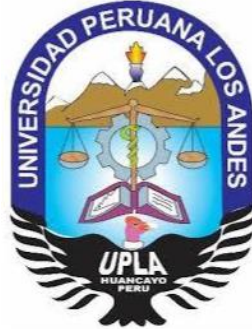


# UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



### TESIS

“IMPLEMENTACIÓN DEL BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE  
EDIFICACIONES EN HUANCAYO - 2018”

PRESENTADO POR:

**Bach. PAMELA SHARON, VASQUEZ LOPEZ**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL

**NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA CIVIL**

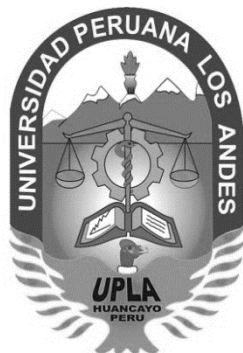
**HUANCAYO - PERÚ**

**2019**

# UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



### TESIS

“IMPLEMENTACIÓN DEL BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE  
EDIFICACIONES EN HUANCAYO - 2018”

PRESENTADO POR:

**Bach. PAMELA SHARON, VASQUEZ LOPEZ**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL

**NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA CIVIL**

**HUANCAYO - PERÚ**

**2019**

**ASESOR:**

Ing. JUSTO CLAUDIO RODAS ROMERO

### **DEDICATORIA**

A mis padres, hermanas y docentes, que con su apoyo día a día hicieron posible la realización de esta investigación

**AGRADECIMIENTO**

Agradezco eternamente a mis Padres  
Robert Vásquez R. y Olga Lopez R.  
por su apoyo incondicional.

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**Dr. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**

**PRESIDENTE**

---

**Ph. D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED**

**JURADO**

---

**ING. RANDON PORRAS OLARTE**

**JURADO**

---

**ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**

**JURADO**

---

**Mg. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES**

**SECRETARIO DE DOCENTE**

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xv</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>CAPÍTULO I : .....</b>	<b>20</b>
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>20</b>
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2.    FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	23
1.2.1.    Problema General.....	23
1.2.2.    Problemas específicos.....	23
1.3.    JUSTIFICACIÓN .....	23
1.3.1.    Práctica o Social .....	23
1.3.2.    Científica o teórica .....	24
1.3.3.    Metodológica .....	24
1.4.    DELIMITACIONES .....	25
1.4.1.    Espacial .....	25
1.4.2.    Temporal .....	25
1.4.3.    Económica .....	25
1.5.    LIMITACIONES .....	25
1.6.    OBJETIVOS .....	26
1.6.1.    Objetivo General.....	26
1.6.2.    Objetivo Específicos .....	26
<b>CAPÍTULO II : .....</b>	<b>27</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>

2.1.	ANTECEDENTES.....	27
2.1.1.	Antecedentes Internacionales .....	27
2.1.2.	Antecedentes Nacionales .....	28
2.1.3.	Antecedentes Locales .....	29
2.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	30
2.2.1.	BIM .....	30
2.2.2.	BIM: Demandas de cambio .....	37
2.2.3.	Aplicaciones de la Tecnología BIM.....	41
2.2.4.	Deficiencias de Diseño: Clasificación, Causas y su impacto durante la etapa de Construcción .....	61
2.2.5.	Beneficios de la utilización de tecnologías BIM .....	98
2.2.6.	Desafíos de implementación y operación .....	103
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	108
2.3.1.	Edificio .....	108
2.3.2.	Modelado de información de construcción .....	109
2.4.	HIPÓTESIS .....	114
2.4.1.	Hipótesis General .....	114
2.4.2.	Hipótesis Específicos.....	115
2.5.	VARIABLES.....	1145
2.5.1.	Definición conceptual de la variable .....	1145
2.5.2.	Definición operacional de la variable .....	1145
2.5.3.	Operacionalización de la variable .....	1145
<b>CAPÍTULO III :</b> .....		<b>119</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>119</b>
3.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	119
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	119
3.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	119
3.4.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	120
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	120
3.6.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	1201
3.7.	TECNICAS Y ANALISIS DE DATOS .....	1201



<b>CAPÍTULO IV :</b> .....	<b>134</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>134</b>
4.1. ERROR EN EL MODELADO NIVEL02 – NIVEL03.....	136
4.1.1. Error en el Modelado #01 .....	136
4.1.2. Error en el Modelado #02 .....	137
4.1.3. Error en el Modelado #03 .....	138
4.1.4. Error en el Modelado #04 .....	139
4.1.5. Error en el Modelado #05 .....	140
4.1.6. Error en el Modelado #06 .....	141
4.1.7. Error en el Modelado #07 .....	142
4.1.8. Error en el Modelado #08 .....	143
4.1.9. Error en el Modelado #09 .....	144
4.1.10. Error en el Modelado #10 .....	145
4.1.11. Error en el Modelado #11 .....	146
4.1.12. Error en el Modelado #12 .....	147
4.1.13. Error en el Modelado #13 .....	148
<b>CAPÍTULO V :</b> .....	<b>151</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>151</b>
5.1. Modelación paramétrica:.....	151
5.2. Proceso de modelación: Errores en planos de diseño e incongruencias en la integración de planos y documentación de diversas áreas de diseño:.....	152
5.3. Programación: De acuerdo al software Autodesk Navisworks Manage y lo real:	153
5.4. Cantidades de obra y presupuesto: .....	153
5.4.1. Cimentación:.....	154
5.5. Determinar los beneficios que conlleva la implementación de la metodología en el proceso constructivo del proyecto: .....	158
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>160</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>162</b>

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>164</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>166</b>
<b>ANEXO Nº 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....</b>	<b>167</b>
<b>ANEXO Nº 2: EJEMPLOS DE APLICACIÓN BIM .....</b>	<b>168</b>
<b>I. Edificio MEDICO “CAMINO”- CALIFORNIA, EEUU .....</b>	<b>168</b>
<b>II. ACUARIO “HILTON” – GEORGIA, EEUU .....</b>	<b>169</b>
<b>III. HOSPITAL “PENINSULA DE MILLS” – CALIFORNIA, EEUU.....</b>	<b>170</b>
<b>IV. DATACENTER HONDA – COLORADO, EEUU.....</b>	<b>171</b>
<b>V. DATACENTERS – TEXAS Y OHIO, EEUU.....</b>	<b>172</b>
<b>VI. AMPLIACION CLINICA DAVILA, SANTIAGO, CHILE .....</b>	<b>173</b>
<b>VII. DATACENTER CONSTRUIDO POR GILBANE, USA .....</b>	<b>174</b>
<b>VIII. FLUJO DE PROCESOS BIM .....</b>	<b>1745</b>
<b>IX. REPORTE DE SOLUCION DE INCOMPATIBILIDADES.....</b>	<b>1746</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Representación virtual tridimensional mediante el uso del BIM ....	32
Figura 2 : Modelo de Integración del Proyecto (PIM) mediante el BIM.....	33
Figura 3 : Elementos de un Modelo de Información de la Edificación .....	34
Figura 4 : El usuario puede colocar el largo que quiera .....	36
Figura 5 : Sí muevo el muro 1, automáticamente se modifica el largo del muro 2 .....	36
Figura 6 : Jerarquía de los modelos. ....	37
Figura 7 : "Big Fish": Villa Olímpica, Barcelona, España .....	38
Figura 8 : Costanera Center, Santiago, Chile. ....	39
Figura 9 : Ventajas Método IPD integrado con BIM.....	40
Figura 10 : Aplicaciones Tecnología BIM. Adaptada de la presentación de Leonardo Rischmoller- CDT, Agosto 2009. ....	42
Figura 11 : Render de habitaciones modeladas en Revit .....	43
Figura 12 : 3D vs Plantas .....	43
Figura 13 : Detalle de unión estructural de una instalación industrial. Presentación Leonardo R. - CDT. Agosto 2009 .....	46
Figura 14 : Detalle de reunión utilizando un renderizado de imagen del modelo .....	46
Figura 15 :Análisis Energético En la alternativa 2 al edificio le colocan una estructura para darle sombra a las ventanas y el software compara ambas alternativas en cuanto a su consumo de energía. ....	48
Figura 16 :Análisis de Insolación - Uno ubica el modelo en una determinada zona geográfica. Con esta ubicación se tendrá un patrón de movimiento del sol y por ende donde dará sombra a cada hora del día. ....	49
Figura 17 : Análisis de Viento - Determinación de la velocidad del viento en determinados puntos de la ciudad. Análisis de gran utilidad en proyectos de mayor envergadura como urbanizaciones.....	49
Figura 18 :Simulando 4D .....	51
Figura 19 : Secuencia constructiva de un edificio estudiantil.....	52
Figura 20 : Chequeo manual de interferencias en 4D .....	55

Figura 21 : Chequeo manual de interferencias 3D. ....	55
Figura 22 : Ejemplo corredor sin cielo falso.....	56
Figura 23 : Ejemplo receta de construcción para una columna de hormigón armado .....	58
Figura 24 : Proceso de montaje de los muros de Hormigón Prefabricado. Fuente: Presentación Claudio La barca - CDT, agosto 2009 .....	59
Figura 25 : Sistemas de trabajo colaborativo.....	60
Figura 26 : (Izquierda) Losa del SS.HH. Según el plano de arquitectura. (Derecha) Omisión de la Losa en el plano de estructuras .....	67
Figura 27 :Vista3D de la losa omitida por incompatibilidad entre planos.....	66
Figura 28 : Vista 3D de la losa omitida por incompatibilidad entre los planos	68
Figura 29 :(Izquierda) Ducto según el plano de arquitectura. (Derecha) Omisión del ducto en los planos de estructuras .....	69
Figura 30 :(Arriba) Vista desde el interior de un modelo 3D de instalaciones. (Abajo) La misma vista con las interferencias identificadas.....	71
Figura 31 : Interferencia entre tuberías de agua contra incendio con ductos de extracción de monóxido.....	72
Figura 32 : Caso de interferencia entre una tubería y la estructura .....	72
Figura 33 : Interferencia entre un ducto y una tubería.....	73
Figura 34 : Pases en vigas mediante perforaciones diamantinas.....	75
Figura 35 : Clasificación de Solicitudes de Información (RF/) por proyecto y por tipo de consulta .....	81
Figura 36 : Clasificación de deficiencias por especialidades.....	82
Figura 37 : Complejos recorridos de las instalaciones ubicadas encima del FCR .....	84
Figura 38 : Etapas del modelo Diseño/Licitación/Construcción .....	86
Figura 39 :(Izquierda) Incidencia del diseño en la productividad en la construcción. (Derecha) Grado de eficiencia del diseño en los proyectos ....	87
Figura 40 : Flujo de actividades que se sigue en campo cuando se detecta un error en los documentos de diseño .....	89
Figura 41 : Ejemplo de distintas plataformas en una misma especialidad. .	107

