



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE PROYECTO ESTRUCTURAL DE LA SEDE DEL MINISTERIO PÚBLICO DE LIMA NORTE EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIM”

Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Rixser Soler Espinoza

**Asesor:**

Mg. Ing. Paolo Macetas  
Porras

Lima – Perú

2018

## **APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachiller **Rixser Soler Espinoza**, denominada:

**“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE PROYECTO ESTRUCTURAL DE LA SEDE DEL MINISTERIO PÚBLICO DE LIMA NORTE EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIM”**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**ASESOR**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

**PRESIDENTE**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

## DEDICATORIA

Dedico a Dios por que guía nuestro camino, a mi familia por su comprensión y aliento para lograr estos objetivos, ha demandado mucho tiempo sin estar con ellos, dedico a mi alma mater Universidad Privada del Norte.

## AGRADECIMIENTO

Aprovecho esta oportunidad para agradecer al asesor por su constante apoyo sin ello no hubiera sido posible la elaboración del presente trabajo.

Agradezco a toda mi familia que siempre inculcaron en mí sabios consejos.

Agradezco al Ing. John Paul Collazos Campos, Ing. Mauricio Portocarrero Guzmán, que estuvieron prestos para apoyarme en las consultas y/o entrevistas realizadas.

También quiero agradecer a la casa de CYPE Ingenieros Perú-España, por otorgarme la licencia temporal sin ello no hubiera sido posible la elaboración del presente y al Ingeniero Angel Soriano Ipanaqué, de Cype Ingenieros Perú, que estuvo como asesor, presto para apoyarme y absolver consultas durante el proceso de elaboración del presente trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. Antecedentes .....	13
1.2. Realidad Problemática .....	14
1.3. Formulación del Problema .....	16
1.3.1. <i>Problema General</i> .....	16
1.3.2. <i>Problema Especificos</i> .....	16
1.3.2.1. <i>Problema específico 01</i> .....	16
1.3.2.2. <i>Problema específico 02</i> .....	16
1.4. Justificación .....	16
1.4.1. <i>Justificación Teórica</i> .....	16
1.4.2. <i>Justificación Práctica</i> .....	17
1.4.3. <i>Justificación Cuantitativa</i> .....	17
1.4.4. <i>Justificación Académica</i> .....	17
1.5. Objetivo .....	18
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	18
1.5.1.1. <i>Objetivo específico 1</i> .....	18
1.5.1.2. <i>Objetivo específico 2</i> .....	18
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1. Gestión de proyecto .....	19
2.2. Implementación del BIM.....	19
2.3. Ciclo de vida del proyecto BIM .....	23
2.4. Niveles del BIM .....	23
2.5. Modelo paramétrico .....	25
2.6. Análisis y Diseño Estructural. ....	26

2.7.	Políticas de implementación .....	26
2.8.	Herramientas BIM .....	27
2.9.	Documentación. ....	28
2.10.	Productividad con BIM .....	28
2.11.	Open BIM .....	29
2.12.	BIMserver.center .....	30
2.13.	Definición de términos básicos .....	32
<b>CAPÍTULO 3. DESARROLLO .....</b>		<b>35</b>
3.1.	Desarrollo del objetivo específico 1. ....	35
	3.1.1. <i>Identificación de inconsistencias de la documentación consideradas del proyecto</i> <i>estructural.</i> ....	35
	3.1.2. <i>Gestión del Proyecto Estructural con la Implementación con BIM</i> .....	38
	3.1.2.1. <i>Diseño Arquitectónico BIM con ICFbuilder de la Sede Lima Norte</i> .	39
	3.1.2.2. <i>Importación del Modelo Arquitectónico IFC a la Nube</i> .....	43
	3.1.2.3. <i>Análisis y modelado estructural con BIM</i> .....	45
	3.1.3. <i>Reducción de las inconsistencias consideradas en la documentación.</i> .....	66
3.2.	Desarrollo de Objetivo Específico 2 .....	71
3.3.	Desarrollo del Objetivo General .....	79
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>		<b>84</b>
4.1.	Resultado del Objetivo Específico 1 .....	84
4.2.	Resultado del Objetivo Específico 2 .....	84
4.3.	Resultado del Objetivo General .....	85
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>86</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>87</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>88</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>90</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n° 1 Inconsistencias de la documentación consideradas del proyecto estructural.....	36
Tabla n° 2 Reducción de las inconsistencias consideradas. ....	66
Tabla n° 3 Promedio en días en la Gestión de proyecto estructural tradicional conforme a la modificación arquitectónica considerada. ....	72
Tabla n° 4 Resultados de inconsistencias de la documentación consideradas .....	84
Tabla n° 5 Reducción de tiempos con BIM frente a la modificación arquitectónica .....	84
Tabla n° 6 Mejora de gestión estructural con la implementación BIM de la Sede Lima Norte.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n° 1 La metodología BIM, una realidad en todo el mundo.....	20
Figura n° 2 BIM, en Latinoamérica.....	21
Figura n° 3 Aumento de los costos debidos a un cambio de diseño y su capacidad de controlarlos	21
Figura n° 4 Diagrama BIM BAM BOOM!.....	22
Figura n° 5 Aspecto económico del BIM.....	22
Figura n° 6 Ciclo de Vida de una Edificación.....	23
Figura n° 7 Niveles del BIM.....	24
Figura n° 8 Dimensiones del BIM.....	25
Figura n° 9 Modelo paramétrico.....	25
Figura n° 10 Herramientas BIM.....	28
Figura n° 11 Influencia y Grado del diseño – Productibilidad.....	29
Figura n° 12 Open BIM, propuesto por CYPE Ingenieros.....	30
Figura n° 13 Presentación BIMserver.center.....	31
Figura n° 14 Ubicación del proyecto Lima Norte.....	35
Figura n° 15 Proyecto Sede MP de Lima norte Vista 3D.....	36
Figura n° 16 Plano de cimentación E-04.....	37
Figura n° 17 Columna L considerado en el desde el 1er nivel.....	37
Figura n° 18 Diseño de la Columna 2.....	38
Figura n° 19 Presentación Cype Ingeniero.....	39
Figura n° 20 IFC Builder para la creación y mantenimiento de modelos IFC de edificios.....	40
Figura n° 21 Importación de plantillas dwg a ICF Builder.....	41
Figura n° 22 Plantilla importada de la sede lima norte dwg a ICF Builder.....	41
Figura n° 23 Proceso de diseño arquitectónico en 3D Sede Lima Norte.....	42
Figura n° 24 Diseño de las puertas, ventanas sede Lima norte.....	42
Figura n° 25 Diseño arquitectónico los sótanos y los niveles de la sede Lima Norte en ICF Builder	43
Figura n° 26 Conectado a BIMserver.center.....	43
Figura n° 27 Visualización del proyecto arquitectónico en BIMserver.center.....	44
Figura n° 28 Plantillas dwg cargados en BIMserver.center.....	44
Figura n° 29 Creando el proyecto en CypeCad.....	45
Figura n° 30 Aceptando la Importación de modelo BIM en CypeCad.....	46
Figura n° 31 Proyecto sede lima norte BIMserver.center en CYPECAD.....	46
Figura n° 32 Importación del modelo BIM a CYPECAD.....	47
Figura n° 33 Configuración de datos generales en CYPECAD.....	48
Figura n° 34 Configuración de Normativas para el proyecto estructural.....	49

Figura n° 35 F'c Considerada para el Hormigón .....	49
Figura n° 36 Configuración de acero por posición .....	50
Figura n° 37 Configuración de acero para columnas, muros, vigas, losas, y fundación. ....	50
Figura n° 38 Configuración de los diámetros para columnas, longitudinales y transversales.....	51
Figura n° 39 Configuración de los armados longitudinales y transversales de las columnas. ....	51
Figura n° 40 Configuración del recubrimiento para la columna. ....	52
Figura n° 41 Armaduras de las columnas .....	52
Figura n° 42 Armadura para pantallas y muros .....	53
Figura n° 43 Opciones para armado de estribos .....	53
Figura n° 44 Tabla de armados para vigas .....	54
Figura n° 45 Configuración sísmica 01 .....	55
Figura n° 46 Configuración sísmica 02 .....	55
Figura n° 47 Espectro de cálculo .....	56
Figura n° 48 Configuración de norma E.20 .....	56
Figura n° 49 Configuración para la aplicación de la normativa peruana en CypeCad .....	57
Figura n° 50 Configuración de categoría de uso, carga viva y carga muerta .....	57
Figura n° 51 Selección de columnas .....	58
Figura n° 52 Diseño de columnas con secciones irregulares .....	58
Figura n° 53 Ubicación de las columnas .....	59
Figura n° 54 Distribución de las columnas, placas y muro perimétrico de sótano .....	59
Figura n° 55 Diseño de las Vigas .....	60
Figura n° 56 Selección de la losa .....	60
Figura n° 57 Configuración de dimensiones de la losa .....	61
Figura n° 58 Diseño de vigas y losas piso 6 .....	61
Figura n° 59 Diseño de vigas y losas primer sótano .....	62
Figura n° 60 Modelo 3D de las configuraciones consideradas de la estructura .....	62
Figura n° 61 Modelo analítico y físico del proyecto Sede Lima Norte .....	63
Figura n° 62 Listados para la memoria de cálculo estructural y metrados .....	63
Figura n° 63 Plano de escalera proyecto Sede Lima Norte .....	64
Figura n° 64 Cuantía de obra del proyecto Sede Lima Norte .....	64
Figura n° 65 Proyecto Sede Lima Norte con los elementos estructural en BIM .....	65
Figura n° 66 Espectro elástico de aceleraciones y espectro de diseño de aceleraciones .....	67
Figura n° 67 Centro de masas, centro de rigidez, excentricidades de cada planta y su gráfica .....	68
Figura n° 68 Empujes perimetral de los muros de sótano 01 .....	69
Figura n° 69 Empujes perimetral de los muros de sótano 02 .....	69
Figura n° 70 Visualización del diseño de todas las columnas .....	70
Figura n° 71 El diseño de la columna irregular coincide con el armado .....	70

Figura n° 72 Diseño arquitectónico modificado en IFCbuilder 01 .....	72
Figura n° 73 Diseño arquitectónico en 3D modificado en IFCbuilder 02 .....	73
Figura n° 74 Diseño arquitectónico modificado en la Nube .....	73
Figura n° 75 Actualización del modelo BIM en Cype CAD .....	74
Figura n° 76 Selección de la columna circular en Software BIM .....	74
Figura n° 77 Modelo 3D de las columnas consideradas en el modelo .....	75
Figura n° 78 Vista 3D de la columna circular .....	75
Figura n° 79 Despiece de la columna circular y el metrado.....	76
Figura n° 80 Despiece de la columna exportada en CAD .....	76
Figura n° 81 Listado de la comprobación del pilar C9 -01 .....	77
Figura n° 82 Parte del listado de la comprobación del pilar C9 - 02.....	78
Figura n° 83 Propuesta de Gestión del proyecto Estructural con BIM de la Sede Lima .....	79
Figura n° 84 Modelo analítico y modelo físico estructural de la Sede Lima Norte .....	80
Figura n° 85 Listados para la memoria de cálculo estructural .....	81
Figura n° 86 Listados de la Justificación sísmica.....	81
Figura n° 87 Parte del listado de la justificación sísmica .....	82
Figura n° 88 Parte de los planos de planta de lima norte con BIM.....	82
Figura n° 89 Planos de escaleras de Lima norte con BIM.....	83

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo en proponer la mejora en la gestión del proyecto estructural de la Sede del Ministerio Público de Lima Norte, con la implementación del BIM (Building Information Modeling), para tal fin se ha realizado diferentes actividades de cómo reducir las inconsistencias en la documentación consideradas del proyecto estructural con el uso del software BIM, como también en reducir en número de días la gestión del proyecto estructural con BIM y sin BIM (Sistema tradicional) frente a una modificación arquitectónica.

Con la aplicación BIM accedió obtener mejoras en la en la gestión del proyecto estructural tales como, obtener un flujo de trabajo colaborativo, obtención aparte del modelo analítico obtener un modelo físico de la estructura y obtener de forma automatizada la Documentación, también se ha logrado reducir las inconsistencias en la documentación consideradas del proyecto estructural con el uso de software BIM al 0%, y en la gestión del proyecto estructural frente a una modificación arquitectónica con BIM permitió en promedio reducir en 3 días con respecto a un trabajo tradicional.

Lo antes descrito se detalla en el desarrollo del presente, dando los resultados, conclusiones y seguidamente se dan las recomendaciones para la implementación del BIM.

El presente sirve como propuesta para la implementación del BIM en la gestión del proyecto de la especialidad de estructuras.

## ABSTRACT

The present investigation has as objective to propose the improvement in the management of the structural project of the Office of the Public Prosecutor of Lima North, with the implementation of the BIM (Building Information Modeling), for this purpose it has carried out different activities of how to reduce the inconsistencies in the documentation considered of the structural project with the use of the BIM software, as well as in reducing in number of days the management of the structural project with BIM and without BIM (Traditional System) in front of an architectural modification.

With the application BIM agreed to obtain improvements in the management of the structural project such as obtaining a collaborative workflow, obtaining apart from the analytical model, obtaining a physical model of the structure and obtaining the Documentation in an automated way, it has also been possible to reduce the inconsistencies in the documentation considered of the structural project with the use of BIM software at 0%, and in the management of the structural project against an architectural modification with BIM allowed on average to reduce in 3 days with respect to a traditional work.

The above described is detailed in the development of the present, giving the results, conclusions and then the recommendations for the implementation of the BIM are given.

The present serves as a proposal for the implementation of the BIM in the management of the project of the specialty of structures

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio Público a través de la Gerencia de Estudios de la Gerencia Central de Infraestructura, busca la excelencia en la gestión de proyectos de infraestructura para las sedes y las divisiones médicos legales con la mejora continua, razón a ello para lograr los objetivos es necesario implementar nuevas tecnologías y/o herramientas que logren el fortalecimiento de la gestión en materia de Infraestructura.

En ese sentido, se propone la implementación del BIM (Building Information Modeling) en la gestión del proyecto de construcción en el que trae consigo mejoras de gestión en el proceso de diseño, construcción, operación, remodelación y hasta la demolición, de acuerdo a las experiencia británicas, los Estados Unidos y otros países que desarrollan sus proyectos bajo esta metodología, e inclusive en algunos países son obligatorias en sus infraestructuras públicas.

En el presente trabajo se va desarrollar la aplicación del BIM como propuesta para la mejora de la gestión del proyecto estructural denominada: "Mejoramiento de la Prestación de Servicios de las Fiscalías Penales de la Sede Central del Distrito Fiscal de Lima Norte en el Marco de la Implementación del Nuevo Código Procesal Penal", reducir las inconsistencias de la documentación consideradas del proyecto estructural con el uso de software BIM y reducir en número de días la gestión del proyecto estructural frente a una modificación arquitectónica con BIM.

### 1.1. Antecedentes

El Ministerio Público es un organismo autónomo del Estado que tiene como funciones principales la defensa de la legalidad, de los derechos ciudadanos y de los intereses públicos; la representación de la sociedad en juicio, para los efectos de defender a la familia, a los menores e incapaces y el interés social, así como para velar por la moral pública; la persecución del delito y la reparación civil.

A través de la Gerencia de Estudios, como unidad orgánica se encarga de la elaboración de estudios definitivos y/o proyectos de infraestructura para el Ministerio Público, depende de la Gerencia Central de Infraestructura.

Los proyectos de infraestructura del Ministerio Público se vienen desarrollando de forma tradicional.

Mediante, Contrato de Servicio de Consultoría de Obra N° 08-2016 de fecha 14 de Octubre de 2016, se firma con el Consorcio Diseños Integrales para la elaboración de Expediente Técnico del proyecto mención en la introducción, SNIP 139153. El consultor en el proceso de desarrollo, en la gestión del proyecto estructural, el análisis y modelado estructural para vigas, columnas y verificación de placas, desarrolló con el software EngSolutions RCB Versión 8.4.2, para el diseño de las losas emplearon hojas de cálculo en Excel y el programa SAFE, y para los planos CAD 2D. A esta forma de trabajo o gestión del proyecto estructural se puede mencionar que es una forma de trabajo tradicional.

Por otra parte, a fin de impulsar la implementación del BIM en nuestro país, se creó el Comité BIM del Perú - 2012, el cual pertenece al Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICD) de la Cámara Peruana de la Construcción CAPECO, algunas de las Empresas integrantes del comité BIM Perú son: Graña y Montero, Cosapi, Constructora Aesa, Animedia, DCV Consultores, DHG Arquitectos, entre otros.

Asimismo, la Universidad Nacional de Ingeniería, líder en investigación, ciencia y tecnología del país, el 29 de Agosto del 2014 se crea del primer Laboratorio de Diseño y Construcción Virtual, en las instalaciones del Departamento Académico de Construcción de la UNI en la Facultad de Ingeniería Civil.

## 1.2. Realidad Problemática

La gestión de los proyectos de edificación se puede observar que no están automatizados en especial en la gestión pública, cada profesional trabaja por su lado, existe poca comunicación, principalmente en la elaboración de los diseños que representan los guías para la ejecución de las obras, también en la elaboración de los presupuestos, programación de las obras entre otras disciplinas que corresponde para la elaboración de los expedientes técnicos, muchas veces el contratista debe rectificar los diseños y peor aun cuando esta rectificación se realiza en plena ejecución de la obra, dando consigo consultas de obra y/o rectificación de los diseños los cual podrían incidir negativamente en los plazo y costo si estos errores no son detectados a tiempo.

La gestión del proyecto estructural de edificación, con la entrada de datos para el análisis estructural y la salida de resultados del diseño estructural requieren de un trabajo adicional

para la documentación de la elaboración de los planos, metrados, memorias, entre otros, lo cual no están automatizados, provocando inconsistencias y errores entre ellos.

Las múltiples causas de estos errores podrían ser por el mismo error humano cuando nos equivocamos, por ejemplo en los metrados cuando aproximamos, omitimos algunas consideraciones por falta de experiencia en el campo, no consideramos algunos detalles en los planos o simplemente un mal cálculo, el error humano proviene de muchos factores.

La Consultoría Consorcio Diseños Integrales consiente en las inconsistencias de la documentación señalan en las especificaciones técnicas lo siguiente “...en el caso de existir divergencias entre los documentos del proyecto, los planos tienen validez sobre las especificaciones técnicas, metrados y presupuesto, las especificaciones técnicas tienen validez sobre metrados y presupuesto, y los metrados tienen validez sobre los presupuestos...” ., asimismo menciona que “los metrados son referenciales y la omisión parcial o total de una partida no dispensará al contratista...”, (en subrayado es propio), Anexo n° 01.

En la gestión de proyectos estructurales, tradicionalmente son diseñados con diferentes softwares, los planos son elaborados en CAD, requiriendo así de dibujantes para poder alcanzar la fecha de la entrega, las memorias de cálculo son elaboradas manualmente empleando Word, Excel, por otra parte los proyectos estructurales reciben constantes cambios arquitectónicos, los cuales causan retrasos en el diseño estructural, situación que hace inevitable volver a evaluar las afectaciones que provocan, para finalmente considerar las modificaciones planteadas a los modelos.

Los métodos tradicionales de la gestión de proyecto estructural y otras especialidades en 2D, diseños poco detallados, se tornan en herramientas inadecuadas para la gestión de proyectos.

### **1.3. Formulación del Problema**

#### **1.3.1. Problema General**

¿De qué manera se puede mejorar la gestión del proyecto estructural de la edificación de la sede del Ministerio Público de Lima Norte con la implementación del BIM (Building Information Modeling)?

#### **1.3.2. Problema Especificos**

##### **1.3.2.1. Problema específico 01**

¿Cómo reducir las inconsistencias de la documentación consideradas del proyecto estructural de la edificación de la Sede del Ministerio Público de Lima Norte con el uso de Software BIM?

##### **1.3.2.2. Problema específico 02**

¿Cómo reducir el número de días la gestión del proyecto estructural de la edificación de la Sede del Ministerio Público de Lima Norte frente a una modificación arquitectónica con BIM?

### **1.4. Justificación**

La metodología BIM genera ventaja competitiva que permite incorporarse rápidamente a un mercado laboral que innova cada día, actualmente hay una creciente demanda de perfiles de BIM managers, en los proyectos públicos y privados, requieren de profesionales en el dominio de las metodologías BIM para la gestión de los procesos de gestión y producción de proyectos. El BIM trae consigo un beneficio no solo a los profesionales involucrados, sino también el cliente, usuario o dueño del proyecto, con un beneficio económico y como también en que reduce el riesgo de una inversión y crea más expectativas sobre futuros proyectos.

#### **1.4.1. Justificación Teórica**

En la gestión de proyecto que de acuerdo al PMI es uso de conocimientos, habilidades y técnicas para ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente, la metodología BIM, surge como una nueva alternativa, con proyección a establecer una nueva forma de llevar a cabo los proyectos para la edificación y todo proyecto de infraestructura, donde el manejo de la información hoy en día de manera oportuna, eficaz y congruente, se ha vuelto una ventaja altamente competitiva en el ámbito de la ingeniería civil como en muchas otras áreas, es por ello que la innovación que conlleva esta nueva tecnología, permite a los actuales y futuros ingenieros nuevas oportunidades de crecer profesionalmente.

#### **1.4.2. Justificación Práctica**

Con la implementación de la metodología BIM, no solo presenta la compatibilidad de planos de las especialidades de construcción, sino además muestra toda la información para futuras remodelaciones, ampliaciones que podría tener el proyecto. En los proyectos basados en 2D, los involucrados participan aislados, con uso del BIM, permite una integración conjunta de todas las especialidades, impulsa el trabajo colaborativo.

#### **1.4.3. Justificación Cuantitativa**

Con el BIM, se ha de solucionar un gran porcentaje de los altos índices de retraso de las obras de construcción.

Durante el Foro ProEstate para empresas de propiedad internacional en Moscú, Mikhail Menn (Ministro de construcción, vivienda y servicios públicos de Rusia-2016), habría admitido que la "interesante" experiencia británica en la aplicación de tecnologías BIM ha tenido una gran influencia en esta decisión. Afirmó que el uso del BIM por parte del gobierno del Reino Unido ha repercutido en una reducción del 30% del coste de una construcción. En este contexto, Rusia apuesta por la implantación del BIM, teniendo muy claro que "va 100% en la dirección correcta" para el 2019. (Fuente-BIMCommunity "La comunidad que impulsa el BIM en el sector de la construcción"-2016).

#### **1.4.4. Justificación Académica**

Desarrollar esta investigación es sumamente necesario, permite desarrollar múltiples conocimientos técnico, habilidades, de distintas especialidades y en particular en la especialidad de la ingeniería estructural, modelamiento, visualización en 3D del mismo y la descripción técnica sobre el particular, asimismo permite conocimientos para la ejecución del proyecto.

En los centros universitarios de Chile ya se están aplicando cambios a la formación para adaptarse a los nuevos tiempos. Se abordan desde proyectos hasta casos reales que incluyen la aplicación en todas las ramas y disciplinas transformadas por el huracán BIM. Se espera que en los próximos años en Chile cuente con profesionales capacitados para hacer frente a los retos derivados de los cambios de 2020 y 2025. (Bárbara Morales / Jaime Guzmán Delgado- Experta BIM- PLAN BIM/ BIM Manager-Editeca-2018).

En Perú cuenta con Congresos internacional BIM que el encargado de custodiar que año a año se cumplan los estandartes de calidad de esta nueva metodología, así como de apoyar a las empresas para que se beneficien de todas las ventajas que presenta el BIM para la industria peruana. (Christian Cabrera-Ing. Civil /Ing. Eléctrico - Editeca-2018).

## **1.5. Objetivo**

### **1.5.1. Objetivo General**

Mejorar la gestión del proyecto estructural de la edificación de la sede del Ministerio Público de Lima Norte con la implementación del BIM (Building Information Modeling).

#### **1.5.1.1. Objetivo específico 1**

Reducir las inconsistencias de la documentación consideradas del proyecto estructural de la edificación de la Sede del Ministerio Público de Lima Norte con el uso de Software BIM.

#### **1.5.1.2. Objetivo específico 2**

Reducir el número de días la gestión del proyecto estructural de la edificación de la Sede del Ministerio Público de Lima Norte frente a una modificación arquitectónica con BIM

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Gestión de proyecto**

De acuerdo al PMI la gestión de proyecto, es el uso de conocimientos, habilidades y técnicas para ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente. Se trata de una competencia estratégica para organizaciones, que les permite vincular los resultados de un proyecto con las metas comerciales para posicionarse mejor en el mercado. (Fuente PMI, 2013)

Se podría mencionar que la gestión de proyectos es de alcanzar uno o varios objetivos con el uso de conocimientos, habilidades y técnicas.

Graw Hill. Amat, menciona que un proyecto es un emprendimiento temporal diseñado a producir un único producto, servicio o resultado con un principio y un final definidos (normalmente limitado en tiempo, en costos y/o entregables), que es emprendido para alcanzar objetivos únicos y que dará lugar a un cambio positivo o agregará valor. (Fuente-Mc Graw Hill. Amat, O. (1992).

### **2.2. Implementación del BIM**

Cype y Revit manifiestan que la empresa pionera en la aplicación del concepto BIM (Building Information Modeling – Modelado de información de edificación) fue Graphisoft Hungría, que lo implementó con el nombre Virtual Building (Edificio Virtual) desde 1982 en su programa ArchiCAD, reconocido como el primer software de CAD para computadora personal capaz de crear tanto dibujos en 2D como 3D. (Cype Ingenieros- Revit & BIM-2014).

Asimismo, Cype Ingenieros y Revit manifiestan que Autodesk, comenzó utilizar el concepto BIM desde 2002 cuando compró la compañía texana Revit Technology Corporation por 133 millones de dólares inicios de los setenta.

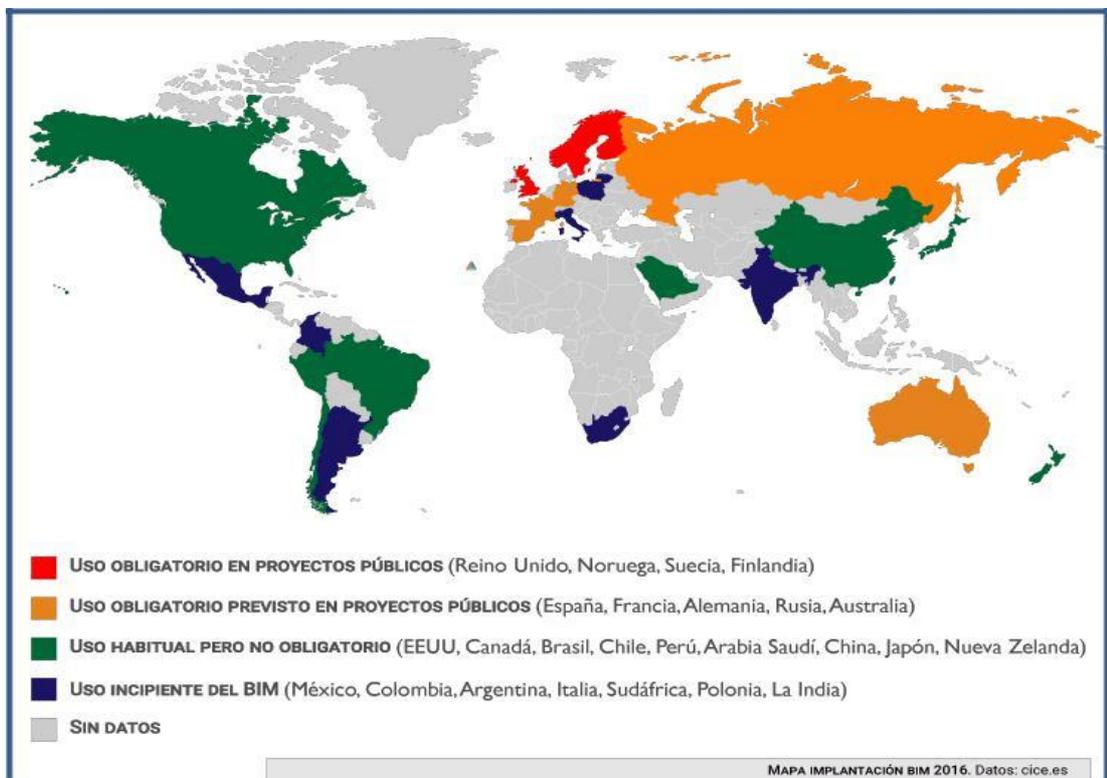
Por otra parte Karen y José en el 2013, en su tesis de maestría, señalan que el éxito de la implementación de BIM radica en el enriquecimiento del modelo por parte de los involucrados, por ello es necesario que exista un responsable (BIM manager), quien tendrá como función principal Organizar el equipo de modeladores BIM recopilar e identificar las interferencias e incompatibilidades detectadas por los modeladores, agendar y convocar a los involucrados a las sesiones de trabajo y establecer los plazos para el cumplimiento. (Karem Ulloa Román y José Salinas Saavedra-2013).

Podría decirse que para la implementación del BIM se requiere un trabajo en equipo, en el cual los proyectistas, ejecutores de obra, arquitectos, ingenieros, proveedores y el cliente trabajan en torno a modelos BIM del proyecto, con herramientas tecnológicas que permiten crear, administrar y gestionar, generando la fuente de información necesaria que pueda ser usada en cualquier etapa del ciclo del proyectos.

