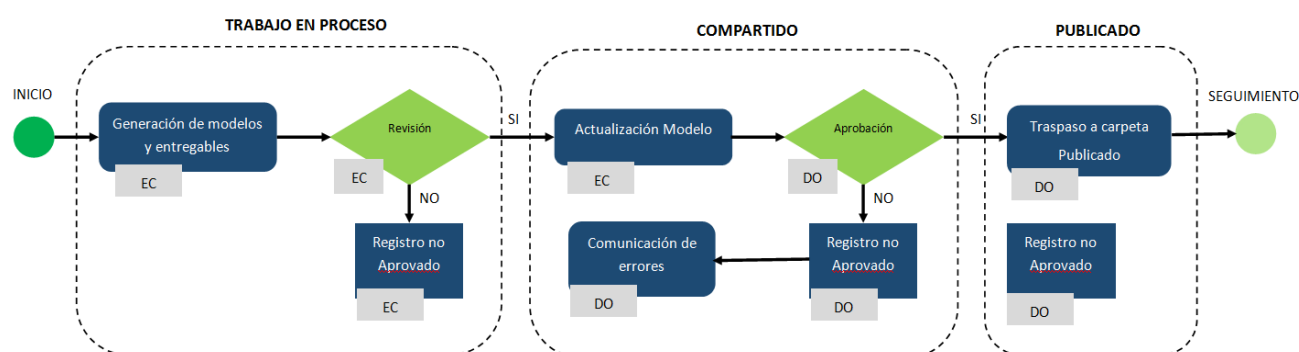


Figura 4. Flujo de trabajo dentro del CDE.

Para la **Consolidación de modelos BIM**, el cliente deberá indicar el proceso para consolidar la información desarrollada por las diferentes especialidades del proyecto ya sea por medio de un modelo BIM federado o por medio de un modelo BIM integrado. Además, se debe incluir en la SDI BIM la forma en la que se deben **organizar los modelos** incluyendo información sobre la estructuración de los modelos (unidades, coordenadas y subdivisión de los modelos), nomenclatura y codificación (nombre de archivos y carpetas, códigos y colores de las distintas especialidades) y los sistemas de clasificación (para la información contenida en los proyectos como elementos, materiales, entre otros).

Para todos los documentos, archivos o carpetas que se manejen en entornos compartidos, se deberá mantener un estándar en cuanto a la forma en la que se le asignan los nombres a cada uno. Para ello se recomienda seguir lo establecido en estándares internacionales como buildingSmart, normas ISO o documentación técnica relacionada a la metodología de trabajo colaborativo BIM. Al interior de las empresas de consultoría estructural se recomienda utilizar el siguiente formato para los documentos:

<Proyecto>_STR_<Zona>_<Nivel>_<Tipo de documento>_<Estatus>_<Revisión>

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 14 de 31

En el caso de las carpetas, se recomienda utilizar la siguiente nomenclatura:

<Proyecto>_<Estatus>_<Revisión>

En donde **<Proyecto>** corresponde a un código único para el proyecto y se recomienda que sea un consecutivo de máximo seis caracteres. STR hace referencia a la disciplina de ingeniería estructural. **<Zona>** aplica para los casos en los que los archivos se trabajen por diferentes frentes de trabajo. **<Nivel>** aplica en los casos en los que los modelos se trabajen por niveles. **<Tipo de documento>** se debe indicar si se trata de un modelo, memoria, especificaciones técnicas o presupuestos. **<Estatus>** indica el estado del documento y la carpeta en la que se debería ubicar dentro del CDE (T: En progreso, C: Compartido, P: Publicado y A: Archivado). **<Revisión>** se puede indicar la versión de la revisión de la información contenida.

En la Figura 5 se muestra el flujo de trabajo para realizar una solicitud de información BIM. Es importante que las empresas de consultoría estructural tengan conocimiento de toda la información que se requiere para poder aplicar adecuadamente la metodología de trabajo colaborativo BIM. Si el cliente no proporciona alguna de las informaciones mencionadas previamente, se deberá solicitarlas. En situaciones donde el cliente omita información debido a falta de conocimiento sobre la metodología, la consultora estructural puede ofrecer recomendaciones basadas en las directrices establecidas en este PEP. En cualquiera de los casos, es importante que la información se comunique de manera clara y comprensible para todas las partes implicadas. Esto asegura una aplicación efectiva de la metodología BIM, permitiendo aprovechar al máximo sus beneficios en cada etapa del ciclo de vida de un proyecto de construcción.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: PEP-001
	Nombre del Documento: PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL	Versión: V001 Fecha de aprobación: 05/02/2024 Página 15 de 31

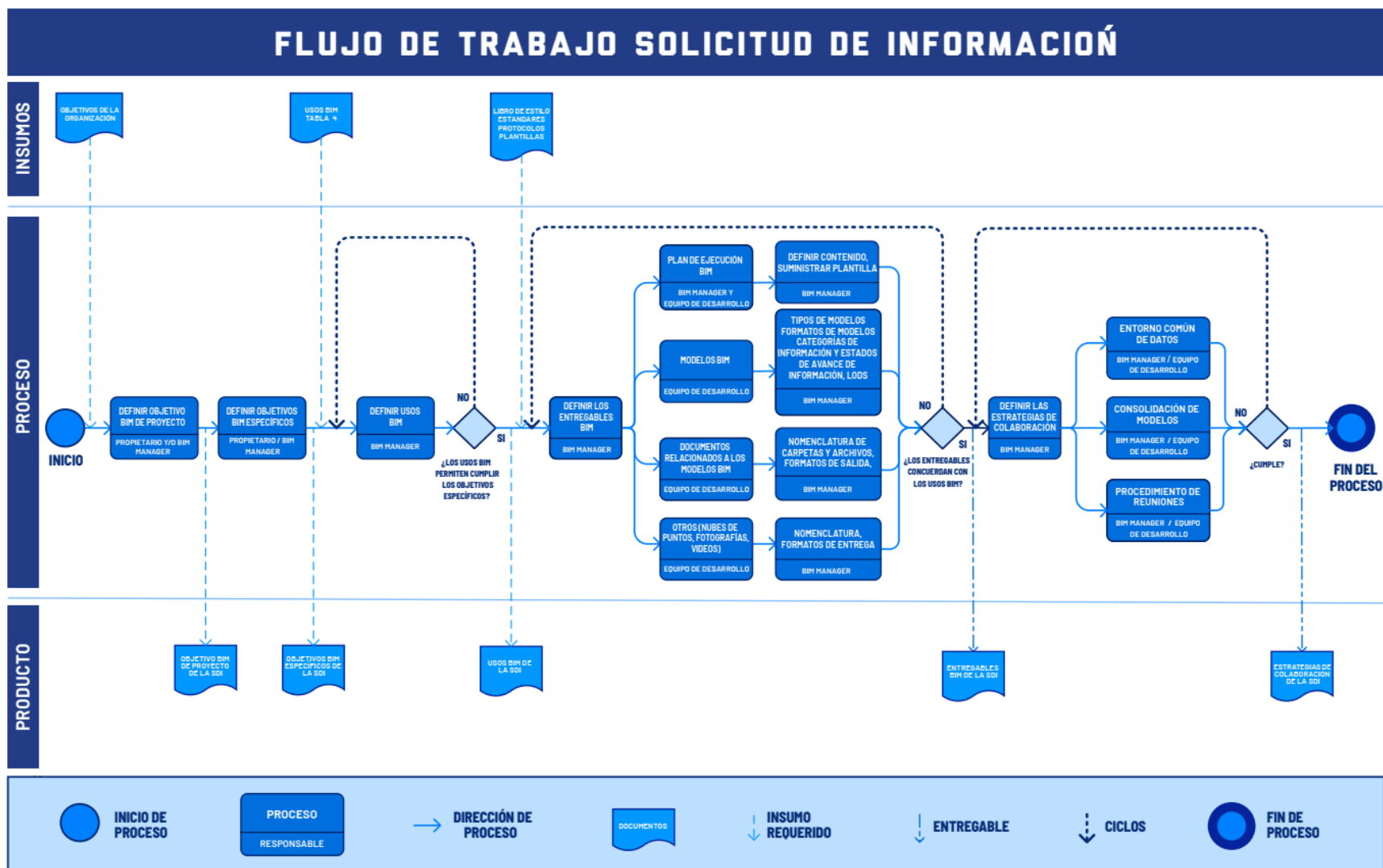


Figura 5. Flujo de trabajo para el desarrollo de SDI BIM. [1]

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 05/02/2024
			Página 16 de 31

6.1.4. Cronograma y entregables

Este PEP propone 5 entregas tal y como se indica en el apartado 6.9. Sin embargo, las entregas deberán apegarse a lo establecido por el cliente luego de un acuerdo por ambas partes en cuanto a plazos y los requisitos específicos de los entregables. En el caso de los proyectos en los que se utilice la metodología BIM, se deberá definir un programa de desarrollo de información para todo el proyecto de acuerdo con el cronograma estratégico del proyecto.

6.1.5. Requisitos de colaboración

La colaboración entre los participantes involucrados en proyectos de construcción y en la gestión de activos es esencial para el desarrollo y operación eficiente de los activos. El trabajo colaborativo requiere comprensión y confianza mutua y un nivel mayor de estandarización de los procesos, si la información se va a producir y poner a disposición de manera consistente y oportuna. Los requisitos de información deberían fluir a través de la cadena de suministro hasta el punto donde la información se pueda producir con la mayor eficiencia.

Para cumplir con los requisitos de colaboración es importante que todas las partes involucradas tengan la capacidad de comunicarse, reutilizar y compartir información de manera efectiva, y de reducir el riesgo de pérdida, contradicción o mala interpretación.

En el caso de las empresas de consultoría estructural, estas se comprometen a cumplir no solo con los objetivos establecidos en este PEP, sino también con los objetivos específicos que el cliente establezca para el proyecto constructivo. Los profesionales en ingeniería estructural que conformen el equipo de trabajo se comprometen a ejercer su labor de acuerdo con el Código de Ética Profesional del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica.

La empresa de consultoría estructural asume la responsabilidad de actuar siempre en beneficio del cliente, garantizando el cumplimiento de los códigos de diseño, normativas y estándares de seguridad aplicables. Asimismo, se compromete a mantener una comunicación fluida y transparente con el cliente, asegurando que todas las decisiones y acciones estén alineadas con sus necesidades y expectativas, con el objetivo final de asegurar la satisfacción del cliente y el éxito del proyecto en su conjunto.

Por parte del cliente, se espera el suministro oportuno de toda la información relevante que sea necesaria para que la empresa consultora pueda desempeñar sus servicios de diseño de manera efectiva y precisa. También se espera la identificación de los puntos de contacto clave dentro de la organización del cliente, así como la definición clara de los roles y responsabilidades de ambas partes en el proceso de colaboración.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 17 de 31

6.1.6. Gestión de cambios

En caso de que el proyecto requiera cambios por parte del cliente, se deberá seguir lo indicado en el apartado 6.10 de este documento en caso de que el cliente no establezca un procedimiento diferente. El procedimiento para la gestión de cambios deberá ser comunicado al cliente y a las partes involucradas con el fin de que exista un adecuado seguimiento y trazabilidad de las variaciones en cuanto al diseño original.

6.1.7. Control de Calidad

De forma general para asegurar la calidad del diseño estructural, se deberán realizar 3 revisiones de la información generada según lo establecido en el apartado 6.8. En las dos primeras, se deberán hacer revisiones de fondo aplicando los formularios de listas de verificación preparadas para tal fin. La última revisión será para aspectos de forma y para verificar que los hallazgos encontrados en las dos primeras revisiones hayan sido debidamente atendidos. Solamente en casos justificados y necesarios se podrán hacer más de tres revisiones, sin embargo, no es lo recomendado. En caso de que el cliente defina criterios de aseguramiento de calidad, la empresa de consultoría estructural deberá cumplir con los mismos siempre y cuando cuenten con fundamento técnico y que predomine siempre el criterio de un profesional en ingeniería estructural.

6.1.8. Comunicación y reuniones

El cliente deberá definir la periodicidad de las reuniones de coordinación para abarcar dudas en cuanto al diseño. En caso de que exista un anteproyecto previo en el que la empresa de consultoría estructural no haya participado, el cliente deberá estar en la obligación de brindar espacios para que se puedan realizar consultas relacionadas al anteproyecto.

6.1.9. Acuerdos contractuales

El cliente deberá brindar detalles sobre los términos contractuales incluyendo información sobre pagos, los plazos de pago y cualquier condición relacionada con el presupuesto asignado para el proyecto, seguros, confidencialidad y protección de datos, garantizando la seguridad y la privacidad de la información sensible compartida durante el desarrollo del proyecto. Así mismo, se deberán establecer los derechos, obligaciones y responsabilidades de las partes involucradas. Se deberá brindar información sobre garantías y cualquier otra información sobre los acuerdos existentes entre el cliente y la empresa consultora para el servicio del diseño estructural.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 18 de 31

6.2. Diseño conceptual o esquemático

En caso de que la empresa consultora haya sido involucrada desde las etapas de anteproyecto, inicialmente se deberá hacer una revisión en conjunto con el cliente sobre aspectos funcionales, de presupuesto, así como otros elementos clave del diseño conceptual o esquemático. Esto incluirá discusiones sobre los requisitos específicos del proyecto, las expectativas estéticas, los objetivos de rendimiento, los objetivos sostenibles y cualquier otra consideración relevante para la concepción inicial del proyecto. Esta etapa es liderada principalmente por el cliente y su equipo de diseño arquitectónico. Sin embargo, contar con la retroalimentación por parte de la consultora estructural, ayudará a facilitar la etapas de diseño posteriores. El rol principal de la empresa consultora estructural será asistir al cliente brindándole información necesaria para las etapas de diseño.

Además, se establecerán los criterios de diseño preliminares y se explorarán diversas alternativas para asegurar que el diseño satisfaga las necesidades del cliente y se alinee con sus objetivos a largo plazo. Esta fase inicial servirá como base sólida para el desarrollo posterior del diseño estructural.

En esta etapa también se exploran y desarrollan las ideas iniciales para la estructura, estableciendo la base sobre la cual se construirá el diseño final. Se generan diferentes alternativas de diseño y se evalúan en términos de viabilidad técnica, estética y funcionalidad. Estas propuestas ayudarán a determinar el sistema estructural primario. Se utilizan herramientas BIM para crear modelos conceptuales que permitan visualizar y comunicar las propuestas de diseño de manera efectiva. Los entregables BIM de esta etapa se especifican en el apartado 6.9.1. y se recomienda utilizar un LOD adecuado para esta etapa según lo indicado en la Figura 3. Así mismo se recomienda que en esta etapa se definan documentos como cronogramas, matrices de responsabilidades y resúmenes de las principales características del proyecto constructivo.

Se deberán establecer los estándares y formatos a seguir para la presentación de la documentación como los planos y especificaciones. Se harán propuestas de materiales y de sistemas constructivos.

En esta fase, es fundamental contar con las características técnicas mediante una serie de estudios preliminares y visitas previas al sitio donde se realizará la construcción. Se deberá revisar la información topográfica e identificar cualquier estudio adicional requerido y proporcionar los alcances de los estudios. Esto implica analizar detalladamente las condiciones físicas y geográficas del terreno, así como evaluar posibles restricciones o limitaciones que puedan influir en el diseño y la ejecución del proyecto.

Además, se deben realizar investigaciones para comprender las necesidades y expectativas del cliente, así como las regulaciones locales y normativas aplicables. Esta recopilación de información proporcionará una base para el desarrollo de un enfoque integral y eficiente desde la etapa del diseño preliminar.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 19 de 31

6.3. Propuesta de estructuración

En el proceso de desarrollo de propuestas estructurales, la etapa inicial implica realizar un predimensionamiento de los elementos clave que componen el proyecto constructivo. Esta fase se debe alinear con las recomendaciones de predimensionamiento establecidas en los diversos códigos de construcción según el tipo de material. Por ejemplo, para elementos de concreto reforzado, se aplican las disposiciones del ACI 318. En el caso de estructuras de madera, se emplean las especificaciones del NDS, mientras que para estructuras de acero, se consultan los manuales proporcionados por el AISC todos en sus versiones más recientes.

En esta etapa, se define la estructura básica del proyecto, incluyendo la distribución de cargas, sistemas estructurales y materiales a utilizar. Los modelos BIM se utilizan para desarrollar y presentar la propuesta de manera interactiva y colaborativa. Así mismo, durante la fase de propuesta de estructuración, se establecerán los estándares y criterios de diseño estructural que guiarán todo el proceso de diseño. Esto incluirá una definición detallada de los siguientes aspectos:

- Geometría y configuración estructural
- Compatibilidad con otros sistemas
- Cargas (vivas y muertas)
- Propiedades físicas y mecánicas de los materiales seleccionados
- Consideraciones sísmicas y de viento
- Durabilidad y vida útil del diseño
- Criterios de servicio (incluyendo criterios de deflexión y vibración)
- Eficiencia estructural (optimizando el uso de materiales)
- Consideraciones de construcción (tamaños de formaleta comercial, métodos constructivos, etc.)

Desde las etapas iniciales del proceso de diseño estructural, es fundamental integrar consideraciones de diseño sostenible que promuevan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esto implica no solo la evaluación de las elecciones de materiales, buscando opciones que minimicen el impacto ambiental y promuevan la eficiencia energética, sino también la realización de propuestas de diseños que incorporen prácticas sostenibles en todas las fases del proyecto.

Se deberá tener en cuenta la resiliencia del diseño frente a eventos climáticos extremos y el cambio climático, incorporando estrategias de adaptación y mitigación. Esto implica la consideración de factores como la gestión del agua, el diseño de sistemas de drenaje sostenibles, la elección de materiales resistentes y la implementación de medidas de enfriamiento pasivo para reducir la vulnerabilidad del edificio.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento: PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 20 de 31

En relación con la metodología BIM, durante esta fase es crucial garantizar la coordinación con el modelo arquitectónico y otras disciplinas involucradas. Se deben confirmar los ejes estructurales, tratando en la medida de lo posible de mantener su coherencia con los ejes arquitectónicos establecidos. Asimismo, se deben identificar y abordar de manera temprana posibles conflictos (clashes) entre los distintos elementos del modelo, buscando soluciones de forma colaborativa con las otras disciplinas.

Los entregables BIM correspondientes a esta etapa se detallan en los apartados 6.9.1 y 6.9.2, los cuales incluyen la entrega de modelos detallados y coordinados, así como informes de detección de clashes y propuestas de solución. Estos entregables son fundamentales para garantizar la integridad y la eficacia del proceso de diseño estructural dentro del entorno BIM.

Es común que en estas etapas preliminares de diseño existan muchas variaciones y cambios. Es responsabilidad del profesional en ingeniería estructural evaluar la magnitud de los cambios y deberá decidir si estos tienen implicaciones en la propuesta de estructuración. El objetivo principal es llegar a las etapas de cálculo y diseño estructural con la mayoría de los cambios implementados. En caso de cambios significativos se recomienda atender a lo mencionado en el apartado 6.10.

6.4. Cálculo estructural

El cálculo estructural es una fase crucial del proceso de diseño donde se emplean herramientas computacionales especializadas para modelar la estructura. El objetivo principal es determinar las fuerzas internas y los esfuerzos que afectan a cada elemento estructural y brindar los insumos que requiere la fase de diseño estructural. Esto se logra mediante análisis detallados que permiten evaluar la resistencia y la estabilidad de la estructura en diversas condiciones de carga. En los casos donde exista más de una empresa de consultoría estructural, se deberá asegurar que todas lleguen a resultados similares.

La fase de modelado es de suma importancia y requiere especial atención para garantizar la fiabilidad de los resultados. Para asegurar la calidad de los modelos estructurales, es indispensable llevar a cabo una revisión exhaustiva, aplicando listas de verificación diseñadas específicamente para este propósito. Estas listas pueden abarcar aspectos como la correcta asignación de cargas, un estudio sísmico adecuado, la adecuada definición de las propiedades de los materiales, las inercias y las combinaciones de cargas. Además, se debe comparar los resultados obtenidos por el software con cálculos manuales, asegurando que las diferencias no excedan en un $\pm 5\%$.

Los encargados de utilizar el software de cálculo estructural deberán asegurarse como mínimo de que:

- Las cargas son determinadas y modeladas correctamente
- Las dimensiones de los elementos son consistentes con el predimensionamiento

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 21 de 31

- La configuración y selección de los parámetros, incluyendo los tamaños, propiedades, conexiones, apoyos y restricciones de los elementos, modelan adecuada y confiablemente el comportamiento esperado de la estructura

Durante esta fase, se produce información exclusiva de la empresa de consultoría estructural. Aunque existen métodos para integrar los modelos analíticos en los modelos estructurales, en el momento de la redacción de este PEP, este proceso de integración aún no está completamente funcional.

De forma general, los cálculos estructurales incluyen la siguiente información:

- Criterios de diseño:
 - Descripción de los fundamentos y suposiciones de diseño
 - Códigos de construcción y diseño utilizados
 - Lista de cargas vivas, muertas, cargas ambientales y cargas especiales
 - Especificaciones de los materiales utilizados
 - Información del informe geotécnico y criterios de diseño requeridos
 - Limitaciones de deflexión de elementos y sistemas estructurales.
- Ubicación de los elementos estructurales
- Análisis de cargas verticales
- Análisis de cargas laterales de viento y sismo
- Resultados del análisis computacional
- Análisis especializado, como análisis dinámico

Es recomendable que la empresa de consultoría estructural genere documentos en los que se registren todos los criterios de modelado utilizados para el cálculo estructural.

6.5. Diseño estructural

A partir de los resultados obtenidos en el apartado 6.4, se deberá realizar el diseño de los elementos estructurales que conforman el sistema primario de la estructura. Para ello se deben aplicar los códigos de diseño y normativa nacional aplicable y se deben cumplir todos los requerimientos establecidos en estos. En esta etapa se procede a desarrollar el diseño detallado de la estructura, incluyendo la especificación de elementos estructurales, conexiones y detalles constructivos. Se utilizan modelos BIM para coordinar y visualizar el diseño en 3D, facilitando la detección y solución de conflictos entre disciplinas y la optimización del diseño.