Figura 42 : Un archivo de Revit puede ser grabado con extensión IFC y luego ser utilizado por VICO (para estimar los costos) y por ETABS para hacer el análisis estructural.....	108
Figura 43 :Plano de detalle de ubicación edificio educativo jr. Ayacucho Instituto continental .....	121
Figura 44 : Metodología del proyecto .....	122
Figura 45 : configuración del entorno de modelación .....	124
Figura 46 : Cimentación.....	125
Figura 48 : Escaleras.....	126
Figura 49 : Muros .....	127
Figura 50 : Muros de Mampostería.....	127
Figura 51 : Cubierta.....	128
Figura 52 : Muros .....	129
Figura 53 : Puertas .....	130
Figura 54 : Acabados pisos y enchapes .....	130
Figura 55 :Modelamiento sótano .....	131
Figura 56 : Modelamiento estructural planta típica 2,3,4 y 5 piso.....	132
Figura 57 : Detallado del edificio vista sur del sótano.....	132
Figura 58 : La viga vt-01 en el modelo presenta otro nombre. Completar el “01” .....	136
Figura 59 : La viga vt-07 en el modelo presenta otro nombre. Completar el “07” .....	137
Figura 60 : La viga vt-02 en el modelo presenta otro nombre. Completar el “02” .....	138
Figura 61 : La viga vt-03 en el modelo presenta otro nombre. Completar el “03” .....	139
Figura 62 : La viga vt-05 en el modelo presenta otro nombre. Completar el “05” .....	140
Figura 63 : La viga vt-08 en el modelo presenta otro nombre. Completar el “08” .....	141
Figura 64 : Falta diminutivo de corte 1-1 por ejemplo el nombre debería ser VC-01 (0.20x0.70). .....	142

Figura 65 : La viga VT-08 en el modelo presenta otro nombre. Completar el "08" .....	143
Figura 66 : Falta diminutivo de corte 2-2 por ejemplo el nombre debería ser VC-02 (0.25x0.20). .....	144
Figura 67 : Falta diminutivo de corte 4-4 por ejemplo el nombre debería ser vc-04 (0.25x0.20). .....	145
Figura 68 : Falta diminutivo de corte 3-3 por ejemplo el nombre debería ser VC-03 (0.25x0.20). .....	146
Figura 69 : Cambiar La VT-08 (0.25x0.70) a VT-04 (0.25x0.70) .....	147
Figura 70 : Cantidad de Elementos Modelados.....	151
Figura 71 : Variación porcentual del cemento.....	155
Figura 72 : Variación Porcentual para Muros. ....	157
Figura 73 : Variación Porcentual para Muros .....	158

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Ejemplos de Productos No Conformes (PNC) en instalaciones .....	92
Tabla 2 : ROI en cuatro Proyectos de Investigación.....	98
Tabla 3 : Diagrama de variables.....	116
Tabla 4 : Variable independiente .....	116
Tabla 5 : Variable dependiente.....	117
Tabla 6 : Relación de errores encontrados en los planos de diseño .....	153
Tabla 7 : Cantidades de Obra Extraídas del Modelo Revit Structure para Cimentación.....	154
Tabla 8 : Cantidades de Obra Extraídas del Presupuesto Original para Cimentación.....	154
Tabla 9 : Porcentaje de Error para Cimentación.....	154
Tabla 10 : Porcentaje de error para muros .....	157

## RESUMEN

La tesis de investigación denominada “Implementación del Building Information Modeling (BIM) para la Optimización de Gestión de Proyectos de Edificaciones” que tiene como problema general: ¿Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo que permite información, innovación y colaboración para la optimización de gestión de proyectos de edificaciones en la ciudad de Huancayo?, como objetivo: Determinar la repercusión favorable de la implementación del Building Information Modeling (BIM) para la optimización de la gestión de proyectos de edificaciones. La hipótesis: La implementación del Building Information Modeling (BIM), permite generar en los proyectos de edificaciones ventajas a través de un trabajo colaborativo el cual se fundamente en tres pilares de información, innovación y colaboración durante el ciclo de vida de un proyecto desde su conceptualización, diseño, creación de documentos, construcción hasta la operación y mantenimiento. El método de investigación es científico, tipo de investigación aplicada, nivel de investigación descriptivo – correlacional. Se logró demostrar que existe una repercusión favorable de los factores que se tomaron como variables independientes en el estudio de implementación de BIM.

**Palabras Clave:** BIM, Building Information Modeling, Gestión de Proyectos de Edificaciones



## **ABSTRACT**

The research thesis called "Implementation of Building Information Modeling (BIM) for the Optimization of Building Project Management" whose general problem is: Building Information Modeling (BIM) is a collaborative work methodology that allows information, innovation and collaboration for the optimization of management of building projects in the city of Huancayo?, as objective: To determine the favorable impact of the implementation of Building Information Modeling (BIM) for the optimization of the management of building projects. The hypothesis: The implementation of Building Information Modeling (BIM) allows building projects to generate advantages through collaborative work which is based on three pillars of information, innovation and collaboration during the life cycle of a project from its conceptualization, design, creation of documents, construction to operation and maintenance. The research method is scientific, type of applied research, descriptive-correlational research level. It was possible to demonstrate that there is a favorable impact of the factors that were taken as independent variables in the BIM implementation study.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como título: “Implementación del Building Information Modeling (BIM) para la Optimización de Gestión de Proyectos de Edificaciones en Huancayo - 2018” cuyo objetivo es determinar el grado de influencia y evaluar el impacto de la aplicación del (BIM) para la optimización de gestión de proyectos de edificaciones en la ciudad de Huancayo.

El avance tecnológico ha permitido en la década de los 80's la generación de una gran revolución no solo en el acontecer diario de los seres humanos a nivel mundial. Sino que también ha ocasionado una huella trascendental en el campo de la planificación, diseño y construcción al insertarse el termino CAD “Computer Aided Design”, con esto se inició un recorrido meteórico para mejorar, potenciar y perfeccionar la gestión de proyectos no solo en su diseño y construcción, sino desde su planificación hasta la operación y mantenimiento. El límite que se trazó en ese tiempo fue fundamental para el desenvolvimiento de nuevos instrumentos que fueran cada vez más fructíferos y pocos años más tarde en el año 1987, la empresa de Hungría Graphisoft pone en práctica un moderno concepto conocido bajo el nombre de edificio virtual o “Virtual Building” que difundió todos los conceptos BIM que en la actualidad entendemos.

Esta capacidad de la metodología BIM para constituir distintos campos del diseño en la producción de un documento digital único que englobe la información del proyecto se entiende como interoperabilidad. A medida que los conocedores y profesionales alcancen trabajar unificados empleando herramientas BIM, se minimizaran los desaciertos y fallas en los diseños acrecentando la productividad. Para enaltecer este contexto: un modelo BIM ejecutado perfectamente facilitará al constructor tener un archivo digital que lo emplaza espacialmente en la obra, es decir en tres dimensiones o perspectivas, le facilita obtener planos y elevaciones 2D tanto arquitectónicos, estructurales, sanitarios, eléctricos, hidráulicos y otros según la magnitud en que se haya conceptualizado la fase de modelación. La modificación de probables errores se realiza en un entorno tridimensional que facilita la representación final de los cambios, donde se pueden estimar o evaluar alternativas, comprobando la forma en que los elementos incorporados sujetos a una modificación o retoques de diseño se vinculen con los demás elementos que componen un proyecto. La presente tesis se compone de los siguientes capítulos:

CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN; se plantea y formula el problema, se delimita la investigación, se justifica la tesis, se dan las limitaciones de la investigación en general, para luego plantear los objetivos.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO; se describe los antecedentes internacionales, nacionales y locales de la investigación. Se define la metodología BIM para el proceso de gestión en la construcción de edificaciones. Asimismo, se plantean las hipótesis y se efectúa el diagrama de variables, sus indicadores y la Operacionalización de variables (matriz de consistencia)

CAPITULO III: METODOLOGÍA; en este capítulo se presentan el método, tipo, nivel y diseño de investigación, asimismo la población y muestra como también las técnicas y/o instrumentos de recolección de datos y las técnicas y análisis de datos.

CAPITULO IV: RESULTADOS; en este capítulo se presentan los análisis empleando la metodología BIM en edificaciones en Huancayo; así como las deficiencias corregidas con la metodología BIM en la gestión de proyectos de edificaciones.

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS; en este capítulo se presentan los resultados obtenidos después de aplicar en la investigación el BIM las conclusiones obtenidas y algunas recomendaciones para futuras investigaciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES; en este componente se muestran las conclusiones de la tesis, las cuales responden a los objetivos formulados al inicio, asimismo con sus respectivas recomendaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS; aquí se enuncia la bibliografía que sirvió de base para la investigación en sí.

ANEXOS; en este componente se da a conocer los ejemplos de la aplicación del BIM.