Vistas las publicaciones diversas, se puede mencionar que se vienen desarrollando la implementación del BIM, en diversas organizaciones tanto públicas y privadas para sus proyectos de infraestructura, existen iniciativas académicas, planificaciones, requisitos contractuales, propuestas, entre otras actividades como también las competencias, la resistencia al cambio, los cuales requieren de decisiones personales y/o políticas.

Como podemos visualizar en la figura n°1 el BIM en el mundo, gracias a la escuela profesional de nuevas tecnologías, en algunos países el uso del BIM es obligatorio en sus proyectos públicos, y en nuestro país el BIM es de uso habitual pero no obligatorio.

*Figura n° 1 La metodología BIM, una realidad en todo el mundo*



*Fuente: Mapa Implementación BIM Datos: cice.es (2016)*

También gracias a la escuela de diseño e ingenierías Editeca, podemos ver cómo está el BIM en Latinoamérica. (Editeca -2018).

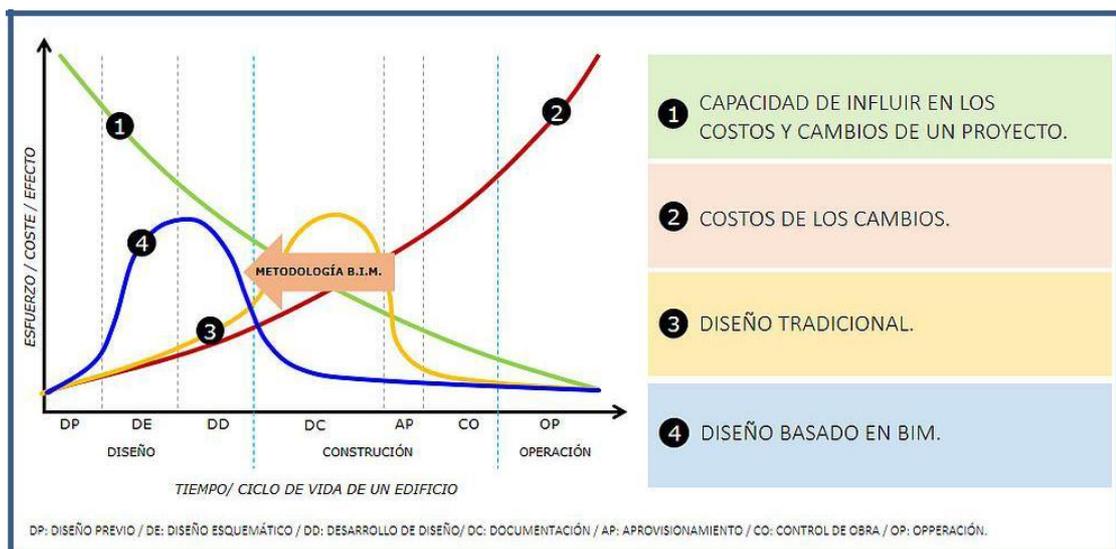
Figura n° 2 BIM, en Latinoamérica



Fuente: Editeca- (2018)

Como podemos visualizar en la figura n°3 gracias a la Curva de Patrick MacLeamy, donde en el marco de la convención nacional de 2005 del AIA (American Institute of Architects), presentó el gráfico universalmente conocido como la "curva MacLeamy". Esto demuestra que las decisiones tomadas al principio del proyecto durante la fase de proyecto se pueden realizar a bajo costo y con grandes beneficios.

Figura n° 3 Aumento de los costos debidos a un cambio de diseño y su capacidad de controlarlos



Fuente: Curva de Patrick "MacLeamy", "Integrated Project Delivery", (2005)

En los años 2010 Patrick MacLeamy, al concepto del BIM tiende a englobar o a dividir en varios procesos o áreas como es BIM BAM BOOM!, la primera BIM es donde se desarrolla el proyecto, BAM tiene que ver con el assembly o construcción y BOOM! Tiene que ver con la operación y mantenimiento, resaltando que a lo largo de la vida útil de una edificación se invierte en BIM 1 \$, en BAM 20\$ y en el BOOM! 60 \$, figura n° 4.

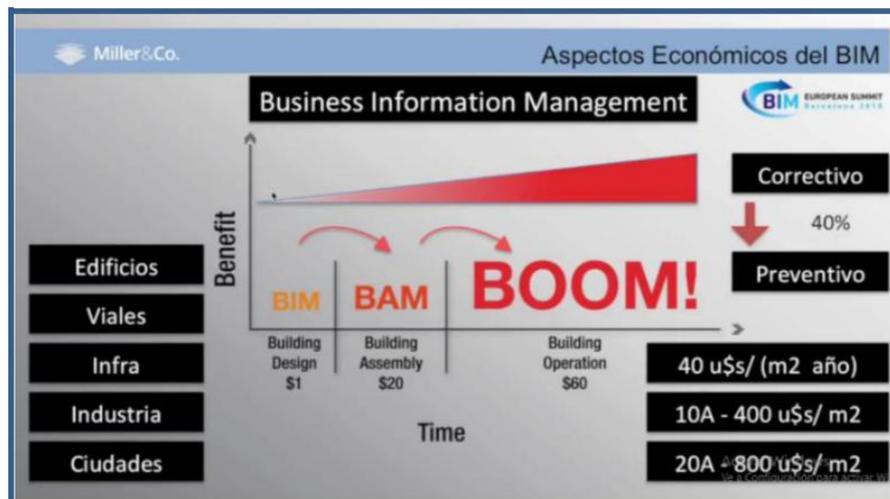
Figura n° 4 Diagrama BIM BAM BOOM!



Fuente: Patrick “MacLeamy” (2010)

Actualmente Miller&Co – Ing. Fabián Calcagno, mencionan que el BIM además de utilizarse en edificios se está utilizando en obras viales, infraestructura, industria y ciudades, en el que aparece un nuevo concepto llamado Business Information Management “Gestión de información empresarial”, donde BIM sistematiza ordena: personas, procesos y herramientas figura n° 05.

Figura n° 5 Aspecto económico del BIM

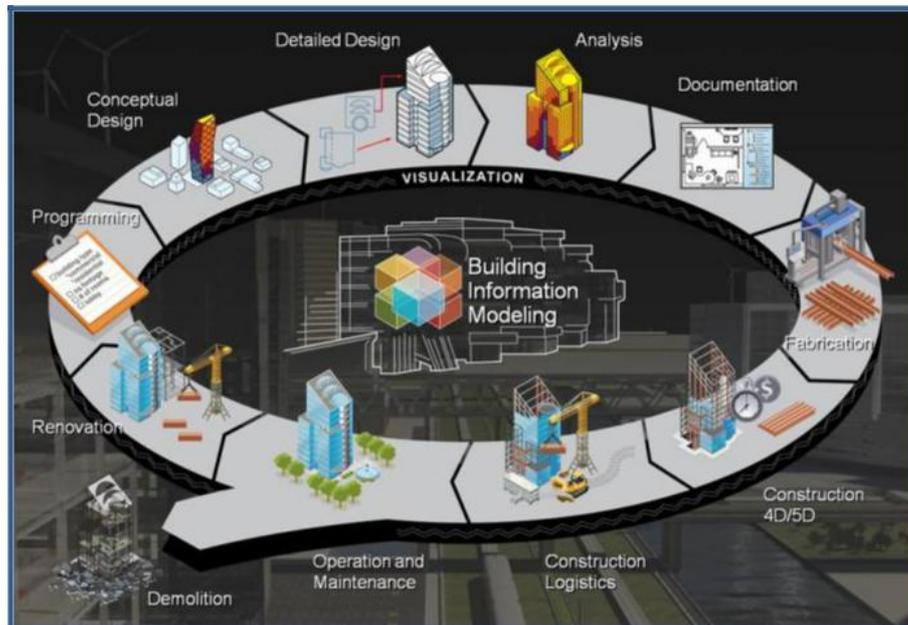


Fuente: Miller&Co – Ing. Fabián Calcagno (2018)

### 2.3. Ciclo de vida del proyecto BIM

Autodesk, menciona que el ciclo de vida de un proyecto de construcción está constituido por las etapas que atraviesa una edificación desde su concepción hasta el fin de su vida útil, donde presenta un diagrama en un video titulado “BIM for the Building Lifecycle”-2012, figura n°6, podemos visualizar cómo el BIM implica en todo el ciclo de vida de la edificación o infraestructura.

Figura n° 6 Ciclo de Vida de una Edificación



Fuente: AUTODESK®, (2012)

### 2.4. Niveles del BIM

Los niveles de madurez y desarrollo de BIM han sido ampliamente discutidos por distintos autores.

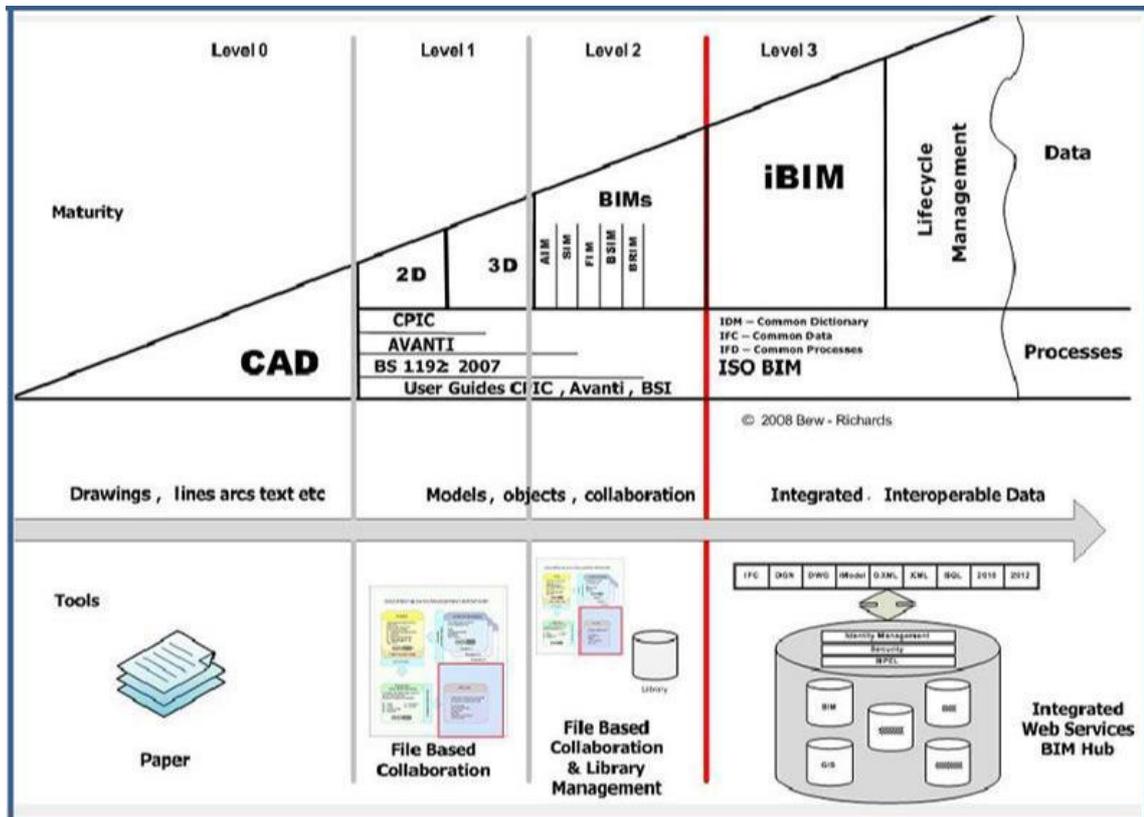
Bew y Richards 2008, manifiestan que BIM Maturity Model es el modelo más utilizado en la industria o en las organizaciones y es el adoptado por el Reino Unido. Este modelo identifica el “Nivel 0” como aquel en el que se utiliza todavía el CAD como sustituto de los planos tradicionales en papel. El “Nivel 1” comienza con la introducción de prácticas para la gestión de la producción, la distribución y la calidad de la información de la construcción, incluyendo los generados por sistemas CAD, usando un proceso normalizado para la colaboración. El “Nivel 2” supone la gestión con herramientas BIM de entornos 3D de las distintas disciplinas

del proyecto y los datos asociados. Por último, el “Nivel 3” supone la integración de los datos en servicios web que permitan la colaboración y la interoperabilidad, figura n° 7. (Bew y Richards 2008).

Tanto el nivel 2 como el 3, presentan implicaciones contractuales que están siendo objeto de mucha atención en distintos estudios científicos y técnicos (Olatunji, 2011).

Este nuevo contexto de gestión de proyectos centrado en un modelo único ha dado lugar a lo que se denominan las dimensiones BIM los cuales se muestran en las figuras n°08.

Figura n° 7 Niveles del BIM



Fuente: Bew and Richards Maturity Diagram (2008)

Figura n° 8 Dimensiones del BIM



Fuente: SEYCSA (2016)

## 2.5. Modelo paramétrico

Un modelo paramétrico es una representación digital de un objeto a la cual se le ha incorporado reglas, características y definiciones que determinan el modo en que los elementos componentes del modelo se relacionan entre sí en el espacio virtual (Eastman et al., 2008). Figura n°09.

Figura n° 9 Modelo paramétrico



Fuente: [tecnologiabim.es](http://tecnologiabim.es) (2018)

El modelo paramétrico debe incluir información sobre el comportamiento de sus componentes como propiedades mecánicas, eléctricas, lumínicas, secuencias de construcción e instalación, materiales, dimensiones, relaciones entre elementos (jerarquía de parámetros), etc. (Vandezande, 2011).

Como se puede visualizar el modelo paramétrico está integrada todas las características de los diferentes especialidades, en que permitirá realimentar consecutivamente de acuerdo a las observaciones por todos los involucrados del proyecto.

## **2.6. Análisis y Diseño Estructural.**

Max (2013) señala que en el análisis y diseño estructural en BIM, se realimenta el modelo general para efectuar en él sus modificaciones pertinentes, resultado del análisis y diseño estructural, que finalmente redundará en la definición de secciones transversales definitivas de elementos de concreto, sus armados de refuerzo, perfiles estructurales metálicos, etc. Posteriormente, en esta misma etapa, se incorporan los sistemas mecánicos, eléctricos y de saneamiento, agregando también los detalles arquitectónicos y de acabados, para tener por último la revisión de posibles obstrucciones en intersecciones de la estructura con las instalaciones y completar el modelo.(Max Christopher Mucio Juarez-2013).

Asimismo Max, indica que el modelo de diseño detallado se incorporan los aspectos relacionados con la idealización del comportamiento estructural de la edificación, se consideran las acciones y sus combinaciones a las que se someterá la estructura en base a su probabilidad de ocurrencia, tomando en cuenta también el tipo de análisis aplicable a cada caso particular, para con ello determinar elementos mecánicos, esfuerzos y deformaciones que son la base para el diseño estructural, realizando en su caso las modificaciones necesarias al modelo, para obtener una estructura óptima, que cumpla con los parámetros de funcionalidad, seguridad y economía requeridos, teniendo en cuenta siempre la reglamentación y/o normativas de acuerdo al lugar y a las especificaciones del proyecto.

## **2.7. Políticas de implementación**

Para plantear mejoras en la gestión de proyectos, debemos tener establecido claramente las políticas organizacionales, los procesos de gestión y los recursos que se requieren para que esto sea posible a fin de poder obtener beneficios con estas mejoras.

Salina y Román 2014, señala que en vista de la situación actual en la que se encuentra la industria de construcción (servicio de proyectistas, normas, estándares, procesos) en relación al tema de la implementación BIM, no se puede pretender que una empresa alcance directamente el estado 3, o nivel 3, proponen también que primero se debería comenzar a trabajar en los estados 1 y 2 para posteriormente pasar a estados más superiores. Es decir, cada estado debe ser un pre-requisito para poder alcanzar los siguientes niveles. En base a la experiencia que ya cuenta la empresa Marcan en el uso del modelo BIM, la propuesta de mejora está enfocada en el nivel 2 (Colaboración basada en el modelo). (Salinas, J. R. & Ulloa Román, K. A. -2014).

También mencionan que las organizaciones deben dar un giro de 360° al implementar BIM. Se tiene que pensar en la creación de un área conformada por profesionales comprometidos y convencidos de que se puede mejorar la gestión de los proyectos, para lo cual se requiere capacitar a un equipo en el manejo de herramientas tecnológicas, así mismo sensibilizar a los proyectistas y proveedores estratégicos en el conocimiento y la importancia de BIM como medio para mejorar la productividad, reducir los retrabajos y mejorar los tiempos en el diseño y construcción.

## **2.8. Herramientas BIM**

Para la aplicación de esta metodología BIM hoy es ofrecida por diferentes proveedores tecnológicos múltiples de herramientas como: Bocad, Tekla, Nemetschek, Sigma Design, StruCad de AceCad Software, Bentley Systems, AVEVA Solutions, SketchUp, R Graphisoft, ACCA software, sds/2 por Design Data (líder en ingeniería de detalle), Dlubal Software, Cype Ingenieros S.A, Revit, Archicad, entre otros, figura n° 10.

Figura n° 10 Herramientas BIM



Fuente: Elaboración propia

## 2.9. Documentación.

Max Christopher en el 2013 señala que en el proceso BIM se contempla la generación de la información de salida que se obtiene del modelo de información para la edificación, la cual se obtiene de manera instantánea y coordinada, puesto que toda la información viene de una sola fuente, siendo su manipulación muy sencilla, pudiendo de ella obtener planos, especificaciones para fabricantes, cuantificación de obra, programa de obra, plan de secuencia de montaje, paseos virtuales realistas, diseño de maquetas e informes sobre los cálculos realizados y en sí, todo lo necesario para la correcta ejecución coordinada del proyecto. (Max Christopher Mucio Juarez-2013).

## 2.10. Productividad con BIM

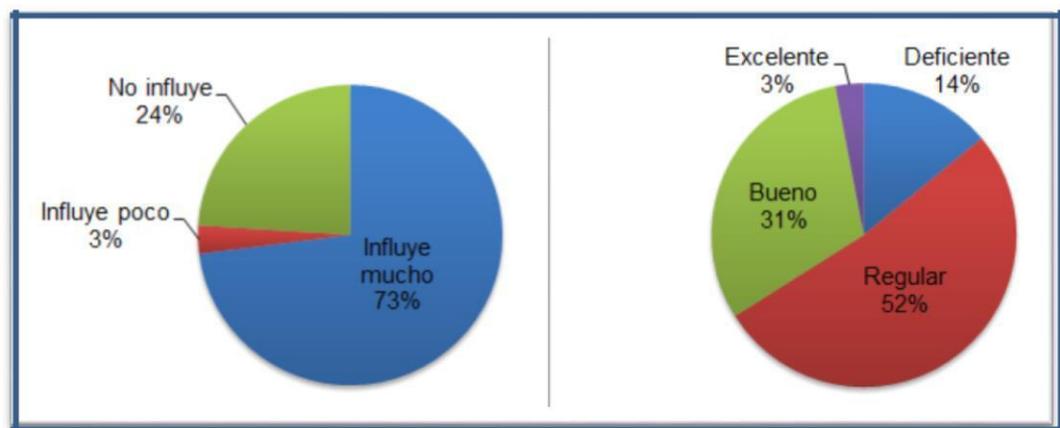
Karem y José (2013), manifiestan que la mayoría de las empresas que los usan señalan que el BIM aumenta la coordinación de los documentos de construcción, señalan que mejora la

productividad, mejora el costo, etc. Además señalan que los clientes les insisten en que usen BIM. (Karem Ulloa Román-José Salinas Saavedra-2013).

En una investigación realizada por Vásquez en el 2006 dónde entrevistó a ingenieros residentes y maestros de obra que laboraban en 65 proyectos de edificación de viviendas en la ciudad de Lima, cuyos resultados se muestran en la Figura n° 11, en la que concluyó que el 73% de los entrevistados percibe que el diseño tiene una gran influencia en la productividad en obra y el 66% de los ingenieros residentes califican el grado de eficiencia de los proyectos como de regular y deficiente. (Vásquez -2006).

*Figura n° 11 Influencia y Grado del diseño – Productibilidad*

*(Izquierda) Influencia del diseño en la productividad en la construcción  
(Derecha) Grado de eficiencia del diseño en los proyectos.*



*Fuente: Vásquez (2006)*

## 2.11. Open BIM

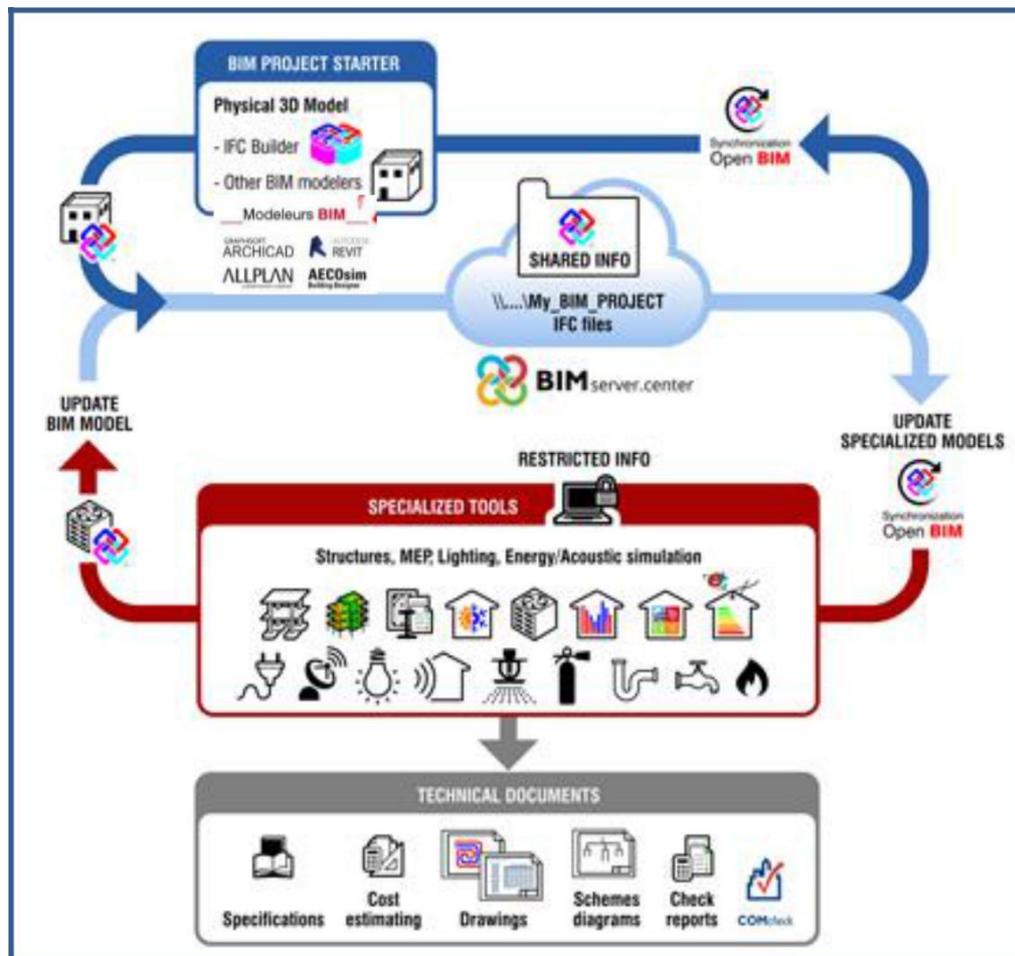
Open BIM es un acercamiento universal al diseño colaborativo, realización y operativa de los edificios basados en flujo de trabajo y estándares abiertos. (Graphisoft-2015)

De acuerdo a Cype Ingenieros Open BIM (2018) es una concepción de un modo de comunicación digital, en el que diferentes aplicaciones compatibles se mantienen interconectados con el modelo y los datos asociados el cual es abierto y colaborativo obteniendo gran cantidad de información, en diferentes formatos, un entorno de trabajo abierto para la compartición de esta información. De acuerdo a Cype Ingenieros con la tecnología Open BIM es posible implantar un flujo de trabajo colaborativo, multidisciplinar y

multiusuario que permite el desarrollo de proyectos de forma abierta, coordinada y simultánea entre los distintos técnicos o agentes intervinientes. (Cype Ingenieros Open BIM -2018)

Como podemos observar en la figura n° 12 el flujo de trabajo Open BIM, propuesto por CYPE Ingenieros, que resuelve de forma colaborativa mediante la resolución progresiva de sus diferentes aspectos o componentes.

Figura n° 12 Open BIM, propuesto por CYPE Ingenieros



Fuente: Cype Ingenieros (2017)

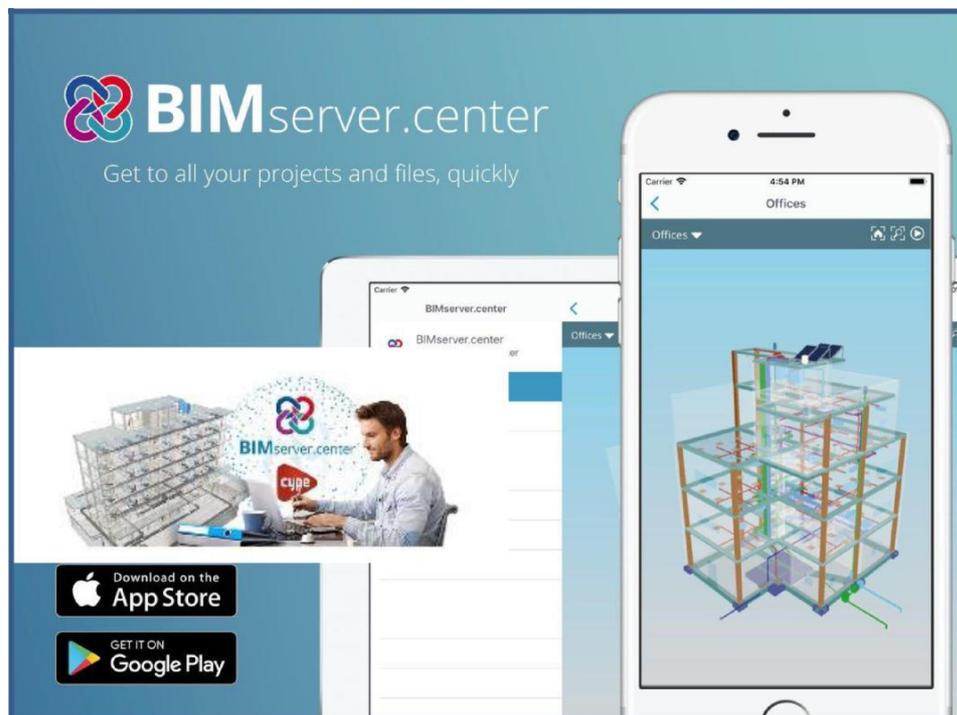
## 2.12. BIMserver.center

De acuerdo a lo manifestado por Cype Ingenieros (2017), BIMserver.center, figura n° 13, es una innovadora plataforma web desarrollada para facilitar el trabajo en equipo coordinado

por una nube de servicios de sincronización para centralizar y gestionar en tiempo real todos los archivos de un proyecto BIM. (Cype Ingenieros, 2017).

Así BIMserver.center para optimizar el flujo de trabajo BIM agiliza las comunicaciones de forma segura entre los actores involucrados en un proyecto, independientemente del software o hardware que esté utilizando.

*Figura n° 13 Presentación BIMserver.center*



Fuente: <https://twitter.com/bimservercenter> (2017)

Desde la versión 2017, todos los programas CYPE, como parte del flujo de trabajo Open BIM, integran una conexión directa a esta plataforma y pueden guardar, sincronizar y compartir archivos en los proyectos BIM de la nube.

Similar a estas plataformas Web en el mercado existen diferentes tales como BIMx, BIM data, Lean BIM, BIM&CO, Ipsum entre otros.

## 2.13. Definición de términos básicos

### 2.13.1 BIM

El National Building Information Modelling, define BIM como una representación de características físicas y funcionales de una instalación. BIM es un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación formando una base confiable para decisiones sobre su ciclo de vida, definido desde la concepción hasta la demolición (NBIMS, 2007,).

Eastman, en el 2011 define BIM como herramientas, procesos y tecnologías que están facilitadas por una documentación digital e inteligible por la máquina acerca de la edificación, su desempeño, su planeamiento, su construcción y su posterior operación. El resultado de una actividad BIM es un modelo de información de la edificación. (Charles M. Eastman, 2011)

Miller&Co BIM y el Ing. Fabian Calcagno, señalan que el BIM es un concepto que sistematiza y ordena Personas, Procesos y Herramientas en un ambiente sinérgico, simultáneo y colaborativo en donde todos los actores, técnicos o no técnicos, miran la Única Base de Datos Conceptual del proyecto en ejecución (Ing. Fabian Calcagno- Miller&Co-2018).

### 2.13.2 Interoperabilidad

Conforme Eastman (2008), señala que el intercambio de información es uno de los pilares que soportan los procesos BIM. Aunque en la bibliografía especializada se encuentran diversas definiciones del término, la definición de interoperabilidad radica en la posibilidad de compartir información entre los involucrados en un proceso BIM ya sea de diseño, construcción, etc. (Fuente: Eastman et al., 2008). (Anexo 02).

En el 2016 Borja Piles, afirma que la interoperabilidad es una de las mayores ventajas que presenta BIM. Se define como la capacidad de comunicación entre programas de diferentes fabricantes, lo cual permite el intercambio y la utilización de información. (Fuente: Borja Piles, 2016)

Podría mencionarse que la interoperabilidad es prerequisite para hacer multidimensional al BIM, tanto la obtención de diseños, análisis estructural, sanitario, eléctrico, eficiencia energética, ventilación, memorias, especificación técnica, cantidades de obra, los costos, requieren de intercambio de información común entre programas especializados para cada tarea.