Para el diseño estructural se recomienda el uso de hojas de cálculo estandarizadas y revisadas por los profesionales en ingeniería estructural.

En esta etapa, los profesionales en ingeniería estructural deberán revisar todos los conceptos de diseño estructural aplicables y asegurarse de que estén completos y consistentes cumpliendo cualquier norma nacional o internacional aplicable. Esto implica

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 22 de 31

verificar la integridad de los cálculos, la idoneidad de los materiales seleccionados, la adecuación de las cargas aplicadas y la eficacia de las estrategias de diseño para cumplir con los requisitos de resistencia y seguridad en congruencia con las decisiones tomadas en la etapa del cálculo estructural. Además, es esencial evaluar la confiabilidad de los supuestos de diseño, realizando análisis detallados y considerando posibles escenarios de carga y condiciones de servicio para garantizar un rendimiento estructural óptimo a lo largo de la vida útil del proyecto.

En la etapa de diseño se debe de mantener una comunicación fluida con las otras disciplinas que participan en el proyecto constructivo con el fin de tomar en cuenta sus requerimientos y asesorarlos en cuanto aspectos funcionales desde el punto de vista estructural. Se deberán revisar los límites de servicio tales como deflexiones, vibraciones, derivas, control de agrietamientos en concreto y mampostería, asentamientos y la interacción suelo-estructura.

Los principales entregables de esta etapa son las dimensiones definitivas de los elementos que conforman la estructura principal del proyecto constructivo. En esta etapa se deberán especificar los tipos de elementos, sus posiciones definitivas, los métodos de conexión dependiendo de los tipos de materiales. Se debe proporcionar información detallada sobre las dimensiones, así como las propiedades físicas y mecánicas de cada elemento estructural. La mayor parte de la documentación generada en esta etapa será fundamental para desarrollar las especificaciones técnicas del proyecto.

6.6. Dibujo / modelado

Una vez finalizada la etapa de diseño, se deberá continuar con la etapa de dibujo y/o modelado. En esta etapa se deben de representar físicamente todos los resultados obtenidos en las etapas previas. Esta etapa está relacionada con los entregables BIM mencionados en los apartados 6.9.3 y 6.9.4. Algunas guías generales sobre modelado se mencionan a continuación:

- Se producirá un modelo analítico y uno físico BIM, con los dimensionamientos y posiciones reales de los elementos. El modelo BIM será el insumo principal para generar la documentación del proyecto.
- El modelo podrá estar dividido en fases o módulos según se requiera.
- Los elementos estructurales se modelarán de forma separada por cada nivel.
- Se modelarán todos los elementos típicos de la Ingeniería Estructural, como contrapisos, cimentaciones, muros, columnas, escaleras, entrepisos, viguetas y estructuras de techos, con un nivel de desarrollo LOD 300. Sin embargo, se excluyen los reforzamientos verticales, horizontales, aros, entre otros. Es importante tener en cuenta que el nivel de desarrollo LOD se aplica de manera individual a las diferentes partes del modelo según sea necesario. Por ejemplo, en un proyecto de acero, la estructura de acero podría desarrollarse en LOD 400,

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 23 de 31

mientras que el resto del modelo se manejaría en LOD 300. También se podrían definir excepciones específicas según las necesidades del proyecto y lo estipulado en la SDI BIM o en el BEP.

- Todos los elementos se crearán utilizando las herramientas adecuadas para el modelado. En caso de que estas herramientas no sean suficientes para modelar algunos elementos estructurales específicos, se deberán utilizar las características adecuadas de cada objeto y definir su uso de manera apropiada. Es decir, se emplearán técnicas y funciones específicas de los programas de modelado para garantizar la precisión y la representación correcta de todos los elementos estructurales en el modelo.
- Cada elemento será modelado como una familia, los modelos desarrollados in situ solo se utilizarán en casos estrictamente necesarios.
- Cada elementos se podrá etiquetar por medio de TAG con su respectivo Tipo o parámetro.
- Los elementos modelados podrán estar relacionados con una tabla de cuantificación, de ser necesario.
- Si se requieren elementos prefabricados, la parte encargada podrá modelarlos y se incluirán en el modelo estructural con un enlace.
- Se utilizarán detalles en 2D para complementar la información que no haya sido modelada en 3D.

De forma general se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Configuración del modelo, incluyendo coordenadas de geolocalización del proyecto.
- Uso de componentes o geometrías modelados in situ.
- Estrategias para dividir modelos grandes
- Convenciones de nomenclaturas para el nombre de los archivos de los modelos.
- Plantillas de proyecto (control de la apariencia de la salida 2D)
- Convenciones de nomenclatura de sistemas (servicios, etc.)
- Convenciones de nomenclatura de elementos (paredes, particiones, puertas, ventanas, columnas, unidades de ventilación, etc.)
- Normas de clasificación de objetos (Uniclass, Unformat, Omniclass, CBI, etc.)
- Convenciones de nomenclatura de materiales y acabados
- Propiedades/parámetros para objetos del modelo
- Convenciones de nomenclatura de propiedades/parámetros de objetos

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 24 de 31

El proceso de compartir la información generada en esta etapa se deberá realizar según los lineamientos establecidos en el **IT-001-Modelación Estructural BIM IFC**. En todo momento, se deberá cumplir lo establecido en la SDI BIM o en el BEP en cuanto a formatos y medios de entrega.

Se sugiere que los modeladores BIM sean preferiblemente ingenieros con experiencia en campo. En caso de que no sea factible para la realidad de la empresa, es recomendable proporcionar una retroalimentación técnica constante al equipo de modelado para asegurar la calidad del trabajo. Las personas a cargo de la creación de los modelos BIM deben seguir rigurosamente las mejores prácticas de modelado, bajo la supervisión de un ingeniero profesional, para garantizar la generación de modelos precisos y congruentes con la realidad constructiva.

6.7. Documentación

Los ingenieros estructurales deben asegurarse de que se prepare información de producción adecuada para garantizar que la estructura se construya de acuerdo con la intención de diseño. Esta información debe indicar claramente las ubicaciones, tamaños y conexiones de los elementos estructurales con el detalle necesario para que un constructor competente, familiarizado con las técnicas de construcción específicas de los materiales estructurales utilizados, pueda llevar a cabo la fabricación, construcción o montaje de manera eficiente y en una secuencia lógica.

En los planos estructurales constructivos como mínimo se deben mostrar los niveles de piso, espacios entre columnas, ubicaciones de paredes estructurales y desplazamientos, todo debidamente coordinado con los planos arquitectónicos para confirmar la consistencia de las dimensiones. Las elevaciones, secciones y detalles deben tener una escala, número y extensión adecuados para representar la relación entre los elementos estructurales y cualquier interconexión. Se debe tener cuidado para determinar que los detalles señalados como "típicos" sean aplicables a la condición que se está representando y que su ubicación y extensión sean explícitas.

Los planos estructurales pueden variar dependiendo de la complejidad de los proyectos, pero como mínimo deberían incluir la siguiente información:

- Notas estructurales que incluyan como mínimo:
 - Información general sobre el proceso constructivo.
 - Información sobre planos de taller.
 - Información básica sobre procesos de soldadura.
 - Información básica sobre pintura de elementos estructurales como perfiles de acero.
 - Información básica sobre impermeabilización de superficies.
 - Especificaciones sobre recubrimientos de elementos de concreto reforzado.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: PEP-001
	Nombre del Documento: PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024
		Página 25 de 31

- Información general sobre juntas estructurales y no estructurales.
- Control de resistencia del concreto.
- Información básica sobre el proceso de curado del concreto.
- Detalles generales sobre el proceso de colocación del concreto.
- Información sobre traslapes y acero de refuerzo.
- Información general sobre encofrados y obra falsa.
- Información general sobre las losas de entrepisos, aros de confinamiento en columnas y en elementos de borde en muros.
- Datos generales sobre la reparación de elementos de concreto.
- Detalles generales sobre materiales como lastre, elementos de conexión como pernos, información sobre muros de retención e información sobre elementos no estructurales.
- Especificaciones de materiales donde se indique como mínimo:
 - Para el concreto se deberá indicar la resistencia mínima para los diferentes elementos. Se deberá indicar el módulo de elasticidad considerado para el diseño y cualquier otra información que se considere relevante.
 - Para el acero de refuerzo se deberá indicar el esfuerzo mínimo de fluencia para los distintos grados utilizados.
 - Para el acero estructural se deberá indicar el esfuerzo mínimo de fluencia. Se deberán indicar las propiedades de los elementos en caso de que sean laminados en caliente o laminados en frío. Características sobre placas, angulares, accesorios y otros elementos.
 - Para elementos de madera se deberán mencionar las propiedades mínimas requeridas o en su defecto, que el contratista indique las características y que sean validadas por inspección.
- Se deberá mencionar información sobre la protección pasiva contra fuego.
- Se deberán incluir los parámetros de diseño según la normativa aplicable en su versión más reciente. Según el CSCR, se debe incluir información sobre el suelo, la clasificación y la ubicación, la aceleración pico efectiva, clasificación de la estructura según su uso, clasificación de la estructura según su forma estructural clasificación de la estructura para tipo de análisis, clasificación de la estructura según requisitos de detallado, cargas consideradas en el diseño y el periodo fundamental de la estructura y coeficientes sísmicos.
- Información general sobre excavaciones y taludes constructivos.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 26 de 31

- Se recomienda incluir tablas de longitudes de anclaje al concreto, simbologías e índices de las láminas estructurales. También se recomienda incluir información sobre tolerancias.

Los planos estructurales deben ser lo suficientemente claros y explícitos para que durante el proceso constructivo se cumplan con todos los supuestos de diseño. Se deben incluir detalles sobre las cimentaciones, en el caso de edificaciones se deben incluir detalles de las estructuras de cielos y contrapisos, conexiones, vigas, columnas, muros y todos los elementos estructurales que conformen el proyecto constructivo.

Los planos serán completamente elaborados dentro del software de modelado designado y no deberán contener información vinculada de otros programas, a menos que exista una coordinación previa con el equipo de trabajo. Por ejemplo, si se utiliza Revit como software principal, no se permitirá la inclusión de información proveniente de AutoCAD, Excel, PDF, imágenes u otros tipos de archivos en el modelo, a menos que sea expresamente autorizado y necesario para el desarrollo del proyecto.

Los ingenieros estructurales deben garantizar que se proporcionen a los constructores las especificaciones estructurales adecuadas para todos los materiales estructurales utilizados en el proyecto. Estas especificaciones deben incluir requisitos para materiales, mano de obra, fabricación, control de calidad, tolerancias, inspección y pruebas de calidad.

Los ingenieros estructurales deben asegurarse, cuando sea necesario, de proporcionar al constructor la información pertinente sobre trabajos temporales, actividades de construcción, secuenciación y datos geotécnicos para garantizar una construcción segura.

La empresa de consultoría estructural debe asegurarse de que cualquier revisión, actualización o nueva versión de la información generada y entregada para la construcción sea debidamente comunicada a todas las partes involucradas según lo establecido en el apartado 6.10.

Durante esta fase, es importante que todos los entregables producidos cumplan con los requisitos específicos establecidos por el cliente. En el caso de los entregables BIM, estos deben estar alineados con los objetivos BIM definidos para el proyecto, así como con las directrices detalladas en el Plan de Ejecución BIM.

6.8. Revisión

Para la revisión de los entregables se deberán utilizar listas de verificación preparadas para tal fin. Se llevará a cabo una revisión exhaustiva del diseño y la documentación para verificar la integridad y precisión de la información. Se realizan reuniones de coordinación con el equipo de diseño y el cliente para discutir posibles ajustes y mejoras en el diseño.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 27 de 31

Para garantizar la calidad del modelo estructural BIM, es crucial revisar que se genere en la versión acordada según la SDI BIM y el BEP. El modelo debe incorporar los niveles establecidos y los elementos modelados con las herramientas adecuadas. Se debe evitar la superposición o duplicación de elementos, así como interferencias significativas o conflictos entre disciplinas.

En este PEP se proponen 3 revisiones para el diseño estructural. En la primera revisión se deberán revisar aspectos relacionados al modelo estructural del cual se obtienen los datos para diseño. Se deberá realizar un análisis detallado del diseño y la documentación generada por parte del equipo de ingeniería estructural. Se deberá asegurar que todos los submittals que involucren aspectos estructurales hayan sido atendidos e implementados en los modelos analíticos. Todas las posibles inconsistencias, errores o aspectos de mejora deberán ser atendidos en un plazo establecido con el fin de verificar su corrección en la segunda revisión. La segunda revisión tiene el objetivo de analizar la documentación generado y verificar la congruencia con los resultados obtenidos en el proceso de diseño. Así mismo, se deberá verificar que el modelo BIM estructural cuente con todos los cambios implementados y esté modelado y coordinado con las otras disciplinas. Se deberá asegurar que todos los clashes identificados en reuniones de coordinación hayan sido solucionados. Finalmente, la tercera revisión tiene el propósito de verificar que los hallazgos identificados en las revisiones anteriores hayan sido solventados y que los aspectos de forma y formato se cumplan según los requisitos establecidos.

6.9. Entregables

Dentro de los entregables por parte de la empresa de consultoría estructural se incluyen planos estructurales, planos de taller, especificaciones técnicas y modelos BIM estructurales. Los entregables siempre se deberán apegar a los requerimientos del cliente y a las necesidades del proyecto constructivo.

En el caso de los entregables BIM, se proponen 5 entregas abarcando las etapas de prediseño, diseño y entrega final. A continuación se explican cada uno de los entregables y en el **Anexo 1** se detallan las características de los elementos principales que componen un modelo BIM.

6.9.1. Pre-diseño

El modelo deberá contar con dimensiones aproximadas de los elementos estructurales, según los criterios de predimensionamiento considerados en el apartado 6.2 y 6.3 y de acuerdo con la información brindada por arquitectura.

El modelo arquitectónico debe tener al menos, ubicación de columnas, pisos estructurales, vigas, con el dimensionamiento mínimo para el modelado estructural. Además deberá tener las distribuciones de paredes, puertas, ventanas. Deberá tener un modelado preliminar con alturas de cielos y distribuciones básicas, contener ubicación al menos en 2D de mobiliario y ubicación de piezas sanitarias en caso de que aplique.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 28 de 31

En esta etapa se espera que la empresa consultora pueda brindar un modelo estructural con predimensionamiento de los elementos y comentarios de posibles interferencias entre la estructura y los elementos arquitectónicos.

6.9.2. Entrega al 30%

Esta entrega debe considerar la coordinación entre elementos arquitectónicos y estructurales así como avances del dimensionamiento preliminar de los elementos estructurales.

Para ello es necesario que el modelo arquitectónico esté coordinado preliminarmente con el modelo estructural. Dicho modelo deberá contener información relacionada a los pisos arquitectónicos, cielos detallados, ubicaciones de lámparas, tablas de puertas y ventanas y cada uno especificado con su respectiva etiqueta.

La entrega esperada por parte de la empresa consultora es un modelo con la respectiva plantilla estructural preliminar, incluyendo el modelado de vigas, pisos y columnas con el respectivo modelado de las dimensiones preliminares.

6.9.3. Entrega al 60%

En esta entrega, el modelo deberá tener una versión más detallada de los elementos estructurales con medidas, formas, orientación y ubicación definida. Para ello, es necesario que el modelo arquitectónico esté definido y modelado a nivel de cielos, incluyendo cenefas, inclinaciones y cualquier detalle adicional. Es importante que el modelo esté coordinado con las especialidades mecánicas y eléctricas.

Además, deberá representar los equipos reales monitorizados de elementos mecánicos y eléctricos o al menos mostrar por medio de vínculos dichos modelos, en caso de interferencia con el modelo estructural. Se deberá de coordinar los elementos estructurales de fachadas y detalles arquitectónicos con los modelos estructurales.

La empresa de consultoría estructural debe entregar un modelo que incluya la ubicación precisa de elementos como muros, vigas, pisos y columnas, todos ellos modelados por piso y etiquetados adecuadamente. Este modelo debe considerar inicialmente la coordinación con equipos mecánicos y eléctricos, así como con el modelo arquitectónico, integrando elementos como pérgolas y estructuras secundarias.

6.9.4. Entrega al 90%

En esta entrega, los elementos BIM tendrán los materiales, fabricación y ensamblaje correspondiente, en el caso de que estas especificaciones no sean parte del alcance de la información BIM solicitada, se deberán generar detalles en 2D para complementar la información.

Para ello es necesario que los modelos tengan modelados y coordinados todos los sistemas. Además, los modelos deberán contener las láminas con su respectivo

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 29 de 31

etiquetado y especificaciones. En esta etapa, los modelos son modelos completos a nivel BIM

La entrega consiste en un modelo que incluya etiquetas para muros, vigas, pisos y columnas, así como una coordinación adecuada con los modelos arquitectónicos, eléctricos y mecánicos. Además, se requiere que el modelado contemple pasajes coordinados en vigas o muros para tuberías de más de seis pulgadas o canastas eléctricas de cualquier dimensión.

6.9.5. Entrega final

La entrega final consistirá en un modelo estructural constructivo que garantice el cumplimiento de todos los objetivos y usos BIM establecidos para el proyecto. Se requiere que los modelos cuenten con todos los sistemas modelados y coordinados, además de incluir láminas con etiquetados y especificaciones correspondientes. Los modelos entregados en esta etapa deben estar completos a nivel BIM.

6.10. Control de cambios

En el caso de que surjan cambios en el diseño después de la entrega final por parte de la empresa consultora, será necesario someterlos a un proceso de control establecido. Se utilizará el documento **FOR-001: Control de Cambios** para registrar la solicitud de modificación. Esta solicitud será analizada minuciosamente por los profesionales en ingeniería estructural, y basándose en este análisis detallado, se determinará si se aprueba o rechaza el cambio propuesto.

7. Referencias

- [1] BIM Forum Costa Rica and Cámara Costarricense de la Construcción (CCC), “Guía para la elaboración de una solicitud de información BIM (SDI BIM),” 2021. [Online]. Available: www.construccion.co.cr/BimForum
- [2] Organización Internacional de Normalización, “UNE-EN ISO 19650-1:2018 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling) Parte 1: Conceptos y principios,” 2020.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: DISEÑO ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 30 de 31

8. Anexos

Anexo 1: Tabla resumen de alcance de los elementos BIM por entrega.

Entrega	Elementos	Guías de modelado	Observaciones generales
Predimensioamiento	General	Modelado de los elementos usando las dimensiones aproximadas para la etapa de Prediseño.	Se necesita la información topográfica y el modelo conceptual arquitectónico.
Entrega 30%	General	Indicar los elementos que puedan generar interferencias con los elementos arquitectónicos. No se incluirán detalles de conexiones	- La ubicación de los elementos estructurales y la elevación de la losa se basará en la información arquitectónica. - En esta etapa el modelo tendrá como mínimo un LOD 200 con un nivel de geometría medio.
Entrega 60%	Ejes y niveles	Estos elementos serán monitoreados del modelo arquitectónico.	- Cuando el diseño no ha sido confirmado, los elementos podrán ser modelados como una referencia para la coordinación entre arquitectura y MEP. - Se modelarán los elementos con las herramientas correspondientes. - El nivel superior de la losa será el nivel estructural, el cual estará 50 mm por debajo del NPT arquitectónico. - Los elementos se modelarán in situ cuando la geometría de estos no permita el adecuado uso de las familias. - Cuando sea necesario modelar las categorías con múltiples elementos, estos se agruparán y se indicará el tipo correspondiente. - Toda abertura en losas y muros deberá ser coordinada con arquitectura y MEP para evitar interferencias. - No se incluirán pendientes menores al 2% - En escaleras y rampas se modelarán únicamente las partes que correspondan a la estructura. Exclusiones en el modelo: - Acero de refuerzo en elementos de concreto. - Sellos de concreto pobre y sustituciones. - Anclajes para elementos de acero.
	Fundaciones	Todos los elementos de fundación estarán ligados al nivel de fundación correspondiente.	
	Losas estructurales	Estos serán modelados como un elemento continuo sin duplicar la volumetría ocupado por los nudos de muros y columnas. El espesor incluirá las capas necesarias para una representación precisa.	
	Columnas de concreto	Las columnas tienen prioridad sobre losas y muros. Se incluirá la información de resistencia de concreto.	
	Muros de concreto	Se incluirá la información de la resistencia del concreto.	
	Vigas de concreto	Las vigas no deben traslaparse con los elementos donde se apoyan, y tienen prioridad sobre losas de concreto.	
	Ménsulas	Se modelarán como elementos individuales.	
	Escaleras y rampas	Las escaleras se deben modelar sin acabados y con las dimensiones asignadas por arquitectura. Las rampas se pueden modelar en la categoría de pisos.	
	Columnas, vigas, cerchas y marcos de acero	Los elementos se modelan con las dimensiones reales. También se incluirán los tensores y cinchas para las estructuras de cubierta.	
	Columnas, vigas, cerchas y marcos de madera	Los elementos se modelan con las dimensiones reales.	

Este documento tiene validez únicamente en su forma íntegra y original; no se permite la reproducción parcial sin la autorización previa de Logo Ingeniería Estructural

	Obras de infraestructura	Se debe revisar en el contrato a quien le corresponde la ejecución de estos elementos	
	Paredes no estructurales desligadas	Se incluyen el modelo con los espesores reales y se suministra detalle y especificaciones	
Entrega 90%	General	Todos los elementos estructurales modelados contarán con las dimensiones y ubicación correcta.	• El LOD final estimado para el proyecto está en el rango de 300-350.
		Los elementos que generen alguna interferencia deberán ser coordinados con la disciplina correspondiente	
		Se detallarán las conexiones en 2D, solo en los casos que sea necesarios se modelarán en 3D.	
Entrega Final	General	Aplicar Plan de Garantía de Calidad	• Entrega de modelo constructivo

9. Control de versiones

Control de versiones: PEP Diseño Estructural				
Versión	Fecha	Elaborado	Revisado	Descripción de modificación
001	29/03/2024	DGH	---	Versión inicial del documento

-- Última línea --

Apéndice 4: Plan de Ejecución de Proyectos: Inspección estructural



LOGO

ING ESTRUCTURAL

PEP: Inspección estructural

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de Vigencia: 31/05/2024



LOGO
ING ESTRUCTURAL

Plantilla de documentos (Plantilla V001: 28/10/2023)

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 2 de 14

CONTROL DE DOCUMENTOS			
Elaborado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Revisado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Aprobado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento: PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 3 de 14

Contenido

1.	Objetivo	4
2.	Alcance.....	4
3.	Documentos relacionados	4
4.	Definiciones.....	4
5.	Responsabilidades	4
6.	Proceso: Inspección estructural	5
6.1.	Requisitos de inspección.....	6
6.2.	Información	8
6.3.	Preparación de visita.....	9
6.4.	Inspección	9
6.5.	Análisis de información	11
6.6.	Reporte	11
6.7.	Acciones correctivas	12
6.8.	Cierre	13
7.	Referencias	14
8.	Anexos	14
9.	Control de versiones.....	14

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 4 de 14

1. Objetivo

Proporcionar una guía general para el proceso de inspección estructural durante la fase de construcción, asegurando la calidad, seguridad y conformidad con los requisitos de diseño, así como la adecuada documentación de hallazgos y actividades de inspección.