**La autora**

## **CAPÍTULO I :**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La industria de la construcción en el Perú es una parte clave para la fortaleza y solidez del Producto Bruto Interno (PBI) nacional. El índice mensual de la actividad en el sector construcción (PBI de la construcción) cuantifica y determina el dinamismo de sus actividades. El rubro de la construcción en nuestro país participa con el 5.6% del índice de la Producción Nacional. La información sobre el sector construcción tiene una cobertura nacional cuyo crecimiento tuvo una variación porcentual promedio anual de 1.47% para el año 2014, -6.11% para el año 2015, -2.51% para el año 2016, 1.62% para el año 2017, 5.61% para el año 2018 y hasta julio del 2019 va teniendo 4.88% (representando en los negativos una declinación respecto al año anterior debido a la crisis económica mundial y en los positivos una trascendencia de crecimiento y desarrollo). Debido a los porcentajes positivos, la industria de la construcción viene transformándose en los últimos años en una de las actividades económicas más dinámicas y funcionales respecto a generación de empleo y crecimiento se refiere. En virtud al considerable desarrollo llamado localmente como el "Boom de la Construcción", se vienen desencadenando cada vez más la oferta para la construcción de edificaciones de función comercial, familiar e industrial. La demanda actual viene reaccionando satisfactoriamente a efecto de la inversión extranjera y el incremento de la destreza adquisitiva de la colectividad. Si persistimos en esta orientación, a futuro nos hallaremos con proyectos de construcción cada vez más

complicados, trabajosos, complejos, de mayor realce y con requerimientos del mercado y del cliente que van sobrepasando las expectativas y la capacidad de las empresas constructoras para poder desarrollarlas.

Los inconvenientes y contratiempos causados por la disgregación de las etapas de diseño y construcción son muy conocidos en la mayoría de proyectos. Los fundamentales problemas localizados son: la poca interrelación entre las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento y la poca intercomunicación entre los distintos proyectistas (especialistas) responsables del proyecto. Esta coyuntura exige en la posterior etapa a iniciar la construcción del proyecto con imperfecciones en los documentos de diseño e ingeniería, debido a que en el trayecto la información experimentó alteraciones debido a incompatibilidades e incongruencias entre los planos de las distintas disciplinas del proyecto, indeterminaciones, falta de especificaciones y órdenes de cambio. Estas imperfecciones en los documentos de diseño constantemente son halladas y solucionadas en obra, es decir en plena construcción del proyecto, en la etapa menos indicada ya que es en esta etapa de donde toda modificación cuesta más. Esta coyuntura plantea que los mayores esfuerzos por optimizar, conciliar y compatibilizar el diseño y sus documentos deben nacer en la etapa de diseño, debido a que en esta etapa hay un mayor control sobre cualquier variación que pueda emerger en el proyecto, figurando invariablemente un costo menor.

La construcción en el Perú es una actividad muy importante que genera trabajo y desarrollo en la población. Los proyectos en el Perú siguen un lineamiento tradicional de Diseño, Licitación y Construcción basado en una documentación a partir de planos en 2D. Estos documentos que son obtenidos en la fase de Diseño presentan muchos errores como conflictos, ambigüedades y en muchos casos estos pueden estar incompletos. En la fase de Construcción estas imperfecciones en la documentación traen demoras en el avance de la obra, generando adicionales que conllevan a gastos no planeados y una baja calidad.

Estos problemas, que son una realidad en Perú, lo pasaron países desarrollados como EEUU, Reino Unido, Francia, Australia, etc. Los cuales tomaron medidas para la búsqueda de nuevas tecnologías y el desarrollo de metodologías cada eficientes para que la documentación sea clara y precisa a la hora de construir un proyecto. Un ejemplo en la búsqueda de solucionar estos problemas fue la iniciativa de la Universidad de Stanford en el año 2000 mediante el CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) realizaron investigaciones académicas para el Diseño y

Construcción Virtual (VDC) en proyectos de la industria AEC (Arquitectura – Ingeniería – Construcción).

El Diseño y Construcción Virtual (VDC) y la tecnología de modelamiento de la información de edificios (BIM) se complementan de tal manera que una abarca a la otra. En términos prácticos el BIM es el que recoge toda la información del proyecto y el VDC es el que gestiona esa información a través de los involucrados del Proyecto. En el medio mundial BIM es el más conocido de estos dos a tal punto que el 26 de febrero del 2014 la Dirección Europea dictaminó sobre la contratación pública que todos los Estados integrantes de la Unión Europea (UE) deben promover, impulsar y potenciar la utilización de sistemas digitales en sus procesos de diseño, licitaciones de proyecto, obras para proyectos de construcción y de edificaciones financiados con fondos públicos en la Unión Europea para el año 2016.

Por lo expuesto en el 2012 un grupo de ingenieros peruanos conformados por expertos con experiencia aplicando BIM en todas las fases de un proyecto apostaron por la vanguardia creando el Comité BIM que forma parte del Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICD) perteneciente a la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) que tiene como objetivo lograr alcanzar una estandarización en el uso y aplicación en el sistema BIM a nivel nacional. En el mismo año se realizó por primera vez en el Perú el programa de certificación en Diseño Virtual y Construcción (VDC) ofrecido por la Universidad de Stanford y la empresa estadounidense Strategic Project Solutions (SPS), la cual siguen colaborando en la certificación global por más de 6 años. De esta manera se está dejando de lado la cultura de reactividad en el país, fomentando la proactividad durante las distintas fases del Diseño y Construcción gracias a las medidas tomadas hasta el momento, aunque el camino sea largo por ahora se tiene un nuevo lineamiento para el desarrollo de la construcción en el Perú basados en las nuevas tecnología las cuales poco a poco se están implementando en las grandes, medianas y pequeñas empresas afines al rubro de la construcción como también en las universidades un ejemplo claro es el Laboratorio de Diseño y Construcción Virtual (Lab. DCV) de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería inaugurado en agosto del 2014 que busca propiciar la difusión de la tecnología virtual en la comunidad de ingeniería de nuestro país.

Muchas empresas ligadas a la construcción no fomentan la proactividad, además la documentación de diseño e ingeniería al no estar completa y esta al no ser clara y precisa influye negativamente en el desarrollo de la construcción, hay que considerar

también que no hay una participación integrada de los involucrados el cual provoca mayores riesgos, mayores costos y mayores plazos en la construcción.

## **1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo que permite información, innovación y colaboración para la optimización de gestión de proyectos de edificaciones en la ciudad de Huancayo?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es el efecto de implementar el Building Information Modeling (BIM) respecto a la calidad en los proyectos de edificaciones?
- b) ¿El Building Información Modeling (BIM) posee alta repercusión en los costos de los proyectos de edificaciones?
- c) ¿Se puede determinar un beneficio favorable de la implantación del Building Information Modeling (BIM) respecto al tiempo de ejecución de los proyectos de edificaciones?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1. Práctica o Social**

La presente investigación beneficiará a las microempresas y empresas dedicadas al rubro de la construcción, ya que en este sector según el INEI y su estudio de la evolución mensual (PBI de la construcción) está en actual crecimiento identificado como el boom de la construcción, fomentando el uso de nuevas tecnologías que se implementan solo en edificios grandes donde sólo actúan empresas multinacionales de gran envergadura, poco a poco estas se están implementando en edificios medianos y pequeños, pero en su mayoría estos proyectos no presentan ningún tipo de metodología que permita analizar la secuencia de los procesos constructivos. El BIM permitirá lograr mayor rentabilidad, eficiencia y productividad mediante la reducción considerable de la cantidad de material desechable durante el proceso de construcción, asimismo potenciará en un alto grado el trabajo colaborativo como el trabajo simultáneo de diferentes factores en los procesos constructivos de un proyecto, asimismo

la comunicación eficaz entre los stakeholders del proyecto desde la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

### **1.3.2. Científica o teórica**

La presente investigación tiene una visión a largo plazo, la cual es la difusión de BIM en la cadena de suministro, BIM mostrará todo su potencial cuando el cliente, la gerencia de proyectos, arquitectos, ingenieros, constructores, subcontratistas y operadores del proyecto usen un lenguaje común es decir tener toda la información del proyecto en una sola data o nube lo cual permitirá tomar decisiones en base a modelos virtuales desde las etapas más tempranas posibles. Lo ideal es cambiar el enfoque de BIM como modelado 3D para detectar incompatibilidades a un enfoque de prevención de incompatibilidades y la escasa información vía la colaboración multidisciplinaria y el involucramiento temprano de stakeholders. Usando BIM se logrará un mayor potencial en nuestro actual nivel de implementación. Los proyectos deben contar con un integrador de sistemas, el máximo responsable de la integración de los modelos virtuales de todas las especialidades, que dirige la colaboración en todas las fases, promoviendo la constructibilidad y la operabilidad, gestionando la ingeniería de valor con la expertise de todos los involucrados dentro del costo, calidad y plazos anhelados.

### **1.3.3. Metodológica**

Mediante la presente investigación se instaura un nuevo instrumento para la recolección de datos e información de un proyecto a través de BIM (Building Information Modeling), insertando una novedosa forma de comprender el trabajo en el que los planos, elevaciones, detalles y otros datos sobre un proyecto se relacionen entre sí, integrando un grupo sólido, un modelo virtual de la edificación del cual se puedan sustraer diferentes tipos de datos y representaciones, con el fin de optimizar la gestión entre los distintos actores que están sumidos en un proyecto, acrecentar el rendimiento del equipo que promueve el proyecto y perfeccionar la seguridad de que lo que se representa sea apropiado, congruente y coherente. Esa transformación de modelo conceptual es a su vez su mayor adverso, pues presume en efecto un cambio de la manera de laborar e interactuar. Bien recordemos la famosa frase de Heráclito, “nada permanece, todo cambia”



## **1.4. DELIMITACIONES**

### **1.4.1. Espacial**

La presente investigación está delimitada en las edificaciones de envergadura de Huancayo, ubicado en el departamento de Junín, provincia de Huancayo, distrito de Huancayo. El proyecto en estudio es el edificio del instituto continental ubicado en Ayacucho y Real.

### **1.4.2. Temporal**

La información a recolectar, analizar, modelar, comparar, metrar, presupuestar y programar en la presente investigación será en el 2018 - 2019

### **1.4.3. Económica**

La presente investigación abarca un estudio de proyectos de las empresas pequeñas y medianas económicamente en el sector construcción, quienes ejecutan proyectos en escala según su capital económico.