Las posibilidades no se limitan a los programas producidos por una única compañía de diseño de Software. Hay múltiples Software asociados a BIM que sirven para exportar archivos digitales entre software de diversos fabricantes. De esta forma un modelo paramétrico por ejemplo creado inicialmente en un producto Revit puede ser exportado a Tekla, ArchiCAD, Bentley, Cype Ingenieros, para generarle cambios o hacer otros tipos de análisis.

### **2.13.3 Constructability**

Este término ha sido implementado en Estados Unidos para referirse a proyectos de construcción, cuyo diseño facilita la fase constructiva; por otra parte en Inglaterra se emplea el término “Buildability”. La siguiente definición expresa acertadamente el significado del término: “Constructability es el grado en que el diseño facilita la construcción al tener en cuenta los requerimientos de los métodos constructivos considerando tanto sus posibilidades como sus limitaciones” (Fischer et al., 1996).

Otras definiciones del término adicionan elementos importantes. En términos de habilidad, cuando el diseño facilita la construcción de la obra, el proceso es eficiente, económico y se obtienen los niveles de calidad esperados con los materiales, componentes y sub-ensambles (Ferguson, 1991).

### **2.13.4 IFC**

Industry Foundation Classes (IFC) (Clases de fundamentos de la industria), el cual es una especificación abierta y neutral que no está controlada por un único proveedor o grupo de proveedores podría decirse que es el lenguaje del BIM. (Fuente Bentley-2011).

Es un formato de archivo orientado a objetos con un modelo de datos desarrollado por buildingSMART, anteriormente conocida como Alianza Internacional para Interoperabilidad (IAI), para facilitar la interoperabilidad en la industria de la construcción el cual es un formato comúnmente utilizado para Building Information Modeling (BIM). La especificación del modelo IFC está abierta y disponible. (Bentley-2011).

### **2.13.5 Workflow o flujo de trabajo.**

Según Hollingsworth (1995), define al Flujo de trabajo a la automatización de procedimientos donde se pasan documentos, información o tareas entre los participantes de acuerdo con un conjunto definido de reglas para lograr o contribuir a un objetivo comercial general. Si bien el flujo de trabajo puede organizarse manualmente, en la práctica, la mayoría del flujo de trabajo normalmente se organiza dentro del contexto de un sistema de TI para proporcionar soporte computarizado para la automatización de procedimientos y es en esta área que el trabajo de la coalición está dirigido. (David Hollingsworth, 1995).

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO

### 3.1. Desarrollo del objetivo específico 1.

“Reducir las inconsistencias de la documentación consideradas del proyecto estructural de la edificación de la Sede del Ministerio Público de Lima Norte con el uso de Software BIM”.

Para lograr a conseguir el objetivo específico 1 se realizaron las siguientes actividades.

#### 3.1.1. Identificación de inconsistencias de la documentación consideradas del proyecto estructural.

El proyecto de la sede del Ministerio Público se encuentra ubicado la Av. Carlos Izaguirre 176, Distrito de Independencia, Provincia de Lima, Departamento de Lima, figura n°14.

*Figura n° 14 Ubicación del proyecto Lima Norte*



*Fuente: Google Gearth (2018)*

El proyecto de edificación consta de 17 pisos y 03 Sótanos, en un área total de terreno de 1822.372m<sup>2</sup>. Figura n°15.

Figura n° 15 Proyecto Sede MP de Lima norte Vista 3D



Fuente: Estudios preliminares Ministerio Público (2018)

Mediante el cuadro siguiente se mencionan las inconsistencias consideradas de la documentación del proyecto estructural de la edificación de la Sede del Ministerio Público de Lima Norte, es cierto que estas inconsistencias se pueden solucionar de manera tradicional o manual, el objetivo es como con el uso de Software BIM son resueltas y ver de qué manera contribuyen en la gestión del proyecto estructural.

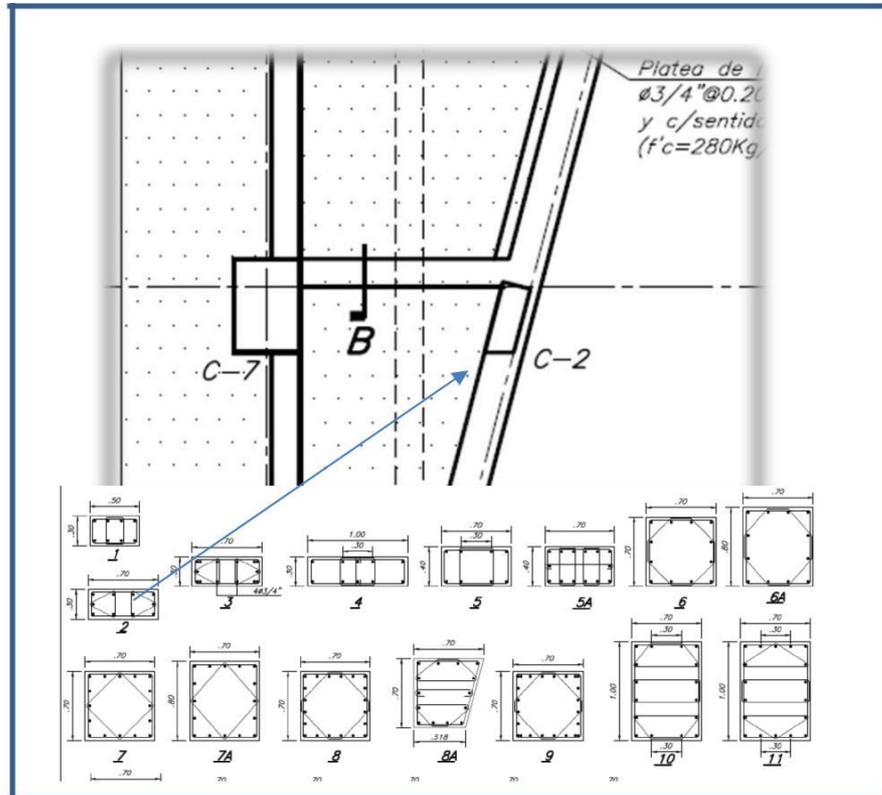
Tabla n° 1 Inconsistencias de la documentación consideradas del proyecto estructural.

N° Inconsistencias de la documentación consideradas proyecto estructural de la edificación de la Sede del Ministerio Público de Lima Norte elaborado por el Consorcio	
<b>01</b>	<b>En la memoria de cálculo</b>
	<p>1.1. No muestra el espectro elástico de aceleraciones y espectro de diseño de aceleraciones en. Anexo n°03</p> <p>1.2. No muestra el centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta ni su gráfica. Anexo n° 04</p> <p>1.3. No se visualiza el empuje considerado en los muros perimetral de sótano Anexo n° 05</p>
<b>02</b>	<b>En los planos</b>
	<p>2.1 El diseño de la columna de forma geométrica L, no se visualiza en la plano de cimentación pero si a partir de la 1ra Planta y también presentan su armado (figuras n°16 y 17)</p> <p>2.2 El diseño irregular de la columna 2 no coincide con el plano armado de la columna 2 (figura n°18)</p>

Fuente: Elaboración propia



Figura n° 18 Diseño de la Columna 2



Fuente: Estudios preliminares Ministerio Público -2018

### 3.1.2. Gestión del Proyecto Estructural con la Implementación con BIM

Como se mencionó anteriormente existen múltiples software BIM en el mercado en el que la elección es de acuerdo a la actividad que va a desarrollar y/o de acuerdo a la comodidad del profesional, en el presente se usó el software de Cype Ingenieros, porque está más inclinada a la área de edificaciones. A fin de obtener la licencia se realizó las gestiones y se pudo obtener la licencia temporal otorgada y aprobada por Cype Ingenieros Perú-España, para la realización del presente trabajo, figura n° 19.

Cype Ingenieros S.A, es una empresa que desarrolla y comercializa software técnico para los profesionales de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en el área de edificaciones, desarrolla sus actividades desde 1983, en el terreno de la ingeniería y el cálculo de estructuras, ha desarrollado asimismo una amplia gama de programas que permiten diseñar, calcular y obtener la justificación normativa del proyecto, compartiendo información de forma abierta y coordinada a través del flujo de trabajo Open BIM.

Figura n° 19 Presentación Cype Ingeniero



Fuente: Cype Ingeniero (2018)

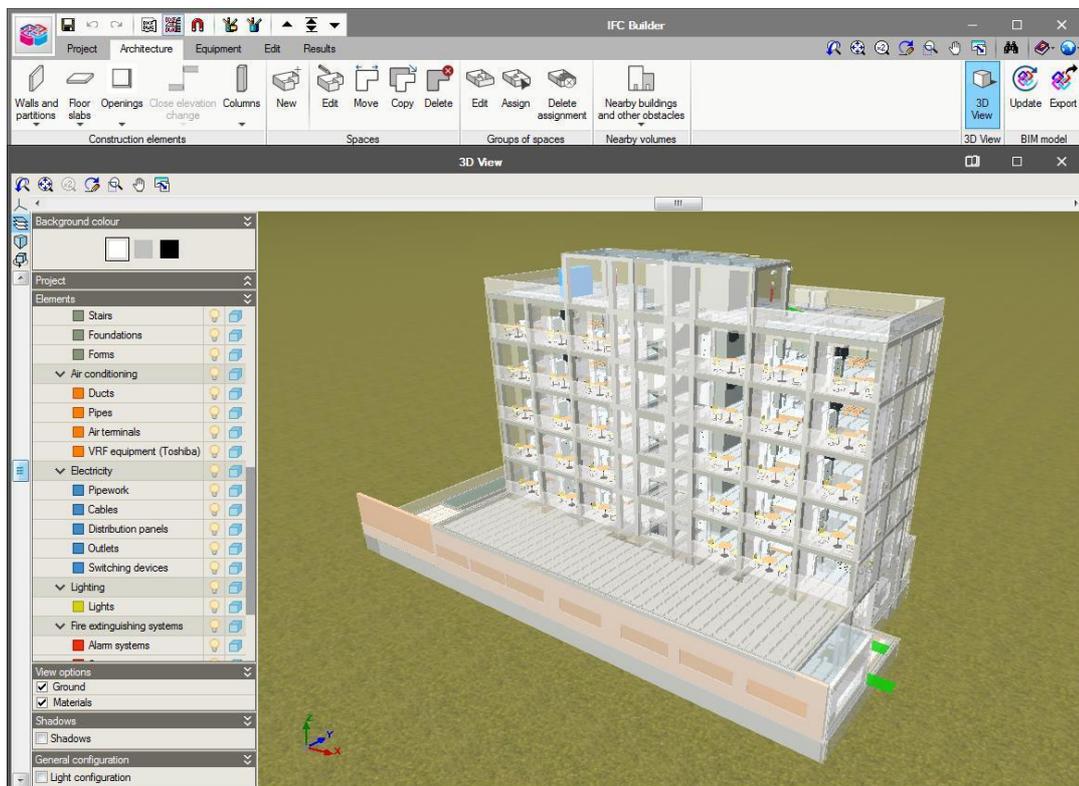
Para la gestión del proyecto estructural en el entorno BIM, es necesario tener el modelo arquitectónico en IFC en la nube, en la que el diseño arquitectónico puede realizarse en Alplan, Revit, Archicad, ICFbuilder, entre otros, por consiguiente, a fin de realizar el presente trabajo se tuvo que realizar el modelo arquitectónico, obviamente este diseño debe realizar el Arquitecto.

### 3.1.2.1. Diseño Arquitectónico BIM con ICFbuilder de la Sede Lima Norte

Para el presente trabajo se ha diseñado la arquitectura con ICFbuilder, considerado las características parcialmente similares desarrolladas de la arquitectura proyectada de la Sede Lima Norte, esto se dio para los fines estructurales y poder observar como es la gestión del proyecto estructural en el entorno BIM.

IFC Builder, fue desarrollada por Cype Ingenieros para la creación y mantenimiento de modelos IFC de edificios, está integrado en el flujo de trabajo Open BIM, a través de la importación y exportación de modelos IFC, también permite la modelización manual del edificio, o importación de ficheros IFC generados en CAD/BIM como Alplan, Revit y Archicad,. Figura n°20.

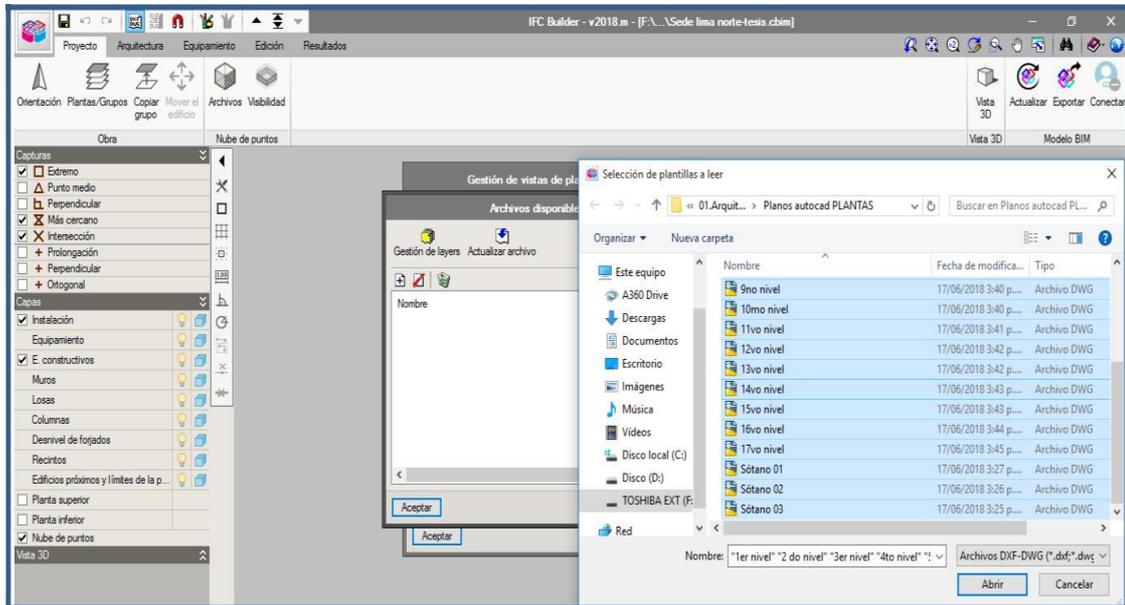
*Figura n° 20 IFC Builder para la creación y mantenimiento de modelos IFC de edificios*



*Fuente: BIMserver.center-(2018)*

Se procedió importar las plantillas arquitectónicas realizadas de Cad dwg a IFC Builder, en el que permite gestionar las capas de acuerdo a las necesidades de la arquitectura; unas de las mejoras en la gestión a nivel arquitectónico que se pueden resaltar en esta etapa es que permite actualizar una modificación sea por cualquier necesidad, asimismo se puede ingresar cada planta del edificio del archivo dwg o de manera integral como se muestra en la figura n° 21 y 22.

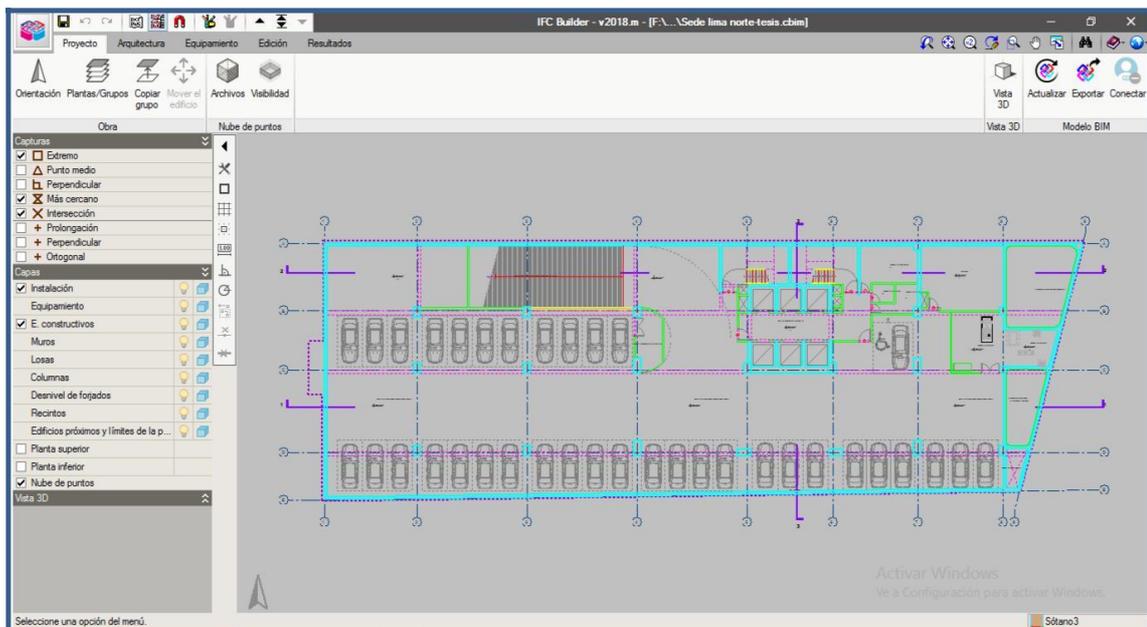
Figura n° 21 Importación de plantillas dwg a ICF Builder



Fuente: Elaborado por Soler

Una vez importado se visualiza los archivos de dwg, en el que sirve como guías para el diseño arquitectónico en 3D.

Figura n° 22 Plantilla importada de la sede lima norte dwg a ICF Builder



Fuente: Elaborado por Soler

Se procede a diseñar los muros de sótano, columnas, caja de ascensor, tabiques, las losas, ductos, puertas, ventanas, del sótano 3 y sucesivamente hasta el 17 piso figuras n°23, 24 y 25.

*Figura n° 23 Proceso de diseño arquitectónico en 3D Sede Lima Norte*



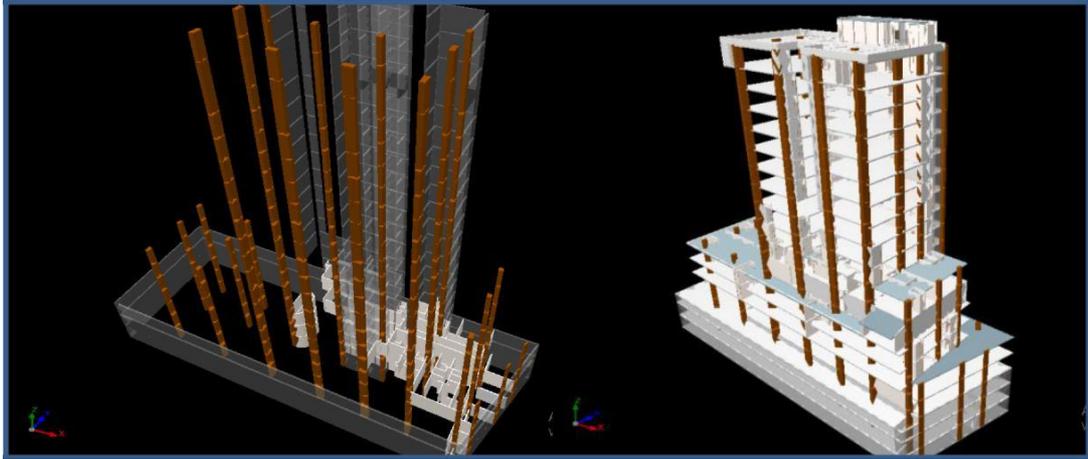
*Fuente: Elaborado por Soler*

*Figura n° 24 Diseño de las puertas, ventanas sede Lima norte.*



*Fuente: Elaborado por Soler*

Figura n° 25 Diseño arquitectónico los sótanos y los niveles de la sede Lima Norte en IFC Builder



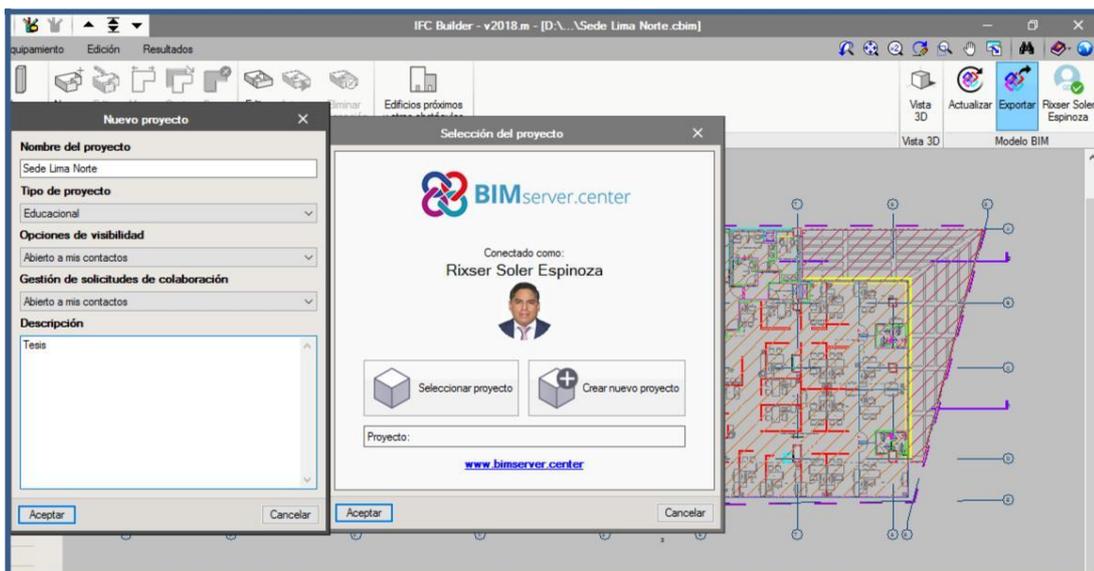
Fuente: Elaborado por Soler

### 3.1.2.2. Importación del Modelo Arquitectónico IFC a la Nube

Obtenida el diseño arquitectónico se procedió la importación a la nube de BIMserver.center, para facilitar el intercambio de información IFC.

Una vez conectada en IFC Builder con BIMserver.center se procedió importar el modelo arquitectónico, figura n°26.

Figura n° 26 Conectado a BIMserver.center



Fuente: Elaborado por Soler

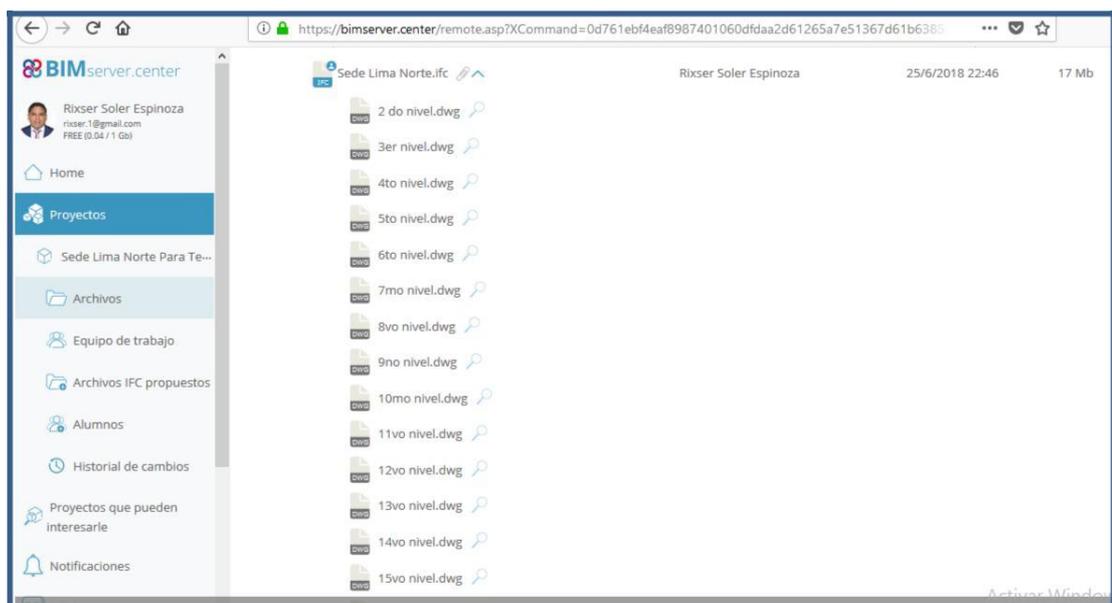
En la nube se crea el proyecto, se puede aceptar la exportación de las plantillas que se ha utilizado para el diseño arquitectónico, se tarda unos minutos la importación de acuerdo a la complejidad del modelo o proyecto, y luego podemos visualizar y recorrer en el modelo y como también visualizar los ficheros dwg cargados figuras n°27 y 28.

Figura n° 27 Visualización del proyecto arquitectónico en BIMserver.center



Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 28 Plantillas dwg cargados en BIMserver.center



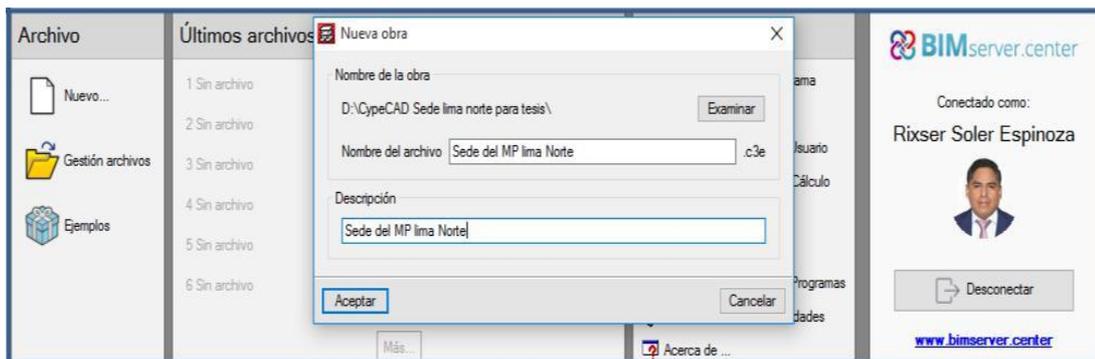
Fuente: Elaborado por Soler

### 3.1.2.3. Análisis y modelado estructural con BIM

Se procedió a abrir el software CYPECAD para el diseño análisis estructural en el que nos permite hacer el diseño, cálculo y dimensionamiento de estructuras del concreto armado y metálicas compuestas por: columnas, tabiques y muros; in situ, metálicos de alma llena y de celosía, placas aligeradas losas mixtas, losas casetonadas y macizas; cimentaciones por plateas o vigas de fundación, zapatas y abezales; obras de CYPE 3D integradas (perfiles de acero, aluminio y madera) con 6 grados de libertad por nudo, incluyendo el dimensionamiento y optimización de secciones, usando el método de elementos finitos.

Una vez abierto el Software se registró la obra colocando el nombre y la descripción del proyecto figura n° 29.

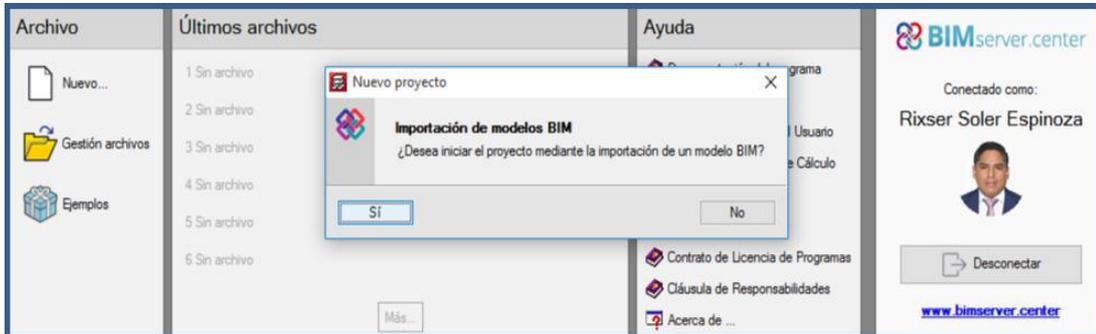
*Figura n° 29 Creando el proyecto en CypeCad*



*Fuente: Elaborado por Soler*

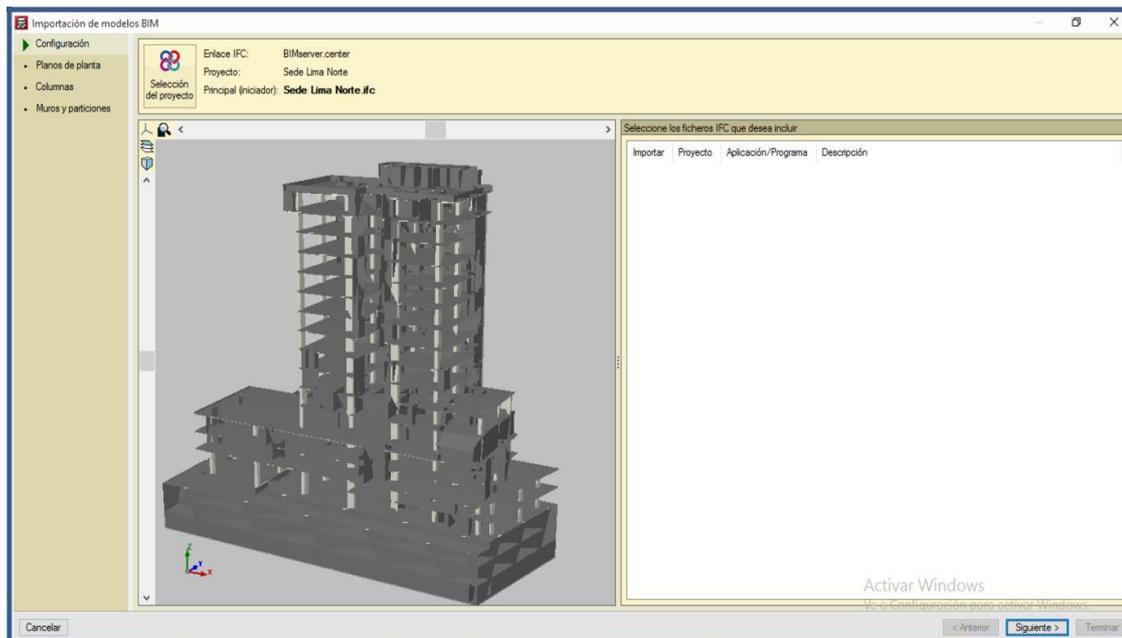
Luego de registrado el proyecto solicita si deseamos iniciar el proyecto mediante la importación de un modelo BIM, en el que se aceptó, automáticamente el enlace de IFC BIMserver.center, presenta el modelo, dónde solicita la selección del proyecto que se encuentra en la nube y luego se visualiza el modelo BIM en tiempo real, figuras n°30 y 31.