2. Alcance

El alcance del Plan de Ejecución de Proyectos (PEP) para la inspección estructural abarca todas las etapas esenciales, desde la definición de los requisitos iniciales hasta la conclusión con la elaboración de un informe detallado y recomendaciones pertinentes. Este PEP se aplica exclusivamente a proyectos en fase de construcción, cuyo diseño previo se haya llevado a cabo de acuerdo con el **PEP-001: Diseño estructural**.

3. Documentos relacionados

PEP-001: Diseño estructural: En este documento se describe el proceso de diseño estructural desde etapas iniciales hasta la entrega final del diseño.

4. Definiciones

Inspección periódica: También conocida como inspección rutinaria, es un tipo de inspección donde el inspector estructural coordina de forma anticipada con los profesionales de la construcción el proceso de inspección. [1]

Inspección de taller: este tipo de inspección se realiza cuando se solicita la inspección de elementos que son prefabricados o contruidos en algún tipo de taller. [1]

Inspección de aprobación: Son visitas de carácter especial en las que el inspector estructural debe dar aprobación, para que los constructores puedan continuar su trabajo. [1]

5. Responsabilidades

Todo proceso constructivo debe contar con la participación de un profesional responsable de inspeccionar y asegurar que la construcción de los sistemas sismorresistentes se realice de conformidad con los planos constructivos. En los casos donde esta actividad sea contratada a la empresa de consultoría estructural se deberán asumir las responsabilidades que se mencionan en los siguientes párrafos.

El proceso de inspección estructural deberá ser realizado por un profesional debidamente incorporado en el CFIA y que cuente con la experiencia y criterio técnico para poder evaluar e inspeccionar estructuras durante la fase de construcción. Este profesional cuenta con la responsabilidad de verificar y garantizar que el proceso constructivo se está realizando de acuerdo con el diseño estructural realizado previamente. Así mismo, en caso de detectarse discrepancias o hallazgos con respecto al diseño original, se deben tomar las medidas pertinentes para corregir dichos cambios, asegurando siempre la integridad estructural del proyecto constructivo.

El inspector estructural debe tener la habilidad de anticipar posibles situaciones que puedan poner en riesgo la integridad del proyecto y de la empresa consultora. Aunque su principal función es supervisar el cumplimiento de las disposiciones del diseñador, también se espera que pueda identificar y resolver problemas antes de que se conviertan en grandes inconvenientes.

Es responsabilidad de la empresa de consultoría estructural comunicar inmediatamente a la empresa constructora sobre los hallazgos con el fin de que esta pueda tomar las medidas necesarias para corregir los posibles errores.

6. Proceso: Inspección estructural



Figura 1. Descripción general del PEP: Inspección estructural.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 6 de 14

6.1. Requisitos de inspección

En esta fase inicial de la inspección estructural se deberán establecer los requisitos necesarios que se deben cumplir para poder realizar la inspección. Estos requisitos son generales ya que dependerán de la complejidad constructiva del proyecto, de los requisitos del cliente y de otros factores. Sin embargo, el profesional que realice el proceso de inspección debe contar con al menos la siguiente información relacionada a los requisitos de inspección:

- **Definición del alcance:** El cliente debe dejar claro el alcance esperado de la inspección estructural. El alcance mínimo que se establece en este PEP para la inspección estructural es el seguimiento del proceso constructivo para la verificación del cumplimiento del diseño estructural propuesto. Es importante destacar que ciertos cambios estructurales pueden surgir durante la ejecución del proceso constructivo, como propuestas de ingeniería de valor por parte de la empresa constructora. En estos casos, se debe establecer claramente quién asume la responsabilidad de dichos cambios, ya que pueden estar fuera del alcance de la empresa de consultoría estructural. Asimismo, se debe establecer quien debe actualizar la información relacionada que se pueda ver afectada por los cambios como por ejemplo los planos estructurales o modelos BIM.
- **Documentación de diseño:** Dado a que en este caso, la inspección es realizada por la empresa que realiza el diseño estructural, se debe utilizar la documentación del diseño final propuesto y aprobado. Esto implica tener actualizado todo lo correspondiente a planos estructurales, especificaciones técnicas, modelos BIM y cualquier otro documento que sea necesario para la inspección estructural.
- **Reunión inicial:** Previo al inicio del seguimiento del proyecto constructivo se deberá realizar una reunión. Es importante que en esta reunión participen todas las partes involucradas como el cliente y la empresa constructora. El fin de esta reunión es aclarar cualquier duda o consulta por parte de la empresa constructora o por alguna de las otras partes. El propósito principal de la reunión inicial es establecer una comprensión clara y mutua entre todas las partes involucradas en el proyecto. Se podrán abordar los otros puntos mencionados en esta fase de requisitos de inspección.
- **Recursos y personal:** Según la magnitud del proyecto será necesario evaluar la cantidad de profesionales que deberán participar en la inspección estructural. Es posible que el ingeniero a cargo de las inspecciones requiera de un asistente. En caso de no contar con el asistente, se recomienda solicitar a la empresa constructora que el ingeniero residente acompañe al ingeniero estructural durante

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 7 de 14

la inspección. Así mismo, es necesario definir los recursos necesario para llevar a cabo la inspección de la forma más adecuada.

- Calendario y planificación:** Es necesario definir la frecuencia y la planificación de las visitas de inspección por parte de la empresa de consultoría. Esto debe acordarse según las necesidades del proyecto. Los días deben ser seleccionados para que el inspector estructural pueda estar presente cuando se ejecuten actividades críticas de los procesos constructivos con el fin de que, en caso de que exista un error, se pueda corregir a tiempo. Como posibles escenarios, las visitas de inspección en el caso de edificaciones de varios pisos se pueden realizar cada vez que exista una colada de entrepiso. Con esto se puede verificar el cumplimiento de diseño de distintos elementos como losas de entrepiso, vigas y columnas. Si existe algo que no esté de acuerdo con el diseño estructural, se podrá actuar al respecto y solucionarlo a tiempo. En cualquier caso, la planificación dependerá del alcance de las inspecciones y deberán quedar claros los medios de comunicación y la anticipación con la que se deben solicitar las inspecciones. Cada visita de inspección deberá ser confirmada por parte de la empresa constructora con al menos 24 horas de anticipación. Se recomienda programar las visitas de inspección con antelación para evitar la necesidad de realizar demoliciones, utilizar equipo especializado o depender únicamente de fotografías para llevar a cabo las inspecciones. Estas alternativas pueden comprometer el cumplimiento adecuado de los objetivos establecidos en este PEP.
- Acceso y seguridad:** Un requisito indispensable para llevar a cabo la inspección es que el acceso al sitio de construcción cumpla con todas las medidas de seguridad necesarias para garantizar que el ingeniero estructural pueda llevar a cabo la inspección en condiciones óptimas de espacio y seguridad. Se deben cumplir con condiciones óptimas en términos de espacio y entorno y además se debe asegurar que el área esté despejada y libre de obstáculos que puedan dificultar el movimiento del inspector o comprometer su seguridad. Asimismo, es importante considerar la iluminación y la ventilación del área para garantizar condiciones de trabajo adecuadas.
- Comunicación:** Se deben establecer canales de comunicación con los involucrados del proyecto constructivo con el fin de garantizar una coordinación adecuada y un correcto intercambio de información durante el proceso de inspección.
- Documentación y seguimiento:** Previo al inicio del seguimiento del proyecto constructivo se deben dejar claros la forma en la que se presentarán los hallazgos de las inspecciones estructurales así como la forma en la que se le dará seguimiento.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 8 de 14

Se recomienda que la duración de esta fase sea acorde con el inicio del proceso de construcción con el fin de contar con todos los requisitos con antelación.

6.2. Información

Para esta fase es necesario recopilar toda la información relacionada al proyecto constructivo. Dado a que el diseño es realizado por la misma empresa que realiza las inspecciones, se deberá contar con la última versión del diseño estructural. Esta información será utilizada como base para planificar las inspecciones. Asimismo, se requieren los planos estructurales en su versión final, las especificaciones técnicas y cualquier otro documento necesario para comprender el alcance y los requisitos del proyecto.

Asimismo, es responsabilidad del profesional recopilar toda la normativa aplicable para el proceso de inspección. Esto incluye, pero no se limita a, documentos como el Código Sísmico de Costa Rica, el Código de Cimentaciones, especificaciones del Instituto Americano del Concreto, especificaciones del Instituto Americano de la Construcción del Acero, especificaciones de la Sociedad Americana de la Soldadura, normas INTE, ASTM o documentos técnicos como los generados por el MEIC. En todo caso, el profesional responsable deberá realizar una búsqueda detallada con el fin de recopilar la información necesaria según las necesidades y características del proyecto constructivo.

Adicionalmente se deberá contar con el modelo BIM actualizado como insumo de apoyo para las inspecciones. En caso de que se cuente con los recursos necesarios el ingeniero a cargo de las inspecciones podrá utilizar el modelo BIM para una mejor comprensión de los elementos estructurales que se van a inspeccionar en el proyecto constructivo. Los modelos BIM son un recurso muy valioso para el proceso constructivo de cualquier construcción. Las actividades de inspección se ven beneficiadas ya que la metodología permite generar modelos de seguimiento de obra y por medio de representaciones en 3D se puede observar lo que ya está construido, lo que se está construyendo y lo que se va a construir. Con un adecuado seguimiento de los modelos, los inspectores estructurales solamente deberían ingresar al modelo para ubicar los elementos que se encuentran en construcción y dirigirse a la ubicación de estos para verificar que la construcción se esté realizando según el diseño estructural.

Actualmente existen herramientas que permiten vincular programas de programación de proyectos como MS Project con softwares de modelado como REVIT o Navisworks. Los modelos también permiten realizar mediciones, cuantificaciones y adquirir información relevante siempre y cuando el modelo se haya realizado cumpliendo los Objetivos BIM establecidos para el proyecto y el Plan de Ejecución BIM.

Para esta etapa se recomienda tomar las consideraciones necesarias sobre tiempos con el fin de tener clara la información al momento de realizar las inspecciones.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 9 de 14

6.3. Preparación de visita

Una vez que la empresa constructora, el cliente o algún involucrado solicite una visita de inspección, se deberá tener claro qué se va a inspeccionar. Para ello se recomienda definir canales de comunicación oficiales por los cuales tanto el solicitante como la empresa de consultoría estructural puedan acordar las visitas de inspección. Dado a que existe la probabilidad de que la empresa de consultoría estructural tenga visitas de inspección en diferentes proyectos, se recomienda generar una ruta de inspección con el fin de optimizar los tiempos de traslados y poder atender la mayor cantidad de visitas. En casos de proyectos que lo requieran debido a su complejidad o magnitud, se recomienda hacer al menos una visita a la semana.

Cuando la fecha esté acordada, el profesional a cargo de la inspección deberá tener claro los elementos que se van a revisar en campo, si se trata de elementos ya construidos, elementos que se encuentran en fase de construcción o elementos que serán construidos. Así mismo, se debe tener claridad con el tipo de inspección que se va a realizar ya sea inspección periódica, de taller, de aprobación o de algún otro tipo. En todo caso se deberá contar con la documentación actualizada con el fin de verificar que los elementos evaluados se están construyendo según el diseño estructural realizado.

Es importante que previo a la visita de inspección el encargado defina el equipo y los recursos que requiere. Se recomienda realizar un listado que incluya, como mínimo, equipo de protección personal, algo donde apuntar ya sea físico o electrónico, cámara, cinta métrica, galgas y calibradores para mediciones de soldadura, reglas para medir espesores de grietas, entre otros. Los recursos necesarios para los procesos de inspección deberán ser definidos según las necesidades del proyecto constructivo.

Además, es importante que el profesional considere el uso de listas de verificación adaptadas a las necesidades de la estructura que se va a inspeccionar. Las listas de verificación son una herramienta útil para determinar el cumplimiento de ciertos requisitos del diseño estructural. Sin embargo, siempre debe predominar el criterio y la experiencia del profesional que realice dicha inspección. El profesional encargado de realizar la inspección estructural deberá tener conocimiento sobre tolerancias mínimas y máximas en cuanto a dimensiones de los elementos.

6.4. Inspección

Tal y como se ha evidenciado anteriormente, la fase de inspección estructural es un componente de gran importancia en el proceso de ejecución de proyectos constructivos. Durante esta etapa, se realiza una evaluación física y visual de la estructura en construcción para garantizar que se cumplan los estándares de calidad, seguridad y conformidad con los requisitos de diseño.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento: PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 10 de 14

Durante el proceso de inspección en el sitio, se aplican criterios definidos previamente en la fase de requisitos. Todos los hallazgos, incluidas deficiencias, errores o desviaciones con respecto al diseño original, se registran y documentan.

Muchas veces, debido al ritmo acelerado de la construcción, es necesario abordar las deficiencias de manera inmediata, lo que puede no permitir el tiempo suficiente para redactar un informe formal y comunicarlo a las partes involucradas. En tales casos, es fundamental registrar todas las observaciones en una bitácora, junto con las soluciones propuestas en el momento. El ingeniero tiene la libertad de proponer soluciones, dado que es el responsable del diseño. No obstante, esta libertad no es aplicable en todas las inspecciones. En situaciones donde el diseño no fue llevado a cabo por la misma empresa que realiza la inspección, se deberá consultar a la empresa responsable del diseño.

En todos los casos, es responsabilidad del ingeniero a cargo de la inspección evaluar la gravedad de los errores. Si considera que la aprobación para la construcción del elemento estructural no debe otorgarse debido a la magnitud de los errores, se tomarán medidas para posponer la construcción con el fin de realizar un análisis más detenido de la situación y sus implicaciones.

Durante el proceso de inspección, se recomienda realizar un registro fotográfico que permita evidenciar el cumplimiento o no de los elementos según el diseño estructural. Estas fotografías servirán como insumo para la redacción del informe de inspección.

En caso de ser necesario se aplicarán las listas de verificación necesarias con el fin de tener mayor claridad en cuanto al cumplimiento de los elementos estructurales que están siendo inspeccionados. En toda inspección estructural, debe estar presente el ingeniero residente encargado de la construcción o algún representante de la empresa constructora.

En la inspección se recomienda realizar una reunión previa en la que se debe conocer el proceso que se ha llevado a cabo y tomar en cuenta las condiciones en la que se encuentra el constructor, para buscar la solución de las situaciones que han sido conflictivas. Es importante trabajar de forma colaborativa buscando siempre el beneficio del proyecto y el menor impacto de las partes involucradas. Durante la inspección específica, el inspector debe ser acompañado por el personal de construcción y examinar minuciosamente todos los aspectos relacionados con su área de competencia. Esto implica realizar mediciones y verificaciones. Es fundamental que el inspector esté alerta ante cualquier detalle y adopte una actitud de precaución, buscando resolver los problemas identificados de manera conciliadora, sin comprometer ni la relación con el constructor ni la integridad de la estructura.

Una vez finalizada la inspección el inspector debe informar verbalmente la situación actual y si considera que deben tomarse acciones correctivas. Asimismo, se deberá registrar cada una de las observaciones e indicaciones, así como el cumplimiento o no de las especificaciones técnicas y el apego a los planos estructurales. Se deberá anotar si los errores han sido o no subsanados y de ser el caso, las obras deben ser paralizadas

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 11 de 14

para demandar la corrección de estas. Todo este tipo de anotaciones se deberán respaldar en la bitácora del proyecto. De forma complementaria, se podrán utilizar aplicaciones digitales para documentar las observaciones de la inspección. Dentro de las más utilizadas se mencionan iAuditor, Fieldwire – Construcción las cuales son gratuitas y aplicaciones de pago se destaca Procore.

6.5. Análisis de información

En muchas ocasiones, el análisis de la información recopilada en campo debe realizarse en el mismo lugar donde se lleva a cabo la inspección. Esto se debe a la necesidad de abordar de manera casi inmediata cualquier deficiencia o error constructivo que pueda surgir durante el proceso. Dado que la construcción no puede detenerse por períodos prolongados, el inspector estructural debe estar plenamente capacitado para proponer soluciones seguras y efectivas para los hallazgos identificados.

Sin embargo, es importante destacar que solo en situaciones extremadamente complejas, que representen un riesgo significativo para la integridad estructural del proyecto, se debe considerar detener la construcción de los elementos afectados. En estos casos, es necesario llevar a cabo un análisis detallado del impacto estructural de los errores o hallazgos constructivos, lo que podría implicar realizar nuevos cálculos estructurales o utilizar equipos especializados. Cuando se requiere trasladar la información a la oficina para un análisis más exhaustivo, se deben tomar medidas adicionales para garantizar la integridad de la estructura y la seguridad de todas las personas involucradas en el proyecto.

Además, una vez recopilados todos los datos durante la inspección, es necesario realizar un análisis detallado para evaluar su conformidad con los requisitos de diseño y los estándares de calidad establecidos. Durante este proceso, se identifican y priorizan los hallazgos, determinando la gravedad de cada uno y su potencial impacto en la integridad estructural del proyecto. Este análisis es fundamental para tomar decisiones informadas sobre las acciones correctivas que deben llevarse a cabo para garantizar la seguridad y la calidad del proyecto constructivo.

6.6. Reporte

En esta etapa del PEP se deberá elaborar un informe detallado que resuma los resultados de la inspección, incluyendo los hallazgos, las conclusiones del análisis y las recomendaciones para acciones correctivas. Este informe se deberá compartir con todas las partes interesadas. El informe deberá incluir fotografías, diagramas y descripciones de los problemas encontrados.

No es necesario generar un informe para cada visita de inspección, especialmente cuando se trata de inspecciones rutinarias. Se deberá realizar un informe cuando el

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento: PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 12 de 14

cliente o la empresa constructora lo solicite y en situaciones en las que se realicen inspecciones de aprobación. No obstante, siempre que se encuentren errores o deficiencias en cuanto al proceso constructivo que afecten la integridad estructural, se deberá realizar un informe en el que se muestren los hallazgos y las recomendaciones brindadas para subsanarlo. Se recomienda que el informe de inspección estructural cuente con, al menos, la siguiente estructura:

- Introducción
- Objetivos
- Alcance
- Descripción
- Observaciones
- Conclusiones y recomendaciones

Es importante que la redacción del informe esté a cargo de la persona que realice la inspección ya que es quien tiene mayor claridad sobre la información recopilada. En cuanto a las recomendaciones del reporte de inspección se puede consultar al equipo de trabajo de la empresa de consultoría estructural con el fin de compartir criterios y dar la solución o recomendación que mejor se ajuste a las necesidades del proyecto y que menor impacto negativo tenga. Además, se recomienda que en el reporte se adjunten las listas de verificación utilizadas, el registro fotográfico y cualquier información que se haya suministrado al momento de la inspección que sirva como respaldo.

El reporte de inspección es un documento que también sirve para respaldar el servicio brindado por la empresa de consultoría estructural durante el proceso constructivo. Se recomienda que el informe de inspección se relacione con las anotaciones realizadas en la bitácora del proyecto.

6.7. Acciones correctivas

Basándose en las recomendaciones del informe de inspección, se deberán implementar las acciones correctivas necesarias para abordar los problemas identificados. Esto puede incluir ajustes en el diseño, reparaciones estructurales, modificaciones en el proceso de construcción o cualquier otra medida necesaria para garantizar la seguridad y calidad del proyecto.

Es responsabilidad de la empresa constructora abordar las acciones correctivas señaladas por la consultora, siguiendo las prácticas constructivas adecuadas y garantizando la ejecución de los procedimientos indicados por el inspector estructural. La responsabilidad de asegurar el cumplimiento total de estas medidas puede variar según el alcance del proyecto. Sin embargo, se sugiere que el inspector estructural supervise de cerca los hallazgos y el progreso de las acciones correctivas.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: PEP-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS: INSPECCIÓN ESTRUCTURAL		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 13 de 14

La duración de esta fase dependerá de la naturaleza y la urgencia de las acciones correctivas requeridas. Se recomienda abordarlas tan pronto como sea posible después de la inspección, dependiendo de la magnitud de los ajustes necesarios.

6.8. Cierre

Para el cierre de la inspección estructural se establecen dos escenarios, uno donde se da por medio de la entrega formal de los elementos inspeccionados siempre y cuando estos cumplan con lo establecido en el diseño y con lo indicado en la especificaciones técnicas. Este simplemente es un acto de aprobación que puede darse una vez finalizada la inspección y le permite a la empresa constructora continuar con la construcción de los elementos estructurales. El segundo escenario sucede cuando existen hallazgos o errores constructivos. En estos casos se deberá realizar una revisión final para asegurar que todas las acciones correctivas hayan sido completadas de forma adecuada y que se haya cumplido con los requisitos del diseño estructural y los estándares de calidad establecidos.

Cuando sea necesario, el cierre del proceso de inspección se deberá acompañar de los informes de inspección realizados, los anexos tales como registros fotográficos, listas de verificación, ordenes de cambio, seguimiento de acciones correctivas y toda la información recopilada que sirva como evidencia de que el proceso constructivo se realizó según el diseño estructural.