## **1.5. LIMITACIONES**

El escenario contractual (supuesto) es el siguiente: "En el proyecto a desarrollar se utilizará la tecnología BIM para la gestión y desarrollo". Al conceptualizar el nivel de implementación de BIM se obtienen los costos y beneficios en los cuales se concentrará este estudio. El escenario supuesto es el siguiente:

Se implantará Building Information Modeling en la etapa de diseño de un proyecto de edificación en la ciudad de Huancayo, generando un ciclo de coordinación temprana y construcción anticipada del modelo, un tiempo de 2 a 3 meses. La trascendencia del modelo será la determinación de interferencias, incongruencias, incompatibilidades de errores, fallas y carencias de detalles. El modelo básicamente servirá como un instrumento de comunicación. Las utilidades directas asumidas por el cliente expresadas en ahorros de adicionales trabajos que pudieron haberse evitado por medio de un medio de una coordinación anticipada y así evitar labores de (reparación, reconstrucción, demolición y recuperación), reducción anticipada de solicitudes de información realizados en la etapa de la construcción.

Una limitación principal es el costo directo asumido por mi persona para las licencias de los software y hardware de la metodología BIM, de la misma forma las capacitaciones que recibí de un BIM manager.

La utilización de BIM tiene diversos beneficios en las diversas fases del ciclo de vida del proyecto iniciando e la planificación, conceptualización, Diseño, Generación de Documentos, Construcción, Operación y mantenimiento y diversos empleos en cada una de estas etapas. En el presente trabajo de investigación se estimarán los beneficios y usos de realizar una coordinación digital o modelado virtual con tecnologías BIM previo a la etapa de construcción del proyecto, calculando los siguientes beneficios: obras extraordinarias (OOEE) que podrían ser evitadas y requerimientos de información (RDI) que podrían ser detectados tempranamente.

Las limitaciones son básicamente que en nuestro país es aún incipiente el uso de esta tecnología, salvo por dos empresas que operan en nuestro país, por lo cual debemos basarnos en experiencias internacionales, de países desarrollados como Estados Unidos, España, Suiza, etc.

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar la repercusión favorable de la implementación del Building Information Modeling (BIM) para la optimización de la gestión de proyectos de edificaciones.

### **1.6.2. Objetivo Específicos**

- a. Demostrar técnicamente los efectos a gran escala de implantar el Building Information Modeling (BIM) respecto a la calidad de proyectos de edificaciones
- b. Describir los beneficios a nivel de costos mediante presupuestos comparativos el impacto de implementar Building Information Modeling (BIM) en proyectos de edificaciones.
- c. Argumentar la incidencia de la implementación del Building Information Modeling (BIM) en la optimización de tiempo de ejecución de proyectos de edificaciones.

## **CAPÍTULO II :**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

La tesis que lleva como título, **“ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE REALIZAR UNA COORDINACIÓN DIGITAL DE PROYECTOS”**, (Saldias Silva, 2010) La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

El propósito principal de este trabajo fue establecer una idea de lo rentable que puede ser la tecnología BIM en un proyecto de construcción. Para hacer válido el estudio, se requirió definir una serie de supuestos que dependieron principalmente de la cantidad y calidad de la documentación prestada por las constructoras que apoyaron este trabajo. Teniendo como base esta documentación, se estimaron los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM. (Saldias Silva, 2010)

Se recomienda realizar otros estudios utilizando la metodología empleada en este trabajo, para así tener más resultados que puedan fortalecer lo alcanzado en este estudio. Además, investigar el contenido del Libro de Obra y de las No Conformidades del proyecto, documentación donde podría haber información respecto a posibles mejoras que posee BIM. Lo expuesto en este trabajo puede ser usado para investigaciones futuras, ya sea para utilizar la documentación, la

metodología, o bien para comparar los resultados obtenidos con los alcanzados en otros trabajos donde se utilice otra metodología. (Saldias Silva, 2010)

La tesis que lleva como título, **“ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL UTILIZANDO MODELO BIM”** (Murcio Juárez, 2013)

Las conclusiones de esta investigación, en cuanto a aplicación de modelos BIM en el análisis y diseño estructural se mencionan a continuación:

La utilización de plataforma BIM elimina la necesidad de contar con grupos de dibujo, puesto que el operador de los programas genera el modelo y los planos, listas de materiales y demás documentos gráficos que elaboraban los grupos de dibujo, ahora solo son representaciones que el operador de la plataforma obtiene automáticamente del modelo, sin el riesgo de equivocaciones en cotas, cortes, vistas, etc. (Murcio Juárez, 2013)

La metodología BIM, por tanto, surge como una nueva alternativa, con proyección a establecer una nueva forma de llevar a cabo los proyectos de edificación, 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. (Murcio Juárez, 2013)

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

La tesis titulada **“POTENCIANDO LA CAPACIDAD DE ANÁLISIS Y COMUNICACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN, MEDIANTE HERRAMIENTAS VIRTUALES BIM 4D DURANTE LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN”**. (Eyzaguirre Vela, 2015)

A lo largo del presente tema de estudio, se han expuesto las deficiencias que encara un proyecto de construcción referente al flujo de información y a la tardía integración y colaboración entre los actores principales. BIM ofrece disminuir esta brecha en la transferencia de la información, generando un entorno proactivo e intenso de colaboración, integrando desde etapas tempranas del proyecto a los actores principales, logrando anticiparse a los problemas recurrentes en la etapa de ejecución, abandonando la tarea improvisada e incorrecta de corregir la falta de planificación y control en las obras, brindando

información eficiente tanto en lo visual como en lo técnico, permitiendo la incorporación de herramientas tecnológicas de visualización y gestión de datos en la industria de la construcción, y principalmente maximizando los márgenes y resultados de los proyectos, mejorando la calidad, disminuyendo costos y acortando los tiempos preestablecidos. Sin duda y lógicamente aceptable al momento de intentar realizar cambios en los procesos y metodologías de trabajo habituales; se presentan barreras y desafíos los cuales deben sobreponerse. En base a la experiencia en proyectos anteriores, teniendo en consideración la difusión, utilización y relación con los principales usuarios y beneficiarios del BIM, se plantea las siguientes preocupaciones destinadas a ser controladas y superadas para el correcto uso BIM. (Eyzaguirre Vela, 2015)

La tesis que lleva como título, **“MEJORAMIENTO DE LA CONSTRUCTIBILIDAD MEDIANTE HERRAMIENTAS BIM”**. (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014)

Como resultado general del desarrollo de nuestra propuesta, aplicando herramientas BIM logramos aumentar el porcentaje de constructibilidad en un 84%, es decir, que se ha revisado de manera virtual el proyecto en todas sus especialidades, se ha corregido las incompatibilidades, se ha analizado los puntos críticos del proyecto. (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014)

Se ha realizado un comparativo económico, confrontando el proyecto ejecutado de manera tradicional versus el proyecto ejecutado utilizando herramientas BIM y constructibilidad, obteniendo una diferencia de S/. 29,255.72 a favor del proyecto ejecutado mediante aplicación de BIM, es decir que el proyecto se pudo reducir en dicho monto. (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014)

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

La tesis que lleva como título, **“USO DE TECNOLOGÍA BIM PARA LA GESTIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO”**, (Hidalgo & Alex Kyd, 2015)

La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

El uso de tecnología BIM en organizaciones públicas y privadas, es una evolución dentro de los estándares y procesos que se siguen para gestionar y desarrollar un proyecto de construcción de edificaciones desde la etapa del diseño, construcción, uso del edificio y finalmente su remodelación o demolición. (Hidalgo & Alex Kyd, 2015)

**“Uso De La Tecnología BIM Para La Gestión Y Desarrollo De Proyecto: Centro Cultural De La Universidad Nacional Del Centro Del Perú-Huancayo”** (Oscanoa Hidalgo, 2015)

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. Para completar la cadena colaborativa debe existir un compromiso o una iniciativa gubernamental o de entidades pertenecientes al sector construcción (Ministerio de Vivienda, CAPECO, Colegio de Arquitectos, Colegio de Ingenieros, etc.) que pueda normar y desarrollar un estándar del Uso de tecnología BIM, para con ello apuntar a soportar un ciclo completo del diseño y la construcción que sea de alta calidad, eficiente, seguro y conforme con un desarrollo sostenible. (Oscanoa Hidalgo, 2015)

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. BIM**

La exhibición a la comunidad, la comprensión y asimilación de la tecnología BIM, está progresando y mejorando. En este desarrollo, la manufactura de la construcción y las instituciones académicas, vienen empleando distintos conceptos para la metodología BIM.

El instituto nacional de estándares de construcción (NIBS) define: "BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Sirve como fuente de conocimiento para compartir información acerca de una instalación formando una base confiable para tomar decisiones durante su ciclo de vida, desde el inicio hacia adelante".

La asociación general de contratistas de América (AGC) define a BIM como una tecnología que "permite la construcción virtual de estructuras a través del desarrollo y uso de software computacionales inteligentes que ayudan a simular la construcción".

La AGC (administración de servicios generales) en Estados Unidos desprende a BIM entre el desarrollo de modelamiento (Building Information Modeling) y el modelo (Building Information Model) y los conceptualiza como sigue: "Modelamiento de Información de la Edificación, es la aplicación de varios softwares para no sólo certificar, evidenciar y patentizar el diseño de una edificación, sino también para imitar la construcción y la operación de esta. El consecuente Modelo de Información es una conceptualización digital, conformada por objetos, métricas, parámetros y datos del proyecto, en donde las vistas apropiadas tales como cortes, planta y elevaciones pueden ser extraídas del modelo virtual por el usuario para posteriormente crear feedback y un perfeccionamiento del diseño de la obra que se desear construir."