Figura n° 30 Aceptando la Importación de modelo BIM en CypeCad



Fuente: Elaborado por Soler

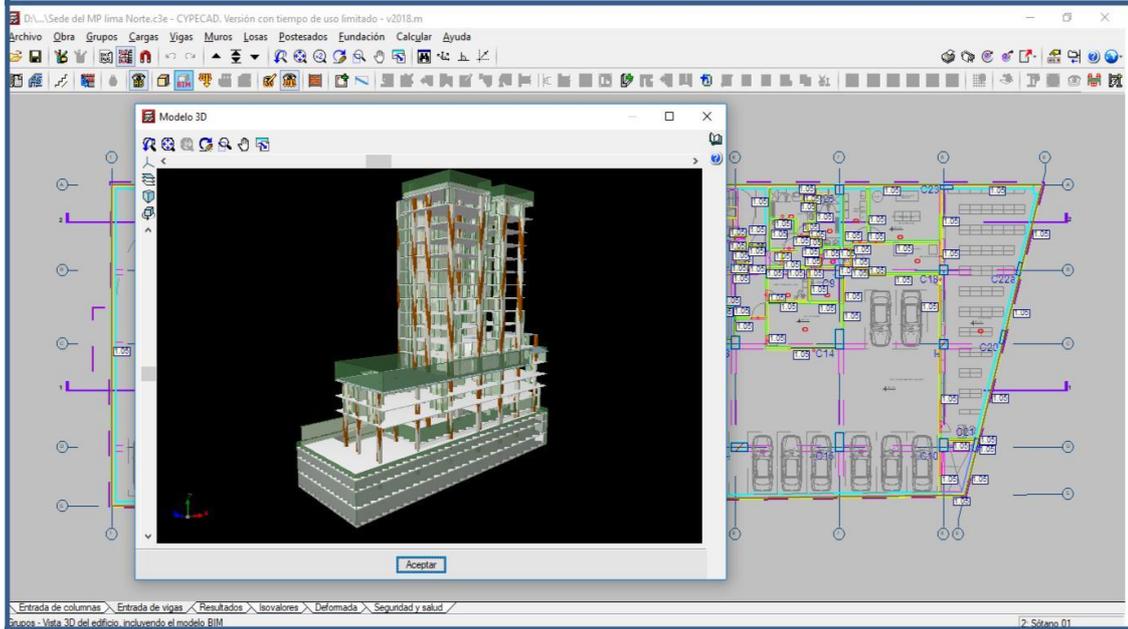
Figura n° 31 Proyecto sede lima norte BIMserver.center en CYPECAD



Fuente: Elaborado por Soler

Se logra la importación a CYPECAD el modelo arquitectónico con las plantillas CAD, donde podemos ver la distribución de las columnas, losas, tabiques, entre otros, así como también visualizar le modelo BIM en 3d, y otras como la cargas de los tabiques figura n°32.

Figura n° 32 Importación del modelo BIM a CYPECAD



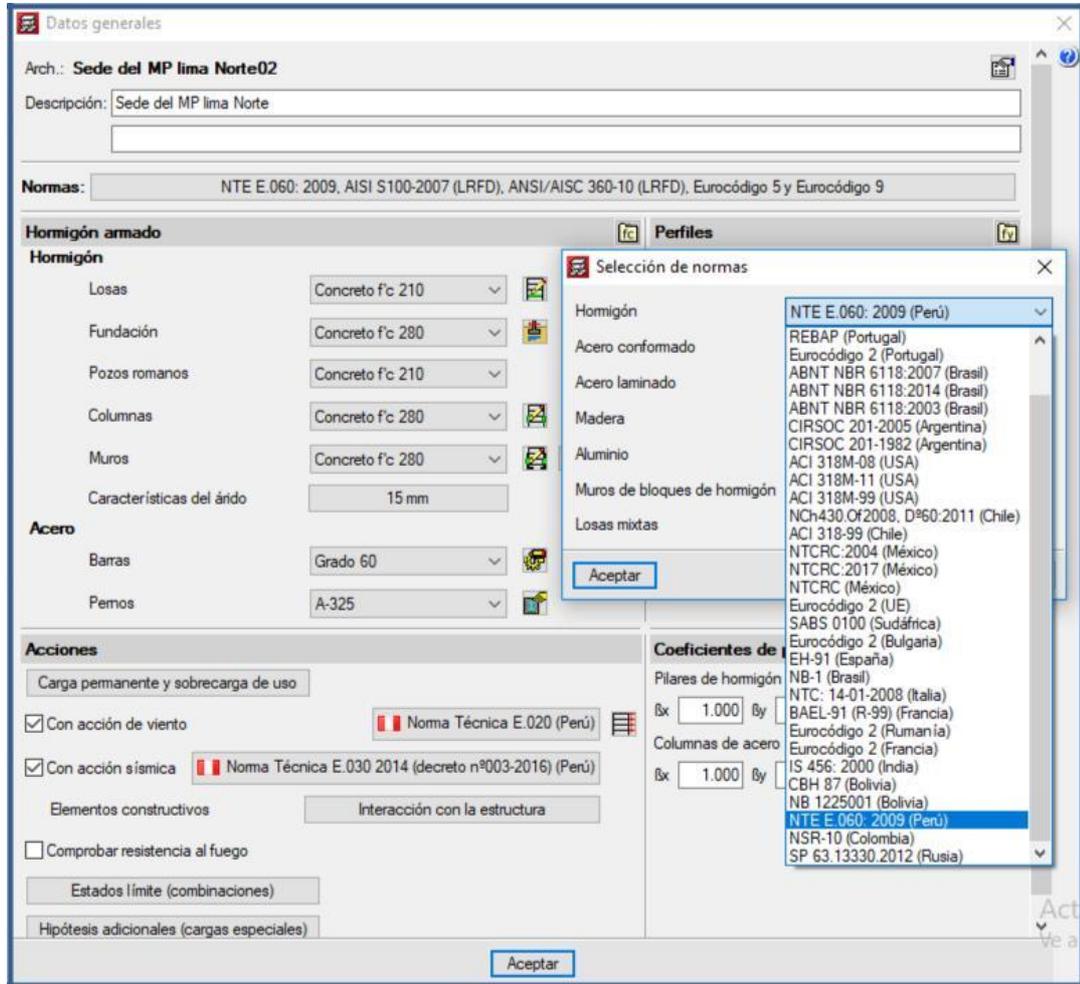
Fuente: Elaborado por Soler

A continuación se va mostrar algunas configuraciones con la finalidad de ver cómo es el diseñado en el entorno BIM del software, en la figura n°33, se muestra los datos generales en el que se tiene que considerar las normativas que se va aplicar en el análisis estructural, como vemos tenemos múltiples normativas internacionales para seleccionar, asimismo nos permite introducir los datos del material, acciones (acciones de viento, sísmico, resistencia al fuego) coeficientes de pandeo.

La organización previa de datos es muy importante para una rápida y eficaz introducción de la estructura. Se puede organizar los datos como se indica a continuación, o si lo prefiere seguir su propio método. Lo importante es tener toda la información descrita de una forma ordenada y eficaz.

A continuación se desarrolla algunas configuraciones generales a fin de conocer cómo es el diseño con visión o el enfoque BIM.

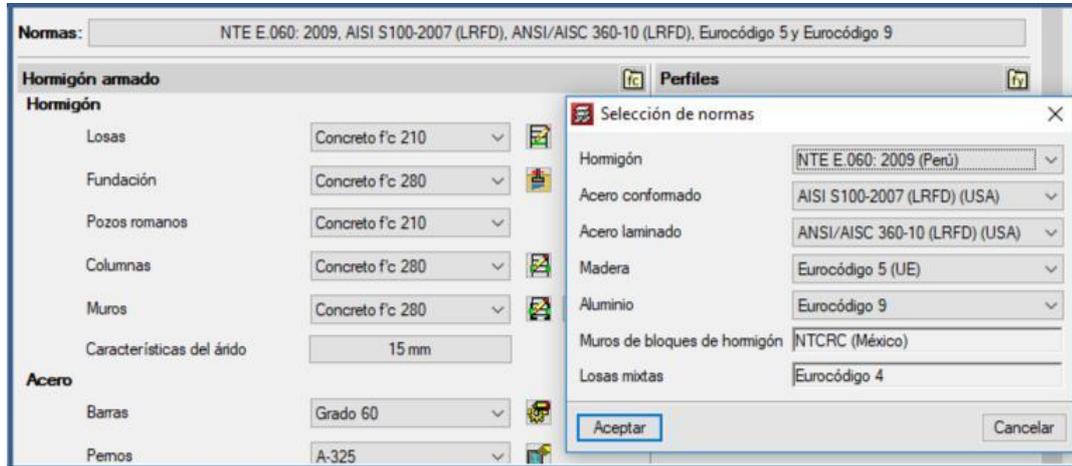
Figura n° 33 Configuración de datos generales en CYPECAD



Fuente: Elaborado por Soler

En los datos generales se ha seleccionado la normativa peruana para el concreto armado la E-060-2009, y demás normativas aplicables que permite, para el acero conformado, acero laminado, madera, aluminio, muros de bloques de hormigón, losas mixtas, figura n°34.

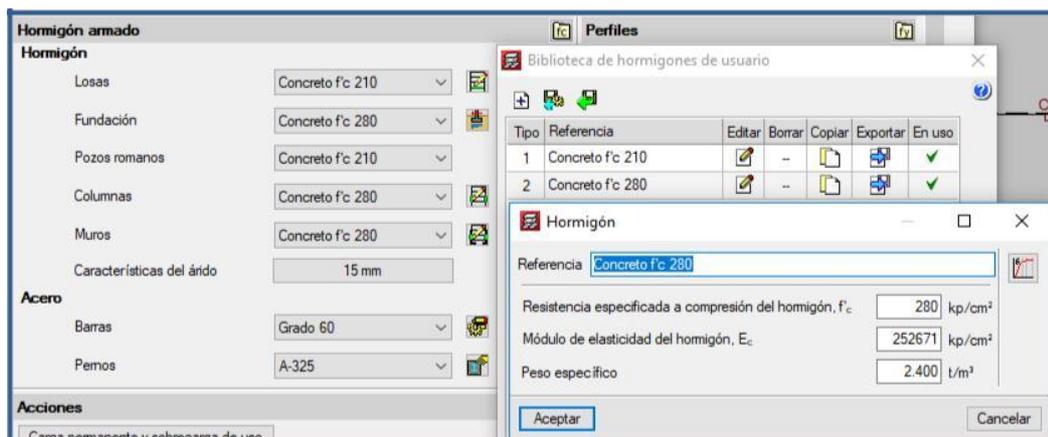
Figura n° 34 Configuración de Normativas para el proyecto estructural



Fuente: Elaborado por Soler

En la configuración del material del concreto armado se ha considerado  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para diferentes elementos estructurales, esto podría ser modificable a acuerdo al análisis considerado por el profesional responsable o especialista estructural, en CYPECAD nos da valores de resistencia a la compresión desde  $f'c$  de 100 a 700  $\text{kg/cm}^2$ , figura n° 35.

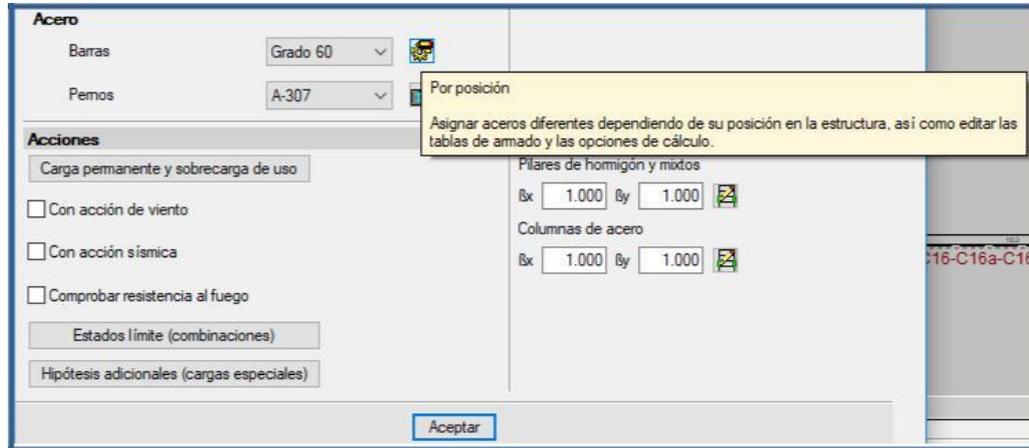
Figura n° 35  $F'c$  Considerada para el Hormigón



Fuente: Elaborado por Soler

Para la configuración del acero se ingresó a la configuración por posición, en el que nos permite asignar aceros diferentes dependiendo de su posición en la estructura, así como editar las tablas de armado y las opciones de cálculo, figura n° 36.

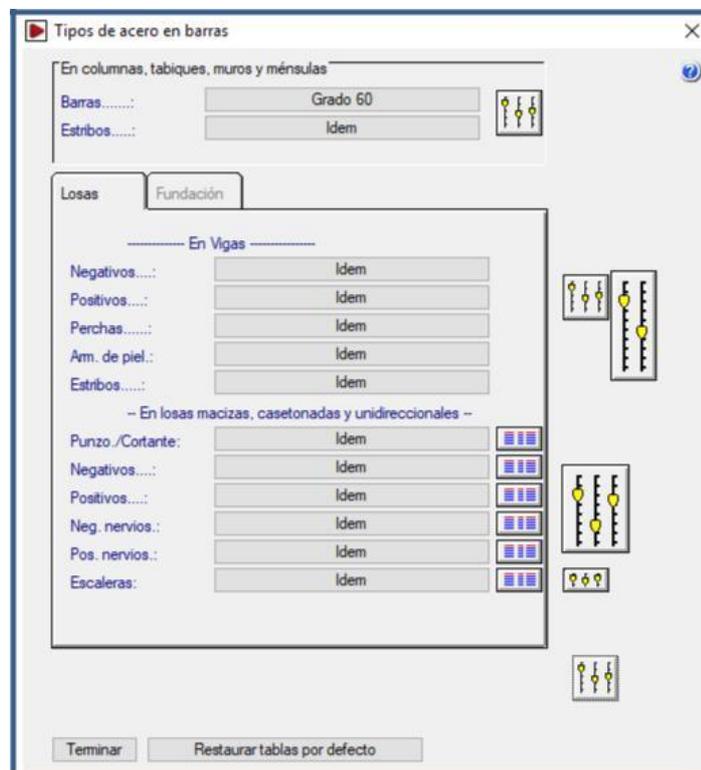
Figura n° 36 Configuración de acero por posición



Fuente: Elaborado por Soler

En la configuración del acero se tiene a). para las columnas, tabiques, muros y ménsulas, b) para las losas, vigas, escaleras y c) para la fundación o cimentación como se muestra en la figura n° 37.

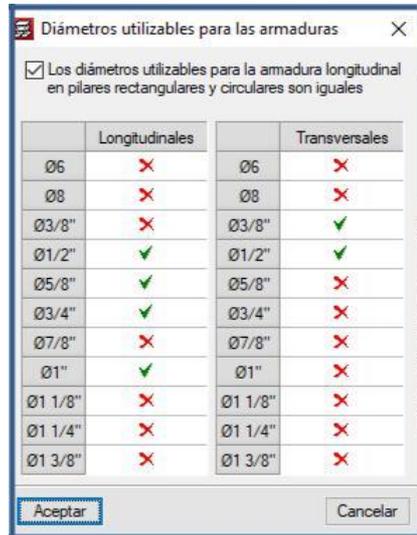
Figura n° 37 Configuración de acero para columnas, muros, vigas, losas, y fundación.



Fuente: Elaborado por Soler

Se realiza la configuración del acero longitudinal y transversal en las columnas que se muestra en figura n°38 y 39.

Figura n° 38 Configuración de los diámetros para columnas, longitudinales y transversales.



	Longitudinales		Transversales
Ø6	✗	Ø6	✗
Ø8	✗	Ø8	✗
Ø3/8"	✗	Ø3/8"	✓
Ø1/2"	✓	Ø1/2"	✓
Ø5/8"	✓	Ø5/8"	✗
Ø3/4"	✓	Ø3/4"	✗
Ø7/8"	✗	Ø7/8"	✗
Ø1"	✓	Ø1"	✗
Ø1 1/8"	✗	Ø1 1/8"	✗
Ø1 1/4"	✗	Ø1 1/4"	✗
Ø1 3/8"	✗	Ø1 3/8"	✗

Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 39 Configuración de los armados longitudinales y transversales de las columnas.



**Diámetros utilizables**

- Armaduras longitudinales: Ø1/2", Ø5/8", Ø3/4", Ø1"
- Estribos: Ø3/8"

**Configuración de las armaduras longitudinales**

Separación libre mínima entre barras: 5 cm  
 Separación máxima entre ejes de barras: 30 cm  
 Lado mínimo del pilar a partir del cual colocar barras en las caras: 25 cm  
 Cantidad geométrica mínima: 1.00 %  
 Cantidad geométrica máxima: 4.00 %

Pilares rectangulares | Pilares circulares

Esq.	Caras				Sep. máx. (cm)	Estribos Ø3/8"	Bmín. (cm)	Bmáx. (cm)
	Ø1/2"	Ø5/8"	Ø3/4"	Ø1"				
Ø1/2"	✓	✗	✗	✗	20	✓	0	1000
Ø5/8"	✓	✓	✗	✗	25	✓	0	1000
Ø3/4"	✓	✓	✓	✗	30	✓	0	1000
Ø1"	✗	✓	✓	✓	30	✓	0	1000

**Configuración de los estribos**

Separación libre mínima entre barras: 5.0 cm  
 El diámetro del estribo secundario siempre es igual al del principal  
 Disposición de los estribos

Ver las armaduras generadas

Grabar como opciones por defecto

Fuente: Elaborado por Soler

Se configura el recubrimiento figura n° 40

Figura n° 40 Configuración del recubrimiento para la columna.



Fuente: Elaborado por Soler

Configurada las armaduras longitudinales y transversales se pueden visualizar las posibles armaduras para las dimensiones consideradas, con las cuantías correspondientes, por ejemplo para una columna de 50cm por 70cm, tenemos 401 posibles armados, figura n° 41

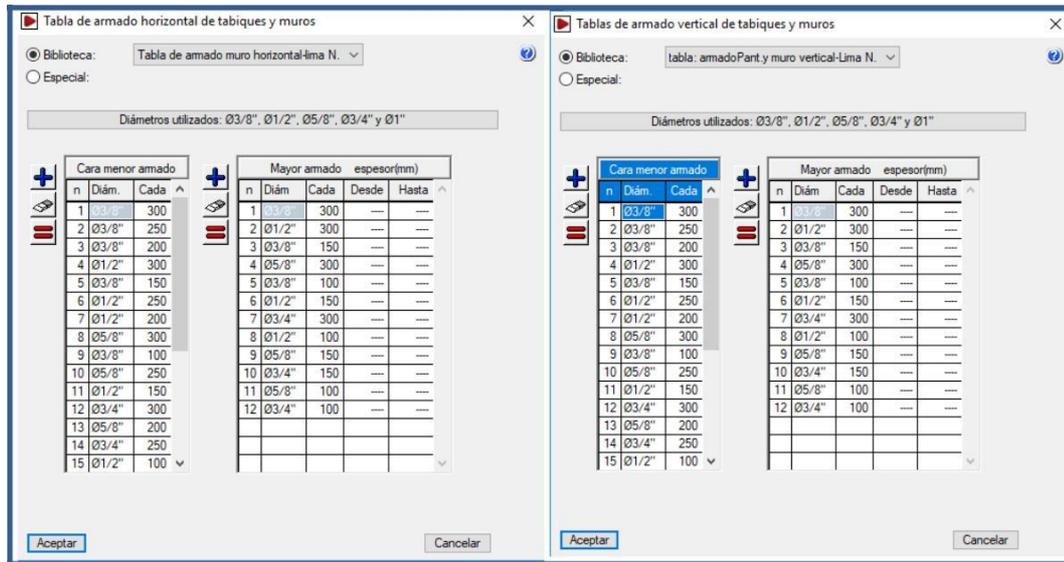
Figura n° 41 Armaduras de las columnas

Armaduras longitudinales	Esquina	Cara X	Cara Y	Área	ρ
376	4Ø1"	4Ø1"	8Ø1"	81.07	2.32
377	4Ø1"	6Ø1"	6Ø1"	81.07	2.32
378	4Ø1"	2Ø1"	10Ø1"	81.07	2.32
379	4Ø1"	4Ø3/4"	10Ø1"	82.34	2.35
380	4Ø1"	6Ø5/8"	10Ø1"	82.88	2.37
381	4Ø1"	8Ø3/4"	14Ø3/4"	82.97	2.37
382	4Ø1"	8Ø3/4"	6Ø1"	83.60	2.39
383	4Ø1"	6Ø1"	12Ø3/4"	84.87	2.42
384	4Ø1"	2Ø5/8"	12Ø1"	85.05	2.43
385	4Ø1"	2Ø3/4"	12Ø1"	86.77	2.48
386	4Ø1"	8Ø5/8"	10Ø1"	86.86	2.48
387	4Ø1"	6Ø3/4"	10Ø1"	88.04	2.52
388	4Ø1"	4Ø5/8"	12Ø1"	89.03	2.54
389	4Ø1"	6Ø1"	14Ø3/4"	90.57	2.59
390	4Ø1"	6Ø1"	8Ø1"	91.21	2.61
391	4Ø1"	4Ø1"	10Ø1"	91.21	2.61
392	4Ø1"	2Ø1"	12Ø1"	91.21	2.61
393	4Ø1"	4Ø3/4"	12Ø1"	92.47	2.64
394	4Ø1"	6Ø5/8"	12Ø1"	93.01	2.66
395	4Ø1"	8Ø3/4"	10Ø1"	93.74	2.68
396	4Ø1"	8Ø5/8"	12Ø1"	96.99	2.77
397	4Ø1"	6Ø3/4"	12Ø1"	98.17	2.80
398	4Ø1"	6Ø1"	10Ø1"	101.34	2.90
399	4Ø1"	4Ø1"	12Ø1"	101.34	2.90
400	4Ø1"	8Ø3/4"	12Ø1"	103.87	2.97
401	4Ø1"	6Ø1"	12Ø1"	111.47	3.18

Fuente: Elaborado por Soler

En la siguiente figura n°42 se ha configurado los armados para la pantalla, muros horizontal y vertical.

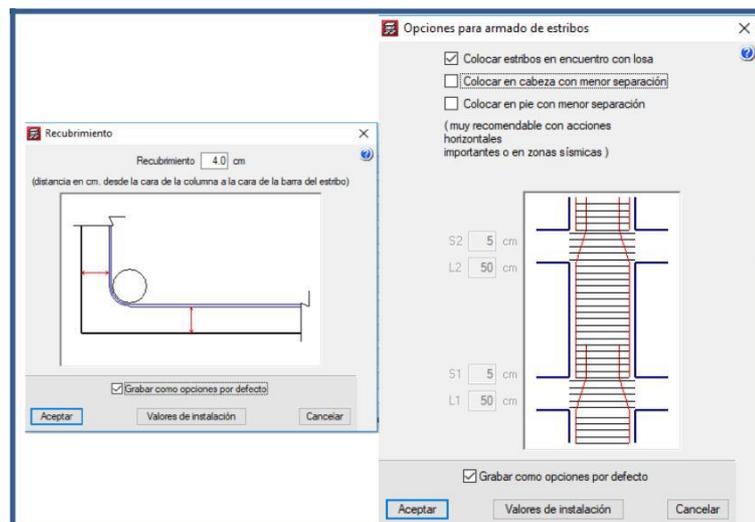
Figura n° 42 Armadura para pantallas y muros



Fuente: Elaborado por Soler

En las opciones de armado de estribos las dos opciones restantes obligamos que si o si nos coloque los estribos en la cabeza y en el pie, esta modificación el proyectista estructural podría realizar después de hacer los análisis por sismo si son necesarios por otro lado se puede definir el recubrimiento, figura n° 43.

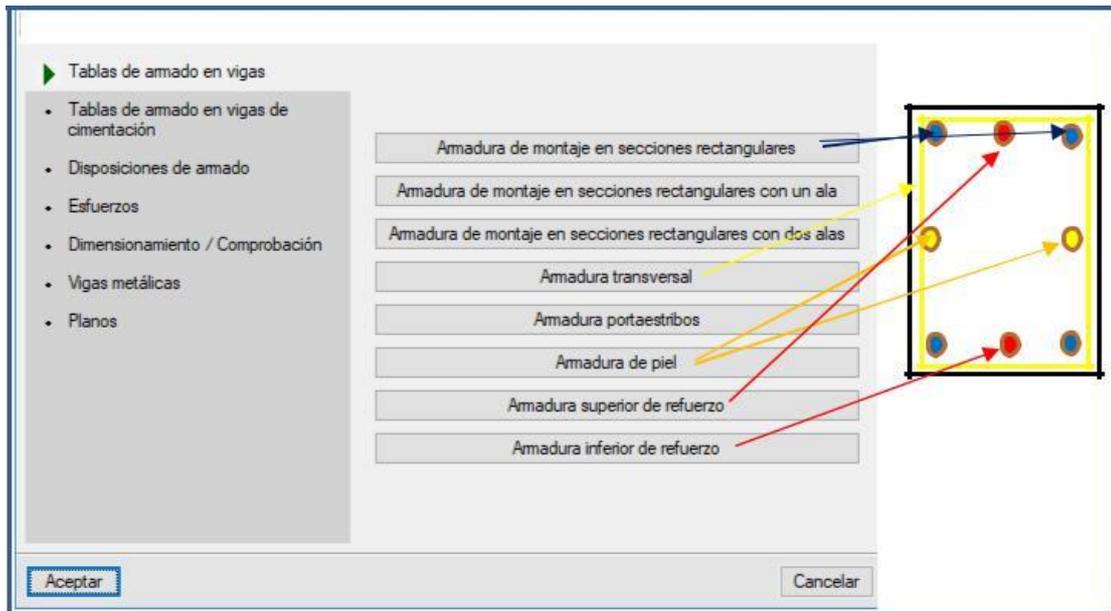
Figura n° 43 Opciones para armado de estribos



Fuente: Elaborado por Soler

De igual modo se configura para las vigas de acuerdo a los aceros seleccionados en el cual el programa nos dará varios armados de acuerdo a la configuración realizada para las vigas.

Figura n° 44 Tabla de armados para vigas



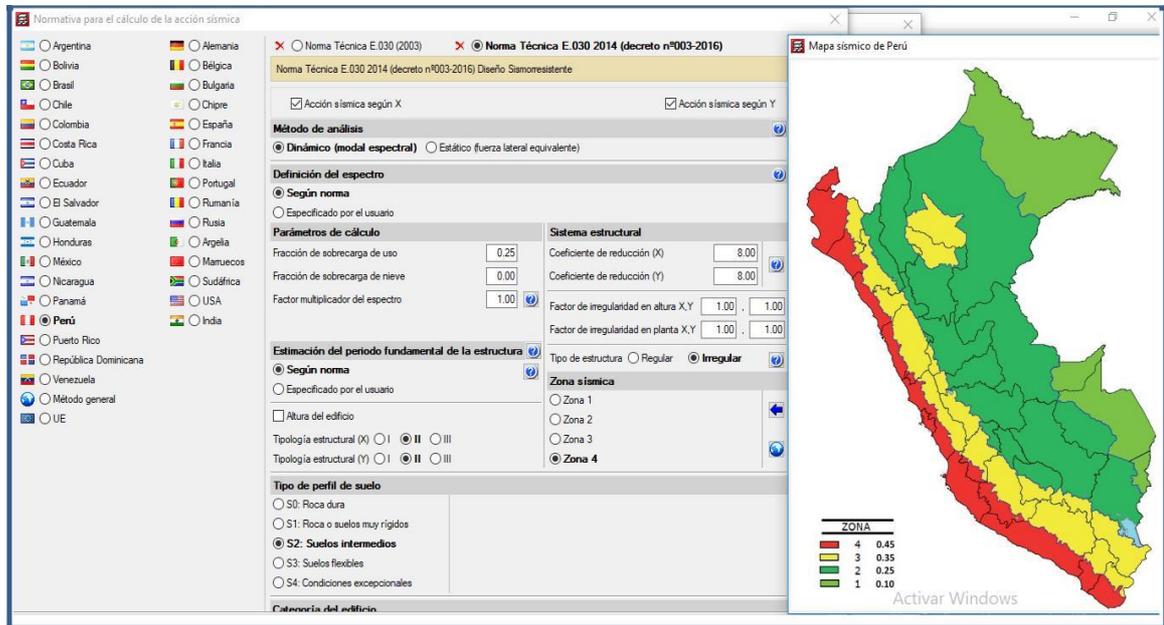
Fuente: Elaborado por Soler

Consecuentemente el proyectista estructural podrá configurar para las losas, escaleras, vigas de cimentación, platea de cimentación, zapatas, tales configuraciones se realizará de acuerdo a la envergadura del proyecto, conocimiento, habilidades y experiencia del ingeniero.