Las duraciones sugeridas para las fases de un procedimiento de inspección estructural pueden variar según la industria, el tipo de proyecto y la experiencia del equipo de inspección. No existe una fuente única o estándar que proporcione tiempos precisos para cada fase. En su lugar, se basan en la práctica común y las recomendaciones de profesionales con experiencia en inspección estructural. Los estándares de la industria, como los proporcionados por organizaciones de ingeniería y construcción, pueden ofrecer pautas generales, pero es importante adaptarlas a las necesidades específicas de cada proyecto.

7. Referencias

- [1] Á. Navarro, “Diagnóstico de procedimientos de inspección estructural y propuesta de herramientas de estandarización,” Tesis de grado, Tecnológico de Costa Rica, 2014. Accessed: Apr. 08, 2024. [Online]. Available: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6216>

8. Anexos

En este apartado se pueden colocar todas las listas de verificación que la empresa haya elaborado para facilitar el proceso de inspección.

9. Control de versiones

Control de versiones: ingrese nombre de documento				
Versión	Fecha	Elaborado	Revisado	Descripción de modificación
001	31/05/2024	DGH	- - -	Versión inicial del documento

-- Última línea --

Apéndice 5: Control de cambios



LOGO

ING ESTRUCTURAL

Formulario para el control de cambios en proyectos de diseño estructural

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de aprobación: 31/05/2024



LOGO
ING ESTRUCTURAL

Plantilla de documentos (Plantilla V001: 31/05/2024)

CONTROL DE DOCUMENTOS			
Elaborado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Revisado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Aprobado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: FOR-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	FORMULARIO PARA EL CONTROL DE CAMBIOS		Fecha de aprobación: 31/05/202
			Página 3 de 8

1. Identificación

Cambio: PR##-CC-###

Solicitado por:

En este apartado se deberá identificar el cambio anotando el o los elementos estructurales involucrados, se deberá mencionar quien solicita el cambio y la razón. Cada cambio propuesto se registra con un número de identificación único para su seguimiento y referencia. La codificación para el control del cambio deberá incluir:

- *PR##: Consecutivo del asignado al proyecto por la empresa consultora*
- *CC: Siglas para identificar el control de cambios*
- *###: consecutivo del cambio realizado*

PEj.: PR03-CC-021

2. Descripción

Se describe detalladamente el cambio propuesto, incluyendo la razón del cambio, la naturaleza del cambio y su impacto en el diseño y la construcción.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: FOR-001
	Nombre del Documento: FORMULARIO PARA EL CONTROL DE CAMBIOS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/202
			Página 4 de 8

3. Evaluación

El equipo de diseño evalúa el cambio propuesto para determinar su viabilidad técnica, impacto en el cronograma, impacto en el presupuesto destinado inicialmente y conformidad con los requisitos del cliente y las normativas aplicables.



4. Aprobación / Rechazo

En caso de que en el apartado de evaluación no se hayan identificado impactos significativos por el cambio propuesto, se podrá asignar la condición de "Aprobado"

En caso de que el cambio haya sido solicitado por la empresa consultora o alguna de las empresas involucradas en el proyecto constructivo, siempre y cuando no se hayan identificado impactos significativos, el cambio se somete a aprobación por parte de la alta dirección o el cliente, según corresponda. Se pueden requerir revisiones adicionales y modificaciones antes de la aprobación final. En caso de que el cambio tenga implicaciones significativas en el diseño estructural, se puede sugerir recomendaciones y se deberá asignar la condición "Aprobado con observaciones"

Si se identifica que el cambio no es viable, se deberán mencionar los motivos y se deberá asignar la condición de "Rechazado"

Según el análisis y la evaluación del cambio, se le asigna la condición de:

☐ Aprobado
 ☐ Aprobado con observaciones
 ☐ Rechazado

5. Comunicación

Se notifica a todas las partes interesadas sobre el cambio aprobado y sus implicaciones. Se proporciona orientación adicional si es necesario para garantizar una comprensión clara del cambio y su impacto.

El cambio aprobado deberá ser notificado a las siguientes partes:

Responsable	Empresa	Nombre	Teléfono	Correo
Propietario				
Arquitectura				
Ing. Mecánico				
Ing. Eléctrico				
Coordinador BIM				
Constructora				

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: FOR-001
	Nombre del Documento: FORMULARIO PARA EL CONTROL DE CAMBIOS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/202
			Página 6 de 8

6. Implementación

Una vez aprobado, el cambio se implementa en el diseño y la documentación correspondiente. Se actualizan los modelos BIM, planos y especificaciones según sea necesario. Es importante que en este apartado se mencionen las implicaciones del cambio en el cronograma y en el presupuesto.

En este apartado también se deberá mostrar evidencia de que la documentación ha sido actualizada mencionando los documentos y modelos BIM involucrados.



 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: FOR-001
	Nombre del Documento: FORMULARIO PARA EL CONTROL DE CAMBIOS	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/202
		Página 7 de 8

7. Seguimiento y registro

Se realiza un seguimiento continuo del cambio para asegurar su correcta implementación y verificar que se hayan abordado todas las implicaciones y requisitos asociados. Este apartado aplica para documentación y modelos BIM y en caso de que se haya contratado la inspección, se deberá asegurar que los cambios se implementen al momento de la construcción. Se puede utilizar este apartado para adjuntar evidencia de la implementación del cambio.



8. Documentos de referencia y anexos

Se mencionan los documentos utilizados como referencia para el cambio implementado en caso de que sea necesario para respaldar el contenido del documento. En caso de no ser requerido, debe eliminarse.

9. Control de versiones

Control de versiones: FOR Control de cambios				
Versión	Fecha	Elaborado	Revisado	Descripción de modificación
001	27/03/2024	DGH	---	Versión inicial del documento

-- Última línea --

Apéndice 6: Instructivo técnico modelación estructural e interoperabilidad BIM-IFC



LOGO

ING ESTRUCTURAL

IT: Modelación estructural e interoperabilidad BIM - IFC

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de Vigencia: 31/05/2024



LOGO
ING ESTRUCTURAL

Plantilla de documentos (Plantilla V001: 28/10/2023)

CONTROL DE DOCUMENTOS			
Elaborado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Revisado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:
Aprobado por: [Nombre Apellido1 Apellido2]	Cargo: [Descripción del cargo]	Fecha: [DD/MM/AAAA]	Firma:

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento: INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 3 de 19

Contenido

1.	Objetivo	4
2.	Alcance.....	4
3.	Responsabilidades	4
4.	Lineamientos del instructivo	5
4.1.	Flujo de trabajo BIM – IFC	5
4.1.1.	Modelo IFC Arquitectónico	5
4.1.2.	Elementos estructurales	5
4.1.3.	Análisis estructural.....	6
4.1.4.	Modelo estructural	6
4.2.	Estándares y buenas prácticas	6
4.3.	Interoperabilidad con Revit y esquemas IFC.....	9
4.3.1.	Abrir un IFC en Revit	10
4.3.2.	Exportación IFC desde Revit	10
4.3.3.	Configuración de exportación IFC	12
5.	Referencias bibliográficas	19
6.	Control de versiones.....	19

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento: INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 4 de 19

1. Objetivo

Establecer lineamientos, recomendaciones y buenas prácticas de modelado para la implementación efectiva de los estándares de interoperabilidad BIM – IFC. El uso de modelo de datos abiertos IFC tiene como finalidad facilitar la integración y el intercambio de datos entre los diversos actores que participan en un proyecto de construcción. Asimismo, se pretende fomentar una colaboración más eficiente y una gestión más efectiva de la información, especialmente desde la perspectiva de las empresas de consultoría estructural.

2. Alcance

Este instructivo técnico abarca todas las actividades relacionadas con la interoperabilidad BIM-IFC realizadas por el equipo de consultoría estructural en proyectos de construcción. Este IT se enfoca en los procesos de creación, gestión e intercambio de modelos BIM que cumplan con los estándares IFC, además de incluir prácticas recomendadas para garantizar la coherencia de la información generada. El alcance de este IT se centra en el programa Revit de Autodesk.

3. Responsabilidades

La metodología de trabajo colaborativo BIM implica una comunicación fluida no solo con los miembros del equipo de consultoría estructural sino también con los diferentes agentes que puedan participar en un proyecto constructivo. Por lo tanto, es responsabilidad de todos mantener una comunicación fluida por los medios establecidos para tal fin y asegurar que la información transmitida sea confiable.

El ingeniero estructural asignado al proyecto tiene la responsabilidad de supervisar y revisar minuciosamente los modelos BIM generados para garantizar su coherencia técnica y su alineación con las especificaciones del proyecto y las condiciones reales de construcción. Esta tarea implica asegurarse de que los modelos reflejen de manera precisa la realidad del proyecto, así como los requerimientos técnicos y las normativas aplicables. El ingeniero estructural debe proporcionar un acompañamiento constante al equipo BIM, asegurando que los modelos sean fieles a la realidad constructiva y que proporcionen la información necesaria de manera clara y descriptiva. El equipo BIM tiene la responsabilidad de atender a todas las recomendaciones y consejos brindados en este Instructivo Técnico y además, deben de atender a todas las instrucciones brindadas por el ingeniero estructural a cargo del proyecto. Además, es responsable de colaborar estrechamente con otras disciplinas para integrar la información estructural en el modelo BIM general y asegurar la coherencia de los datos.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 5 de 19

4. Lineamientos del instructivo

4.1. Flujo de trabajo BIM – IFC

En la actualidad existen diversos flujos de trabajo que integran los esquemas de datos abiertos IFC. Sin embargo, dado a esta diversidad es que aún existen problemas de interoperabilidad. El flujo de trabajo propuesto en este IT se muestra de forma general y no se debe tomar como único. En cada proyecto BIM, será necesario seguir la directrices del Plan de Ejecución BIM y de la Solicitud de Información BIM. Sin embargo, el flujo de trabajo común que se adapta al flujo de trabajo OpenBIM se describe a continuación:

4.1.1. Modelo IFC Arquitectónico

La empresa de consultoría estructural recibe el modelo IFC Arquitectónico, el cual es fundamental ya que proporciona una visión inicial detallada de la arquitectura del proyecto. Este modelo contiene información esencial sobre la distribución de áreas, los elementos estructurales y no estructurales, las elevaciones y otras características geométricas relevantes para el proceso de diseño estructural. A través de este modelo, se puede obtener una comprensión de la disposición espacial del edificio, lo que facilita la creación del modelo analítico y el desarrollo de estrategias de diseño estructural. Además, el modelo IFC Arquitectónico sirve como punto de partida para identificar posibles desafíos y oportunidades en la integración de la estructura con otros aspectos del proyecto arquitectónico, garantizando así una colaboración fluida entre los equipos de diseño.

4.1.2. Elementos estructurales

Tomando el modelo arquitectónico como punto de partida, se inicia el proceso de definición de los elementos estructurales que conformarán la estructura inicial del proyecto constructivo. En esta fase se puede utilizar programas computacionales de modelado estructural para crear una representación visual de la estructuración del proyecto. Es esencial realizar un predimensionamiento de los elementos estructurales, lo que permite evaluar preliminarmente la viabilidad y la eficiencia del diseño. Esta etapa inicial de modelado estructural proporciona una comprensión clara de la distribución y disposición de los elementos, lo que facilita la toma de decisiones en etapas posteriores del diseño y la construcción. Además, sirve como base para la realización de análisis más detallados, garantizando la seguridad y la estabilidad estructural del edificio.

Actualmente el programa Revit Autodesk permite transmitir la información de un modelo físico al programa Robot Structural. Sin embargo, la interoperabilidad entre estos dos programas computacionales actualmente no es la más eficiente ya que en el proceso de exportación se pierde información relevante para el modelo analítico. Esto se debe a que el modelo físico es una representación visual de la estructura mientras que el modelo analítico es una representación idealizada de la estructura lo cual implica que se debe tener mayor cuidado en aspectos como la conectividad entre los elementos. La calidad de un modelo analítico se define en función de la conectividad de los elementos y si eso

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 6 de 19

no está bien, el modelo no va a estar bien y los resultados podrían estar completamente alejados de la realidad.

4.1.3. Análisis estructural

Durante esta fase, se realiza el análisis estructural de la estructura propuesta con el objetivo de comprender cómo responderá a las diversas cargas a las que estará expuesta a lo largo de su vida útil. Esto implica evaluar tanto las cargas estáticas, como el peso propio de la estructura y las cargas gravitacionales, como las cargas dinámicas, incluyendo fuerzas sísmicas, de viento u otras cargas externas. El análisis estructural busca determinar cómo se distribuirán estas cargas a través de los diferentes elementos estructurales, así como identificar posibles puntos de tensión, deformaciones excesivas o vulnerabilidades que puedan comprometer la estabilidad y seguridad del edificio. El análisis estructural es de suma importancia para la fase del cálculo estructural en la que se diseñan cada uno de los elementos que componen la estructura según la normativa y códigos de diseño correspondientes.

Para esta fase se pueden utilizar programas computacionales como SAP2000, ETABS, Tekla Structures, CYPECAD, Robot Structural, CSI Bridge, entre otros.

4.1.4. Modelo estructural

Después de completar el análisis estructural y verificar que los elementos cumplen con los estándares de diseño requeridos, se continúa con la fase de modelado estructural. Durante esta etapa, es fundamental seguir los estándares y las buenas prácticas descritas en la sección 4.2 del presente Instructivo Técnico. Es importante garantizar que el modelado se realice de manera adecuada para cumplir con los requisitos de interoperabilidad BIM – IFC en todo momento así como en los requisitos del IDM. Esto implica asegurarse de que los elementos estén correctamente definidos y clasificados según los estándares establecidos y que la información asociada esté completa y precisa para facilitar el intercambio de datos entre diferentes plataformas y herramientas computacionales.

4.2. Estándares y buenas prácticas

El objetivo del intercambio sin ambigüedades es utilizar la información sobre un proyecto constructivo de forma eficiente y eficaz. Para esto, es necesario utilizar los estándares de datos abiertos IFC ya que este esquema permite intercambiar información independientemente del programa, durante todo el ciclo de vida del proyecto constructivo.

Sin embargo, para el correcto intercambio de información es necesario definir ciertos aspectos que deben mantenerse entre todas las disciplinas que participen en el proyecto constructivo ya que debe existir una estructura específica de los diferentes modelos parciales de modo que sean intercambiables e interpretables. Dentro de los principales aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de modelar se tienen los siguientes según [1]:

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 7 de 19

- **Nombre del contenedor de información:** Es importante que el equipo BIM se asegure siempre de que la nomenclatura de los modelos parciales sea uniforme y coherente dentro de un proyecto.
- **Posición local:** Es fundamental definir un punto de origen que sirva como referencia para todas las etapas del proyecto, desde su inicio hasta su conclusión. Este punto de origen proporciona un marco de referencia espacial consistente para todos los modelos parciales y la información asociada. La posición y orientación de cada uno de estos modelos parciales debe estar cuidadosamente establecida de acuerdo con las especificaciones detalladas en la Estrategia de Información del Empleador (EIR) o el Manual de Entrega de Información (IDM). Al establecer un punto de origen y seguir las directrices establecidas en la EIR o IDM, se garantiza la coherencia, consistencia y precisión en la ubicación y gestión de los modelos parciales durante todo el ciclo de vida del proyecto.
- **Orden y denominación de los niveles del edificio:** Se debe utilizar una convención de nomenclatura coherente para cada modelo parcial. El modelador debe asegurarse de que todos los objetos sean asignados al nivel correcto del proyecto constructivo. Esto tiene mucha relevancia en proyectos como edificaciones o viviendas con varios niveles. Los niveles se deben nombrar como *ifcBuildingStorey*.
- **Uso correcto de las entidades:** Es importante seleccionar la entidad más apropiada tanto en la aplicación de origen como en la configuración de la entidad IFC para garantizar una representación precisa y coherente de los elementos del modelo. Al elegir la entidad adecuada, se facilita la interoperabilidad y se asegura que la información se pueda interpretar correctamente en todas las etapas del proyecto. Además, siempre que sea posible, se recomienda completar el tipo de enumeración (TypeEnumeration) para proporcionar una mejor identificación y distinción de cada elemento. Esta práctica mejora la claridad y comprensión del modelo y a su vez facilita su análisis y gestión. Por defecto, Revit asigna automáticamente las entidades a los elementos en función de las categorías a las que pertenecen estos. Por ejemplo, Revit exporta un muro a la entidad IFC *IfcWallStandardCase*, porque el muro es un elemento de la categoría muro. En muchos casos, la exportación de elementos de Revit a IFC es directa y sencilla, y la configuración por defecto es válida [2]. Sin embargo, cuando es necesario especificar la entidad IFC a los elementos de una determinada familia se deben configurar los parámetros compartidos. Esto es especialmente necesario cuando se crean nuevas familias o cuando las familias utilizadas pertenecen a la categoría "Modelo genérico". Una familia creada dentro del proyecto se puede asignar a

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 8 de 19

cualquier clase admitida oficialmente por Autodesk utilizando el parámetro IfcExportAs.

- **Estructura y denominación:** Se debe asignar de manera coherente y sistemática las propiedades de Nombre (ifcName) y Tipo (ifcType) a los objetos dentro del modelo. Esta práctica garantiza una federación adecuada de los modelos parciales, lo que significa que los diferentes modelos de disciplinas y fases pueden combinarse de manera eficiente y sin ambigüedades. Asignar un nombre claro y descriptivo (ifcName) y especificar un tipo definido (ifcType) para cada objeto es fundamental. Esto facilita la identificación y comprensión de la función de cada elemento dentro del proyecto, permitiendo una mejor gestión y análisis de la información. Además, fomenta una colaboración más efectiva entre los diversos equipos involucrados en el proyecto.
- **Uso de conjuntos de propiedades:** Para garantizar el mayor grado de interoperabilidad, siempre que sea posible, se deben almacenar las características de los objetos en las propiedades y Psets predefinidos por buildingSMART en el esquema IFC.
- **Duplicados e intersecciones:** Dentro de los modelos parciales no se permite la presencia de elementos duplicados y la intersección de objetos. La existencia de elementos duplicados puede generar confusiones y redundancias innecesarias en el modelo, dificultando la interpretación y la gestión de la información. Del mismo modo, las intersecciones entre objetos pueden provocar errores en los cálculos y análisis, así como problemas en la visualización y renderización del modelo.

Para los modelos parciales de diseño estructural se debe incluir como mínimo la siguiente información la cual debe ser suministrada según el plazo establecido en el Plan de Ejecución BIM específicamente en el IDM:

- **Espacios:** Los espacios representan volúmenes y áreas delimitados por límites físicos o teóricos que desempeñan una función específica dentro de un proyecto constructivo. En el esquema IFC, la definición de un espacio se realiza mediante la creación de la entidad *ifcSpace*, la cual permite especificar sus características y función dentro del proyecto. Se debe asignar correctamente la función de cada espacio para garantizar una adecuada interpretación y gestión de la información en el modelo. Además, para organizar y gestionar los espacios de manera eficiente, se pueden agrupar en zonas utilizando la entidad *ifcZone*. Estas zonas proporcionan una estructura lógica para organizar y gestionar conjuntos de espacios relacionados entre sí, lo que facilita la visualización y el análisis del modelo en su conjunto.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento: INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024
		Página 9 de 19

- **Material:** Se debe asignar un material a todos los objetos presentes en el modelo (ifcMaterial). En los casos donde existan materiales compuestos, se debe elegir el material principal. Se debe tener cuidado con las propiedades adicionales en la denominación del material.
- **Proyecto específico:** Se debe determinar la información específica del proyecto necesaria para los usos IBM previstos y los objetivos del proyecto.

4.3. Interoperabilidad con Revit y esquemas IFC

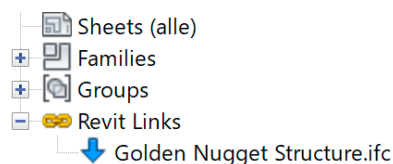
Revit Autodesk tiene la capacidad de integrar modelos de diferentes disciplinas razón por la cual se ha convertido en una herramienta más para los proyectos relacionados con la ingeniería civil o en construcción. Revit facilita la vinculación y generación de archivos conforme al esquema de datos abiertos IFC, lo que mejora la colaboración y la compatibilidad entre diferentes plataformas y equipos de trabajo.

De acuerdo con [3], para poder usar archivos IFC en Revit, dichos archivos se pueden abrir o vincular como una referencia. Los parámetros de Revit incluidos en *Archivo > Abrir > Opciones IFC* son válidos tanto para abrir como para vincular archivos IFC. Vincular o hacer referencia a archivos IFC en Revit es el método recomendado y más confiable para utilizar datos IFC en esta plataforma. Este proceso implica la integración del archivo IFC en segundo plano, mostrándolo como una referencia en el proyecto de Revit. Cuando el archivo IFC vinculado se actualiza, se recargará automáticamente la próxima vez que se abra el proyecto en Revit, garantizando la sincronización de la información más reciente. Además, existe la opción de actualizar manualmente seleccionando el archivo en el navegador del proyecto y haciendo clic en la opción “Recargar”, lo que permite mantener los datos actualizados de manera controlada y eficiente.

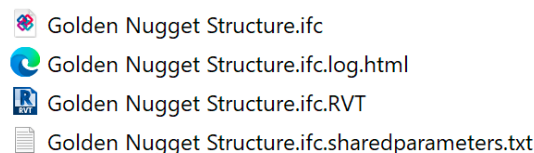
Cuando se vinculan archivos IFC en Revit, se crean automáticamente tres archivos en el mismo directorio:

- *Ifc.RVT* es un archivo que Revit usa de manera interna y no se debe mover ni eliminar para, así, conservar la relación entre el proyecto de Revit y el archivo IFC.
- *ifc.log.html*, que es básicamente un archivo de registro del proceso de conversión que contiene no solo un informe sobre los elementos vinculados, sino también mensajes de error y sugerencias que ayudan a solucionar problemas.
- *ifc.sharedparameters.txt* contiene los parámetros compartidos de IFC que se incluyen en el archivo IFC. Para poder planificar algunos parámetros incluidos en el archivo IFC vinculado, estos se pueden añadir al proyecto desde dicho archivo.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento: INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024
		Página 10 de 19



Revit



File Folder

Figura 1. Archivos generados al vincular un IFC en Revit. [3]

4.3.1. Abrir un IFC en Revit

Según se menciona en [1], los archivos IFC también se pueden abrir en Revit, lo que convierte toda la geometría IFC en familias de Revit nativas y hace que puedan editarse. Es fundamental tener en cuenta que IFC está diseñado principalmente con fines de coordinación y tiene una funcionalidad limitada a la hora de convertir y editar en soluciones de programas computacionales patentadas. Sin embargo, buildingSMART está trabajando en este tema con conceptos más nuevos, como IFC4 Design Transfer View, que se encuentra actualmente en desarrollo. Además, modificar los datos de IFC puede generar problemas legales, ya que puede alterar el entregable oficial.