El SCRI (Salford Centre for Research and Innovation) de Inglaterra de la Universidad de Salford, precisa a la Modelación Multidimensional como "la representación digital y visual, utilizando software o una herramienta computacional, de las dimensiones de un proyecto; cuyo objetivo es mejorar la planificación, coordinación y control de los proyectos de construcción".

El Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) de la universidad de Standord ha implementado el concepto de VDC (Virtual Design and Construction) o en español diseño y construcción virtual y lo define como "el uso de modelos virtuales, multidisciplinarios de proyectos de diseño y construcción, incluyendo modelos de productos, procesos y organizaciones, para apoyar objetivos de negocios explícitos y públicos".

El vocabulario del "BIM Handbook" (Eastman, 2011) conceptualiza BIM representando herramientas, instrumentos, procesos y tecnologías que están inmersas por una documentación digital y única por la computadora con relación a la edificación, su desempeño, su planeamiento, su construcción y su posterior operación.

BIM (Building Information Modeling) por sus siglas en inglés, puede ser traducido como "Modelo de la Información de la Edificación" y del mismo modo que se puede apreciar en la subsiguiente figura, facilita crear un representar virtual de los elementos principales del proyecto. Habitualmente el rubro de la construcción ha manifestado la información de los proyectos por medio de memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos, metrados, presupuestos y cronogramas en documentos separados, a pesar de ello el proceso de modelado en BIM tiene como meta, juntar toda la información de un proyecto en una sola

base de datos absolutamente conformada y compatible para que pueda ser empleada por todos los integrantes del grupo de diseño y construcción y al termino por los propietarios o dueños para su operación y mantenimiento durante el ciclo de vida del proyecto.



Figura 1 : Representación virtual tridimensional mediante el uso del BIM  
Fuente: Elaboración propia

Building Information Modeling en términos habituales se define como el modo de trabajar en un grupo consolidado en donde los stakeholders o partes interesadas conformado por: “proyectistas, diseñadores, arquitectos, ingenieros de las distintas especialidades y el cliente”, laboran alrededor de un modelo BIM del proyecto, claro que con diversos programas. Dicho de otra manera, BIM se sostiene en herramientas e instrumentos tecnológicos los cuales facilitan la creación, administración y gestión de estos modelos para generar una fuente de información la cual puede ser usada en alguna etapa del ciclo de vida del proyecto. La hipótesis primitiva del BIM sugiere un solo modelo de todas las fracciones extraíbles de información. A pesar de ello cada especialidad demandará su propio modelo BIM para llevar a cabo con sus obligaciones contractuales. Las soluciones organizadas se comprenden como un modelo entienden como un modelo de composición del proyecto, como se expone a continuación en la siguiente figura:



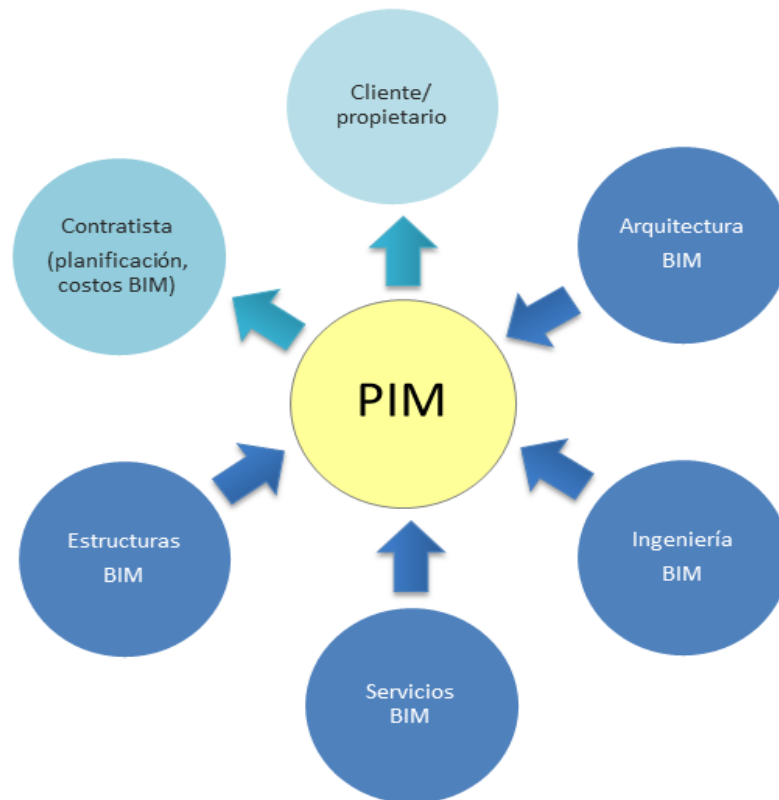


Figura 2 : Modelo de Integración del Proyecto (PIM) mediante el BIM  
(Fuente: National BIM Standard - United States TM)

En los párrafos anteriores se dio detalles de que BIM es una metodología aún en constante progreso y desarrollo, el cual continuara evolucionando a través del tiempo y continuara modificando en medida que las TIC y las destrezas de los seres humanos a medida que las tecnologías de información y las habilidades y capacidades humanas se perfeccionen. En la presente investigación lo que se busca es como conclusión buscar "la mejor" definición de BIM la cual se manifestará a través de las principales atribuciones y usos de estos modelos totalmente parametrizados. las aplicaciones y desafíos que involucra son importantes ya que formaran parte de un claro concepto.

Building Information Modeling es utilizada como una base de datos distribuida de conocimientos e información virtual, la cual nace de una permutación abierta de documentación por medio de una plataforma ejecutada por las diferentes especialidades que utilizan el modelo. BIM funciona como una base de datos sólida y estable para una correcta toma de decisiones, este modelo de información virtual proporciona de una plataforma para efectuar análisis

automatizados que pueden colaborar la planificación, el diseño, la construcción, operación y mantenimiento de los proyectos en general.

La finalidad de BIM (Building Information Modeling) es realizar de la información del diseño clara y concisa, de tal manera que el diseño programado puede ser de inmediato entendido, comprendido y examinado. Una perspectiva basada en BIM colabora a la producción de documentos (dibujos 2D y 3d, listas, detalles, tablas, etc.) en forma coincidente y desde un modelo consistente y práctico. Un modelo BIM coopera a la eficiencia y optimo rendimiento de los procesos y abastece de una mayor precisión y exactitud en semejanza a métodos tradicionales tales como dibujos a mano o archivos CAD.

Se acostumbra errar modelos 3D como: maquetas electrónicas con un modelo de información, ya que Building Information Modeling como un modelo de tres dimensiones mediante una información gráfica, “se le puede añadir relevante información de un proyecto como información no gráfica”, la cual queda grabada en la base de datos del modelo. Otra característica es que tiene un elevado nivel de inteligencia dada por generalidades tales como: plan de implementación BIM, diseño paramétrico, a través del cual los principales elementos del proyecto de edificación “muros, vigas, ventanas, puertas, mamparas, losas, placas, etc”. En el método convencional autocad 2D, interpretados por parámetros fijos tales como: alto, largo, ancho, color que establecen la geometría y la forma de la edificación, asimismo lo que se identifica como direccionalidad asociativa, esto conllevara a gestionar las modificaciones durante el diseño, por ejemplo, al concretar una transformación en el modelo virtual, se actualizarán las vistas 2d, y toda a información en absoluto, suprimiendo las incompatibilidades e incongruencias de información.

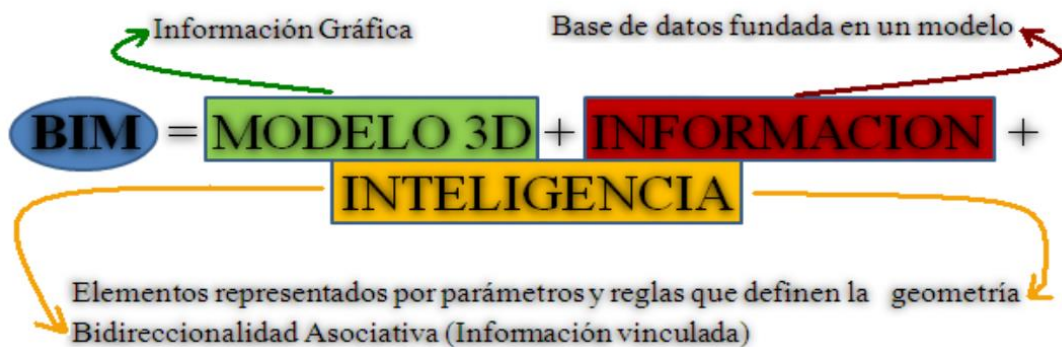


Figura 3 : Elementos de un Modelo de Información de la Edificación

### **2.2.1.1. Información**

Antes de implementar un enfoque BIM en un proyecto en particular, la organización debe definir los objetivos de negocios que se esperan obtener de este (ej. Reducir costos, mayor control de la información, mejorar la eficiencia en los procesos, etc.). Dependiendo de estos objetivos, se especificará la clase (que aplicaciones utilizar) y la profundidad de la implementación (por ejemplo, una constructora, puede escoger aplicar BIM en un proyecto en particular o tener un "departamento BIM", donde todas las propuestas técnicas pasen por este departamento. Con los objetivos ya definidos, se determina el nivel de detalle "LOD", los modelos y la cantidad de información a incluir y compartir.

La información que contiene el modelo se puede almacenar en forma automática (ej. cubicación de los materiales) o incorporar en forma manual (ej. programa de actividades de construcción) y la cantidad de información debe ser la adecuada para cumplir las necesidades del proyecto.

### **2.2.1.2. Modelación Paramétrica:**

Se relaciona a que los elementos son determinados por reglas y parámetros, los cuales se encargan de determinar las propiedades geométricas y no geométricas. A continuación, se muestran ejemplos:

- Se puede limitar el nivel mayor de la columna al nivel menor de la losa, donde ambos componentes se unifican. Así se modificó la categoría de la losa a una cota mayor, entonces la columna de forma automática incrementara su altura.
- Si se ubica una puerta o ventana en un muro en la especialidad de arquitectura, no será necesario realizar anticipadamente un agujero de las distancias del muro o puerta, estos elementos son inteligentes y se dan cuenta de la relación o vínculo que hay entre ellos. Después al momento de que se extraigan los metrados del concreto utilizado, el modelo virtual se da cuenta automáticamente que hay un vano en el muro y por tal razón no sumará las cantidades de concreto correspondientes a la fracción donde existe el vano de la ventana.