Como se puede ver ya se define el armado para el diseño.

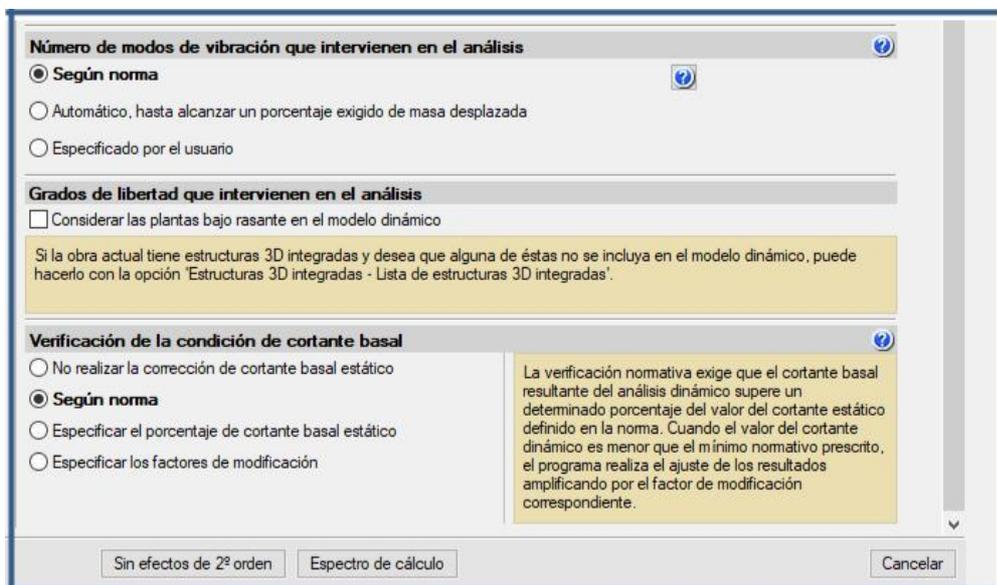
Seguidamente se puede configurar las normativas para el cálculo de acción sísmica figuras n°45 y 46, sobre el método de análisis, definición del espectro, sistema estructural, zona sísmica, estimación del periodo fundamental de la edificación, tipo de perfil de suelo, categoría del edificio, números de modo de vibración, entre otros, luego se puede obtener el espectro de cálculo, figura n° 47.

Figura n° 45 Configuración sísmica 01



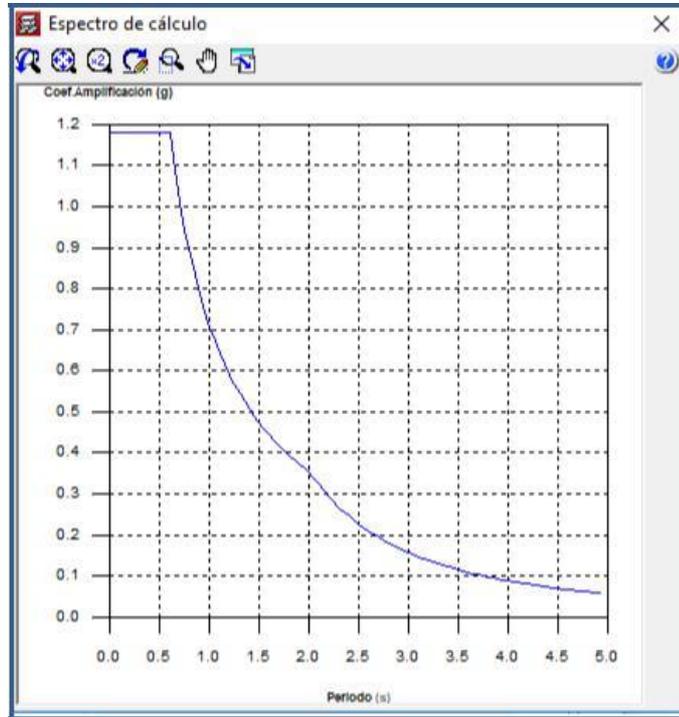
Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 46 Configuración sísmica 02



Fuente: Elaborado por Soler

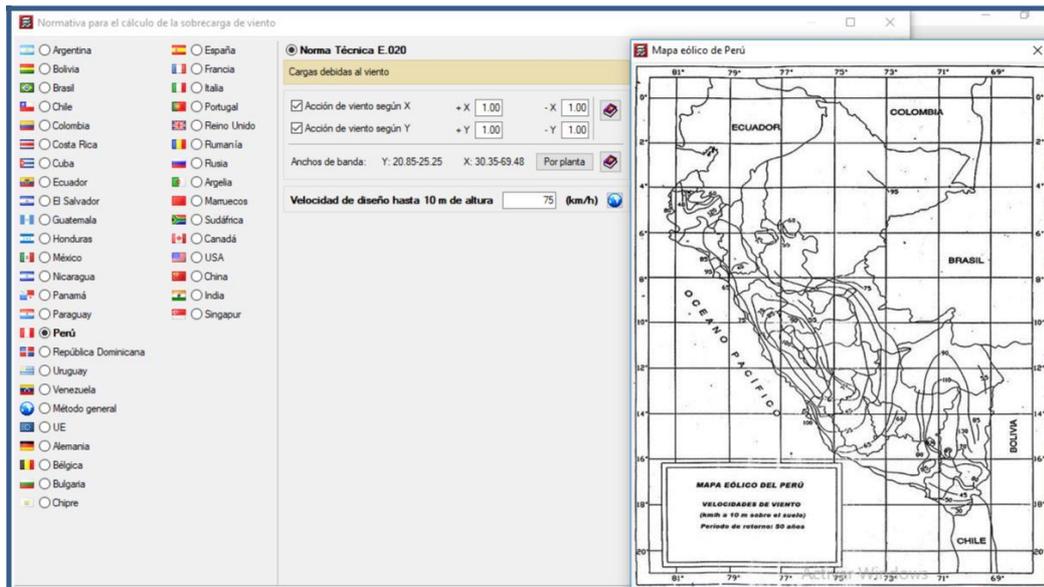
Figura n° 47 Espectro de cálculo



Fuente: Elaborado por Soler

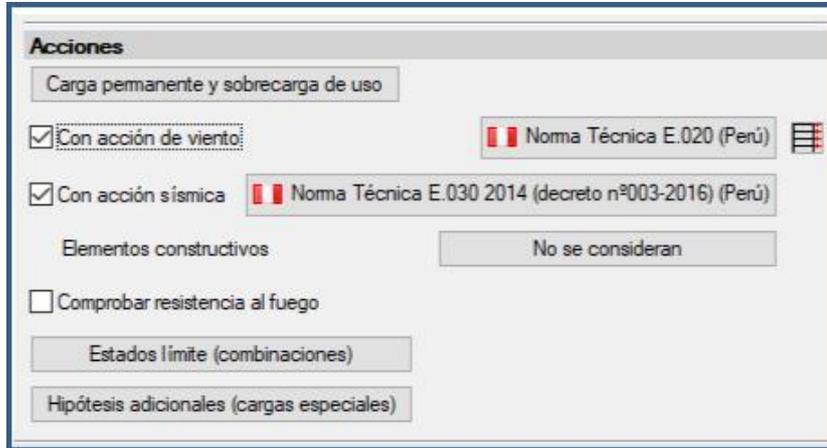
Luego se consideró la norma de cargas E0.20 de la norma peruana Figura n° 48

Figura n° 48 Configuración de norma E.20



Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 49 Configuración para la aplicación de la normativa peruana en CypeCad



**Acciones**

Carga permanente y sobrecarga de uso

Con acción de viento: Norma Técnica E.020 (Perú)

Con acción sísmica: Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016) (Perú)

Elementos constructivos: No se consideran

Comprobar resistencia al fuego

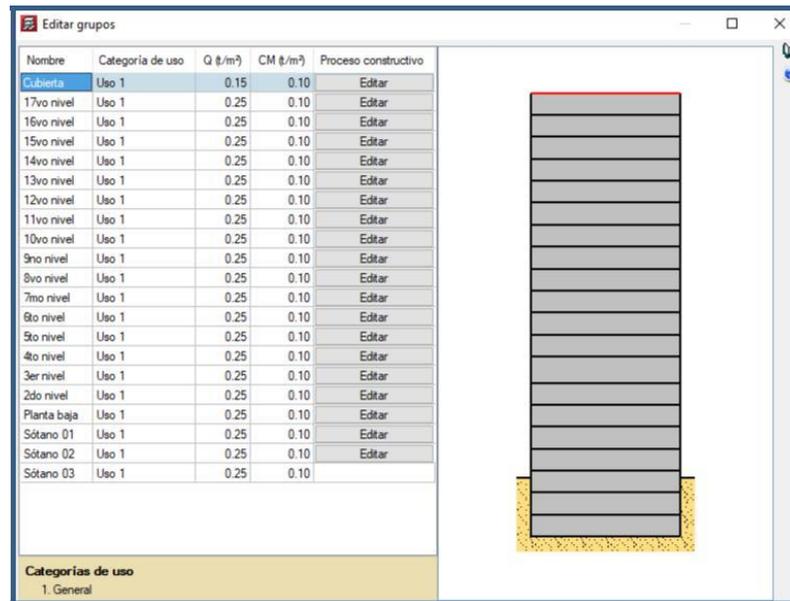
Estados límite (combinaciones)

Hipótesis adicionales (cargas especiales)

Fuente: Elaborado por Soler

Como el modelo fue exportado desde un modelo BIM, el número de niveles y sótanos ya fueron reconocidos, en el editor de grupos se puede configurar la categoría de uso, carga viva, carga muerta. Los pesos propios de los elementos resistentes introducidos, como son los pilares, pantallas, muros, vigas y losas no se introducen aquí, pues el programa ya los tiene en cuenta, las sobrecargas uso se configurará en cada nivel de acuerdo al uso.

Figura n° 50 Configuración de categoría de uso, carga viva y carga muerta



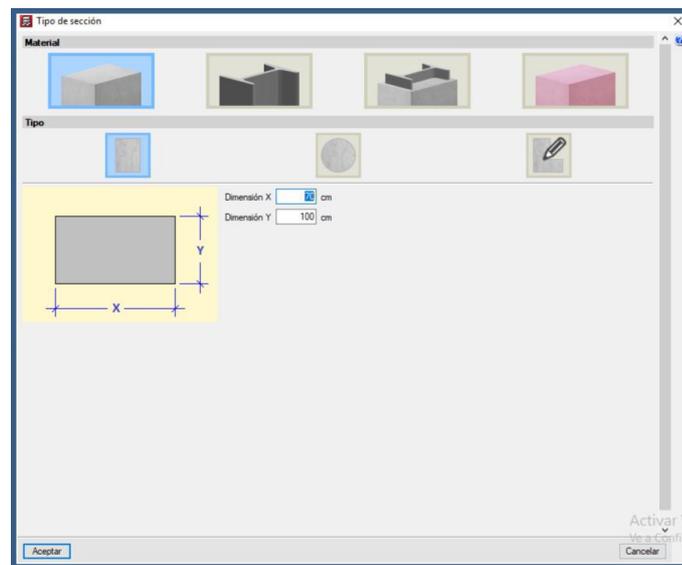
Nombre	Categoría de uso	Q (g/m²)	CM (g/m²)	Proceso constructivo
Cubierta	Uso 1	0.15	0.10	Editar
17vo nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
16vo nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
15vo nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
14vo nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
13vo nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
12vo nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
11vo nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
10vo nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
9no nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
8vo nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
7mo nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
6to nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
5to nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
4to nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
3er nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
2do nivel	Uso 1	0.25	0.10	Editar
Planta baja	Uso 1	0.25	0.10	Editar
Sótano 01	Uso 1	0.25	0.10	Editar
Sótano 02	Uso 1	0.25	0.10	Editar
Sótano 03	Uso 1	0.25	0.10	Editar

Categorías de uso  
1. General

Fuente: Elaborado por Soler

Seguidamente se editará las columnas con las geometrías consideradas, distribuyendo en los lugares correspondientes en el plano o espacio, así como también se diseñará o editará las placas para el ascensor, los muros perimétricos del sótano, y escaleras, todo en 3D, figuras 51, 52, 53, 54.

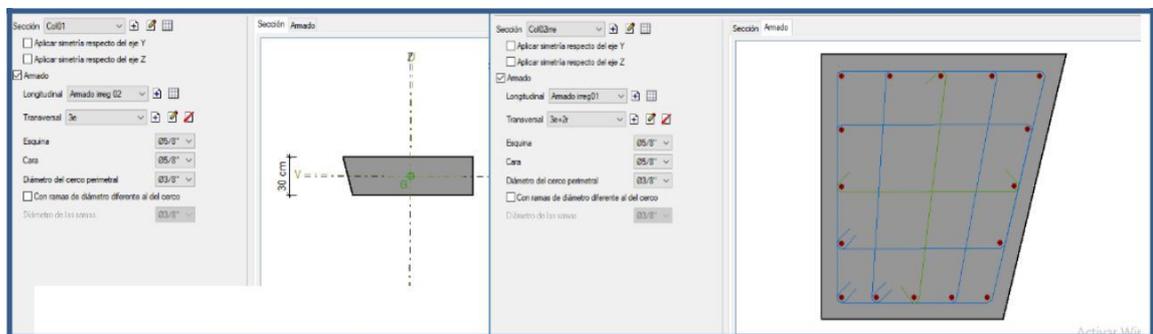
Figura n° 51 Selección de columnas



Fuente: Elaborado por Soler

En la figura n°52 se puede ver el diseño para las columnas con secciones irregulares, con el armado correspondiente.

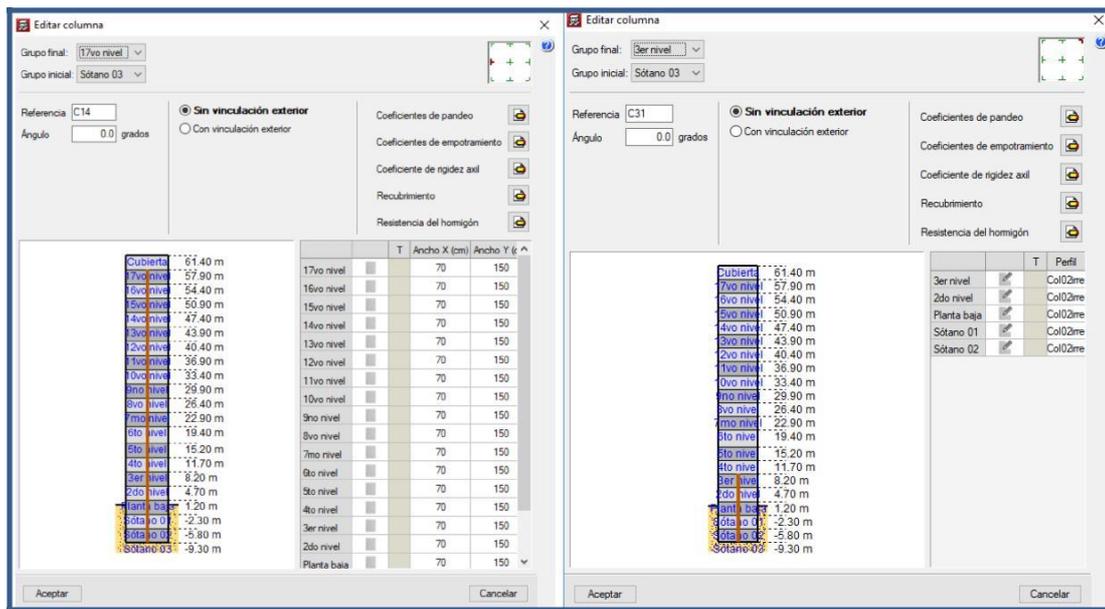
Figura n° 52 Diseño de columnas con secciones irregulares



Fuente: Elaborado por Soler

Consecuentemente en el editor de columnas se puede indicar de que grupo a que grupo se va diseñar la columna, también se indica la referencia, las medidas de los lados o en su defecto la geometría de la columna y se pueden configurar el coeficiente de pandeo, el coeficiente de empotramiento, coeficiente de rigidez axial, recubrimiento, la resistencia del hormigón, figura n° 53.

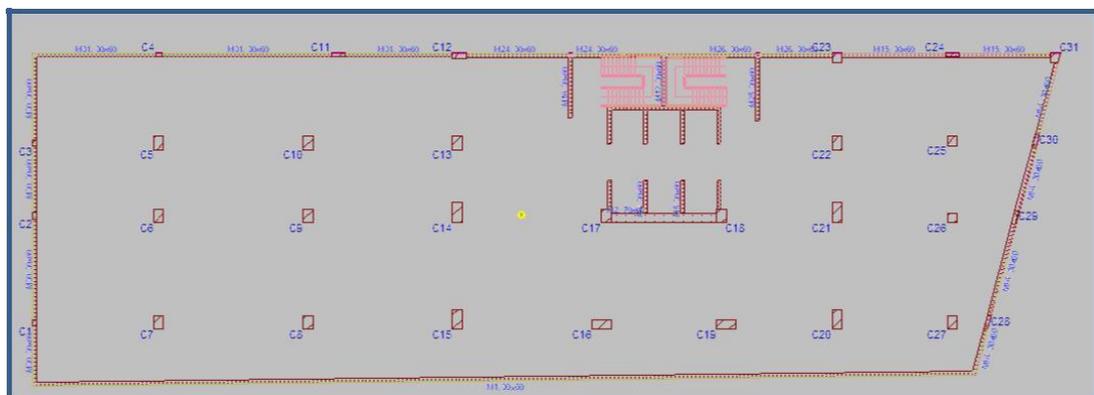
Figura n° 53 Ubicación de las columnas



Fuente: Elaborado por Soler

En la figura n° 54 se puede visualizar ya el diseño y distribución de las columnas, muro perimetral de sótano, placas para el ascensor y escaleras, todo este diseño se realizó en 3D, tal como exige el BIM.

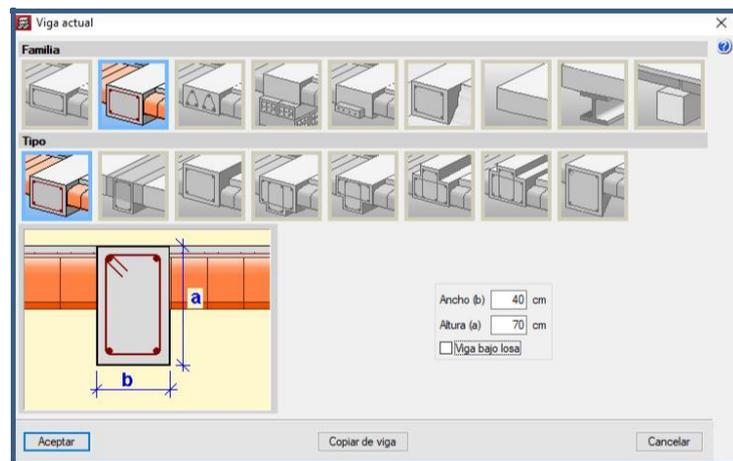
Figura n° 54 Distribución de las columnas, placas y muro perimétrico de sótano



Fuente: Elaborado por Soler

Posteriormente se puede configurar las vigas asignando el ancho y altura, como podemos visualizar en la figura n° 55, como también nos permite asignar diferentes familias y tipos de vigas en 3D.

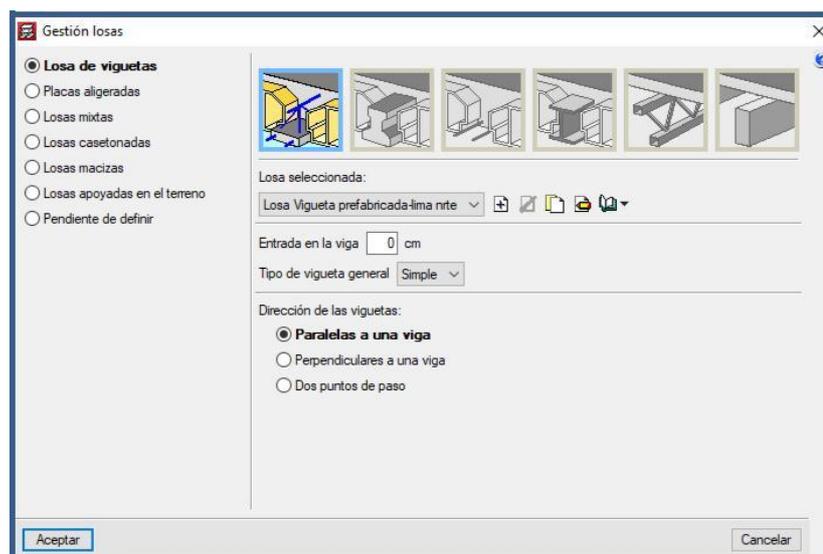
Figura n° 55 Diseño de las Vigas



Fuente: Elaborado por Soler

En la configuración de las losas se tienen varias opciones donde el proyectista estructural podrá seleccionar losa de viguetas, placas aligeradas, losas casetonadas, losas macizas, losas apoyadas en el terreno y pendientes de definir, en el presente se seleccionó la losa con vigueta prefabricada, esto nos permite gestionar las losas, figuras n°56 y 57.

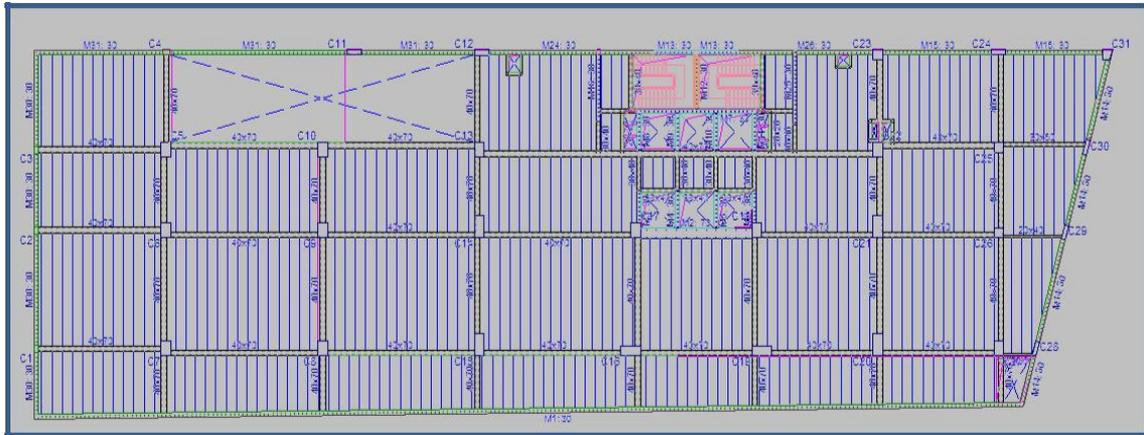
Figura n° 56 Selección de la losa



Fuente: Elaborado por Soler



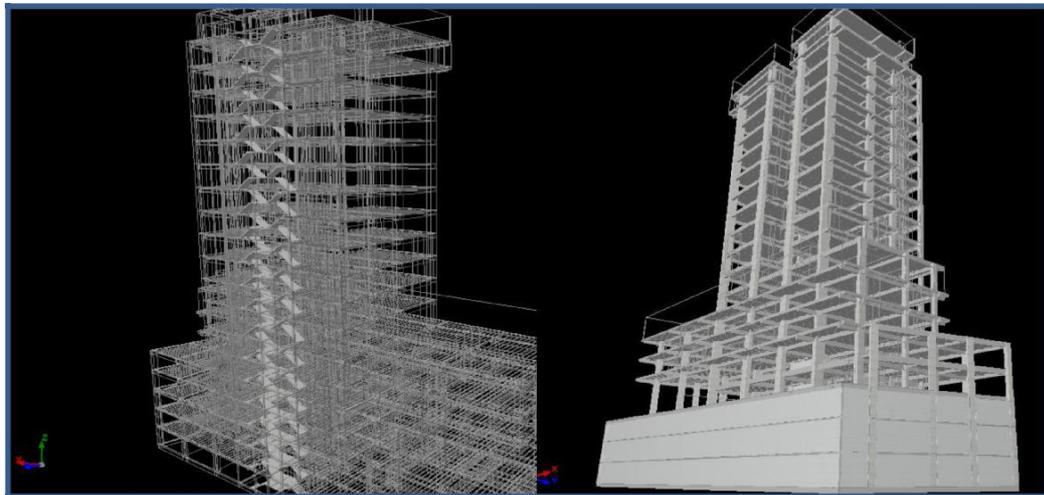
Figura n° 59 Diseño de vigas y losas primer sótano



Fuente: Elaborado por Soler

De las configuraciones realizadas de las columnas, vigas, losas, escaleras, muros de sótano, placas, entre otros se puede visualizar el modelo físico en 3D, figura n° 60, donde podemos hacer los recorridos dentro del modelo, en el que al especialista estructural le permitirá determinar algunas decisiones al modelo.

Figura n° 60 Modelo 3D de las configuraciones consideradas de la estructura

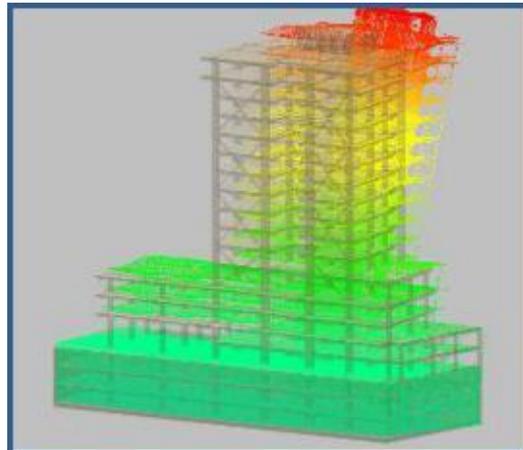


Fuente: Elaborado por Soler

Dada las consideraciones normativas y configuraciones técnicas del diseño se realizará el calculado correspondiente en el que el proyectista estructural evaluará y determinará algunos reajustes e enriquecerá el modelo, luego podrá obtener la documentación del proyecto estructural de forma automatizada, un listado que le permitirá desarrollar la memoria de cálculo, asimismo se obtendrá los planos, cuantías para los metrados, entre otros

correspondientes al proyecto estructural, a continuación se muestran algunos, ejemplos figuras n° 61, 62, 63.