Al editar datos IFC en una herramienta de creación como Revit, es importante tener en cuenta que este proceso podría resultar en una pérdida de datos. Por lo tanto, se recomienda verificar el modelo importado para detectar posibles errores o elementos faltantes. Seguir las mejores prácticas al importar archivos IFC en Revit puede ayudar a minimizar estos problemas por lo que se recomienda:

- Utilizar un visor IFC para comprobar si los elementos están clasificados correctamente y si no es así, se deberá solicitar un nuevo archivo IFC con una clasificación correcta.
- Verificar el encabezado para obtener información sobre el esquema IFC y MVD en un editor de texto. Actualmente se recomienda IFC2x3 Coordination View 2.0 para obtener mejores resultados cuando se abre en Revit.
- Excluir todas las clases IFC no requeridas en Revit insertando DontImport en la tabla de mapeo que se encuentra en Opciones IFC .
- Deshabilitar la unión automática de elementos y corregir las líneas que están ligeramente fuera del eje en el cuadro de diálogo Abrir para acelerar el proceso de importación.

4.3.2. Exportación IFC desde Revit

Según se menciona en [3], el parámetro de exportación más importante es la asignación correcta entre categorías de Revit y clases IFC lo cual se mejoró significativamente con Revit 2025 y se integró en la configuración de exportación IFC que se encuentra en *Archivo -> Exportar -> IFC*:

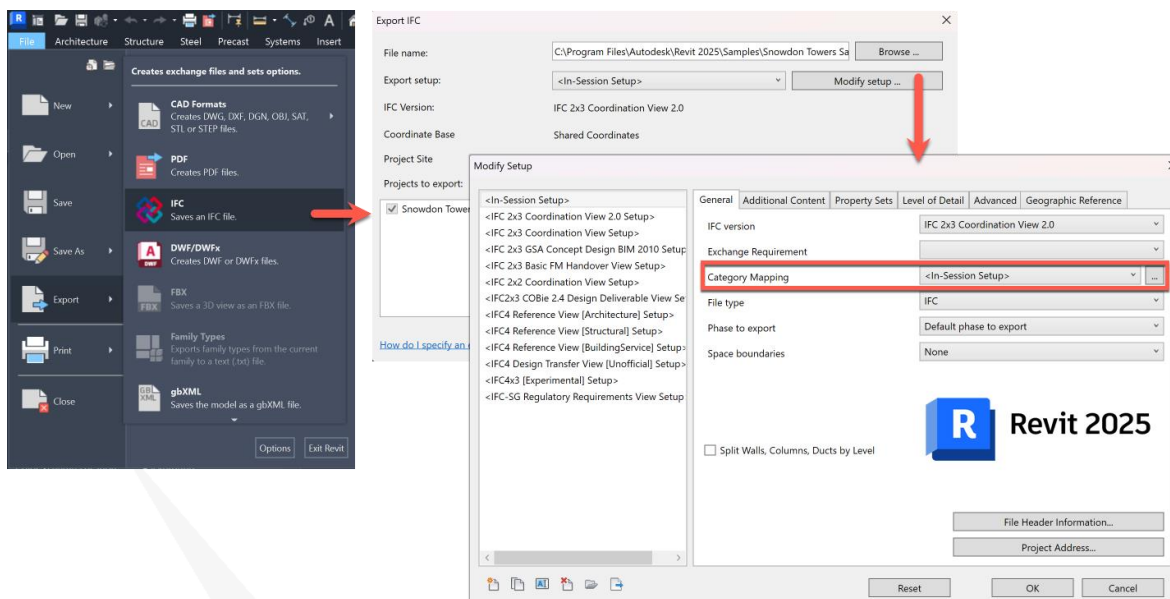


Figura 2. configuración de exportación IFC en Revit 2025. [3]

El cuadro de diálogo Asignación de categorías permite la creación de múltiples plantillas de asignación y su exportación e importación para usar en diferentes proyectos.

El mapeo en sí se logra utilizando una lista predefinida que permite la selección de Clases IFC y tipos correspondientes:

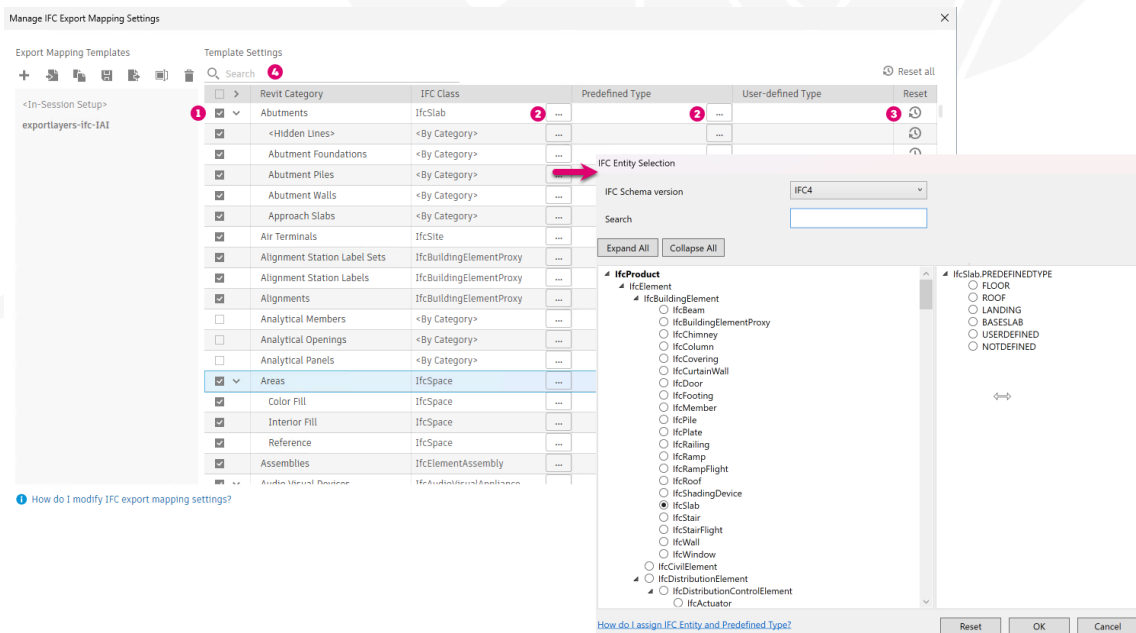


Figura 3. Selección de Clases IFC y tipos correspondientes en Revit 2025. [3]

- 1- Seleccione para incluir la categoría en la exportación IFC o borre para excluirla de la exportación. Utilice el control de flecha para expandir o contraer la vista de subcategorías. El control en la parte superior de la columna seleccionará o borrará todas las selecciones de categorías.
- 2- Utilice el iniciador de diálogo para abrir el cuadro de diálogo Selección de entidad IFC. Establezca el Tipo predefinido en USERDEFINED para habilitar la columna de tipo definido por el usuario.
- 3- Utilice el control de reinicio para restablecer la clase IFC y el tipo predefinido a los valores predeterminados. Utilice el control en la parte superior de la columna para restablecer todos los valores a los valores predeterminados.
- 4- Utilice la barra de búsqueda para filtrar la lista de categorías.

En versiones anteriores a la 2025, la tabla de exportación se encuentra en *Archivo -> Exportar -> Opciones -> Opciones IFC*. Esta tabla de exportación requiere una entrada manual de la clase y tipo IFC:

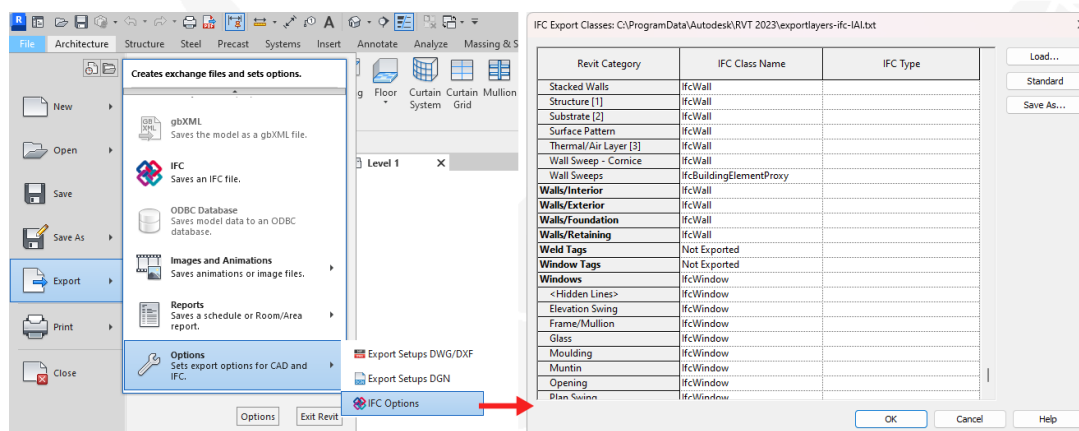


Figura 4. Tabla de mapeo de exportación en versiones anteriores de Revit.[3]

Al utilizar Revit en diferentes idiomas, el "exportlayers-ifc-lal.txt" se generará según el primer idioma en el que se inicie el cuadro de diálogo. Para restablecer la tabla de mapeo a la configuración predeterminada y/o al idioma actual, elimine el archivo de texto (ruta indicada en el encabezado) y haga clic en "Estándar" en el cuadro de diálogo de arriba; esto recreará el archivo de mapeo con la configuración codificada. Esto se ha resuelto en Revit 2025.

4.3.3. Configuración de exportación IFC

El cuadro de diálogo de exportación IFC en Revit se encuentra en *Archivo > Exportar > IFC* y ofrece la selección directa de todas las definiciones de vista de modelo (MVD) integradas según se indica en [3]. La selección de la versión IFC y MVD es crucial para la calidad del contenido exportado a IFC. Los MVD más utilizados son IFC2x3 Coordination View 2.0 y IFC4 Reference View.

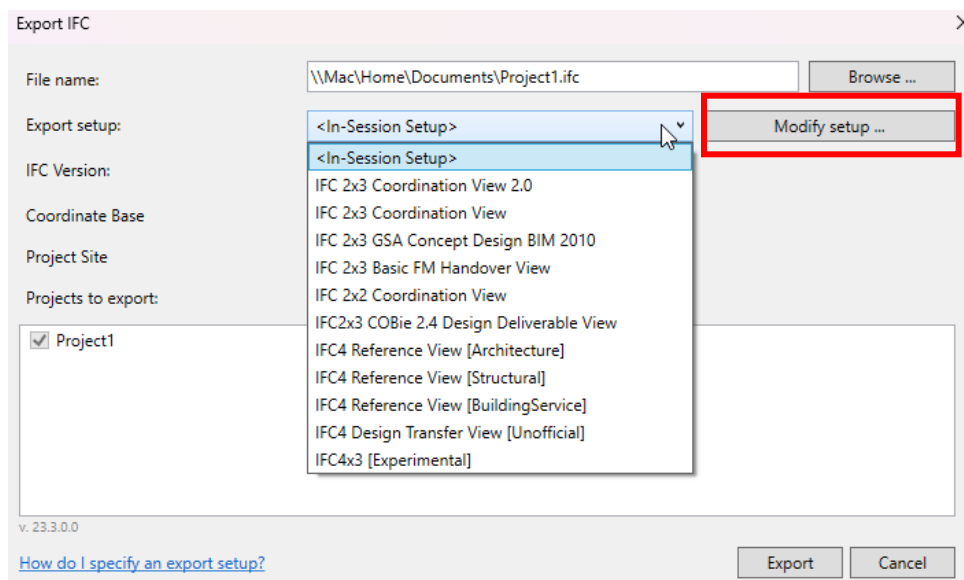


Figura 5. Cuadro de diálogo de exportación IFC en Revit. [3]

Además, estas configuraciones se pueden modificar aún más seleccionando Modificar configuración marcado en el recuadro rojo de la Figura 5. Dichas configuraciones se detallan a continuación:

4.3.3.1. Configuración general (general)

Dentro de las configuraciones generales se encuentran los apartados que se muestran en la Figura 6 y que se explican posteriormente:

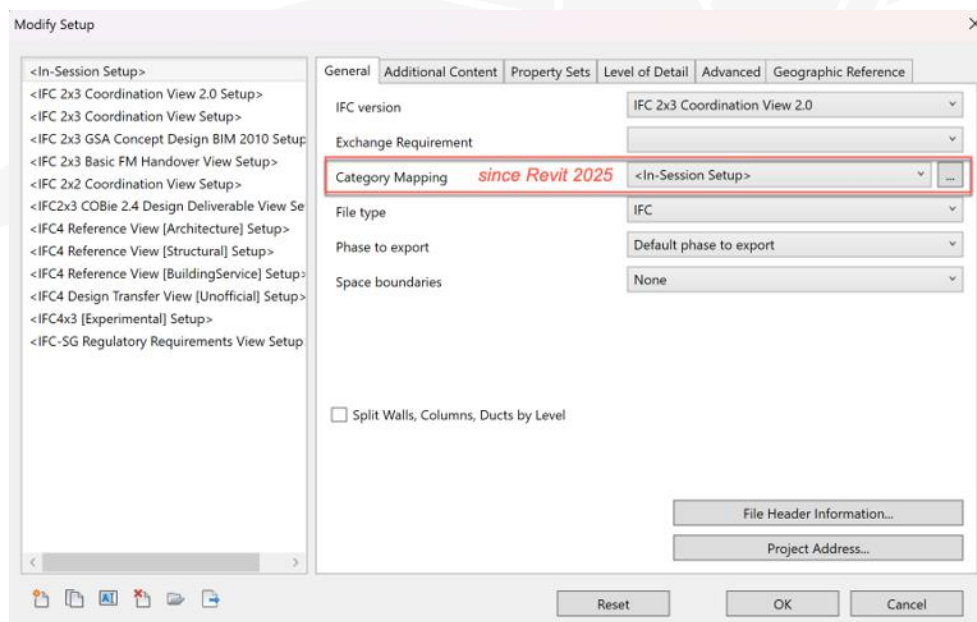


Figura 6. Configuración general de la exportación a IFC en Revit. [3]

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 14 de 19

El campo **IFC Version** permite seleccionar la versión IFC y MVD, normalmente IFC2x3 Coordination View 2.0 o IFC4 Reference View. El **Exchange Requirement** solo es válido cuando se utiliza IFC4, ya que buildingSMART ha definido diferentes casos de uso para la certificación de intercambio arquitectónico, estructural y MEP. Sin embargo, las diferencias resultantes en el IFC exportado son menores e insignificantes para la mayoría de los usuarios finales. Se recomienda utilizar Structural o MEP para cualquier caso de uso y cálculo específicos del comercio. Para el intercambio de datos generales, utilice Architectural.

El campo de **Category Mapping** se introdujo en la versión del 2025 de Revit y su configuración se realiza tal y como se indicó en el apartado 4.3.2. En el caso del **File Type**, este permite la selección de tipos alternativos como IFCXML o las versiones comprimidas de IFC/IFCXML. Para la mayoría de los casos de uso, la configuración predeterminada IFC debería ser su primera opción.

La opción **Phase to export** permite seleccionar una fase específica del proyecto para ser exportada. La fase predeterminada para exportar es la última fase del proyecto. Si se selecciona "Exportar solo elementos visibles en la vista" (disponible en Contenido adicional, apartado 4.3.3.2), se utilizará la fase de la vista actual. Al exportar fases, solo se exportarán los elementos existentes; si un elemento se muestra como demolido en la fase seleccionada para la exportación, el elemento no se exportará a IFC. Esto no se aplicará a Revit Links, lo que provocará que se exporten los elementos demolidos de un archivo vinculado.

Finalmente, la opción **Space boundaries** definen el nivel de los límites de la habitación/espacio exportados:

- None: no exporta información de superficie de contorno. Solo se almacenan el alcance de referencia y la referencia a componentes y habitaciones adyacentes
- 1st level: exporta superficies de contorno para evaluaciones de masa y cantidad, teniendo en cuenta elementos delimitadores de habitación. Los huecos creados con la herramienta "Editar perfil" y las superficies editadas con la herramienta "Dividir caras" no se tienen en cuenta
- 2nd level: los límites de la habitación/espacio están incluidos y divididos con respecto a los espacios en el lado opuesto del límite. Un límite espacial de segundo nivel considera el material del elemento de construcción y los espacios adyacentes detrás de él, proporcionando propiedades térmicas para análisis posteriores.

En el caso del recuadro "Split Walls, Columns, Ducts by Level", si se marca esta casilla, se divide automáticamente todos los elementos que cruzan varios pisos de edificios al exportar. Al usar esta opción, es importante verificar los niveles definidos como Piso de construcción y también revisar la opción "Nivel superior" ya que ".Default" utilizará el siguiente piso del edificio superior para cortar todos los elementos asignados al nivel

actual, a menos que se seleccione otro nivel explícitamente. Los elementos creados al dividir se asignarán a los niveles por los que fueron cortados:

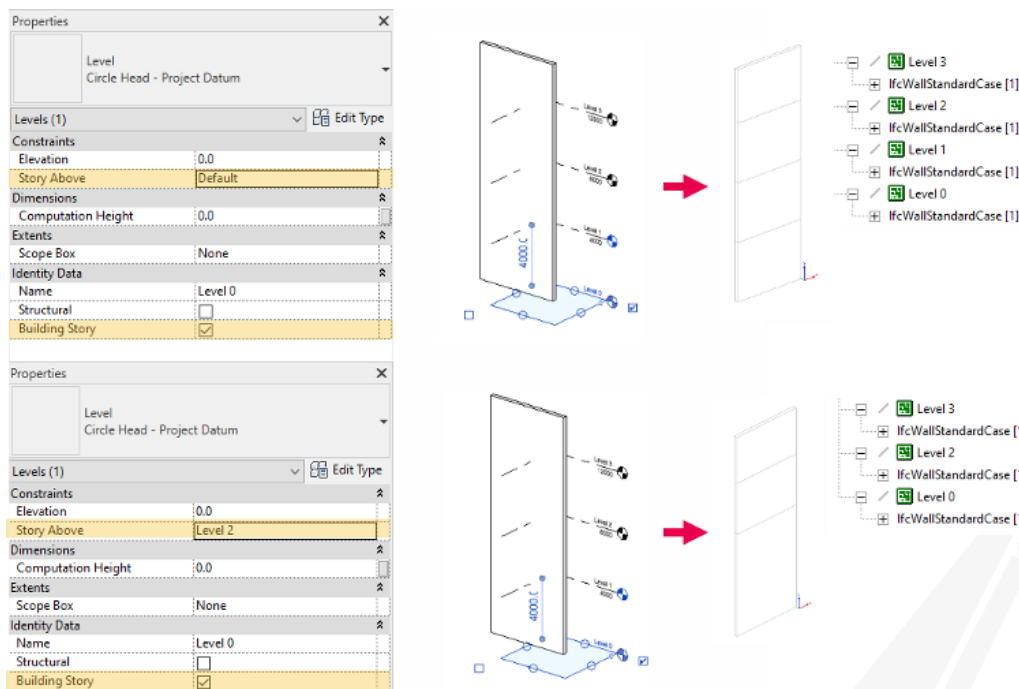


Figura 7. Opción Split Walls, Columns, Ducts by Level. [3]

La opción **“File Header Information...”** permite la definición del nombre del autor, correo electrónico, organización y autorización en el encabezado IFC del archivo, mientras que la opción **“Project Address...”** sobrescribe la dirección establecida en la información del proyecto, ya sea para el edificio o el sitio al exportar y también envía esta información a Revit si se selecciona Actualizar información del proyecto.

4.3.3.2. Configuración adicional (Additional Content)

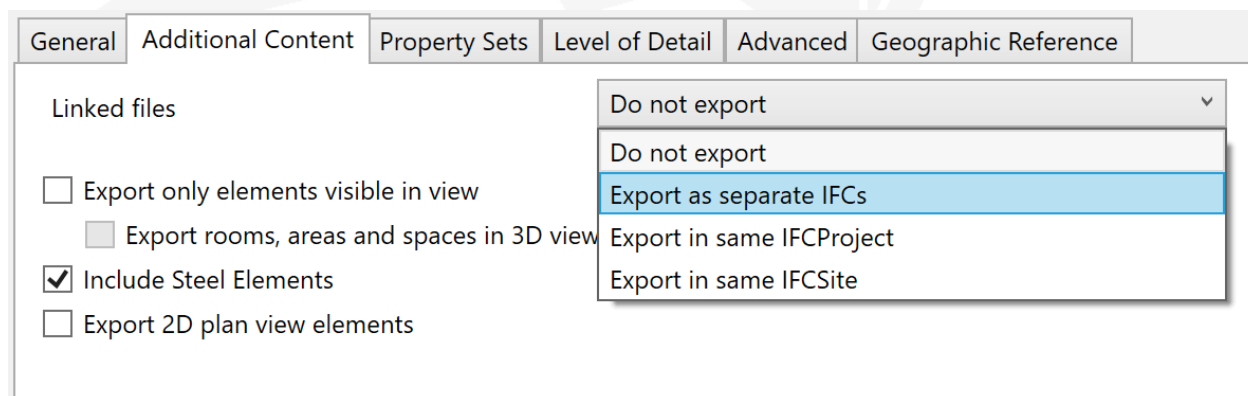


Figura 8. Configuración adicional. [3]

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 16 de 19

En el apartado de “**Linked Files**”, permite una exportación separada o federada (desde Revit 2024) de modelos de Revit vinculados en el archivo del proyecto. Cuando se exporta todo en un archivo consolidado, es posible seleccionar si exportar en el mismo IfcProject o en el mismo IfcSite.