- Hay regulaciones y códigos que logran ser impregnados para conceptualizar la actuación de los objetos. Ejemplo se podría establecer el acero mínimo del muro, al introducir parámetros y restricciones de la norma E.030 diseño sismorresistente.

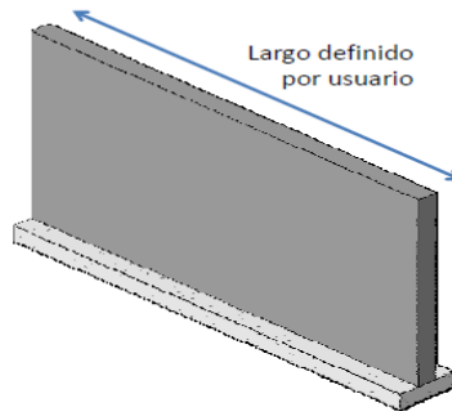


Figura 4 : El usuario puede colocar el largo que desea

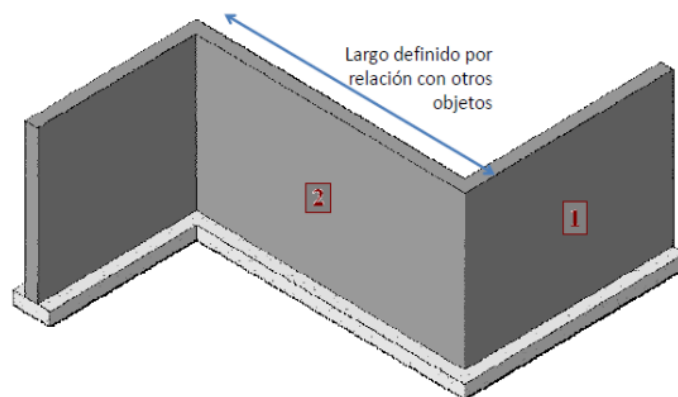


Figura 5 : Si muevo el muro 1, automáticamente se modifica el largo del muro 2

Es relevante enfatizar que un modelo paramétrico posee un orden o jerarquía que se debe obedecer. Las herramientas BIM, puntualizan familias de objetos de edificaciones tales como: muros, columnas, losas, ventanas, mamparas, placas, pisos, etc. De tal modo que concedan al usuario originar o producir familias nuevas para perfeccionar la interfaz del modelo. Las características de los objetos se presentan desde información principal y adicional los cuales son definidos de forma espontánea y automática por el usuario. Ahora estos modelos pueden ser usados para análisis energéticos, (necesarios para identificar el material con el cual está

realizado), de iluminación como altura y posición de cada componente, de costos teniendo los metrados, luego análisis de precios unitarios y presupuesto. Se tiene como ejemplos de propiedades de elementos tales como: códigos, material de fabricación, proveedor quien lo construyó, precios y fechas en que deben culminarse, etc.

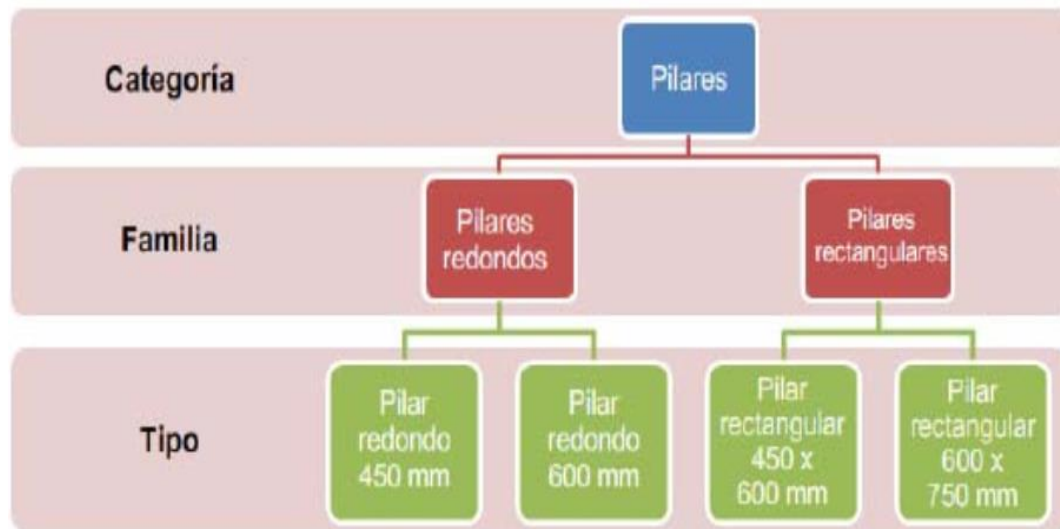


Figura 6 : Jerarquía de los modelos.  
Fuente: Autodesk.

### 2.2.2. BIM: Demandas de cambio

Absolutamente el más grande potencial de la implementación de Building Information Modeling se muestra en proyectos donde “la coordinación y comunicación es clave para el éxito de este”, especialmente en proyectos de gran magnitud, proyectos con representantes dispuestos en diferentes espacios del mundo y proyectos difíciles en donde interactúan numerosos actores. De otro lado, en proyectos de gran relevancia y trascendencia se produce una cantidad máxima de información y documentos, los cuales deben ser notificados, revisados, informados y archivados de manera eficiente. En “proyectos distribuidos”, el cliente se puede ubicar en Londres, el área donde se construirá en Francia, el contratista principal en Estados Unidos, los arquitectos y diseñadores en Canadá, los ingenieros especialistas en Inglaterra y el proveedor de acero en Italia. Para esta clase de proyectos, la información debe traspasar el planeta de un modo razonable, lógico y sensato. En planes de grandiosa

dificultad, como pueden ser la construcción de colegios, institutos, hospitales, aeropuertos, puentes, etc. Su ejecución se despliega por extensos periodos de tiempo e incluyen diversos participantes que deben suministrar apropiadas y pertinentes planificaciones, diseños, metrados y presupuestos para tomar decisiones mediante información precisa, concisa y actualizada.

a continuación, se muestran proyectos de elevada dificultad.