*Figura n° 61 Modelo analítico y físico del proyecto Sede Lima Norte*



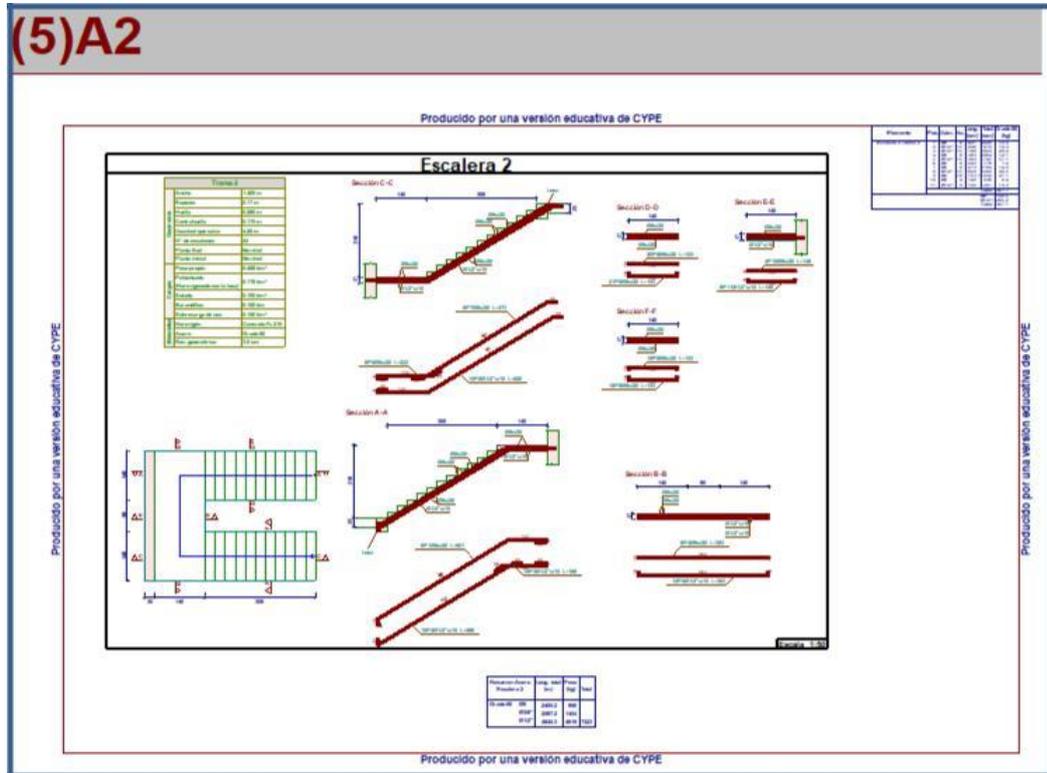
*Fuente: Elaborado por Soler*

*Figura n° 62 Listados para la memoria de cálculo estructural y metrados*

Listado datos de obra
Combinaciones usadas en el cálculo
Tensiones del terreno bajo vigas de cimentación
Listado de esfuerzos en viguetas
Listado de esfuerzos y armado de vigas
Cómputo de vigas
Cómputo de viguetas
Cómputo de las bovedillas
Cómputo de armaduras de losas de viguetas
Listado de etiquetas
Listado de intercambio de vigas
Listado de intercambio de viguetas
Listado armado losas
Comprobaciones de punzonamiento
Desplazamientos en nudos de losas macizas y casetonadas
Esfuerzos en nudos de losas macizas y casetonadas
Listado de losas rectangulares
Superficies/Volúmenes
Cuantías de obra
Cuantías de armadura, por diámetro
Esfuerzos y armados de columnas, tabiques y muros
Desplazamientos de columnas
Distorsiones de pilares y muros
Cargas horizontales de viento
Justificación de la acción sísmica
Esfuerzos y armados de vigas inclinadas
Comprobaciones E.L.U. de pilares y vigas
Escaleras

*Fuente: Elaborado por Soler*

Figura n° 63 Plano de escalera proyecto Sede Lima Norte



Fuente: Elaborado por Soler

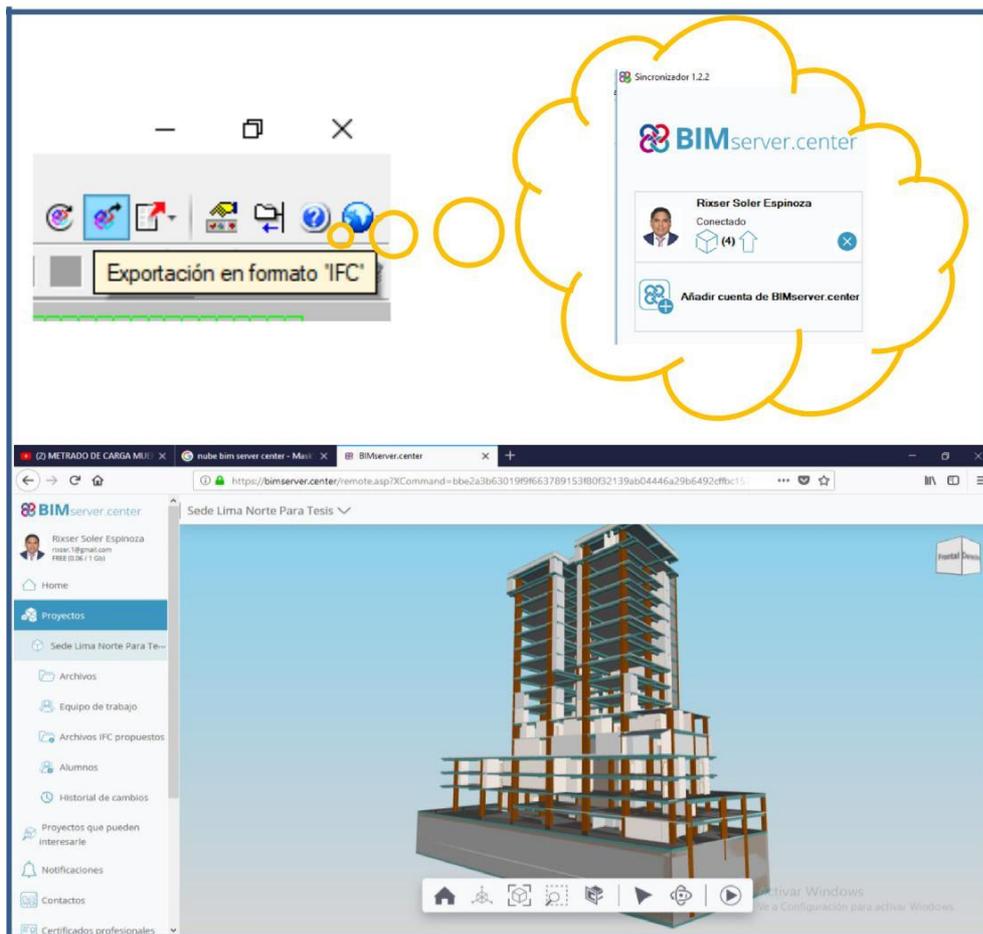
Figura n° 64 Cuantía de obra del proyecto Sede Lima Norte

Sede del MP lima Norte					
Cuantías de obra					
Notas: Barras: Los valores indicados tienen incluidas las mermas. Superficie total: Se han deducido los huecos de superficie mayor de 0.00 m <sup>2</sup> .					
<b>Total obra</b>					
Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)	Laminado (kg)
Plataas de fundación	-	1640.51	1148.360	276368	-
Losa de viguetas	-	11582.05	1423.890	36624	-
Losas macizas	-	1957.74	379.460	50822	-
Vigas	4584.32	2994.26	1465.270	225487	-
Vigas inclinadas	-	155.31	-	-	91956
Muros de hormigón armado	-	10930.16	1906.960	283780	-
Columnas	3620.92	-	838.410	239329	-
Escaleras	-	698.04	110.410	14650	-
<b>Total</b>	-	<b>29958.07</b>	<b>7272.760</b>	<b>1127060</b>	<b>91956</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.390</b>	<b>60.45</b>	<b>4.93</b>
<b>Superficie total: 18645.19 m<sup>2</sup></b>					

Fuente: Elaborado por Soler

Posteriormente culminada el modelado y análisis estructural se puede importar a la nube, figura n° 65, dónde personal autorizado o el comitente podrán visualizar la estructura del proyecto, asimismo en el ICFbuilder el Arquitecto podrá actualizar el modelo y visualizar la estructura a efectos de considerar y/o actualizar el diseño arquitectónico.

*Figura n° 65 Proyecto Sede Lima Norte con los elementos estructural en BIM*



*Fuente: Elaborado por Soler*

### 3.1.3. Reducción de las inconsistencias consideradas en la documentación.

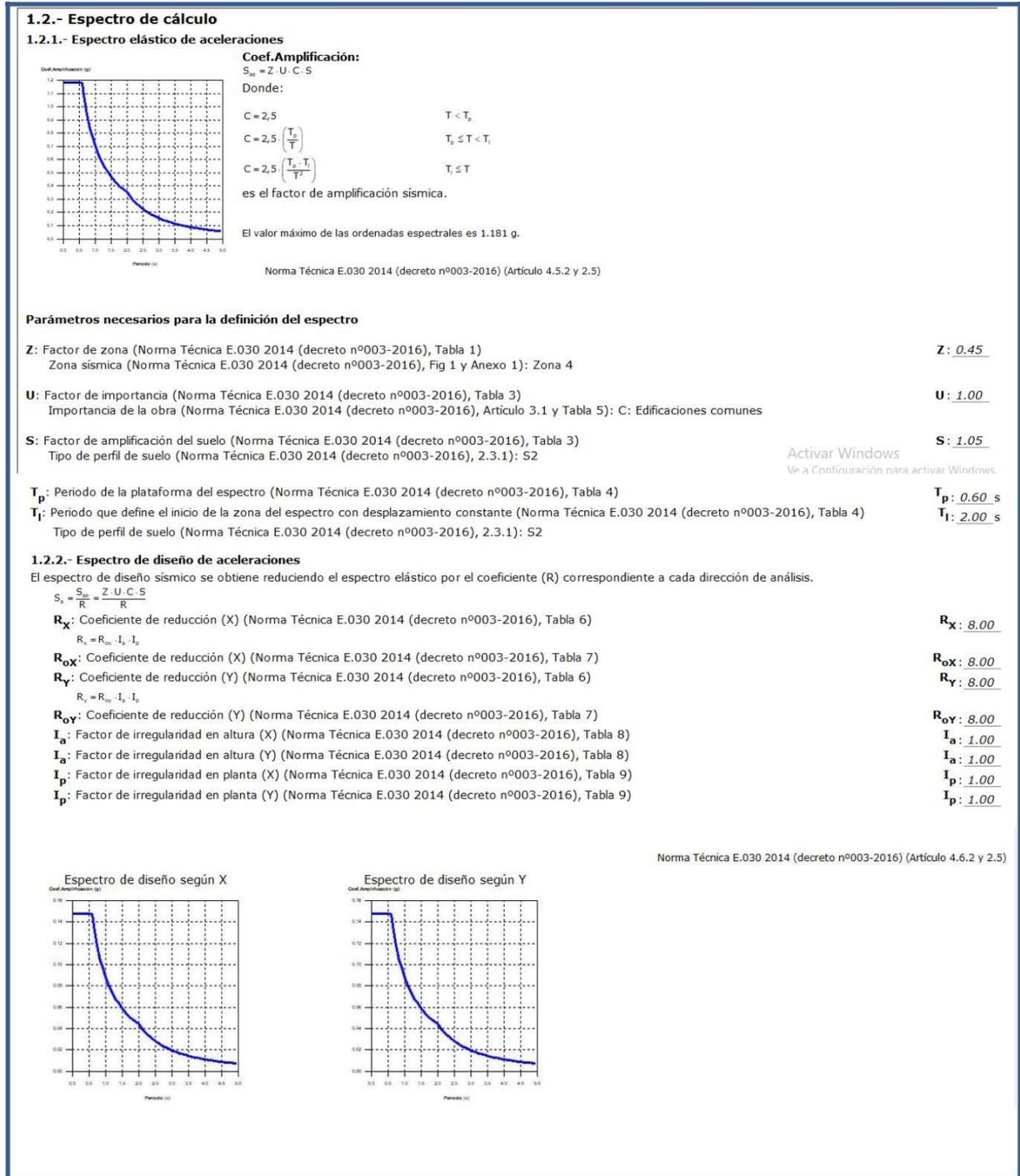
A continuación con la siguiente tabla se precisa la reducción de las inconsistencias consideradas del proyecto estructural de la sede lima norte, como se describió anteriormente el desarrollo del proyecto estructural, dado las configuraciones y el diseñado en 3D de los elementos estructurales, la documentación debe ser coherente conforme a lo establecido en la configuración y el diseñado.

*Tabla n° 2 Reducción de las inconsistencias consideradas.*

N°	Inconsistencias de la documentación (consideradas)	Trabajo con BIM sede lima norte
<b>01</b>	<b>En la memoria de cálculo</b>	<b>En la memoria de cálculo</b>
	1.1. No muestra el espectro elástico de aceleraciones y espectro de diseño de aceleraciones en. Anexo n°03	Dentro del listado de la justificación sísmica se hace mención sobre los espectros. (figura n° 66 )
	3.1 No muestra el centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta ni su gráfica. Anexo n° 04	Se menciona sobre el centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta y muestra su gráfica (figura n° 67 )
	3.2 No se visualiza el empuje considerado en los muros perimetral de sótano Anexo n° 05	Se visualiza los empujes considerado en los muros perimetral de sótano (figuras n°68,69)
<b>02</b>	<b>En los planos</b>	<b>En los planos</b>
	2.1 El diseño de la columna de forma geométrica L, no se visualiza en la plano de cimentación pero si a partir de la 1ra Planta y también presentan su armado (figuras n°16 y 17)	Se visualiza el diseño de todas las columnas consideradas (figura n°70)
	2.2 El diseño irregular de la columna 2 no coincide con el plano armado de la columna 2	EL diseño irregular desarrollado coincide exactamente en el plano de armado (figura n°71 )
	<b>5 Inconsistencias (100%)</b>	<b>Se reducen las inconsistencias (0 % )</b>

*Fuente: Elaborado por Soler*

Figura n° 66 Espectro elástico de aceleraciones y espectro de diseño de aceleraciones



Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 67 Centro de masas, centro de rigidez, excentricidades de cada planta y su gráfica

**1.4.- Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta**

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	$e_x$ (m)	$e_y$ (m)
Cubierta	(15.62, 17.62)	(15.69, 16.73)	-0.07	0.89
17vo nivel	(15.14, 10.77)	(15.43, 13.46)	-0.29	-2.69
16vo nivel	(15.06, 11.23)	(15.22, 11.13)	-0.16	0.10
15vo nivel	(15.11, 12.22)	(15.26, 11.91)	-0.14	0.32
14vo nivel	(15.11, 12.28)	(15.26, 11.91)	-0.15	0.38
13vo nivel	(15.09, 12.05)	(15.16, 10.44)	-0.07	1.61
12vo nivel	(15.12, 12.37)	(15.26, 11.91)	-0.14	0.47
11vo nivel	(15.17, 12.29)	(15.13, 11.88)	0.04	0.40
10vo nivel	(15.15, 12.07)	(15.26, 10.46)	-0.11	1.62
9no nivel	(15.19, 12.35)	(15.13, 11.88)	0.06	0.47
8vo nivel	(15.02, 12.24)	(15.26, 11.91)	-0.23	0.34
7mo nivel	(15.00, 12.03)	(15.14, 10.10)	-0.14	1.93
6to nivel	(17.44, 11.09)	(15.53, 12.07)	1.91	-0.98
5to nivel	(10.24, 9.10)	(15.13, 9.87)	-4.89	-0.76
4to nivel	(9.64, 9.30)	(14.78, 10.15)	-5.14	-0.85
3er nivel	(11.08, 9.54)	(15.61, 10.31)	-4.53	-0.77
2do nivel	(19.44, 11.79)	(16.58, 10.45)	2.86	1.35
Planta baja	(8.60, 9.21)	(11.17, 9.10)	-2.57	0.11
Sótano 01	(8.24, 9.60)	(8.62, 8.88)	-0.37	0.72
Sótano 02	(7.91, 9.50)	(8.47, 8.97)	-0.56	0.53

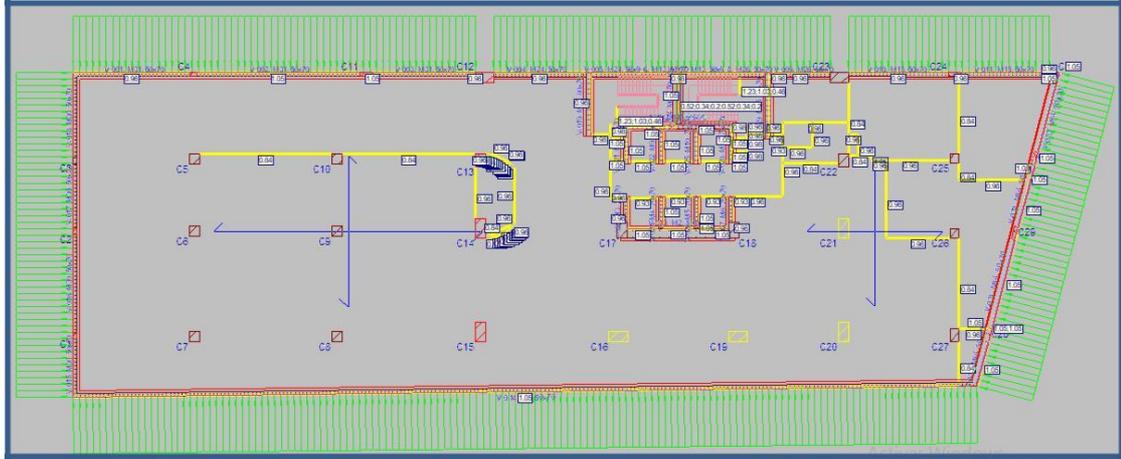
$e_y$ : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

**Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta**



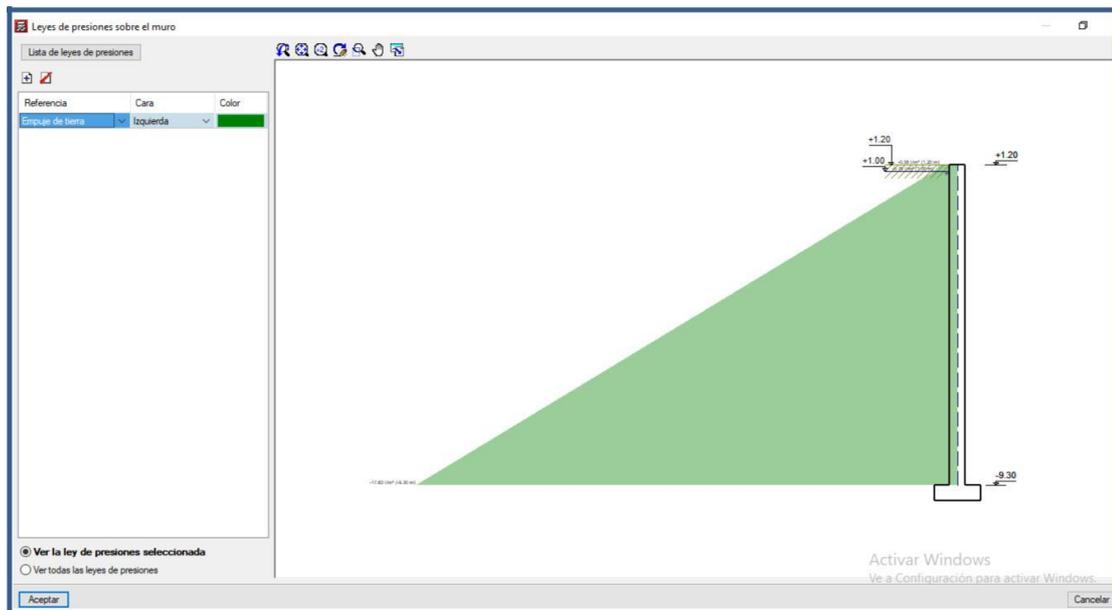
Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 68 Empujes perimetral de los muros de sótano 01



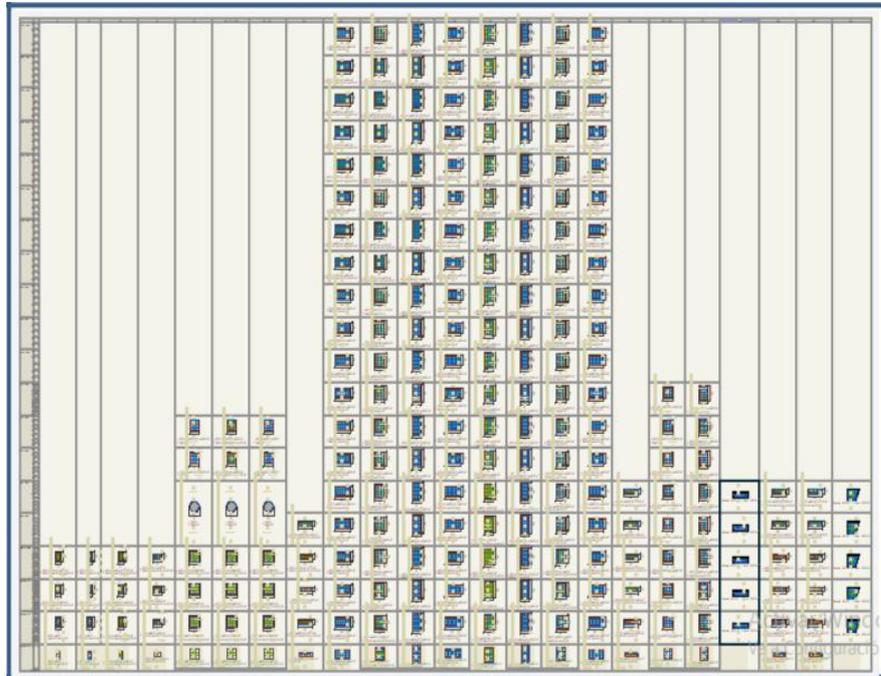
Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 69 Empujes perimetral de los muros de sótano 02



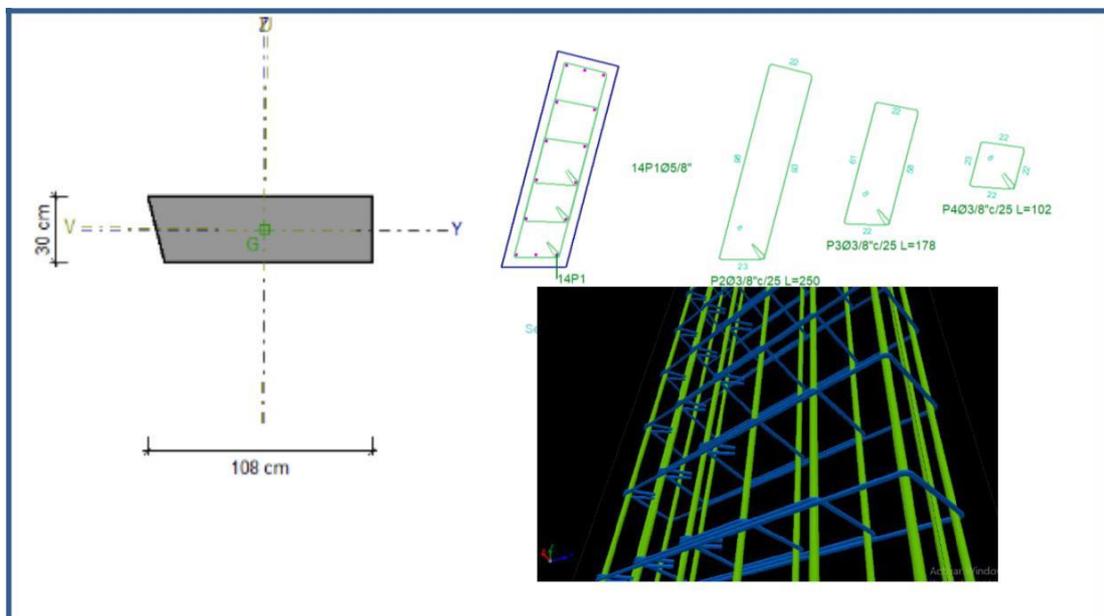
Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 70 Visualización del diseño de todas las columnas



Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 71 El diseño de la columna irregular coincide con el armado



Fuente: Elaborado por Soler

### 3.2. Desarrollo de Objetivo Específico 2

“Reducir el número de días la gestión del proyecto estructural de la edificación de la Sede del Ministerio Público de Lima Norte frente a una modificación arquitectónica con BIM”.

Frente a una modificación arquitectónica se tendrá que recalcular el proyecto estructural, luego elaborar la memoria, los planos y metrados, con el sistema tradicional enfrentar esta modificación tardaría varios días y con el riesgo de errores, esto dependerá de acuerdo a la envergadura de la modificación arquitectónica considerada.

A efectos de reducir en números de días la gestión del proyecto estructural de la edificación de la Sede del Ministerio Público de Lima Norte frente a una modificación arquitectónica con BIM, en el presente trabajo a modo de ejemplo se va considerar que el arquitecto ha considerado que las seis columnas rectangulares del 1er nivel y 2do del ingreso al edificio deben ser circulares por diferentes razones arquitectónicas.

Determinar el número de días en la gestión del proyecto estructural con el sistema tradicional y el BIM, frente a esta modificación arquitectónica considerada es subjetiva toda vez que dependerá de la experiencia del profesional, herramientas a utilizar, habilidades, entre otros.

Para ver esta situación se ha realizado algunas entrevistas a ingenieros civiles experimentados de la especialidad de estructuras, (Anexo n° 07).

En la entrevista se consultó sobre la gestión del proyecto estructural frente a la modificación arquitectónica considerada, para la elaboración de modelado cálculo, elaboración de la memoria de cálculo, elaboración de planos, elaboración de metrados, considerando tiempos, herramientas a utilizar y número de personal que participa.

Como resultado se pudo obtener un promedio de 4 días para la gestión de proyecto estructural con el sistema tradicional. Tabla n°3.

*Tabla n° 3 Promedio en días en la Gestión de proyecto estructural tradicional conforme a la modificación arquitectónica considerada.*

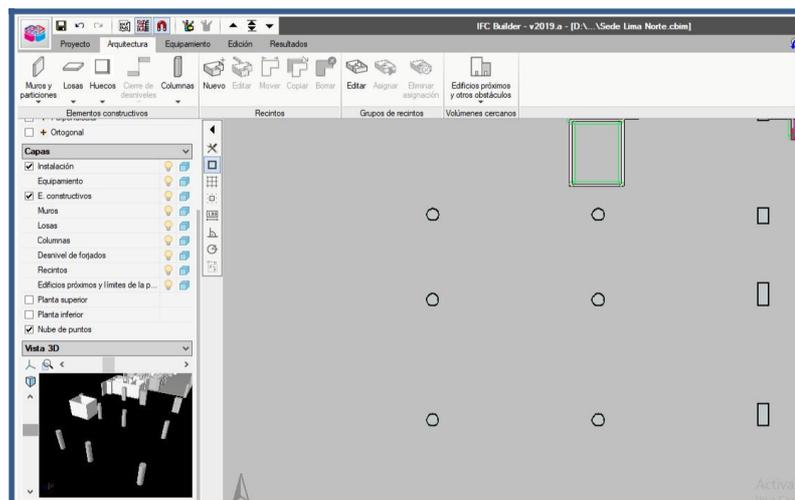
	Experiencia	Tiempo en días					
		(Modelado cálculo)	Elab. De Memoria de Cálculo	Elab. De Planos	Elab. De Metrados		
Ing.- 01	7 años	1	1	1	1	4	total en días
Herramientas a utilizar	Sap2000, Etabs	Sap2000, Etabs	Sap2000, Etabs, hojas de cálculo	Autocad / Revit	Excel		
Personal		1	1	1	1	4	total personal
Ing.- 02	12 años	0	1	1	1	3	total en días
Herramientas a utilizar		0	Word, Excel	Autocad	Excel		
Personal		0	1	1	1	3	total personal
Ing.- 03	25 años	0.25	1	0.375	0.375	2	total en días
Herramientas a utilizar	Sap2000, Etabs	Sap2000, Etabs	Word, Excel	Autocad	Excel		
Personal		0.5	0.5	0.5	0.5	2	total personal
Ing.- 04	4 años	1	1	1	0.5	3.5	total en días
Herramientas a utilizar	Sap2000, Etabs	Sap2000, Etabs	Word, Excel	Autocad	Excel		
Personal		1	1	1	0.5	3.5	total personal
Ing.- 05	5 años	1	0.2	2	2	5.2	total en días
Herramientas a utilizar	Revit y Robot Structural	Revit y Robot Structural	Microsoft Word y Excel	Revit	Revit y Excel		
Personal		1	1	2	1	5	total personal
						4	Promedio total en días
						4	Promedio de personal

*Fuente: Elaborado por Soler*

Considerando esta modificación arquitectónica en el entorno BIM se elaboró las siguientes actividades.

1. En software BIM dónde se diseñó la arquitectura se diseña lo considerado figura n°72.

*Figura n° 72 Diseño arquitectónico modificado en IFCbuilder 01*



*Fuente: Elaborado por Soler*

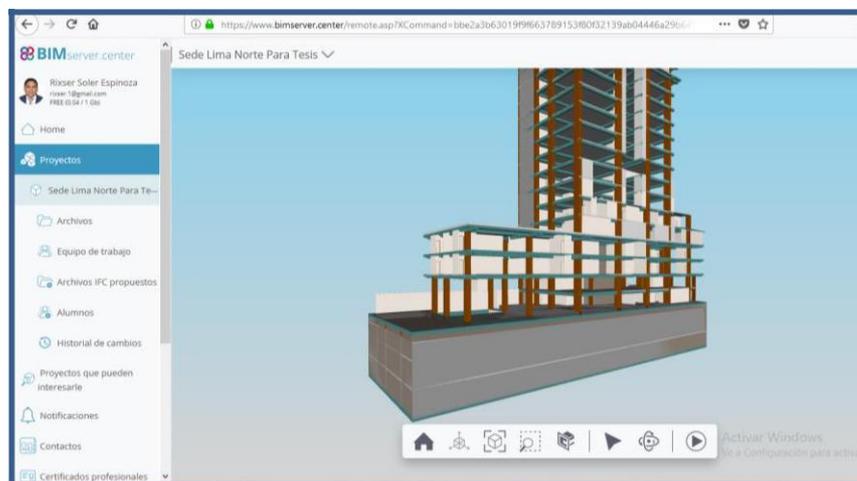
Figura n° 73 Diseño arquitectónico en 3D modificado en IFCbuilder 02



Fuente: Elaborado por Soler

2. El diseño ya modificado el arquitecto importa a la nube figura n°74.

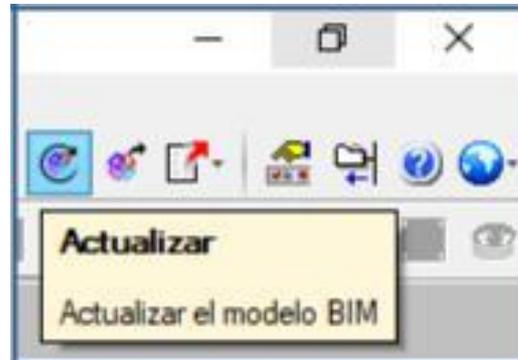
Figura n° 74 Diseño arquitectónico modificado en la Nube



Fuente: Elaborado por Soler

3. En el software BIM de estructuras se recibe la modificación arquitectónica, previa actualización del IFC figura n° 75, donde el proyectista estructural podrá realizar las modificaciones en las columnas y recalculará, al respecto se desarrolló dicha actividad y como todo está automatizado se obtuvo ágilmente el listado para la memoria de cálculo, planos y metrados, figuras n° ,76,77,78.