En el caso de la opción “**Export only elements visible in view**”, utilizará la vista actualmente activa para evaluar qué elementos exportar. Como las vistas 3D en Revit no muestran habitaciones, áreas y espacios, es posible incluirlos usando la segunda opción, “Export rooms, areas and spaces in 3D views”.

La opción “Include Steel Elements”, exporta acero estructural, incluidas las conexiones de acero creadas en Revit. Finalmente, si se selecciona la opción “Export 2D plan view elements”, se incluirán elementos 2D compatibles con el esquema IFC, como notas y regiones rellenas. Las cuadrículas se consideran elementos 3D y se pueden exportar asignando la categoría Grids Revit a la clase IfcGrid . Cabe señalar que IFC es un esquema orientado a 3D y, en general, solo se admite un número limitado de elementos 2D, por lo que PDF todavía se usa comúnmente para documentación 2D.

4.3.3.3. Conjunto de propiedades (Property Sets)

Los conjuntos de propiedades contienen la información definida en el modelo y, por lo tanto, son la configuración de exportación más importante además de la clasificación.

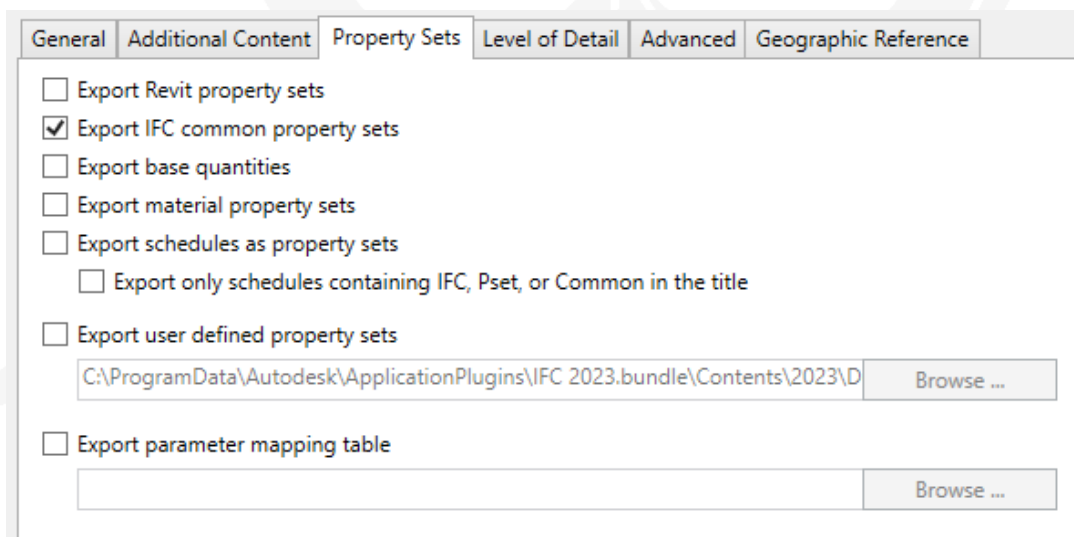


Figura 9. Conjuntos de propiedades. [3]

La primera opción mostrada en la Figura 9, está desactivada de forma predeterminada, ya que esta opción exportará todas las propiedades de Revit según su agrupación interna. Esto incluirá mucha información obsoleta en el IFC y también aumentará significativamente el tamaño del archivo. Se recomienda utilizar esta opción con precaución y únicamente con fines de prueba.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 17 de 19

En el caso de la opción “Export IFC common property sets”, exporta las propiedades predeterminadas definidas en el esquema IFC y está activado de forma predeterminada. Las propiedades existentes de Revit se asignan automáticamente a las propiedades IFC.

La opción “Export base quantities”, también incluirán otro tipo de conjuntos de propiedades definidos en el esquema IFC, que están destinados específicamente a fines de estimación de las cantidades y costos de materiales, mano de obra y equipo requeridos para un proyecto de construcción.

Además de los conjuntos de propiedades comunes definidos en el esquema IFC, también es posible definir conjuntos de propiedades personalizados y Revit ofrece dos formas de hacerlo:

- Schedules: permite la creación de conjuntos de propiedades definidos por el usuario a través de programaciones de Revit. Todas las propiedades que no forman parte de los conjuntos de propiedades estándar definidos en el esquema IFC se pueden agregar a conjuntos de propiedades personalizados. Como los proyectos de Revit pueden tener muchas programaciones, también es posible limitar esta opción a programaciones que contengan IFC, Pset o Common en el título.
- Configuration File: es equivalente a exportar programaciones como conjuntos de propiedades; sin embargo, utiliza un archivo de texto como archivo de configuración. Esta opción requiere un mayor dominio del esquema de datos IFC y en caso de utilizar esta opción se recomienda profundizar en el tema según la información mostrada por [3].

La opción “Export parameter mapping table”, permite la asignación de propiedades personalizadas de Revit a las propiedades IFC comunes, siempre que tengan el mismo tipo de datos. De manera similar a los conjuntos de propiedades definidos por el usuario, esto se logra con un archivo de mapeo basado en texto. Al utilizar este método, las propiedades de Revit se pueden nombrar según los estándares del proyecto o de la empresa y se asignarán según la terminología IFC correcta al exportar.

4.3.3.4. Nivel de detalle / Avanzado (Level of Detail / Advanced)

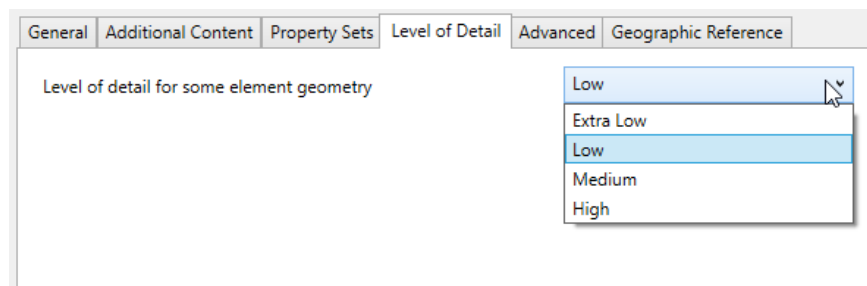


Figura 10. Nivel de detalle. [3]

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: SGC-IT-001
	Nombre del Documento: INSTRUCTIVO TÉCNICO: MODELACIÓN E INTEROPERABILIDAD BIM - IFC		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 18 de 19

El nivel de detalle permite seleccionar el nivel de detalle de la geometría de triangulación y por defecto está establecido en “Bajo”. El nivel de detalle repercute en el tamaño del archivo y en la calidad de los datos, de ahí que se recomiende analizar esta opción antes de realizar la exportación.

En la pestaña de “Advanced”, se incluyen opciones avanzadas que se pueden usar cuando sea necesario. Se recomienda profundizar en la especificación de cada una de las opciones según [3]. Al habilitar la casilla “Entities to Export”, se abrirá un cuadro de diálogo adicional donde se pueden excluir entidades específicas de la exportación:

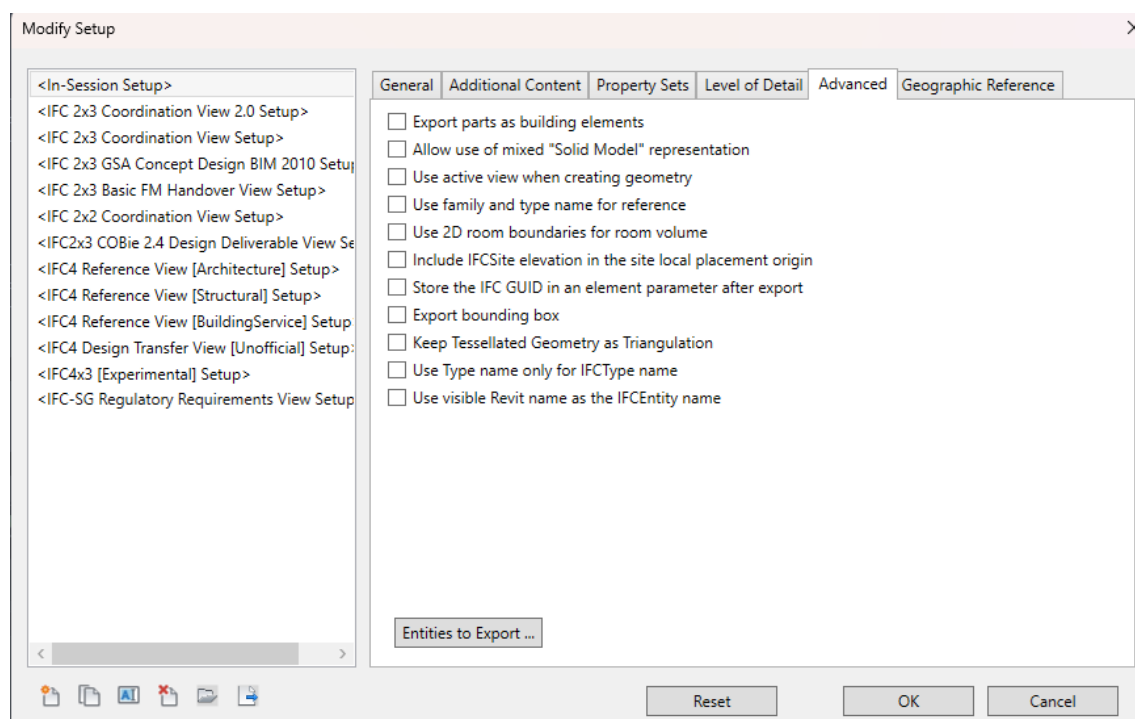


Figura 11. Propiedades avanzadas. [3]

4.3.3.5. Referencia geográfica (Geographic Reference)

La base de coordenadas permite la selección entre Coordenadas compartidas, Origen interno, Punto base del proyecto y Punto topográfico. Cada proyecto de Revit tiene inicialmente tres orígenes, que normalmente están ocultos de forma predeterminada, pero se pueden mostrar yendo a *Configuración de visibilidad de su Vista > Sitio*. En las plantillas predeterminadas, todos los puntos deben ubicarse en el mismo lugar y deben ajustarse según el acuerdo del proyecto.

5. Referencias bibliográficas

[1] buildingSMART Spain, “Manual de Entrega de Información en Edificación,” 2022. Accessed: Apr. 21, 2024. [Online]. Available: <https://www.buildingsmart.es/recursos/manual-de-entrega-de-informaci%C3%B3n-edificaci%C3%B3n/>

[2] Autodesk, “Especificar entidades IFC para familias.” Accessed: May 10, 2024. [Online]. Available: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/ESP/?guid=GUID-7119A8C3-A0EE-4568-8C35-750410D867C9>

[3] Autodesk, “Manual de Autodesk IFC.” Accessed: Apr. 24, 2024. [Online]. Available: <https://autodesk.ifc-manual.com/introduction>

6. Control de versiones

Control de versiones: ingrese nombre de documento				
Versión	Fecha	Elaborado	Revisado	Descripción de modificación
V001	31/5/2024	DGH	- - -	Versión inicial del documento

-- Última línea --

Apéndice 7: Plan de acción para mejora continua del SGC

 LOGO ING ESTRUCTURAL	Logo Ingeniería Estructural Sistema de Gestión de Calidad		Código: FOR-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	Plan de acción para la mejora continua del Sistema de Gestión de Calidad		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 2 de 2

Plan de seguimiento, medición, análisis y evaluación de la documentación

N°	Documento	Aspectos a evaluar	Factores que podrían generar cambios	Acciones de seguimiento, medición, evaluación y análisis
1	Política de calidad	-Claridad y comprensión de la política por parte de los empleados - Coherencia con la visión y misión de la empresa - Alineación con los objetivos estratégicos - Adaptación a cambios en el entorno empresarial y sectorial	- Cambios en la dirección estratégica - Retroalimentación de los empleados y partes interesadas - Cambios en la normativa o regulaciones	- Realizar encuestas de satisfacción del cliente para verificar alineamiento con expectativas - Evaluar el grado de comprensión y compromiso de los empleados con la política de calidad mediante entrevistas y cuestionarios - Comunicar la Política de calidad por medio de circulares, correos electrónicos, redes sociales, tableros informativos, revistas y folletos, acciones formativas o por medio de la página web e intranet corporativa. - Monitorizar indicadores de desempeño relacionados con los objetivos estratégicos y comparar con resultados anteriores
2	Manual de calidad	- Adecuamiento de la estructura del manual de calidad con la necesidades de la empresa de consultoría estructural - Coherencia con la política de calidad - Claridad y accesibilidad de la información - Cumplimiento de requisitos normativos y legales del SGC	- Cambios en los procesos operativos -Ampliación de los servicios brindados por parte de la empresa - Retroalimentación de los empleados sobre la utilidad e integración del manual de calidad como centro principal del SGC de la empresa. - Cambios en la normativa o regulaciones	- Realizar auditorías internas periódicas para verificar cumplimiento de procesos y procedimientos - Recopilar y analizar sugerencias de mejora por parte de los empleados mediante buzones de sugerencias o reuniones de mejora continua - Revisar el manual periódicamente para asegurar su relevancia y precisión y evaluar la efectividad de las actualizaciones realizadas
3	Manuales y Planes de Ejecución de Proyectos (PEP's)	- Cumplimiento de los objetivos de acuerdo al alcance definido - Claridad de cada una de las etapas de los PEP o descripción de los manuales - Satisfacción del cliente - Eficiencia en la gestión de recursos - Adaptación a cambios en los requisitos del proyecto	- Cambios en los requisitos del cliente - Cambios en la tecnología o herramientas de la ingeniería - Retroalimentación del equipo de proyecto sobre la eficacia de los planes -Cambios en la normativa o regulaciones -Optimización o mejora en el flujo de trabajo	- Realizar revisiones periódicas y actualizaciones conforme a cambios legales y en los requerimientos de los proyectos - Evaluar el desempeño de proyectos mediante métricas de calidad y satisfacción del cliente - Analizar lecciones aprendidas y aplicar mejoras en los procesos de planificación y ejecución

4	Instructivos técnicos y procedimientos	- Claridad y precisión de las instrucciones - Actualización de metodologías y prácticas recomendadas - Adaptación a cambios en tecnología y herramientas - Aceptación y comprensión por parte del personal técnico	- Cambios en la tecnología o herramientas - Retroalimentación del personal técnico sobre la eficacia y utilidad de los instructivos	- Solicitar retroalimentación del personal sobre la eficacia de los instructivos en su trabajo diario mediante encuestas o entrevistas - Monitorizar la tasa de error y retrabajo relacionada con las instrucciones proporcionadas y comparar con datos anteriores - Proporcionar formación y apoyo continuo para asegurar el entendimiento y aplicación correcta de los instructivos, y evaluar la efectividad de estas actividades
5	Registros y formularios	- Claridad y completitud de la información registrada - Facilidad de acceso y utilización de los formularios - Cumplimiento de requisitos normativos y legales - Eficiencia en el proceso de recopilación y gestión de registros	- Cambios en los procesos operativos o de gestión - Retroalimentación de los usuarios sobre la utilidad y eficacia de los registros y formularios - Cambios en la normativa o regulaciones	- Realizar revisiones periódicas de los registros y formularios para asegurar su precisión y relevancia - Recopilar y analizar la retroalimentación de los usuarios sobre la usabilidad y eficacia de los registros y formularios - Actualizar los registros y formularios según cambios en la normativa y requisitos del sistema de gestión

Apéndice 8: Entrevistas



LOGO

ING ESTRUCTURAL

Entrevista Empresa 1

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de entrevista: 22 de enero de 2024

Contenido

1. Introducción 3

2. Preguntas sobre administración de proyectos..... 3

 2.1. Presentación y contexto 3

 2.2. Sistema de gestión de calidad (SGC)..... 5

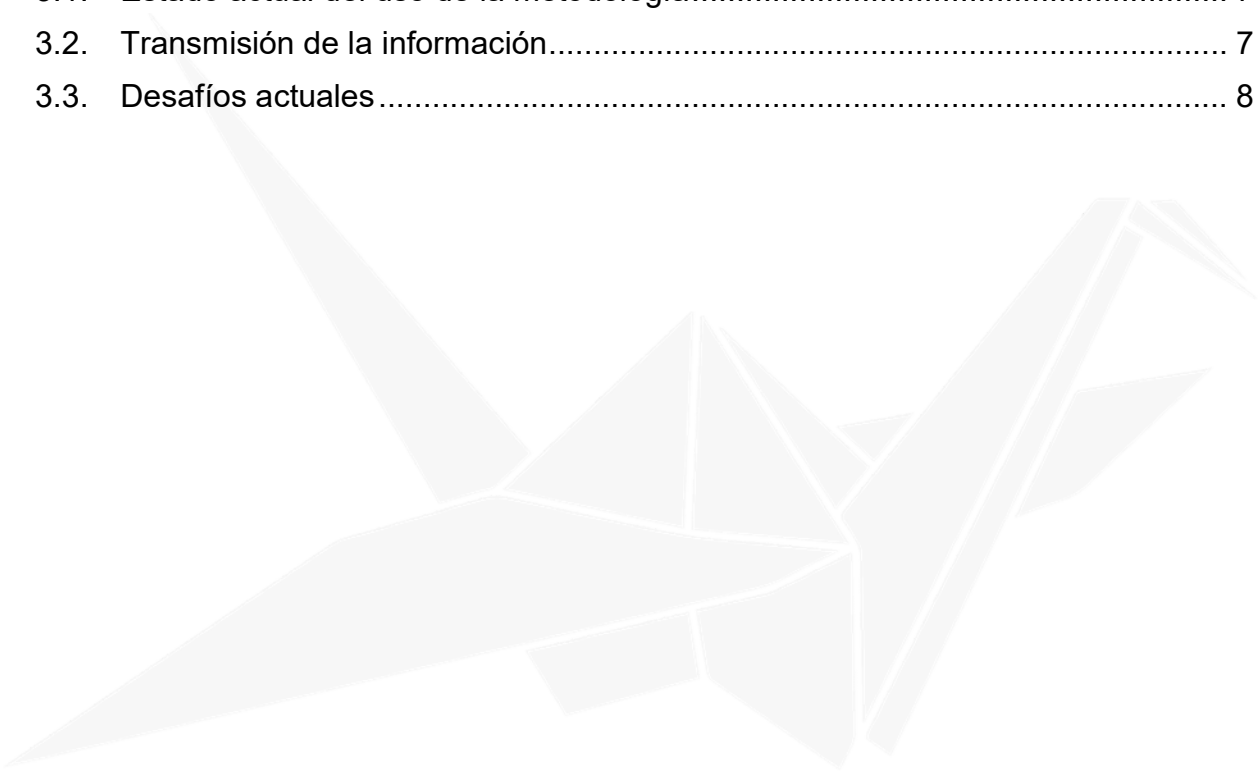
 2.3. Desafíos actuales 6

3. Preguntas sobre BIM 7

 3.1. Estado actual del uso de la metodología 7

 3.2. Transmisión de la información..... 7

 3.3. Desafíos actuales 8



 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 3 de 8

1. Introducción

Explicación del TFG.

Opinión general sobre el TFG:

La calidad en general siempre es un tema de suma importancia ya que las empresas en general se deben a sus clientes y por ende, asegurar la calidad de los servicios que se ofrecen es una forma de atraer y mantener a los clientes.

Las empresas de consultoría estructural no son la excepción y asegurar la calidad de sus servicios y en el caso de nosotros como empresa, siempre buscamos la calidad y la excelencia.

Tener un punto de partida para un sistema de gestión de calidad ayudaría mucho a que las empresas puedan tener una guía ya que actualmente no existe y la información está muy dispersa.

También, este proyecto ayuda a mejorar los procesos. Indudablemente los modelos en 3D mejoran el sector construcción principalmente en la parte constructiva y pero también desde el punto de vista de diseño y definir procedimientos, manuales que integren el sistema de gestión de calidad, es un paso muy importante para que las empresas de consultoría estructural tomen la iniciativa de promover la calidad y estandarización en sus proyectos.

2. Preguntas sobre administración de proyectos

2.1. Presentación y contexto

¿Podría hablarme un poco de la empresa, cómo nace, cuánto tiene en la industria de la consultoría estructural?

R./ La empresa nace en el año 1997 y a partir del año 2006 se empieza a dedicar a lo que es consultoría estructural. A lo largo del tiempo hemos diseñado todo tipo de estructuras que van desde el diseño de tanques de almacenamiento, el análisis estructural de diferentes edificios, viviendas, estructuras de puentes, y cualquier tipo de estructuras. También nos dedicamos al diseño geotécnico desde el punto de vista estructural.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: ENT-001
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024
		Página 4 de 8



 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-001
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 5 de 8

¿Podría describir brevemente los servicios y los proyectos principales que realiza la empresa?

R./ Actualmente la empresa se centra en el diseño de viviendas unifamiliares en diferentes zonas como la zona costera. Viviendas de gran tamaño rondando los 400 m2. Sin embargo no nos limitamos a este tipo de estructuras y en el área de diseño, aceptamos cualquier tipo de trabajo.

También realizamos análisis de vulnerabilidad sísmica, inspecciones que va muy de la mano con el diseño. Generalmente cuando se contrata un diseño se suele contratar la inspección pero esto no sucede en todos los casos.

¿Cómo define la empresa sus estándares de calidad en la actualidad?

R./ La calidad en los servicios que brinda la empresa se define por medio de distintas revisiones en cada una de las etapas de un proyecto. Por ejemplo, el área de dibujo es una de las que mayor control de calidad requiere ya que este es el principal entregable. Debido a esto, se suelen hacer dos o tres revisiones previas a la entrega final. Generalmente, estas revisiones son realizadas por diferentes personas.

2.2. Sistema de gestión de calidad (SGC)

¿La empresa tiene un Sistema de Gestión de Calidad establecido actualmente?