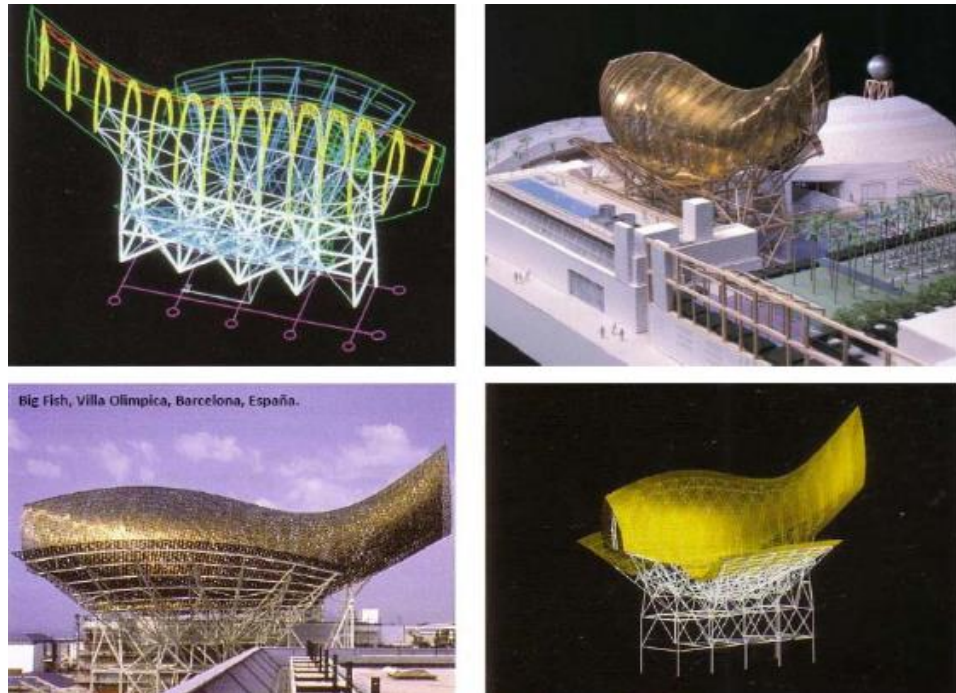


Figura 7 : "Big Fish": Villa Olímpica, Barcelona, España

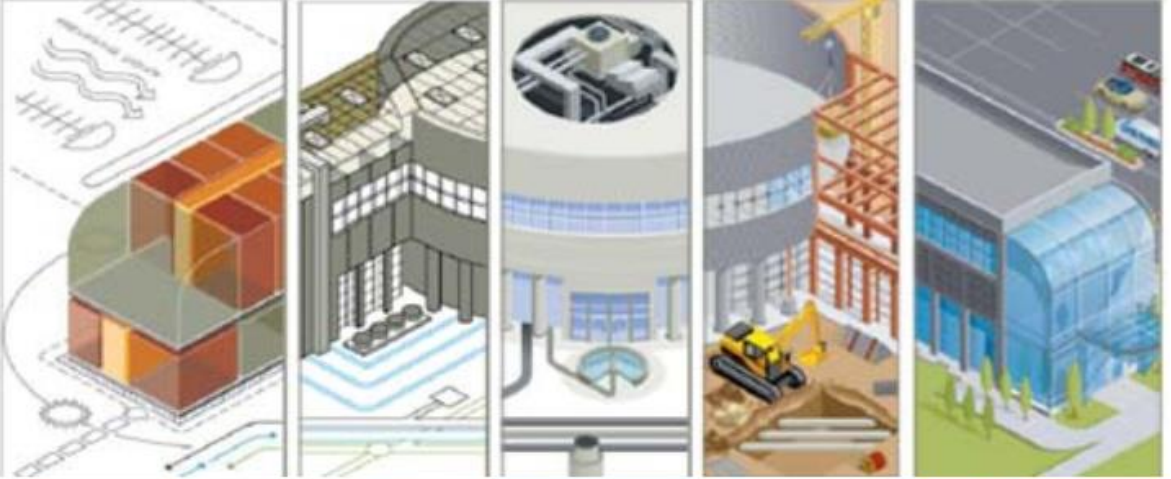
Para poder ejecutar estos proyectos fomentar de forma eficiente y efectiva cumpliendo con las demandas de tiempo, calidad y costo. Para ello es fundamental y primordial apoyarnos en las TIC “tecnologías de la información”, para manejar los procesos, peculiarmente en sistemas concentrados de información. Building Information Modeling se define como un sistema computacional que provee de instrumentos necesarios para una óptima implementación. El correcto cambio se aproxima en los procesos y en la forma de trabajo mediante una organización controlada desde sus inicios, los cuales deben modificarse de tal modo que utilicen al límite los instrumentos de modelación e incorporación de la metodología BIM, para de esta forma llevar a cabo las demandas cada vez más restrictivas en proyectos de gran envergadura. Se necesita de modificaciones en el modo en que se trabajen los actores en la actualidad, cambios que promuevan una mayor composición y cooperación entre estos. El “Integrated Project Delivery” (IPD) o en español conocido como el método de entrega integrada del proyecto fomenta la cooperación desde fases tempranas y en el cual Building Information Modeling es el fundamento para los procedimientos y métodos involucrados.



Figura 8 : Costanera Center, Santiago,

El Instituto Norteamericano de Arquitectos establece el Método de Entrega Integrada del Proyecto como "un método que integra personas sistemas, estructuras de negocio y prácticas en un proceso que, colaborativamente aprovecha los talentos y perspectivas de todos los participantes para reducir las pérdidas y optimizar la eficiencia en los trabajos en cada una de las fases de diseño, fabricación y construcción".

Insertando un modelo BIM en un proceso IPD facilitará al grupo del proyecto emplear los conocimientos en un entorno constituido, incrementando la efectividad posibilitando nuevos modos de trabajo cooperativo que infunden una mejor creatividad y diseños más razonables y sostenibles. adicionalmente se originan mejores impactos y efectos en, términos de pronóstico y concisión del proyecto de construcción.



Conceptualización	Diseño	Creación e Implementación de Documentos	Construcción	Operación y Mantenimiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso Colaborativo.</li> <li>Actores clave contribuyen experiencia.</li> <li>Mejora la toma y calidad de decisiones.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Controlado por uso de modelo de diseño preciso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cumpliendo plazos y costos.</li> <li>Planeamiento Temprano = eficiencia en el uso de material, menos pérdidas.</li> <li>Ordenes de Cambio son minimizados.</li> <li>Modelo Digital de la edificación para ayudar la gestión de las instalaciones.</li> </ul>	

Figura 9: Ventajas Método IPD integrado con BIM.



Códigos fundamentales para la Entrega Integrada del Proyecto:

- Incluir a la totalidad de los integrantes del grupo del proyecto en las juntas de diseño, involucrando a los constructores, a través de reuniones ICE, llamadas también “Ingeniería Concurrente Integrada”
- El modelo BIM, como herramienta de apoyo para la intercomunicación eficiente y la conexión entre las disciplinas y sus respectivos diseños. Esto implicará la interoperabilidad entre los individuos y organizaciones involucradas en el proyecto.
- Instaurar los instrumentos, métricas e indicadores contractuales que faciliten la colaboración, promoviendo la creación de una sociedad y cultura de confianza del equipo BIM.
- Reducir los procedimientos basados en el uso de documentos físicos como papeles, folios, etc. Es decir, contribuir digitalmente.
- Revisar y gerenciar las interferencias e interposiciones entre las especialidades del proyecto.
- Informar ideas de diseño empleando visualizaciones en modelos 3D.

### **2.2.3. Usos de la Tecnología BIM**

Las utilidades de la metodología BIM son diversas, y su empleo en un proyecto, se sujetará de los objetivos de acuerdos definidos al poner en práctica esta tecnología. Las esenciales aplicaciones se presentan a continuación:

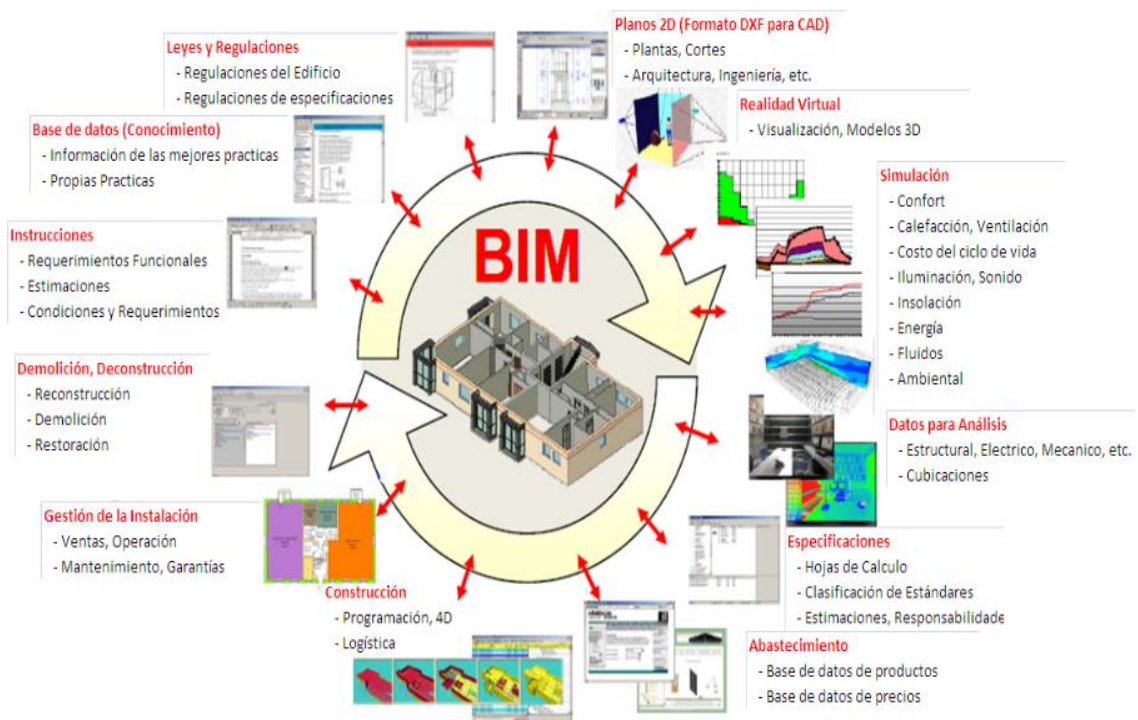


Figura 10 : Aplicaciones Tecnología BIM. Adaptada de la presentación de Leonardo Rischmoller- CDT, agosto 2009.

### 2.2.3.1. Marketing

El planeta se ha transformado drásticamente a nivel de información y eso es derechamente suponer una relación real con tus clientes, mostrando claramente los potenciales y beneficios del modelo BIM.

La noción de emplear imágenes, figuras o animaciones sustraídas del modelo con el fin de fomentar o expender un proyecto, basando el plan de marketing de éste, lo que puede originar una ganancia con respecto a la competencia.

En la siguiente figura se muestra un claro ejemplo en donde el arquitecto puede emplear imágenes 3D "renderizadas" para impactar, convencer, exhortar y dar a conocer el producto a un inversionista. Existen empresas inmobiliarias que utilizan imágenes 3d para vender a sus clientes departamentos, oficinas, tiendas, etc.