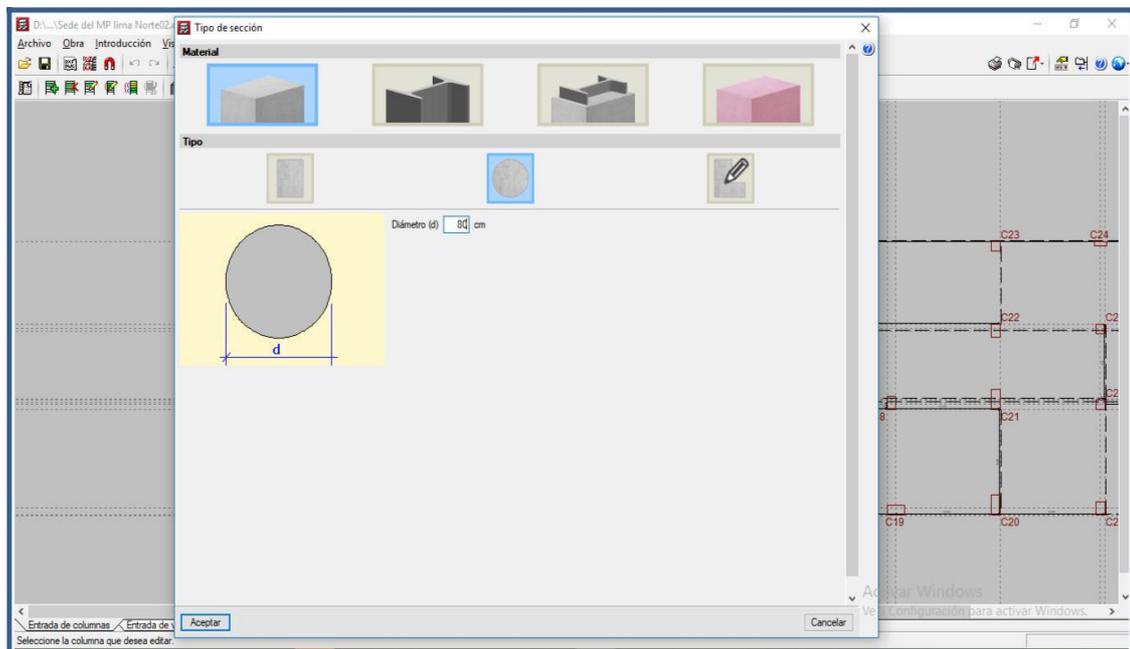
Figura n° 75 Actualización del modelo BIM en Cype CAD



Fuente: Elaborado por Soler

En la configuración del tipo se seleccionó la columna circular proporcionalmente al área de la columna rectangular anterior, tal diámetro puede ser modificada de acuerdo a los resultados del modelado.

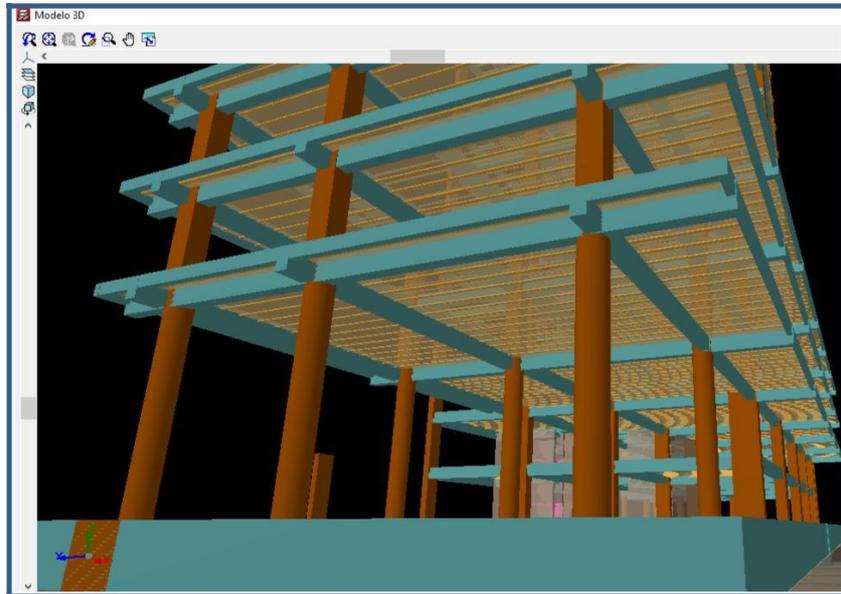
Figura n° 76 Selección de la columna circular en Software BIM



Fuente: Elaborado por Soler

Una vez cambiada se puede observar en 3D la columna figura n°77, luego se actualizó el cálculo.

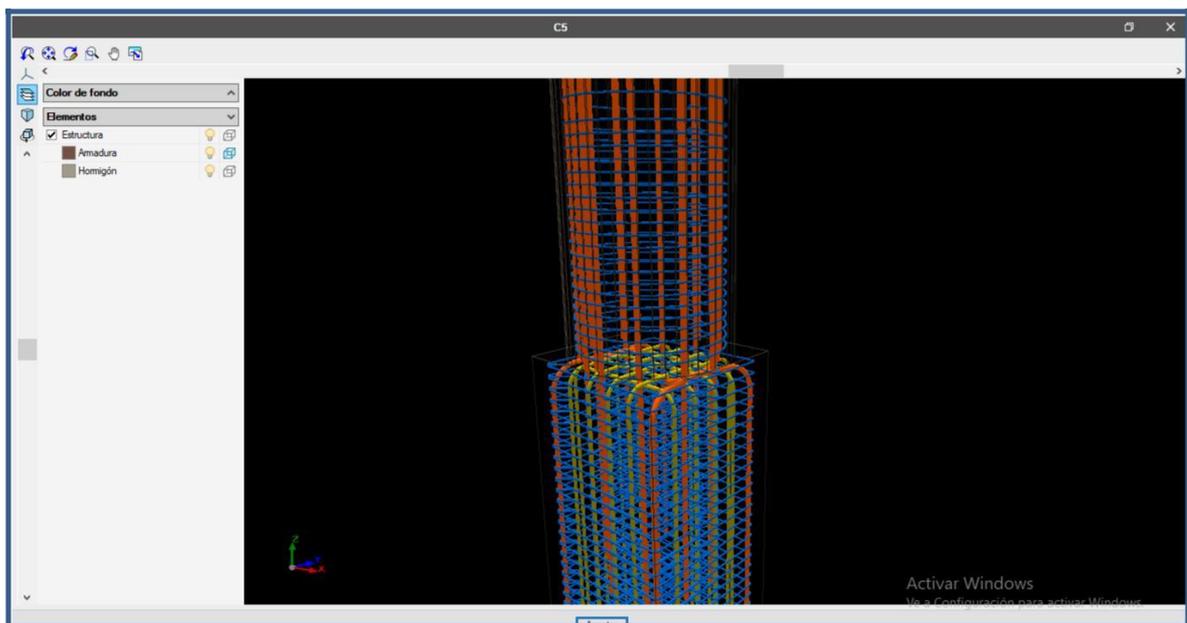
Figura n° 77 Modelo 3D de las columnas consideradas en el modelo



Fuente: Elaborado por Soler

Actualizada el cálculo se puede visualizar el armado del acero transversal y longitudinal de la columna circular figura n° 78.

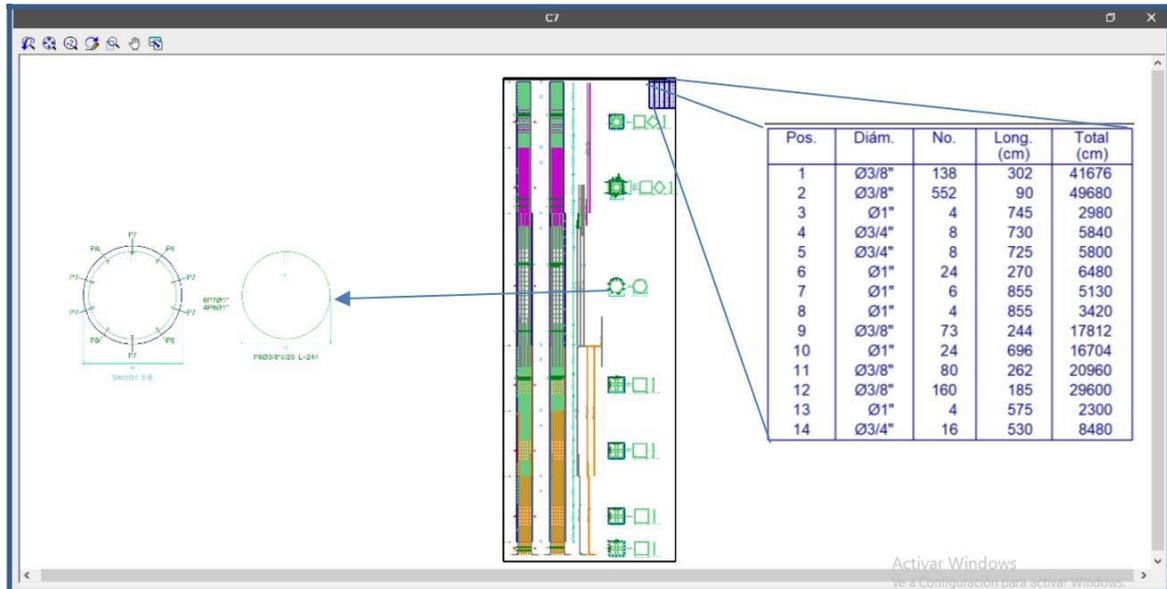
Figura n° 78 Vista 3D de la columna circular



Fuente: Elaborado por Soler

Asimismo, se podrá obtener el plano con el despiece de columna y su metrado correspondiente figura n° 79.

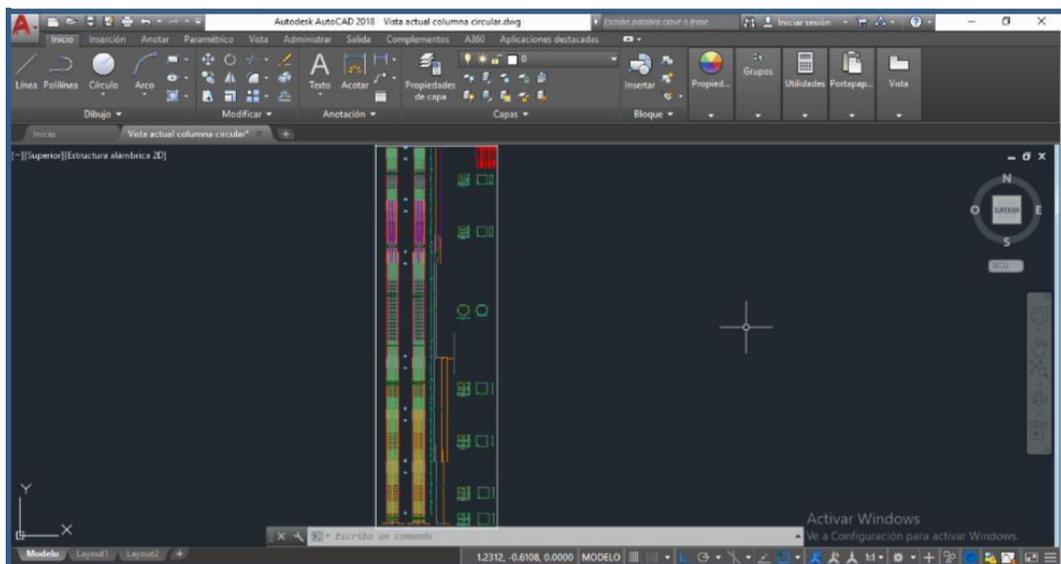
Figura n° 79 Despiece de la columna circular y el metrado



Fuente: Elaborado por Soler

El despiece puede ser importado en formato dwg, figura n°80.

Figura n° 80 Despiece de la columna exportada en CAD



Fuente: Elaborado por Soler

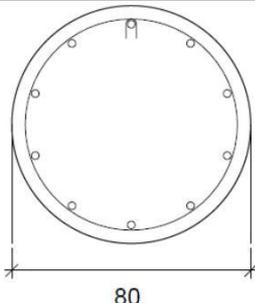
Posteriormente podemos obtener el listado o documentación que permiten asegurarse del cumplimiento de las modificaciones sobre el dimensionamiento propuesto, comprobar el

cumplimiento de las cuantías, lo cual sirve para justificar frente a terceros la armadura indicada en los despieces, también incluye el dibujo de las leyes o normativas, siendo mucho más claro visualmente, a continuación se muestra una parte de la documentación como ejemplo de la comprobación del pilar C9 del 2do nivel, toda vez sobre este tema se tiene más de 140 páginas, figura n° 81.

Figura n° 81 Listado de la comprobación del pilar C9 -01

### Comprobaciones del pilar C9

**3.- 2DO NIVEL (1.2 - 8.2 M)**

Datos del pilar	
 <p style="text-align: center;">80</p>	Geometría
	Diámetro : 80 cm
	Tramo : 1.200/8.200 m
	Altura libre : 6.30 m
	Recubrimiento geométrico : 4 cm
Tamaño máximo de agregado : 15 mm	
Materiales	
Hormigón : Concreto f'c 280	Longitud de pandeo
Acero : Grado 60	Plano ZX : 6.30 m
	Plano ZY : 6.30 m
Longitudinal	
Barras : 10Ø1"	Armadura transversal
Cuantía : 1.01 %	Estribos : 1eØ3/8"
	Separación : 5 - 25 cm

**Disposiciones relativas a las armaduras** (NTE E.060:2009, Artículos 7.6 y 7.10)

**Armadura longitudinal**

En elementos a compresión reforzados transversalmente con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de  $s_{l,min}$  (Artículo 7.6.3):

**$s_l \geq s_{l,min}$**  **183 mm  $\geq$  40 mm** ✓

Donde:

$s_{l,min}$ : Valor máximo de $s_1, s_2, s_3$ .	$s_{l,min}$ : <u>40</u> mm
$s_1 = 1.5 \cdot d_b$	$s_1$ : <u>38</u> mm
$s_2 = 40$ mm	$s_2$ : <u>40</u> mm
$s_3 = 1.33 \cdot d_{ag}$	$s_3$ : <u>20</u> mm

Siendo:

$d_b$ : Diámetro de la barra más gruesa.	$d_b$ : <u>25.4</u> mm
$d_{ag}$ : Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	$d_{ag}$ : <u>15</u> mm

**Estribos**

En elementos a compresión reforzados transversalmente con espirales o estribos, la distancia libre entre refuerzos transversales no debe ser menor de  $s_{e,min}$  (Artículo 7.6.3):

**$s_e \geq s_{e,min}$**  **50 mm  $\geq$  40 mm** ✓

Donde:

$s_{e,min}$ : Valor máximo de $s_1, s_2, s_3$ .	$s_{e,min}$ : <u>40</u> mm
$s_1 = 1.5 \cdot d_{be}$	$s_1$ : <u>14</u> mm
$s_2 = 40$ mm	$s_2$ : <u>40</u> mm
$s_3 = 1.33 \cdot d_{ag}$	$s_3$ : <u>20</u> mm

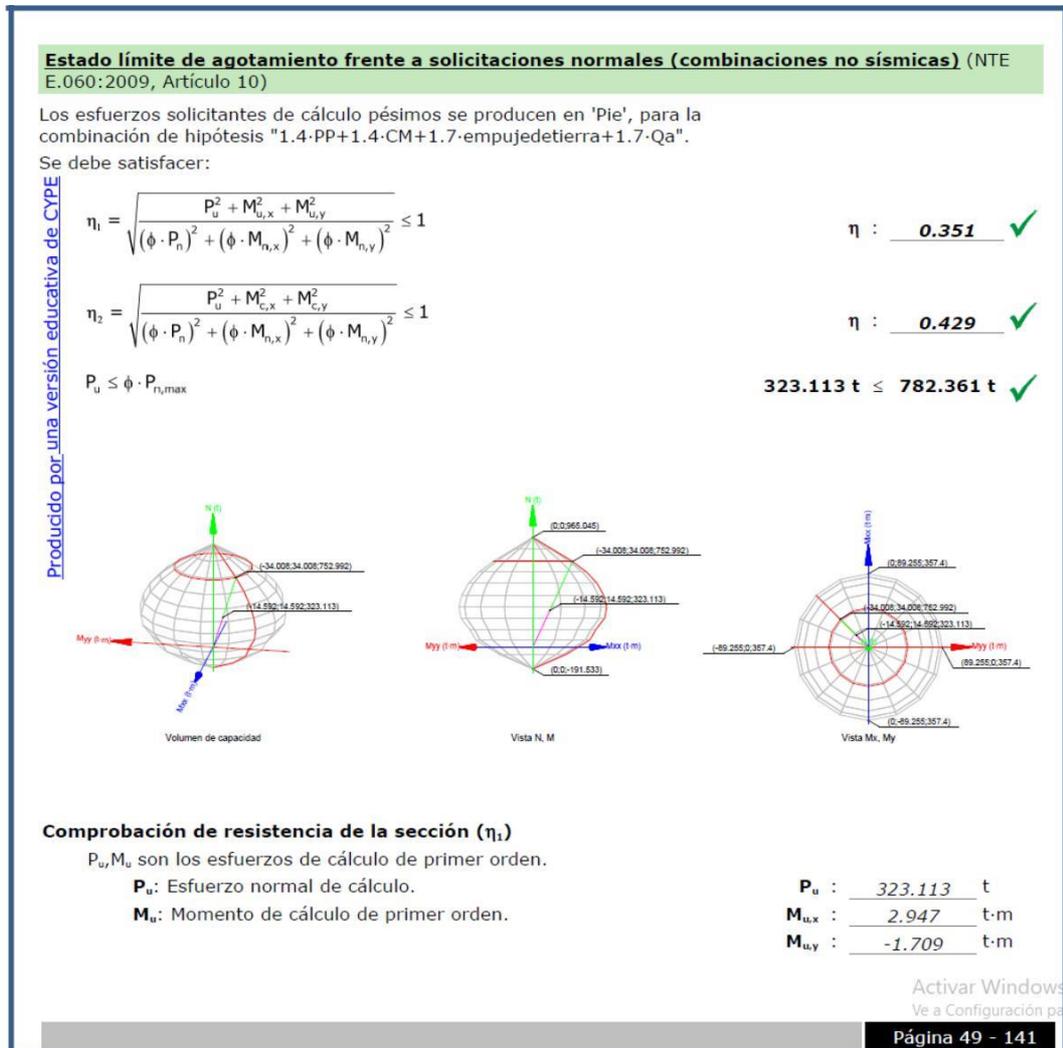
Siendo:

$d_{be}$ : Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.	$d_{be}$ : <u>9.5</u> mm
--	--------------------------

Página 44 de 141

Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 82 Parte del listado de la comprobación del pilar C9 - 02



Fuente: Elaborado por Soler

Con el software BIM, se obtuvo forma ágil la documentación dónde se puede mencionar que solo bastó un solo día promedio para la obtención de la documentación, (memoria de cálculo, planos, metrados), reduciendo de esta manera en tres días frente a un sistema tradicional.

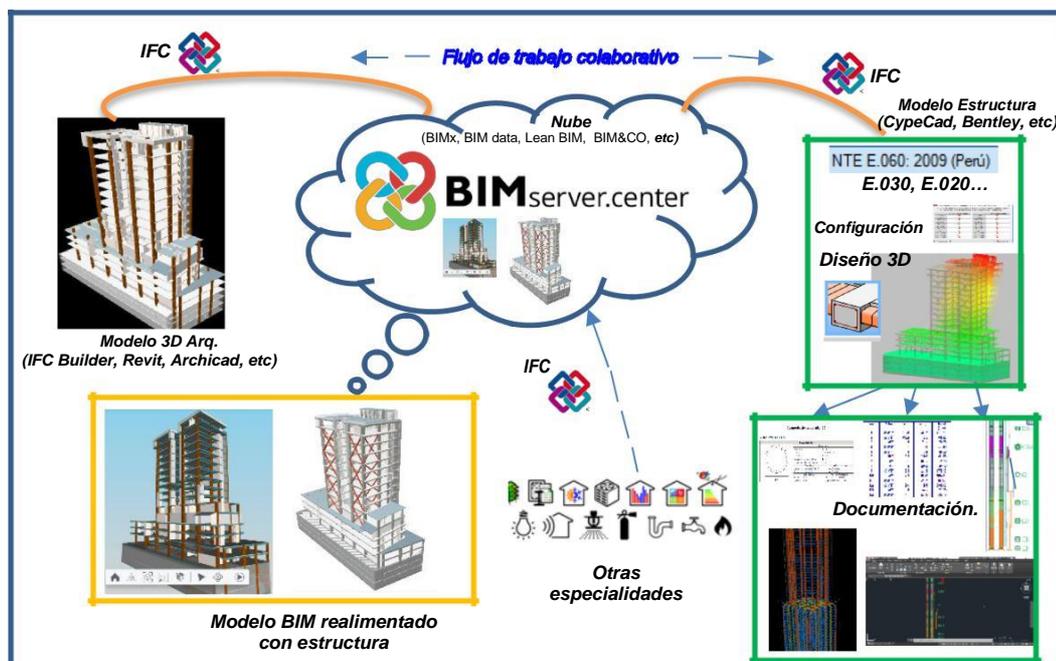
### 3.3. Desarrollo del Objetivo General

“Mejorar la gestión del proyecto estructural de la edificación de la sede del Ministerio Público de Lima Norte con la implementación del BIM (Building Information Modeling)”.

El intercambio de información BIM con el diseño del volumen arquitectónico en IFC Builder, la comunicación con el IFC en BIMserver.center y CypeCAD, permite realimentar o enriquecer el modelo, por ejemplo en IFC Builder, la arquitectura se realimenta la información considerada de la especialidad de estructura, en BIMserver.center, el comitente o jefe de proyecto o personal autorizado podrá visualizar y plantear sus aporte y/o recomendaciones, en CypeCAD el proyectista estructural podrá realimentar el modelo conforme a los aporte y/o recomendaciones.

Este intercambio de información permitió un flujo de trabajo colaborativo gracias a la interoperabilidad de los softwares BIM utilizados, en definitiva este intercambio de información se ha logrado un **flujo de trabajo colaborativo** el cual se propone para el proyecto estructural de la edificación de la sede del Ministerio Público de Lima Norte, figura n°83, en el que este modelo, se reitera que puede ser realimentada e enriquecida por cualquier aporte y o recomendación debidamente sustentada, y obtener la documentación de manera ágil y sencilla.

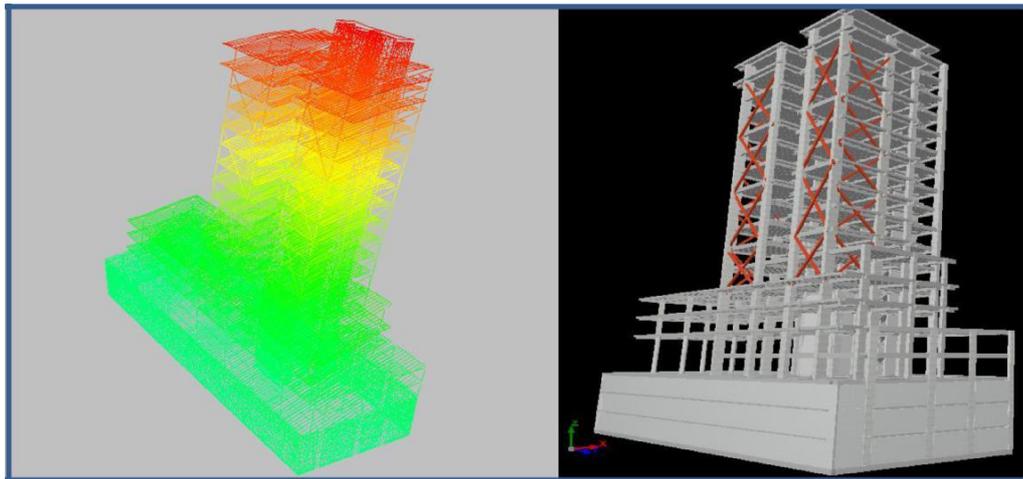
Figura n° 83 Propuesta de Gestión del proyecto Estructural con BIM de la Sede Lima



Fuente: Elaborado por Soler (2018)

La herramienta BIM permitió la obtención de un modelo analítico y físico de la estructura Sede Lima Norte, en el que se puede destacar una mejora en la obtención **aparte del modelo analítico, obtener un modelo físico de la estructura**, figura n° 84.

*Figura n° 84 Modelo analítico y modelo físico estructural de la Sede Lima Norte*



*Fuente: Elaborado por Soler*

Por otra parte se obtuvo **la documentación de manera automatizada** del proyecto estructural sede Lima norte.

En el entorno BIM, se obtuvo con mayor agilidad toda vez que desde el inicio de las configuraciones y el diseñado se estuvo cargando de información, la herramienta BIM ha proporcionado el listado de la información, que a continuación se puede mostrar algunas partes de las documentaciones, figuras n°86, 87.

Para la elaboración de la memoria de cálculo, el software BIM utilizado dispone de una serie de listados que pueden ayudar a completar los anejos de cálculo de la Memoria del proyecto en el listado presenta datos de la obra, combinaciones usadas en el cálculo, listado de esfuerzos en viguetas, cómputo de vigas, cómputo de viguetas, cómputo de bovedillas, cómputo de armado de armaduras de losas de vigueta, listado de armados de losa, cuantías de obra, entre otros, toda la lista que se muestra en la figura n° 85, los cuales se descargan en formato PDF, Word, totalmente editables.

Figura n° 85 Listados para la memoria de cálculo estructural

Listado datos de obra
Combinaciones usadas en el cálculo
Tensiones del terreno bajo vigas de cimentación
Listado de esfuerzos en viguetas
Listado de esfuerzos y armado de vigas
Cómputo de vigas
Cómputo de viguetas
Cómputo de las bovedillas
Cómputo de armaduras de losas de viguetas
Listado de etiquetas
Listado de intercambio de vigas
Listado de intercambio de viguetas
Listado armado losas
Comprobaciones de punzonamiento
Desplazamientos en nudos de losas macizas y casetonadas
Esfuerzos en nudos de losas macizas y casetonadas
Listado de losas rectangulares
Superficies/Volúmenes
Cuantías de obra
Cuantías de armadura, por diámetro
Esfuerzos y armados de columnas, tabiques y muros
Desplazamientos de columnas
Distorciones de plares y muros
Cargas horizontales de viento
Justificación de la acción sísmica
Esfuerzos y armados de vigas inclinadas
Comprobaciones E.L.U. de pilares y vigas
Escaleras

Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 86 Listados de la Justificación sísmica

INDICE	
<b>1.- SISMO</b>	
1.1.- <b>Datos generales de sismo</b>	
1.2.- <b>Espectro de cálculo</b>	
1.2.1.- <a href="#">Espectro elástico de aceleraciones</a>	
1.2.2.- <a href="#">Espectro de diseño de aceleraciones</a>	
1.3.- <b>Coefficientes de participación</b>	
1.4.- <b>Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta</b>	
1.5.- <b>Corrección por cortante basal</b>	
1.5.1.- <a href="#">Cortante dinámico CQC</a>	
1.5.2.- <a href="#">Cortante basal estático</a>	
1.5.3.- <a href="#">Verificación de la condición de cortante basal</a>	
1.6.- <b>Cortante sísmico combinado por planta</b>	
1.6.1.- <a href="#">Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta</a>	
1.6.2.- <a href="#">Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta</a>	
1.6.3.- <a href="#">Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques</a>	

Fuente: Elaborado por Soler

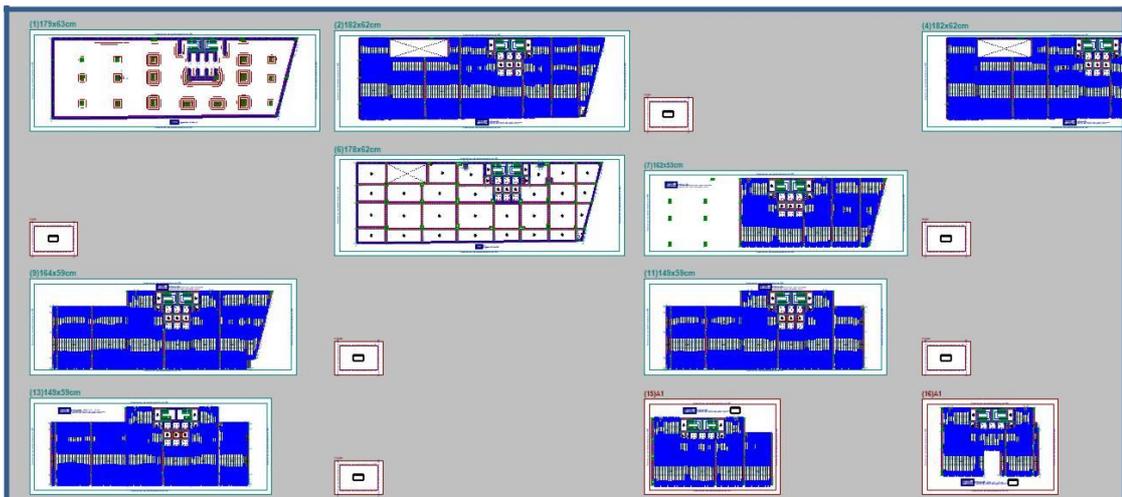
Figura n° 87 Parte del listado de la justificación sísmica



Fuente: Elaborado por Soler

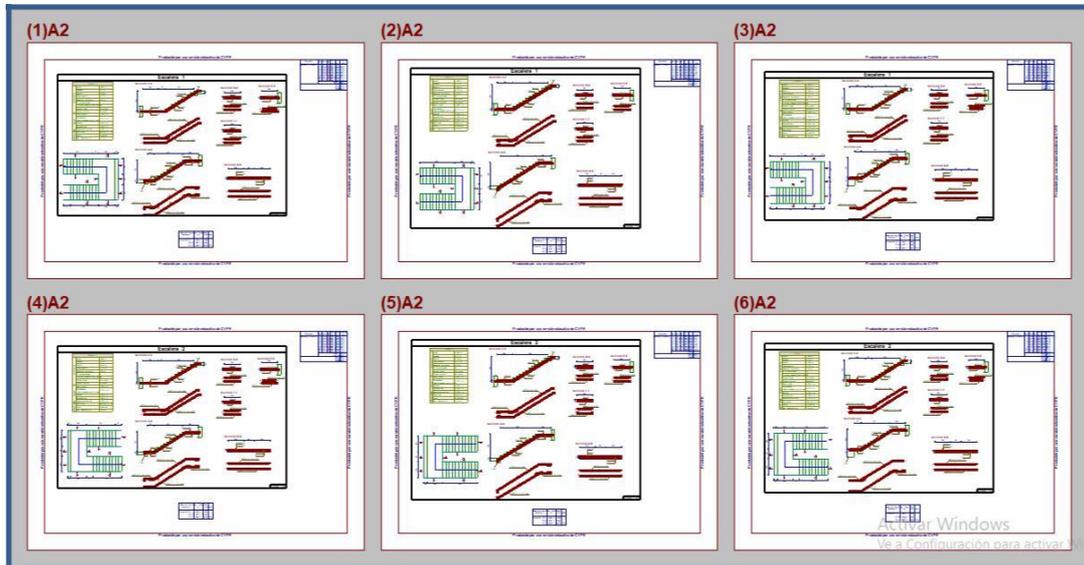
También se pudo obtener los planos de todos los elementos estructurales, despiece de columnas, planos de planta, vigas, plano de pórtico, cuadro de columnas, muros, entre otros a continuación se muestra algunos planos figura n°88 y 89.