R./ Actualmente la empresa no cuenta con un sistema de gestión de calidad como tal. Tal y como se mencionó anteriormente, la calidad en nuestros servicios se fundamenta principalmente en el criterio y experiencia de las personas encargadas de revisar los diseños y entregables. También es importante recalcar que cada proyecto es distinto y unos tendrán mayores ramificaciones que otros. Sin embargo si es importantes tener mayor estandarización en los procedimientos y desde el punto de vista de consultoría estructural y en diseño, los procesos en son fáciles de estandarizar. Para la mayoría de los servicios de diseño, el proceso sigue un diagrama de flujo muy parecido en la que primero se recibe la propuesta arquitectónica o la volumetría, luego se hace una propuesta de estructuración, se analizan los puntos de apoyo de la estructura, se realiza la propuesta y luego se hace el modelo de análisis. A partir de los resultados del modelo de análisis se hace el diseño de los elementos para finalizar con los planos o modelos en 3D. El modelo 3D debe estar incorporado en cada uno de los pasos anteriores.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-001
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 6 de 8

2.3. Desafíos actuales

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de gestión de calidad y procesos?

R./ Uno de los principales desafíos relacionados a la gestión de calidad y precisamente en los sistemas de gestión de calidad es que requieren tiempo y una persona que sea el gestor de calidad. Aunque la empresa se preocupa por la calidad de sus servicios, no se ha destinado a una persona encargada de documentar sus procedimientos.



 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-001
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 7 de 8

3. Preguntas sobre BIM

3.1. Estado actual del uso de la metodología

¿Utilizan la metodología actualmente?

R./ En la empresa se utiliza la metodología BIM desde el año 2016. EL uso de la metodología depende mucho del tipo de proyecto ya que no todos los proyectos lo requieren o lo solicitan. También depende mucho del cliente pero generalmente esta metodología se utiliza para proyectos grandes como hoteles o edificios comerciales.

¿Cómo se utiliza la metodología?

R./ En la empresa se usa meramente para modelos en 3 dimensiones. En la empresa no se va más allá del 3D y la integración con otras disciplinas. El uso de Revit resulta sumamente útil para detalles y generar los planos estructurales. Esto ayuda a que el proceso de revisión sea más sencillo. En el proceso de diseño, generalmente se recibe una volumetría correspondiente al diseño arquitectónico en algún programa de modelado, generalmente, Revit y a partir de esto se inicia con el proceso de diseño estructural de la forma que se mencionó anteriormente. Para el cálculo estructural se utiliza principalmente SAP2000.

3.2. Transmisión de la información

¿Cómo es el proceso de compartir la información generada con la metodología BIM con el cliente?

R./ El proceso de compartir la información depende del cliente. Generalmente es por medio de la nube del cliente en herramientas como SharePoint donde el cliente tiene el modelo arquitectónico y el modelo estructural se actualiza cada ciertos días según los cambios que se vayan generando. Los principales problemas están con el MEP. El modelo de datos abiertos no se utiliza.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-001
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 8 de 8

3.3. Desafíos actuales

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de metodología BIM?

R./ La capacitación es uno de los principales desafíos. Adquirir experiencia modelando es un proceso que requiere tiempo principalmente porque es necesario adquirir conocimiento técnico en estructuración. Sin embargo, en Costa Rica, esto no es viable. Generalmente se contratan personas que se hayan capacitado en BIM o en algún software de modelado como REVIT ya que es más barato que poner a un ingeniero a modelar. Sin embargo, es el ingeniero el que tiene el conocimiento y una mayor capacidad de análisis y es quien puede dar una retroalimentación al modelo de forma fiable, precisa y exacta.

-- Última línea --



LOGO

ING ESTRUCTURAL

Entrevista Empresa 2

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de entrevista: 24 de enero de 2024



LOGO
ING ESTRUCTURAL

Plantilla de documentos (Plantilla V001: 28/10/2023)

Contenido

1. Introducción 3

2. Preguntas sobre administración de proyectos..... 3

 2.1. Presentación y contexto 3

 2.2. Sistema de gestión de calidad (SGC) 5

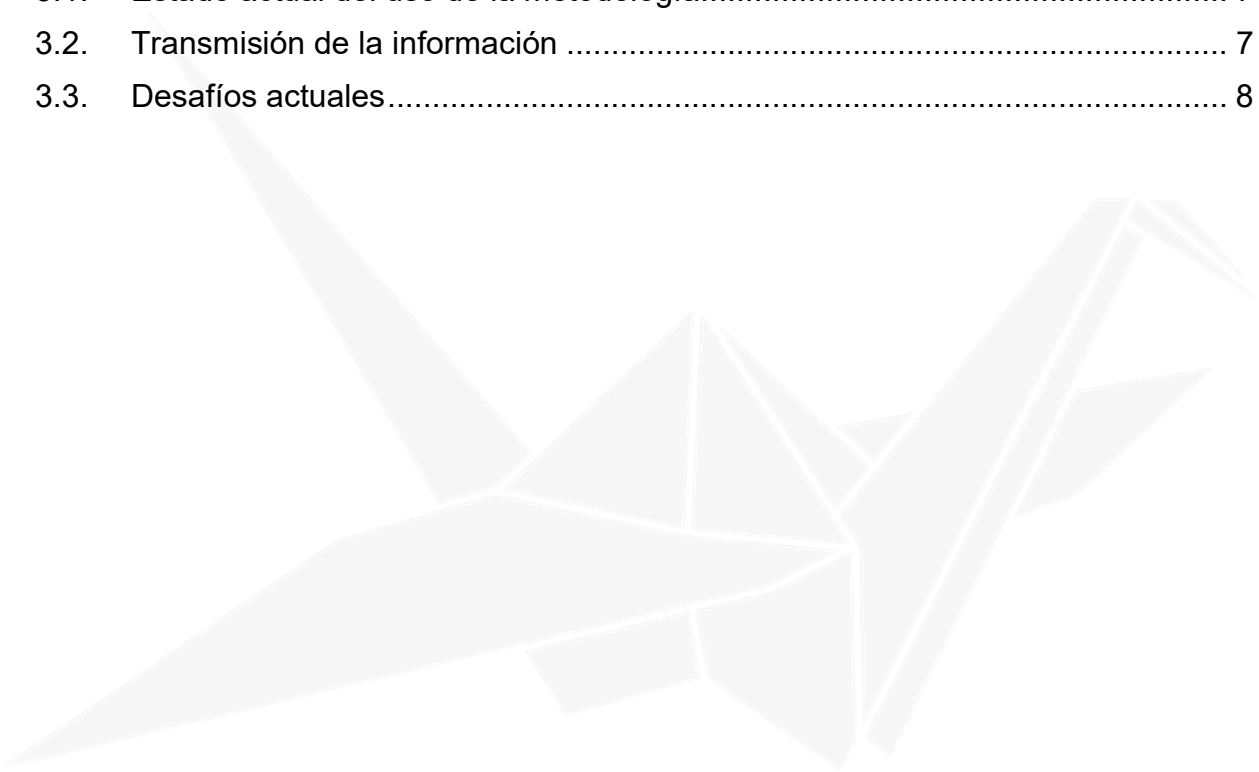
 2.3. Desafíos actuales..... 6

3. Preguntas sobre BIM..... 7

 3.1. Estado actual del uso de la metodología..... 7

 3.2. Transmisión de la información 7

 3.3. Desafíos actuales..... 8



 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 3 de 8

1. Introducción

Explicación del TFG.

Opinión general sobre el TFG:

Este proyecto sirve como una base o una guía para las empresas de consultoría estructural. Actualmente y de forma general, hay mucha falta de eficiencia en cuanto a los procedimientos de los servicios que se brindan. BIM es una metodología que requiere que las empresas y las distintas disciplinas sean más integrales lo que favorece la productividad. El año 2023 fue un año de cambios radicales en la empresa ya que fue el año en el que se dio el mayor auge de esta metodología y muchos clientes empezaron a solicitar los servicios BIM casi que de forma obligatoria. Debido a esto, fue un año de cambio total y actualmente queda mucho camino por recorrer.

Un sistema de gestión de calidad es algo muy propio de cada empresa. No todas las empresas pueden seguir el mismo procedimiento ya que cada empresa tiene su propia esencia. Sin embargo, si se puede establecer una línea base a partir de la cual, cada empresa pueda construir su propio sistema de gestión de calidad a partir de requerimientos mínimos de estandarización que sí debería ser los mismos entre las empresas del gremio.

Por ejemplo, a nivel país está muy implícito el LOD de los proyectos pero no existe una concordancia clara y estandarizada ya que nosotros como empresa hacemos el modelo BIM según el LOD solicitado, pero cuando se entrega el producto, el cliente espera cosas que no están dentro del LOD solicitado. Por lo tanto, la estandarización y un sistema de gestión de calidad no solo debería abarcar la parte técnica sino también la parte administrativa y ambas partes deben de tener claro cuales son sus entregables según los estándares definidos para cumplir los objetivos del proyecto.

2. Preguntas sobre administración de proyectos

2.1. Presentación y contexto

¿Podría hablarme un poco de la empresa, cómo nace, cuánto tiene en la industria de la consultoría estructural?

R./ La empresa nace en el año 199. Actualmente, la empresa cuenta con 26 años de experiencia en el diseño estructural. Así mismo, la empresa se dedica al diseño geotécnico desde el punto de vista estructural. La empresa ha ido creciendo poco a poco. En el año 2008 se incorpora el primer dibujante. La empresa se dedica a todo lo que tiene

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-002
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 4 de 8

que ver con la parte estructural, desde la intervención de edificios que son patrimonio cultural, condominios, hoteles hasta hospitales, torres verticales y viviendas.

¿Podría describir brevemente los servicios y los proyectos principales que realiza la empresa?

R./ Los principales servicios que se brindan en la empresa son los de diseño estructural e inspección. Cabe destacar que la inspección es el servicio que más tiempo demanda. Pero también se brindan otros servicios como revisiones y análisis estructural, reforzamiento de estructuras, ingeniería de valor, servicios de arquitectura, diseños basados bajo las normas NFPA. Tal y como se mencionó anteriormente también se brinda el servicio de diseño geotécnico, se realizan peritajes y la empresa también participa en licitaciones públicas.

¿Cómo define la empresa sus estándares de calidad en la actualidad?

R./ En la empresa se tienen dos áreas específicas de trabajo: Ingeniería y dibujo. Cada una de estas áreas tienen sus respectivos encargados de revisión. Así mismo, tienen jefaturas encargadas de llevar el control de los proyectos. En la parte de dibujo cada 15 días se realizan reuniones entre los encargados para analizar posibles mejoras. En el desarrollo de los proyectos de la empresa si hay un orden específico en cada área tanto en dibujo como en ingeniería pero no se tiene documentado. Los procedimientos son conocidos por todos y en cada área específica son conocidos por los colaboradores pero no tienen los procedimientos escritos. Existen procedimientos administrativos que sí están documentados pero los procedimientos en la parte técnica no están documentados ni escritos y por ende no están en evaluación continua. Esto es un trabajo en construcción ya que la empresa tiene planeado integrar un sistema de gestión de calidad

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 5 de 8

2.2. Sistema de gestión de calidad (SGC)

¿La empresa tiene un Sistema de Gestión de Calidad establecido actualmente?

R./ Actualmente la empresa no cuenta con un sistema de gestión de calidad como tal. Existen personas encargadas de asegurar la calidad de los servicios en cada una de sus áreas, pero no existe ningún tipo de documentación.

¿Cómo se gestionan actualmente los procedimientos y la calidad en los proyectos?

R./ Tal y como se mencionó anteriormente, cada una de las áreas tiene sus respectivas jefaturas y encargados de revisión. En el caso del cálculo estructural como tal, es el dueño fundador quien se encarga de revisar los resultados que provienen de un programa computacional. Sin embargo, desde hace algún tiempo, se está analizando el retiro de esta persona por lo que se ha ido instruyendo a otras personas para el proceso de revisión, esto con el fin de anticipar el retiro del dueño fundador y que la empresa pueda continuar. Tenemos claro que es necesario una estrategia empresarial para lograr el proceso de sucesión.

Nuestra empresa se caracteriza porque no nos quedamos con los resultados que arroja un programa, sino que vamos más allá y profundizamos en los datos con el fin de ofrecer la mejor alternativa de diseño a nuestro cliente.

Se está trabajando en el proceso de estandarizar pero no hay un documento como tal. En el área de dibujo se realizan reuniones cada dos semanas para la búsqueda de mejoras.

La empresa cuenta con un sistema computacional propio el cual facilita la gestión de proyectos desde el punto de vista administrativo.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-002
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 6 de 8

2.3. Desafíos actuales

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de gestión de calidad y procesos?

R./ Los principales desafíos o causantes que han hecho que aún no se implemente el sistema de gestión de calidad es la falta de recursos y el tiempo. A lo largo del tiempo se ha trabajado en estandarizar normativas internas pero esto es un proceso que requiere tiempo y además, requiere una constante evaluación para la correcta actualización y mejora de los documentos ya que, al ser la construcción y la ingeniería estructural una industria que suele tener cambios a menudo es necesario identificar aquellos aspectos que son susceptibles a cambios.

La empresa no cuenta con listas de verificación y esto tiene afectación en el área de peritaje e inspección ya que va a depender del criterio del profesional que esté haciendo el levantamiento y lo correcto sería tener un estándar en el que todos los ingenieros puedan llegar a una conclusión similar con ayuda de las lista de verificación. En el área de dibujo existe una normativa pero no es conocida por todos los integrantes del departamento y esta normativa no contempla la metodología BIM (Revit).

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-002
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 7 de 8

3. Preguntas sobre BIM

3.1. Estado actual del uso de la metodología

¿Utilizan la metodología actualmente?

Sí, actualmente se utiliza la metodología BIM para el desarrollo de los servicios que se ofrecen. Sin embargo, el uso de la metodología depende del proyecto. En algunos proyectos solo se hace el modelo en 3 dimensiones y en otros se incluye la parte de presupuesto. El uso de la metodología no se centra en solo el diseño y la generación de planos aunque este es el mayor fuerte y principal uso de la metodología.

¿Cómo se utiliza la metodología?

Depende del proyecto se hace el modelado, otra parte de presupuesto. No solo la parte de diseño. Generalmente se inicia con una planta arquitectónica brindada por el cliente, luego se realizan borradores y desde el inicio del proyecto se integra la metodología BIM. Se realizan dibujos o bocetos y luego se realiza el modelo el cual inicio previamente. Luego se realiza la fase de revisión, se hace el cálculo estructural con programas como Etabs y finalmente se realizan los planos para luego ser revisado nuevamente para la entrega final.

3.2. Transmisión de la información

¿Cómo es el proceso de compartir la información generada con la metodología BIM con el cliente?

R./ El cliente brinda una nube en la cual se comparten los archivos de modelado. No utilizan los formatos abiertos y tampoco conocen sobre estos. Sin embargo, a nivel interno se tiene una red de carpetas en la que se almacenan los archivos.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-002
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 8 de 8

3.3. Desafíos actuales

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de metodología BIM?

R./ El principal desafío es la capacitación. Hace pocos años, se buscaba un perfil de una persona que fuera dibujante y conseguir este tipo de trabajadores era sencillo. Sin embargo, con el avance de la tecnología, hoy en día encontrar modeladores es todo un reto. Antes, las personas dibujantes podían ser estudiantes egresados de colegios técnicos. Sin embargo, hoy en día las personas que asumen el rol de modelador son estudiantes avanzados o recién egresados de carreras de ingeniería o arquitectura y esto ha significado un cambio importante desde el punto de vista administrativo. No obstante en la empresa, la parte de modelado se ve con los ingenieros y no se deja sola a la persona encargada del modelado. Siempre hay un ingeniero que supervisa que el modelo se esté realizando de forma correcta con el fin de evitar errores constructivos que solamente son detectables con la experiencia y criterio del profesional. La curva de aprendizaje de la metodología BIM es un proceso necesario pero que debe abarcar no solo los conocimientos de modelado sino también los conocimientos técnicos y la mejor forma de hacer esto es transmitiendo el conocimiento. BIM, Revit, AutoCAD son herramientas que se siguen utilizando y que probablemente se seguirán utilizando por lo que en la empresa siempre se realizan pruebas técnicas con el fin de evaluar los conocimientos y el manejo del software (Revit).

Existen empresas que ofrecen salarios altos y para las pymes resulta complicado.

-- Última línea --



LOGO

ING ESTRUCTURAL

Entrevista Empresa 3

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de entrevista: 07 de marzo de 2024



LOGO
ING ESTRUCTURAL

Plantilla de documentos (Plantilla V001: 28/10/2023)

Contenido

1. Introducción 3

2. Preguntas sobre administración de proyectos..... 4

 2.1. Presentación y contexto 4

 2.2. Sistema de gestión de calidad (SGC) 5

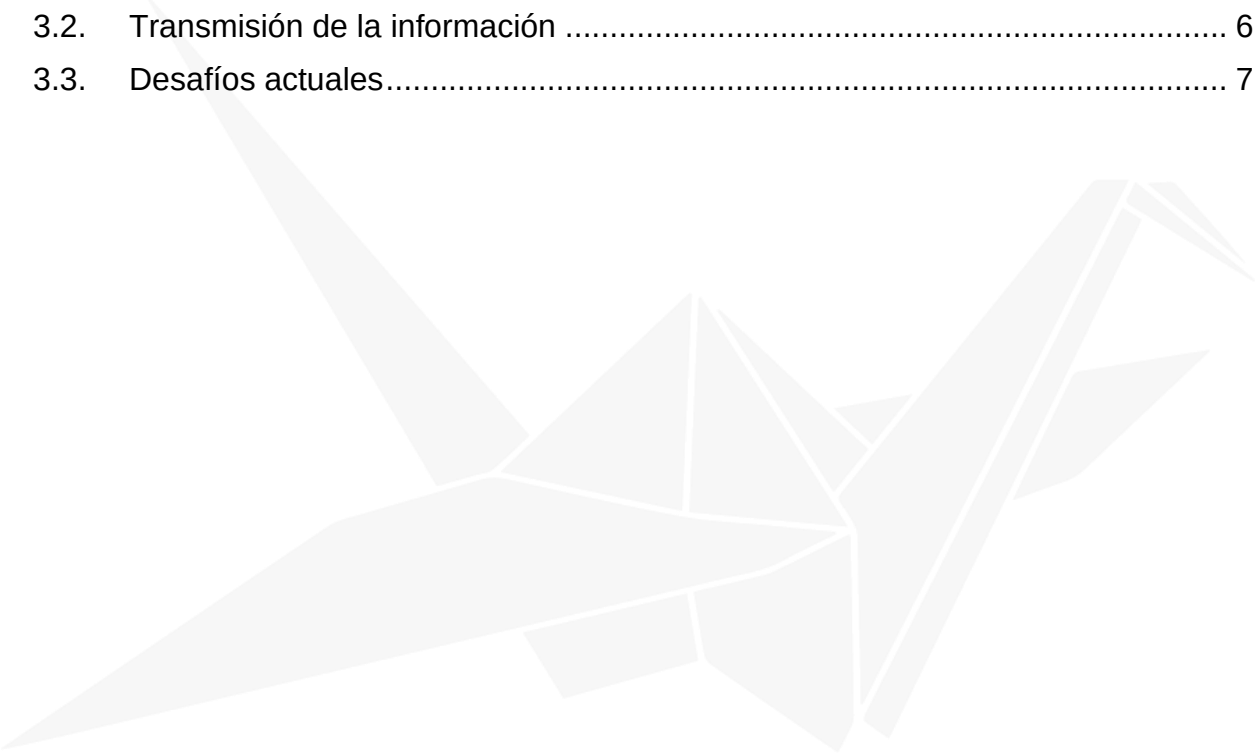
 2.3. Desafíos actuales..... 5

3. Preguntas sobre BIM..... 6

 3.1. Estado actual del uso de la metodología..... 6

 3.2. Transmisión de la información 6

 3.3. Desafíos actuales..... 7



 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-003
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 3 de 7

1. Introducción

Explicación del TFG.

Opinión general sobre el TFG:

La metodología de trabajo BIM está en sus inicios, al menos en nuestro país. Y trabajos como este están bien encaminados y son muy importantes ya que la industria en general va hacia eso y es muy probable que llegue el día en el que sea obligatorio para todos los proyectos constructivos. Sin embargo considero que es importante que siempre predomine el criterio y las buenas prácticas antes de lo que pueda decir un modelo.

Actualmente existe mucha diversificación en la forma en la que se aplica la metodología y mas allá de ser una metodología de trabajo colaborativo, puede llegar incluso a separar a las partes involucradas en un proyecto constructivo. Digo esto porque antes cuando existía un cambio uno se comunicaba con la persona involucrada y se mantenía una conversación fluida y se llegaba una solución. Con la implementación de esta metodología me ha llegado a pasar que todas las consultas, por orden del cliente, se debía dirigir al BIM Manager y es la única figura que puede decidir si un cambio procede o no. Entonces más allá de ser una metodología colaborativa, en ese caso fue una metodología unilateral.

Definir formas de trabajo y un flujo claro en la forma en la que se debe utilizar la metodología, sin duda beneficiaría a evitar estas situaciones. Es por esto que considero que este proyecto tiene un impacto positivo en la disciplina de la ingeniería estructural pero es importante que quede claro que siempre debe predominar el criterio, la experiencia y las buenas practicas constructivas. Sucede similar con los programas computacionales de cálculo estructural. Antes uno invertía demasiado tiempo haciendo cálculos a mano, realizando simplificaciones y siguiendo metodologías de diseño muy idealizadas. Antes se duraba mucho, pero en el desarrollo de los cálculos era posible identificar los errores.

Actualmente los programas computacionales ayudan enormemente en el flujo de trabajo del diseño estructural y solamente se modela la estructura, se le da al botón de analizar y el programa arroja los resultados. Ahora es mucho más rápido realizar los cálculos, pero también es más rápido y fácil cometer errores. El usar la metodología BIM no exonera a un proyecto constructivo de que se cometan errores.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-003
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 4 de 7

2. Preguntas sobre administración de proyectos

2.1. Presentación y contexto

¿Podría hablarme un poco de la empresa, cómo nace, cuánto tiene en la industria de la consultoría estructural?