Figura n° 88 Parte de los planos de planta de lima norte con BIM



Fuente: Elaborado por Soler

Figura n° 89 Planos de escaleras de Lima norte con BIM



Fuente: Elaborado por Soler

Finalmente se ha logrado mejorar en la gestión del proyecto estructural de Lima norte en los siguientes aspectos:

- Flujo de trabajo colaborativo del proyecto estructural de la edificación de la sede del Ministerio Público de Lima Norte.
- Obtención aparte del modelo analítico, obtener un modelo físico de la estructura del proyecto sede Lima norte.
- Obtención la documentación de manera automatizada del proyecto estructural sede Lima norte.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

### 4.1. Resultado del Objetivo Específico 1

Conforme a las inconsistencias de la documentación consideradas con el trabajo desarrollo se permitió los siguientes resultados:

*Tabla n° 4 Resultados de inconsistencias de la documentación consideradas*

Inconsistencias (Consideradas)	Tradicional	Con BIM
En la memoria de cálculo	3	0
En los planos	2	0
Total	5 100%	0 0%

*Fuente: Elaborado por Soler*

### 4.2. Resultado del Objetivo Específico 2

*Tabla n° 5 Reducción de tiempos con BIM frente a la modificación arquitectónica*

Frente a la modificación Arquitectónica	Sin BIM (días)	Con BIM (días)
Modelado cálculo	4	1
Elaboración de la memoria de cálculo		
Elaboración de los planos		
Metrados		
Total	4 Promedio	1 promedio

\*Viendo estos resultados con el BIM se ha reducido tres (03) días en promedio frente a un sistema tradicional.

*Fuente: Elaborado por Soler*

### 4.3. Resultado del Objetivo General

Con la implementación BIM en la gestión del proyecto estructural de la edificación de la sede del Ministerio Público de Lima Norte se ha podido mejorar los siguientes:

*Tabla n° 6 Mejora de gestión estructural con la implementación BIM de la Sede Lima Norte.*

Mejora en la Gestión de proyecto estructural	Sin BIM	Con BIM
Flujo de trabajo colaborativo	Nulo	Positivo
Obtención del modelo analítico y modelo físico estructural	Solo modelo analítico	Ambos
Obtención de la Documentación	No automatizado	Automatizado

*Fuente: Elaborado por Soler*

## CONCLUSIONES

Con la implementación BIM (Building Information Modeling) en la gestión del proyecto estructural de la edificación de la sede del Ministerio Público de Lima Norte, accedió obtener mejora en la gestión del proyecto estructural tales como, obtener un flujo de trabajo colaborativo, obtención aparte del modelo analítico obtener un modelo físico de la estructura y obtener de forma automatizada la Documentación.

Con el uso de software BIM y en particular con el CypeCAD, se logró reducir las inconsistencias consideradas de la documentación del proyecto estructural sede Lima norte a un 0%.

La Gestión del proyecto estructural con BIM, frente a una modificación arquitectónica considerada de la sede Lima norte, se redujo a un día en promedio de los cuatro días en promedio del sistema tradicional.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda al Ministerio Público y demás entes estatales o particulares, implementar el BIM tomando en consideración los resultados obtenidos y demás particularidades que se tienen en los contenidos del presente trabajo.

Como se ha visto con la implementación BIM, trae consigo muchos beneficios en la gestión del proyecto estructural particularmente, tales beneficios es de mucho interés para los involucrados del proyecto reduciendo tiempos y costos.

Para la implementación del BIM, hay que tener en cuenta además las decisiones que uno toma, toda vez que existen múltiples plataformas que nos ofrece el mercado, se requiere investigar los criterios técnicos que se consideran para el trabajo en BIM, tal elección se acomodará de acuerdo a la especialidad que uno se desempeña o desarrolla.

Hay que tener en cuenta en la Implementación del BIM, determinar protocolos, normativas a nivel de proyecto, a nivel de construcción y a nivel de operación, estos serán los guías o documentos para una buena marcha con BIM en la gestión del ciclo de vida del proyecto de acuerdo a los ya experimentados en BIM.

## REFERENCIAS

Dr. William Wallace (2014) Director del Programa de DBA y Docente Titular Sénior de Edinburgh Business School (EBS), la Escuela de Posgrado en Negocios de Heriot-Watt University-Libro Gestión de Proyectos.

Arq. Feliciano Adrián Berdillana Rivera-Lima - Perú (2008). Tesis para optar el grado de maestro con mención en: “Gestión y Administración de la Construcción” tecnologías informáticas para la visualización de la información y su uso en la construcción-los sistemas 3D inteligente- Universidad Nacional de Ingeniería facultad de Ingeniería Civil.

David Hollingsworth (1995) Workflow Management Coalition The Workflow Reference Model.

Karem Asthrid Ulloa Román (2014). Revista Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios-José Roberto Salinas Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú), Karem Asthrid Ulloa Román- Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú)-Sinerg. innov. Vol. 2, Responsable de Servicio de Calidad, Odebrecht Infraestructura. E-mail: karem\_1408@hotmail.com

Alfonso Mojica Arboleda- Diego Fernando Valencia Rivera (2012). Trabajo de grado para optar por el Título de Ingeniero Civil- - “Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá”- Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería departamento de Ingeniería Civil Bogotá D.C.

Paul Vladimir Alcántara Rojas (2013). Tesis para optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil - - “metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías bim” Universidad Nacional de Ingeniería-Facultad de Ingeniería Civil. Lima- Perú.

Karem Ulloa Román- José Salinas Saavedra (2013). Tesis: Maestría en Dirección de la Construcción “Mejoras en la Implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, área académica de Ingeniería.

Alfonso Mojica Arboleda; Diego Fernando Valencia Rivera (2012). Tesis-Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación -Pontificia Universidad Javeriana-Facultad de Ingeniería- Departamento de Ingeniería Civil Bogotá D.C.

Borja Piles Navarro (2016). Trabajo final de grado en Fundamentos de la Arquitectura “Impacto del BIM en la Gestión de Proyecto y la obra de arquitectura” - Universidad Politécnica de Valencia.

<https://prezi.com/negia11dlk0q/una-pequena-historia-del-bim/>

<https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>

[http://ofi5.mef.gob.pe/proyectos\\_pte/forms/UnidadEjecutora.aspx?tipo=2&IdUE=200&IdUEBase=200&periodoBase=2014](http://ofi5.mef.gob.pe/proyectos_pte/forms/UnidadEjecutora.aspx?tipo=2&IdUE=200&IdUEBase=200&periodoBase=2014)

<http://mbim.blogs.upv.es/>

<http://itec.es/servicios/bim/implantacion-bim-en-espana/>

<http://www.comitebimdelperu.com/2014/objetivos.html>

<http://busquedas.elperuano.com.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-crea-el-sistema-nacional-de-programa-decreto-legislativo-n-1252-1459453-1/>

<https://www.nationalbimstandard.org/>

<https://www.tekla.com/la/productos/tekla-structures>

<http://latinoamerica.graphisoft.com/archicad/>

<https://www.aec-on.com/synchro-4d-scheduler>

<https://constructivo.com/noticia/como-avanza-la-implantacion-del-bim-en-el-mundo>

## ANEXOS

### *Anexo n°01 Especificaciones Técnicas de los estudios preliminares*

**B. ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**1. GENERALIDADES**

Las presentes especificaciones, juntamente con planos estructurales del proyecto forman parte del proyecto para la construcción de las estructuras.

Forman parte también en estas especificaciones todas las normas indicadas en los diferente capítulos, así como también Normas Técnicas de Edificaciones E060 y las de Diseño Sismo Resistente E030, las reglamentaciones del American Concrete Institute (ACI 318), en sus últimas versiones vigentes a la fecha del presente proyecto.

**1.1 Medidas de Seguridad**

El contratista adoptará las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes a su personal, a terceros, o a la misma obra; cumpliendo con todas las disposiciones vigentes en el Reglamento Nacional de Construcciones.

**1.2 Validez de especificaciones, planos y metrados**

En el caso de existir divergencias entre los documentos del Proyecto:

- Los Planos tienen validez sobre las Especificaciones técnicas, metrados y presupuestos.
- Las Especificaciones Técnicas tienen validez sobre Metrados y Presupuestos.
- Los Metrados tienen validez sobre Los Presupuestos.

Los metrados son referenciales y la omisión parcial o total de una partida no dispensará al contratista de su ejecución, si está prevista en los planos y/o Especificaciones Técnicas.

Las Especificaciones se complementan con los planos y los metrados respectivos, en forma tal que las obras deben ser ejecutadas en su totalidad, aunque estas figuren en uno solo de los documentos.

Detalles menores de trabajos y materiales, no usualmente mostrados en las especificaciones, planos y metrados, pero necesarios para la obra, deben ser



JULIO RAFAEL  
RIVERA FEJOO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 11004



*Fuente: Estudios preliminares Ministerio Público Sede Lima Norte*

**Anexo n°02 Interoperabilidad**



**Fuente:** Eastman et al., 2008

**Anexo n°03 No muestra los espectros de aceleración**

000338

R : Coeficiente de reducción de solicitaciones sísmicas.  
g : valor de la aceleración de la gravedad.

Para el presente proyecto:

Z = 0.45 Por ser zona 4 de acuerdo al reglamento.  
U = 1.00 Por ser de uso común (oficinas).  
S = 1.05 Por ser considerado suelo tipo S2. Tp(s) = 0.6  
Ry = 6\*0.72 Sistema de muros estructurales (Irregular).  
Rx = 6\*0.72 Sistema de muros estructurales (Irregular).

El valor de C se calculó según indica la norma E-0.30:

$C = 2.5$	Para $T < T_p$
$C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right)$	Para $T_p < T < T_L$
$C = 2.5 \left( \frac{T_p \cdot T_L}{T} \right)$	Para $T_L < T$

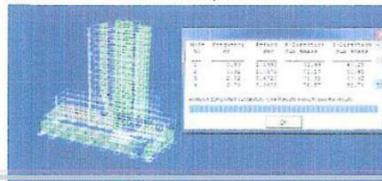
Del análisis se obtuvo que en ambas direcciones las fuerza cortantes dinámicas son menores al 90% de las fuerzas cortantes estáticas.

Cabe mencionar que el factor de amplificación sísmica fue calculado con el periodo del análisis modal.

**4. RESULTADOS DE ANÁLISIS**

**4.1 periodos fundamentales y porcentaje de masas participantes**

En la imagen que sigue se muestran los periodos fundamentales correspondientes al primer y segundo modo de vibración: 1.20 s. y 1.09 s.



*Julio Rafael Rivera Felice*

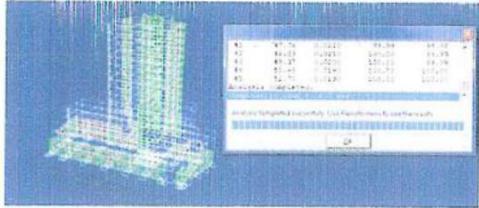
CONSORCIO DISEÑOS INTEGRALES  
ING. AUGUSTO FERNANDO ORTIZ DE ZEVALLOS MUÑOZ  
C.A.P. 716  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP Nº 11004

Fuente: Memoria de cálculo estudios preliminares Ministerio Público

**Anexo n°04** No muestra el centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta ni su gráfica

000359

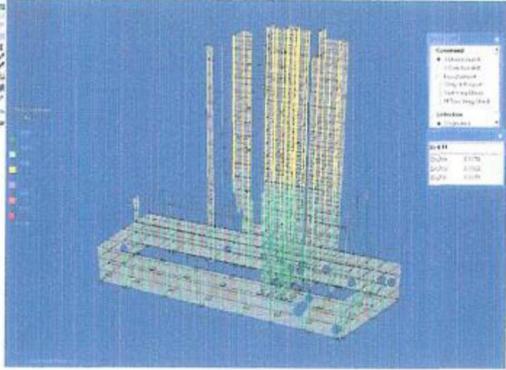
En la siguiente imagen se muestran los resultados para el último modo de vibración, en la 4ª y 5ª columna de datos se muestra que se ha llegado al 100% de de masa participativa en las dos direcciones.



43	47.7%	0.0221	99.284	99.102
44	48.23	0.0221	99.284	99.284
45	49.27	0.0221	99.284	99.284
46	50.31	0.0221	99.284	99.284

**4.2. Desplazamientos Relativos**

En las imágenes siguientes se muestran los mapeos de las derivas por piso en gradiente de colores siendo 0.007 la deriva máxima para las dos direcciones.





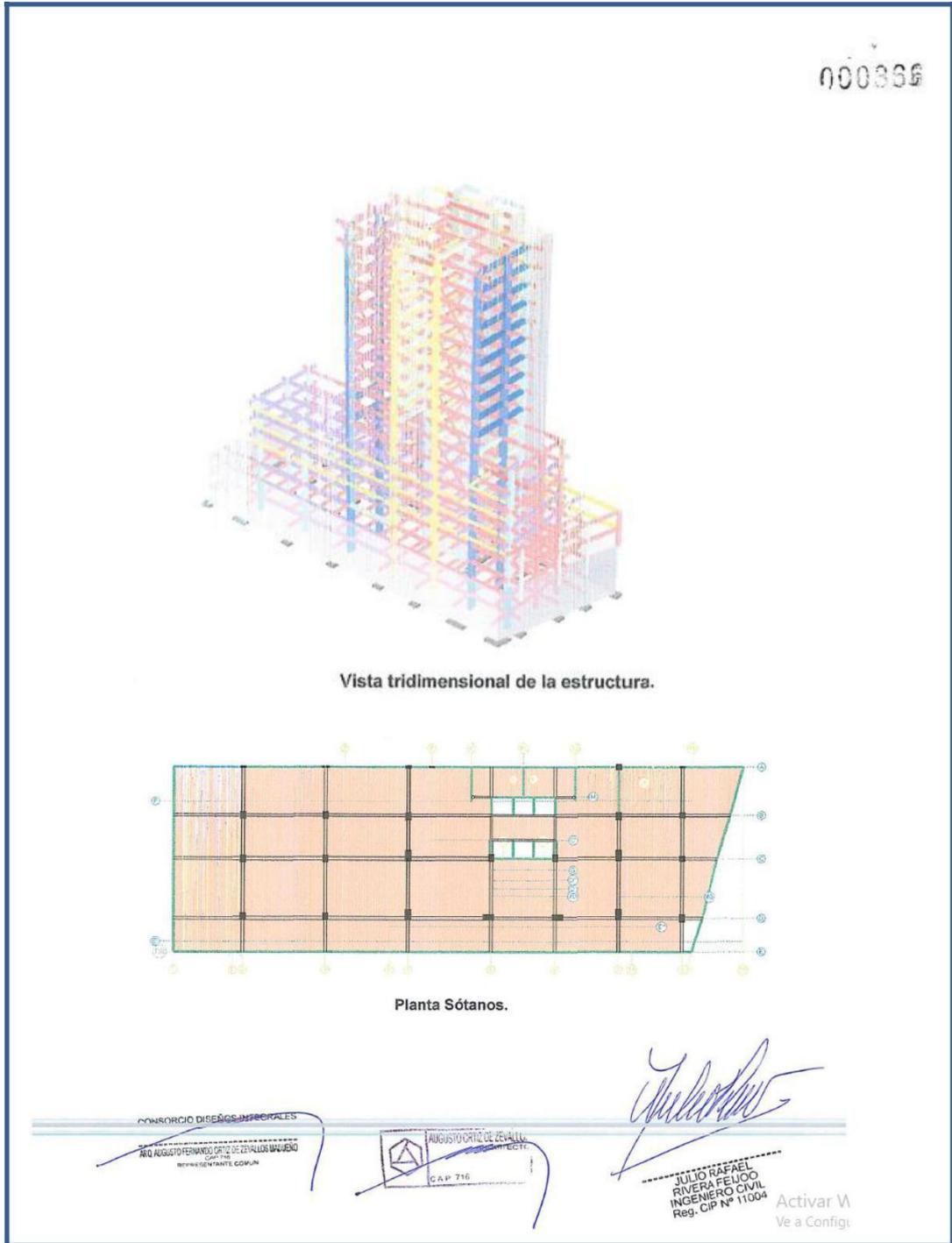
CONSORCIO DISEÑOS INTEGRALES  
 INGENIERO FERRER, ORTIZ DE ZEVALLOS Y BAÑUELO  
 SAC S.R.L.  
 REPRESENTANTE COMÚN

INGENIERO ORTIZ DE ZEVALLO  
 INGENIERO EN PROYECTO  
 CAP 716

JULIO RIVAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 11004

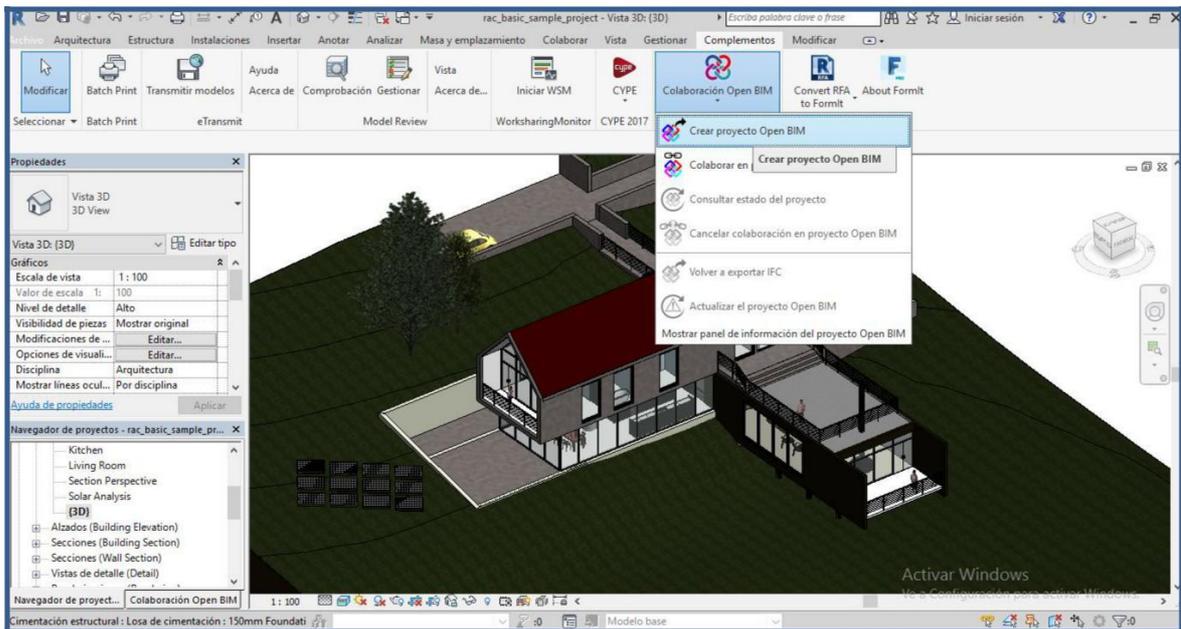
Fuente: Memoria de cálculo estudios preliminares Ministerio Público

**Anexo n°05** No se visualiza el empuje considerado en los muros perimetral de sótano



Fuente: Memoria de cálculo estudios preliminares Ministerio Público

*Anexo n.º 6. Importación de los ficheros a la nube de Revit*



*Fuente: Elaborado por Soler*

Anexo n.º 7. Entrevista 01

①

**N** UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE Entrevista

Nombre: EDERTH ANTHONY ESPINOZA CÁCERES fecha: 26-07-2018

Tiempo laborando: 7 AÑOS

Dependencia donde labora: DPM ARQUITECTOS SAC Área: ESTRUCTURAS

**Pregunta**

1. Considerando que ya se tiene modelada la estructura (Figura 01), dónde todas las columnas son rectangulares, a modo de ejemplo se presenta un modificación arquitectónica, dónde el arquitecto indica que las seis columnas del 1er nivel y segundo nivel deben ser circulares (Figura 02) por diferentes razones arquitectónicas, esta modificación trae consigo realizar un nuevo análisis, entre otros (respuestas en el cuadro).

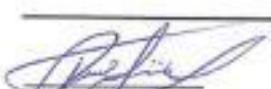


Figura 01



Figura 02

Descripción	Tiempo en días	Herramientas a utilizar	Número de Personal
Modelado cálculo	1	SOLO ETAPAS	1
Elaboración de la memoria de cálculo	1	/ LISTAS DE CARGA DE CÁLULO	1
Elaboración de los planos	1	AUTOCAD/REVIT	1
Elaboración de Metrados	1	LISTAS DE CARGA BARRAS	1



Firma del que entrevista  
Rixser Soler Espinoza



EDERTH ANTHONY ESPINOZA CÁCERES  
INGENIERO CIVIL  
R.O. Ú. N.º 17320  
Firma del profesional entrevistado

!!!!Gracias por su cooperación!!!!

Fuente: Elaborado por Soler

**Anexo n.º 8. Entrevista 02**


**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**

Entrevista

Nombre: Sosa, Roberio Portocarrero Guzman Fecha: 25/07/2018

Tiempo laborado: 12 años

Dependencia donde labora: Ministerio Público Area. Gestión de Estudios

**Pregunta**

1. Considerando que ya se tiene modelada la estructura (figura 01), donde todas las columnas son rectangulares, a modo de ejemplo se presenta un modificación arquitectónica, donde el arquitecto indica que las seis columnas del 1er nivel y segundo nivel deben ser circulares (figura 02) por diferentes razones arquitectónicas, esta modificación trae consigo realizar un nuevo análisis, entre otro (respuestas en el cuadro).



Figura 01



Figura 02

Descripción	Tiempo en días	Herramientas a utilizar	Número de Personal
Modelado cálculo	0	—	—
Elaboración de la memoria de cálculo	1	Word Excel	1
Elaboración de los planos	1	Autocad	1
Elaboración de Metrados	1	Excel	1



Firma el que entrevista  
Roberio Soler Espinoza



Firma del profesional entrevistado

ROBERIO PORTOCARRERO GUZMAN  
INGENIERO CIVIL  
N.º 12001

!!!!Gracias por su cooperación!!!!

Fuente: Elaborado por Soler

Anexo n.º 9. Entrevista 03

③

**N** UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE Entrevista

Nombre: MAXIMEL SORIANO GAITERO Fecha: 26/07/2018

Tiempo laborando: 25 años

Dependencia donde labora: CYPE INGENIEROS Área: \_\_\_\_\_

**Pregunta**

I. Considerando que ya se tiene modelada la estructura (figura 01), dónde todas las columnas son rectangulares, a modo de ejemplo se presenta una modificación arquitectónica, dónde el arquitecto indica que las seis columnas del 1er nivel y segundo nivel deben ser circulares (figura 02) por diferentes razones arquitectónicas, esta modificación trae consigo realizar un nuevo análisis, entre otros (respuestas en el cuadro).




Descripción	Tiempo en días	Herramientas a utilizar	Número de Personal
Modelado cálculo	0,24 días	Sap, Etabs	0,5
Elaboración de la memoria de cálculo	1 día	Word Excel.	0,5
Elaboración de los planos	0,925	Autocad	0,5
Elaboración de Metrados	0,375	Excel	0,5

Firma de quien entrevista: [Firma]  
Maxer Soler Espinoza

Firma del profesional entrevistado: [Firma]

Maximel Soriano Gaitero  
Gerente General  
AEC SOLUTIONS S.A.C.  
RUC: 20566284953

!!!!Gracias por su cooperación!!!!

Fuente: Elaborado por Soler

**Anexo n.º 10. Entrevista 04**

②



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Entrevista

Nombre: Jose Mauricio Portocarrero Guzman Fecha: 25/07/2018

Tiempo laborando: 12 años

Dependencia donde labora: Ministerio Publico Area Gerencia de Estudios

**Pregunta**

1. Considerando que ya se tiene modelada la estructura (figura 01), dónde todas las columnas son rectangulares, a modo de ejemplo se presenta un modificación arquitectónica, dónde el arquitecto indica que las seis columnas del 1er nivel y segundo nivel deben ser circulares (figura 02) por diferentes razones arquitectónicas, esta modificación trae consigo realizar un nuevo análisis, entre otro (respuestas en el cuadro).

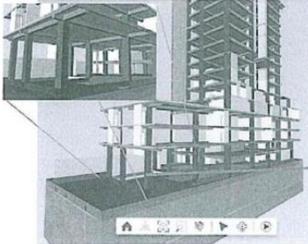


Figura 01

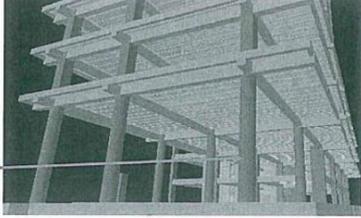


Figura 02

Descripción	Tiempo en días	Herramientas a utilizar	Número de Personal
Modelado cálculo	0	—	—
Elaboración de la memoria de cálculo	1	Word Excel.	1
Elaboración de los planos	1	Autocad.	1
Elaboración de Metrados	1	Excel	1



Firma del que entrevista  
Rixser Soler Espinoza



Firma del profesional entrevistado

JOSE MAURICIO PORTOCARRERO GUZMÁN  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 442531

!!!!Gracias por su cooperación!!!!

Fuente: Elaborado por Soler

**Anexo n.º 11. Entrevista 05**

**de:** Jordano Jesús Vera Chávez <jordanovera@gmail.com>  
**para:** Rixser Soler Espinoza <rixser.1@gmail.com>  
**fecha:** 26 de julio de 2018, 15:49  
**asunto:** Re: Entrevista  
**enviado por:** gmail.com  
**firmado por:** gmail.com  
**seguridad:** Encriptación estándar (TLS) [Más información](#)  
 : Por alguna razón, Google lo identificó como importante.

**Entrevista**

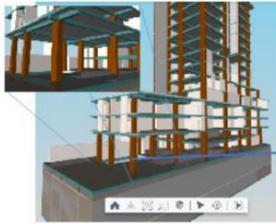
Nombre: Jordano Vera fecha: 26/07/2018

Tiempo laborando: 5 años

Dependencia donde labora: INCATEC Área: Gerencia

**Pregunta**

1. Considerando que ya se tiene modelada la estructura (figura 01), dónde todas las columnas son rectangulares, a modo de ejemplo se presenta una modificación arquitectónica, donde el arquitecto indica que las seis columnas del 1er nivel y segundo nivel deben ser circulares (figura 02) por diferentes razones arquitectónicas, esta modificación trae consigo realizar un nuevo análisis, entre otro (respuestas en el cuadro).




Descripción	Tiempo en días	Herramientas a utilizar	Número de Personal
Modelado cálculo	1	Revit y Robot Structural	1
Elaboración de la memoria de cálculo	0.2	Microsoft Word y Excel	1
Elaboración de los planos	2	Revit	2
Elaboración de Metrados	2	Revit y Excel	1

Firma el que entrevista  
Rixser Soler Espinoza

\_\_\_\_\_  
Firma del profesional entrevistado

¡!!!!Gracias por su cooperación!!!!

*Fuente: Elaborado por Soler*