R./ Como consultor estructural llevo 30 años de experiencia. Antes solía tener una empresa junto con otros ingenieros sin embargo en el 2019 la empresa se cierra y continúo trabajando como consultor independiente con un grupo reducido de personas. Actualmente somos yo, una ingeniera y un dibujante y todos trabajamos de forma remota. He desarrollado distintos tipos de proyectos como remodelaciones, clínicas, casas, naves industriales, centros comerciales entre otro tipo de edificaciones. En todo lo que llevo siempre me he enfocado en el diseño e inspección de obras nuevas y no me he metido tanto en la inspección de obras construidas.

¿Podría describir brevemente los servicios y los proyectos principales que realiza la empresa?

R./ La empresa como tal se ha enfocado principalmente al diseño e inspección de obras nuevas como edificios, casas entre otras.

¿Cómo define la empresa sus estándares de calidad en la actualidad?

R./ Al ser un grupo reducido de personas, los estándares de calidad recaen prácticamente en una persona. Entonces la prioridad cuando iniciamos nuestros proyectos es el resultado final de la obra.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-003
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 5 de 7

2.2. Sistema de gestión de calidad (SGC)

¿La empresa tiene un Sistema de Gestión de Calidad establecido actualmente?

R./ Actualmente no cuenta con un sistema de gestión de calidad.

¿Cómo se gestionan actualmente los procedimientos y la calidad en los proyectos?

R./ Las empresas de consultoría estructural tienen flujos de trabajo diferentes y es difícil pretender que todas trabajen de la misma forma. Pero si es cierto que tener estándares mínimos de calidad resulta importante con el fin de cumplir con los objetivos de un proyecto constructivo. Independientemente de la forma de trabajar, la prioridad en cualquier proyecto y en cualquiera de las disciplinas es cumplir con los objetivos del proyecto de forma tal que el resultado final sea el esperado por parte del cliente.

2.3. Desafíos actuales

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de gestión de calidad y procesos?

R./ Definir procesos y procedimientos es algo muy importante que sin duda tiene un gran aporte en la gestión de la calidad de los servicios de consultoría estructural. Sin embargo es importante que estos procedimientos sean sencillos y comprensibles. En el momento en el que un procedimiento se vuelve extenso y complejo, pierde el sentido. Entonces considero que un desafío actualmente es que para definir un procedimiento claro y sencillo, se requiere de mucha investigación y una inversión de tiempo considerable porque para poder hacer un documento claro y conciso se debe conocer toda la información que existe al respecto. Y tampoco se puede hacer un documento muy sencillo porque no aportaría nada. Por lo tanto, los procedimientos deben estar enfocados al cumplimiento de un objetivo y con base a eso, definir lo necesario para que se cumpla.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-003
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 6 de 7

3. Preguntas sobre BIM

3.1. Estado actual del uso de la metodología

¿Utilizan la metodología actualmente?

Si, actualmente utilizamos BIM, sin embargo es una tanto complejo ya que muchas veces el BIM implica muchas reuniones, mucho software, mucha capacitación y eso no se cobra todos los proyectos. Entonces en nuestra empresa utilizamos BIM en los proyectos que los que el cliente lo solicita.

¿Cómo se utiliza la metodología?

BIM tiene mucho provecho en la parte de visualización tridimensional. Sirve mucho para generar cortes, le permite a uno ubicarse fácilmente a la hora de realizar inspecciones. Nosotros como consultoría estructural participamos en las reuniones de coordinación BIM y se nos asignan los “clashes” y se resuelven en colaboración con las disciplinas involucradas. Sin embargo un Clash para nosotros puede llegar a no tener gran valor ya que puede ser algo tan sencillo como que una tubería se está metiendo 3 mm en una viga. Y ya eso genera una interferencia que por su puesto que se debe solucionar pero que tal vez no tiene la importancia que le dan los BIM Managers. Es por esto que a nosotros nos pueden asignar 3000 clashes pero es importante que se filtren aquellos que son de relevancia.

Para aplicar la metodología y aprovechar sus beneficios es importante tener claros los requisitos del cliente y definir los datos de entrada. Cada persona debe tener claro lo que debe hacer y actualmente esto no se está cumpliendo del todo.

3.2. Transmisión de la información

¿Cómo es el proceso de compartir la información generada con la metodología BIM con el cliente?

R./ Generalmente se trabaja con el IFC. Los modelos generados en diferentes programas se exportan a IFC y se transmiten a la plataforma correspondiente. Sin embargo con el IFC también hay que tener mucho cuidado porque es muy fácil agarrar todos los modelos, exportarlos al IFC y colocarlos en el lugar que corresponde. Pero ¿quién garantiza que el modelo se exportó de forma correcta?, ¿quién garantiza que en el proceso de exportación no se perdieron datos importantes? ¿quién garantiza que la persona que está usando el modelo IFC cuenta con la información correcta? Mucho de esto recae en una

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-003
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 7 de 7

sola persona que es la encargada de coordinar los modelos, pero es muy común que esas personas sean profesionales que se han enfocado a la modelación y tal vez no tienen mucho conocimiento sobre temas electromecánicos o sobre temas arquitectónicos, estructurales, etc. Son personas que no han tenido contacto con el campo y que no tienen el criterio para identificar a detalle posibles errores en el proceso de transmisión de la información. Es por esto que es muy importante que existan procesos y procedimientos que permitan definir un flujo de trabajo claro que permita a las personas encargadas detectar posibles errores y apegarse a las buenas practicas de modelación y transmisión de información.

3.3. Desafíos actuales

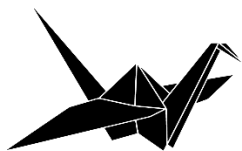
¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de metodología BIM?

R./ Yo creo que actualmente hay 3 desafíos que hacen que la metodología BIM no sea aproveche en todo su potencial. El primero es el cliente. En nuestra experiencia, cuando la metodología es liderada por parte de la empresa constructora ya sea de forma directa o indirecta, BIM tiene muchos beneficios. Sucede lo contrario cuando la metodología es liderada por el cliente ya que este puede llegar a entorpecer el proceso. Cuando la constructora es la promotora de la metodología, estos tienen el verdadero interés de que la metodología se aplique de forma correcta porque necesitan que los datos sean confiables.

El segundo desafío es la inversión. Poder entrar al mercado diciendo que somos una empresa que ofrece los servicios BIM ha sido un proceso complejo principalmente porque las licencias de los programas computacionales son caras. Y esto obliga a los diseños de empresas como la nuestra a preferir paquetes reducidos. Por ejemplo nosotros pagamos las licencias de Autodesk de Revit y AutoCAD en la versión "LT". Esta versión es más barata, pero tiene la limitante de que no se puede trabajar de forma colaborativa. No se puede integrar en las nubes de BIM 360. Entonces esto ya se vuelve una limitante porque las empresas y la metodología como tal lo que buscan es centralizar la información.

La tercera limitante considero que es la curva de aprendizaje. Como mencioné anteriormente la metodología se utiliza principalmente porque es requisito por parte de los clientes. Y la implementación se ha dado de forma muy repentina lo que ha hecho que la curva de aprendizaje sobre la metodología haya sido muy reducida y que actualmente muchos consideren que los beneficios de esta no sean muchos. Por lo tanto la capacitación es importante, pero también es importante que las personas que asuman puestos de modeladores o BIM managers, tengan la experiencia en campo para generar el criterio suficiente para decidir si un modelo es correcto o no.

-- Última línea --



LOGO

ING ESTRUCTURAL

Entrevista Empresa 4

Elaborado por

David Gutiérrez Hernández

Fecha de entrevista: 12 de marzo de 2024



LOGO
ING ESTRUCTURAL

Plantilla de documentos (Plantilla V001: 28/10/2023)

Contenido

1. Introducción 3

2. Preguntas sobre administración de proyectos..... 4

 2.1. Presentación y contexto 4

 2.2. Sistema de gestión de calidad (SGC) 5

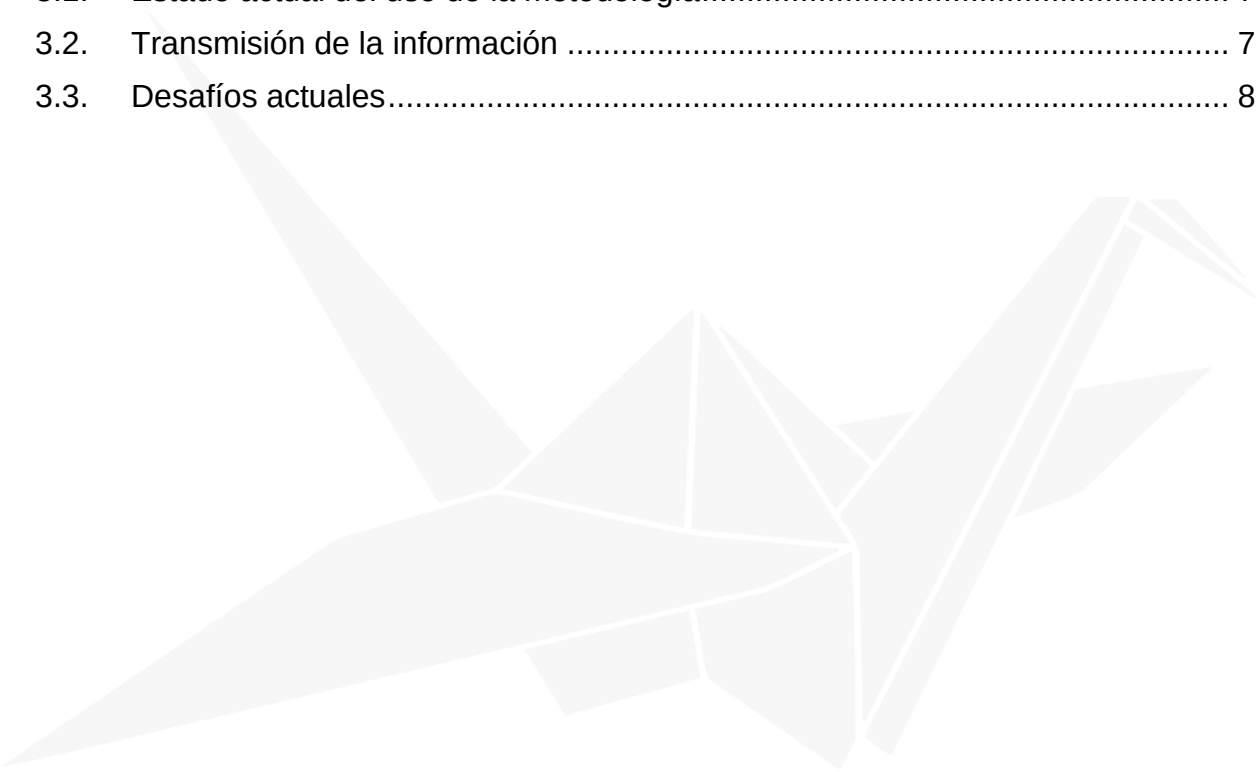
 2.3. Desafíos actuales..... 6

3. Preguntas sobre BIM..... 7

 3.1. Estado actual del uso de la metodología..... 7

 3.2. Transmisión de la información 7

 3.3. Desafíos actuales..... 8



 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-004
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 3 de 8

1. Introducción

Explicación del TFG.

Opinión general sobre el TFG:

R./ La metodología de trabajo colaborativo BIM es una forma de trabajo que sin duda alguna tiene muchos beneficios en la industria de la construcción. Y sin lugar a duda es lo que va a predominar en la industria en algún momento. Sin embargo, en nuestro país, es una metodología complicada de aplicar. Actualmente se habla mucho de BIM pero son pocas las empresas que aprovechan al 100% los beneficios que puede tener esta forma de trabajo. Se debe hacer un gran trabajo para aprovechar todos los beneficios que brinda la metodología ya que actualmente estamos en una etapa que ni siquiera es la inicial. La comunidad ingenieril que actualmente se encuentra en la industria no crecieron con BIM y por lo tanto no lo consideran del todo útil. Considero que de 20 ingenieros solamente 3 conocen sobre la metodología. Hay proyectos en los que el BIM se financia prácticamente solo, pero habrá muchos otros en los que más allá de ser un beneficio, solamente complica los proyectos y eleva considerablemente los costos y esto generalmente se da en proyectos pequeños. Las empresas que aprovechan gran parte de la metodología son empresas que tiene un motor financiero muy potente. En Costa Rica, el ICE tiene planes BIM para la remodelación de toda una represa, pero para ellos la metodología es útil en el corto y largo plazo. Esto es difícil explicárselo a una familia que simplemente quiere el diseño de su vivienda.

La metodología BIM tiene un gran aporte actualmente a nivel de visualización y es el principal uso que le dan las empresas de consultoría estructural. Pero este aporte podría ir mucha más allá con todas la ventajas que ofrece la metodología. Sin embargo, la falta de estandarización y la falta de procesos claros y específicos, complica el avance en la curva de aprendizaje que tiene la comunidad ingenieril en este tema.

Debido a esto, considero que proyectos como este aportan granos de arena, sin embargo se requieren playas enteras para poder implementar BIM en la forma en la que la hacen otros países.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad	Código: ENT-004
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS	Versión: V001
		Fecha de aprobación: 31/05/2024 Página 4 de 8

2. Preguntas sobre administración de proyectos

2.1. Presentación y contexto

¿Podría hablarme un poco de la empresa, cómo nace, cuánto tiene en la industria de la consultoría estructural?

R./ Desde el año 2014 laboro como consultor independiente brindando distintos tipos de servicios de consultoría. En el año 2020 se consolida la empresa formalmente con 2 personas y actualmente somos un equipo de 4 personas todos ingenieros e ingenieras y un grupo de 3 dibujantes/modeladores. Desde entonces nos hemos mantenido en la empresa realizando distintos trabajos dentro de la rama de la ingeniería estructural.

¿Podría describir brevemente los servicios y los proyectos principales que realiza la empresa?

R./ Los servicios que prioritariamente brinda la empresa son el diseño de obras industriales desde dos enfoques principales que podría ser alrededor de un 40% obras de edificación y un 60% obras de infraestructura abarcando torres de telecomunicaciones, puentes alcantarillas entre otro tipo de obras. Así mismo brindamos servicios de análisis estructural, revisión de estructuras existentes, estudios de vulnerabilidad, estudios de amenaza sísmica y reforzamiento estructural. También hemos realizado inspecciones pero no hemos profundizado mucho en esta área.

¿Cómo define la empresa sus estándares de calidad en la actualidad?

R./ Somos una empresa muy comprometida con los requisitos de cada uno de nuestros clientes por lo que siempre tratamos de satisfacer sus necesidades. La calidad debe estar muy de la mano del cliente por lo que procuramos incorporarlo en cada una de las etapas de los proyectos que realicemos.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-004
	Nombre del Documento:		Versión: V001
	FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 5 de 8

2.2. Sistema de gestión de calidad (SGC)

¿La empresa tiene un Sistema de Gestión de Calidad establecido actualmente?

R./ La empresa no tiene un sistema de gestión de calidad. Al no dedicarnos propiamente a la inspección o a la construcción no hemos establecido un sistema de gestión de calidad como tal.

¿Cómo se gestionan actualmente los procedimientos y la calidad en los proyectos?

R./ La empresa esta conformada por pocas personas por lo que generalmente todos conocen el flujo de trabajo de cada uno de los servicios que brindamos. Tal y como mencioné anteriormente, somos un grupo de 4 ingenieros y todos diseñamos. Debido a esto, generalmente entre todos nos revisamos el trabajo realizando reuniones. Además, cuando los proyectos están listos, utilizamos “check lists” que abarcan puntos como las cargas tomadas en cuenta para los modelos estructurales, tenemos listas de verificación sobre la carga sísmica revisando aspectos como ductilidades, diafragmas, modos, periodos, etc). Propiamente en el modelo estructural tenemos listas de verificación donde revisamos aspectos como las propiedades de los elementos, las inercias, las cargas, las combinaciones. Hacemos revisiones manuales de forma muy generalizada y finalmente utilizamos nuestras hojas de cálculo para lo que es el diseño de elementos. La experiencia en la industria de la consultoría estructural nos ha permitido generar muchos tipos de hojas de cálculo para columnas, vigas, losas, muros y los diferentes tipos de elementos estructurales que puedan estar presentes en un proyecto constructivo.

En el caso de la elaboración de planos hemos optado por incluir colores para diferenciar los diferentes elementos. Esto les ha permitido a las constructoras reducir los errores a la hora del proceso constructivo. También hemos optado por cumplir una normativa internacional para la elaboración de planos pero siempre ajustados a la necesidad del cliente y tratando de brindar un producto de calidad que facilite el proceso constructivo. Gracias a la representación visual que brindan los modelos en 3D, también hemos podido incluir en los planos vistas que ayudan a una mejor comprensión de los elementos.

Finalmente cuando tenemos todos los productos listos, realizamos 3 revisiones en donde la primera es la que más tiempo conlleva, la segunda se realiza para verificar que los puntos a corregir de la primera revisión se hayan realizado y se hace una tercera revisión para ver aspectos de formato.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-004
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 6 de 8

2.3. Desafíos actuales

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de gestión de calidad y procesos?

R./ Los principales desafíos en términos de gestión de calidad y procesos son las condiciones con los clientes ya que muchas veces se suele incluir a la disciplina de la ingeniería estructural en etapas avanzadas del diseño de un proyecto. Considero que para garantizar la calidad de los servicios de las empresas de consultoría estructural se deben incluir estas empresas desde etapas de anteproyectos. Esto permitiría una mejor optimización de los diseños.

Dado el tamaño reducido de nuestra empresa, implementar un Sistema de Gestión de Calidad completo con toda su documentación y estructura puede resultar sumamente desafiante. Requiere una inversión considerable de tiempo y la dedicación de una persona para liderar este proceso y motivar a todos los involucrados a adoptar un enfoque de trabajo bajo un SGC.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-004
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 7 de 8

3. Preguntas sobre BIM

3.1. Estado actual del uso de la metodología

¿Utilizan la metodología actualmente?

R./ Utilizamos la metodología en los proyectos que lo solicitan. No usamos la metodología en todos los proyectos ya que en proyectos pequeños no vale la pena la inversión de tiempo y de recursos.

¿Cómo se utiliza la metodología?

R./ La metodología se utiliza principalmente para facilitar la visualización de un proyecto. Los modelos en 3D ayudan a entender mejor un proyecto y desde el punto de vista estructural permite identificar los principales elementos que conforman una construcción del tipo que sea. Todos nuestros proyectos cuentan con un nivel de detalle LOD 300 en cuanto a la volumetría de estos. Esto aplica para muros, columnas, cimientos, topografía, estructuras metálicas, etc.

La metodología también la hemos utilizado para planificar, y para presupuestos. Sin embargo, esto depende mucho de los requerimientos del cliente. En el caso de nuestra empresa, tenemos 3 dibujantes / modeladores los cuales tienen se han desarrollado en estas áreas pero también han tenido el contacto con el campo. Esto es sumamente importante pero también es muy difícil de encontrar. Un ingeniero no puede hacer el trabajo de un modelador ya que su formación implica otras responsabilidades, pero un modelador debe estar en la capacidad de entender las forma en la que se desarrollan los proyectos constructivamente hablando.

3.2. Transmisión de la información

¿Cómo es el proceso de compartir la información generada con la metodología BIM con el cliente?

R./ Sin duda alguna la información es el principal producto que se genera con la aplicación de esta metodología. Sin embargo, la calidad de la información depende mucho del cliente. Actualmente no hay estándares para que los clientes entiendan que tan profundo se quiere o se debe utilizar la metodología. Y si los problemas actuales están desde las etapas iniciales de un proyecto, es muy probable que se continúen prolongando a lo largo del ciclo de vida de un proyecto constructivo.

 LOGO ING ESTRUCTURAL	LOGO INGENIERÍA ESTRUCTURAL Sistema de Gestión de Calidad		Código: ENT-004
	Nombre del Documento: FORMATO PARA LA REALIZACIÓN DE ENTREVISTAS		Versión: V001
			Fecha de aprobación: 31/05/2024
			Página 8 de 8

El proceso de transmisión de la información es algo que, junto al detalle de la misma, debe estar clara desde las etapas iniciales de los proyectos. Existen muchas formas de transmitir la información desde enviarla por medio de un correo, lo cual no se ajusta a la metodología BIM, hasta los modelos de datos abiertos con el formato IFC. Todo depende de lo que el cliente solicite y creo que debe existir un estándar para evitar que se pierda información en el camino.

3.3. Desafíos actuales

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta la empresa en términos de metodología BIM?

R./ Creo que actualmente el principal problema es que las personas que están a cargo de la toma de decisiones no crecieron con BIM y por lo tanto no le ven la utilidad. Se necesita un cambio de paradigma y de manera lamentable ese cambio probablemente tome dos generaciones de ingenieros para poder aprovechar el 100% de las ventajas que ofrece la metodología.

Estandarizar la información también es importante ya que actualmente se está muy a la libre en la forma en la que se debe aplicar la metodología. Es necesario que se centralice la información y definir procesos y procedimientos que ayuden a las empresas de consultoría estructural y constructoras en general a integrarse de manera efectiva.

Más allá de las empresas de consultoría estructural, BIM se debe ver de forma integral. Y esto no solo incluye a las constructoras o a las empresas electromecánicas. Esto involucra a todos los equipos de trabajo, desde los maestros de obra hasta los directores de proyecto. De nada sirve que gerentes tomen la decisión de aplicar la metodología BIM, si al final un maestro de obras no puede utilizar el modelo por falta de experiencia o por falta de recursos. Para poder aprovechar los beneficios que ofrece la metodología se necesita que todas las partes estén en la misma página. BIM no solo son modelos tridimensionales.

Los principales desafíos actuales que se presentan al utilizar la metodología BIM son el tiempo que se requiere para poder desarrollar modelos con información de calidad que verdaderamente tenga un aporte en los proyectos. La capacitación de las personas que deben realizar estos modelos es otro de los desafíos. Y por último la inversión de recursos monetarios.

Todos los desafíos mencionados son solucionables, pero como mencioné anteriormente, esto requiere tiempo y un cambio en la percepción del BIM por parte de todo el gremio. Es fundamental que no se vea simplemente como un requisito más de los proyectos, sino como una herramienta integral que mejora la eficiencia y la calidad en todas las etapas del proceso constructivo.

-- Última línea --