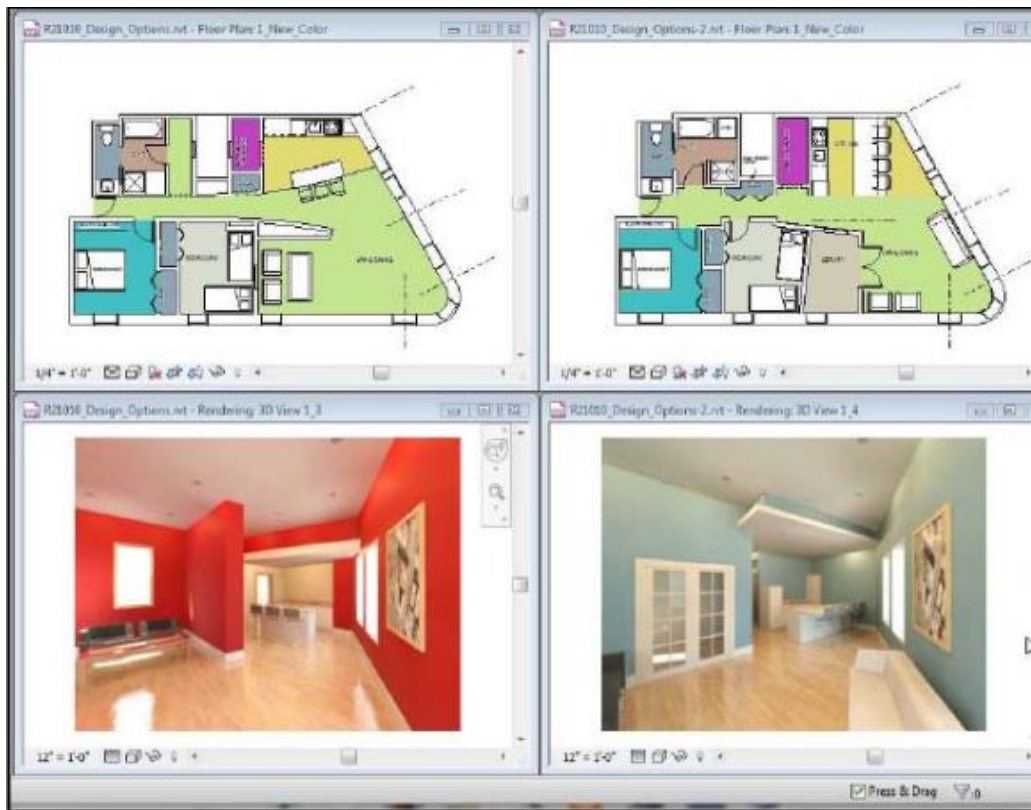


Figura 11: Render de habitaciones modeladas en

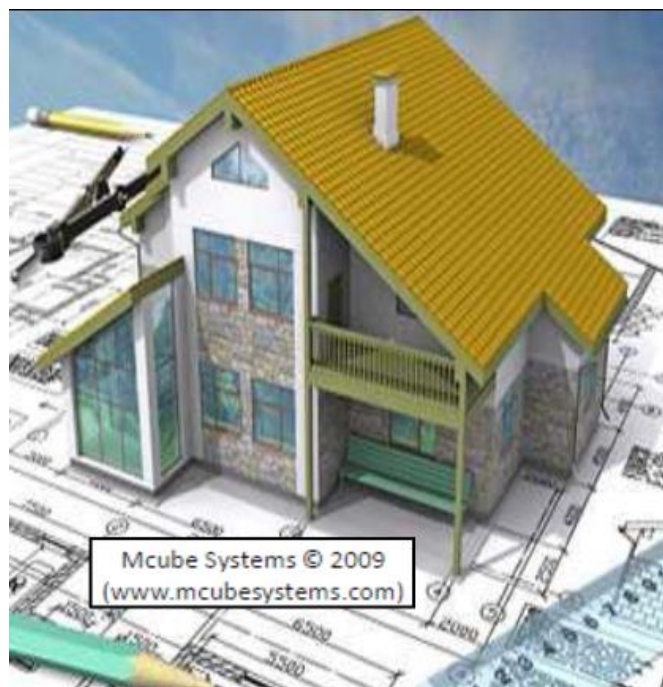


Figura 12 : 3D vs Plantas

Una noticia fascinante es que hay instrumentos de “Google Earth” con las que se logra geo posicionar los modelos, esto podría favorecer tanto un plan de marketing, así como una indagación logística del proyecto, analizando la ubicación, vías de acceso, concentración ciudadana o densidad urbana, etc.

Las particularidades del modelo ayudaran mucho a entender el objetivo de un proyecto. La población directa a la cual se venden los proyectos no es técnica, de tal manera que la exactitud geométrica y modernizaciones del modelo no son importantes. Lo más relevante para ellos sólo es la parte externa, tales como: “texturas, colores, iluminación y otros detalles”.

### 2.2.3.2. Comunicación

Los planos en 2D son de difícil entendimiento, en particular para actores no técnicos (financistas, comunidad, mandantes, grupos ambientales, usuarios, etc.) y pueden tener distintas interpretaciones que se pueden traducir en problemas costosos. Usar modelos 3D es la forma más completa de transmitir información acerca de la edificación que se desea construir (Rischmoller, L.)



Figura 13: Comunicación eficiente en BIM

### **2.2.3.3. Comunicación con actores no técnicos**

Los actores no técnicos, es decir la población objetiva, poseen escasa capacidad y habilidad para deducir los dibujos en planos 2D, asimismo para interpretar la información de programas de ingeniería. Se gasta demasiado tiempo, dinero y mano de obra para informar correctamente varios conceptos y prevenir problemas, particularmente en obras de gran envergadura social y ambiental. Es por ello que lo que se sustenta en la presente investigación es que los modelos 3D Y 4D viabilizan esta comunicación, haciéndola más fluida e interesante.

#### **2.2.3.3.1. Comunicación con trabajadores**

En la fase de construcción, es decir ya en obra es importante informar el avance del proceso constructivo a los trabajadores en general: peones, oficiales, operarios y capataces, lo cual para ellos puede ser un inconveniente dado que ciertos elementos constructivos son complicados de comprender en planos 2D incluso para algunos técnicos, esto conlleva a una comunicación ineficiente. Utilizando BIM, se perfecciona el LOD (nivel de detalle) del proyecto, esto viabiliza un entendimiento por parte de constructores, proveedores, fabricantes, contratistas. Los trabajadores al observar el proceso constructivo de la obra, comprenderán mejor la importancia de su trabajo en el contexto global del proyecto.

Los “modelos 4D” también evidencian el proceso constructivo, seguido de directrices de trabajo, documentando como se efectuó el trabajo (información de conceptualización, diseño y construcción utilizada). Es básico modernizar los diversos modelos con las modificaciones que se producen en terreno (no solo manifestar la información de diseño)

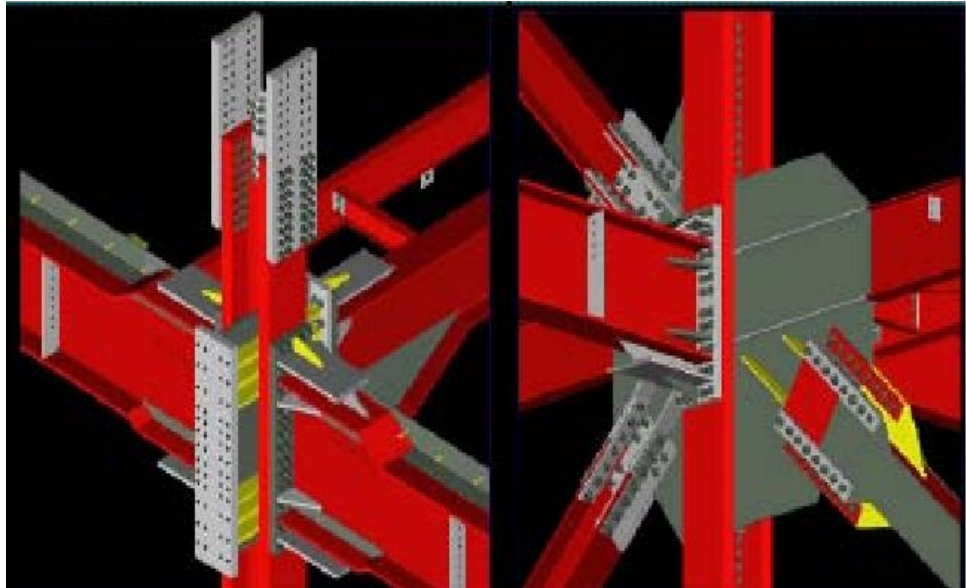


Figura 13: Detalle de unión estructural de una instalación industrial.  
Presentación Leonardo R. - CDT. Agosto 2009

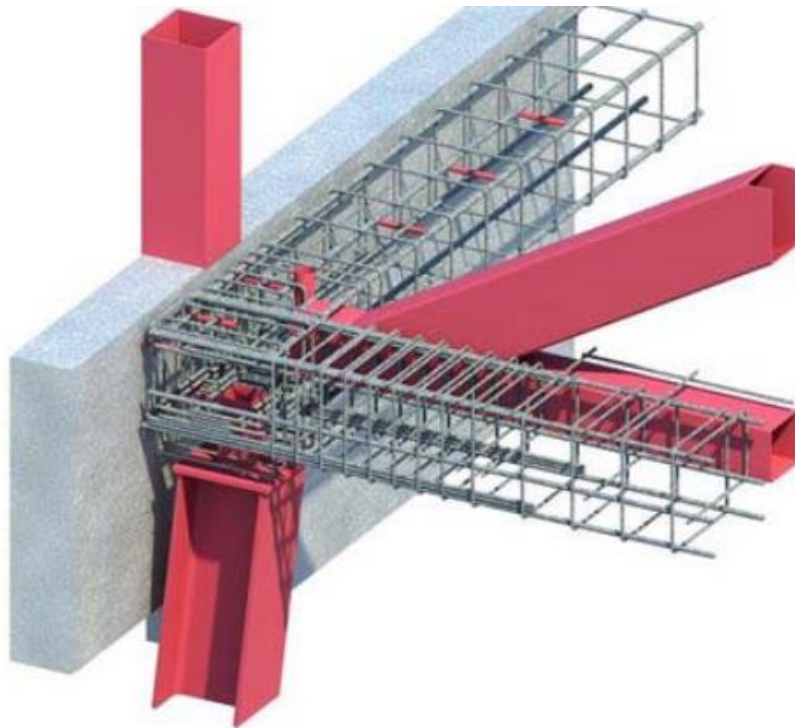


Figura 14: Detalle de reunión utilizando un renderizado de imagen del modelo

Fuente: Autodesk

#### **2.2.3.4. Documentación**

BIM permite tener toda la información sobre el proyecto de manera centralizada y no diseminada en diferentes lugares, evitando tener varias versiones de la misma información con las incompatibilidades que esto conlleva. Los modelos BIM facilitan la producción de documentación "as built" y el modelo pasa a ser un "entregable" para la fase de operación y mantenimiento.

El lograr retener información útil para el desarrollo de futuros proyectos similares es de suma importancia para las distintas disciplinas que participan en un proyecto de construcción, en particular constructoras y mandantes. Las organizaciones esperarán una mejor administración del riesgo en sus operaciones gracias a la disponibilidad de toda la información pertinente en cada nivel de la organización. El riesgo por errores será reducido durante la fase de planificación y ejecución por la oportunidad de simular el desempeño basado en información de alta calidad y así tomar decisiones tempranas antes de construir algún elemento de la edificación.

#### **2.2.3.5. Datos para Análisis**

##### **2.2.3.5.1. Sustentabilidad**

Los modelos BIM, facilitan distintos "análisis y simulaciones" dirigidos a los impactos de las edificaciones en el ambiente y sociedad. Para estas indagaciones hay varios supuestos, de manera que no simbolizan obligatoriamente el desarrollo de la actuación de la infraestructura. Varios de estas evaluaciones son: iluminación cuyo objetivo es maximizar el uso de la luz solar, energía lo cual representa su consumo, calidad de aire, calidad de agua de lluvia para la reutilización en el mismo edificio, humedad, temperatura, efecto de viento, etc.

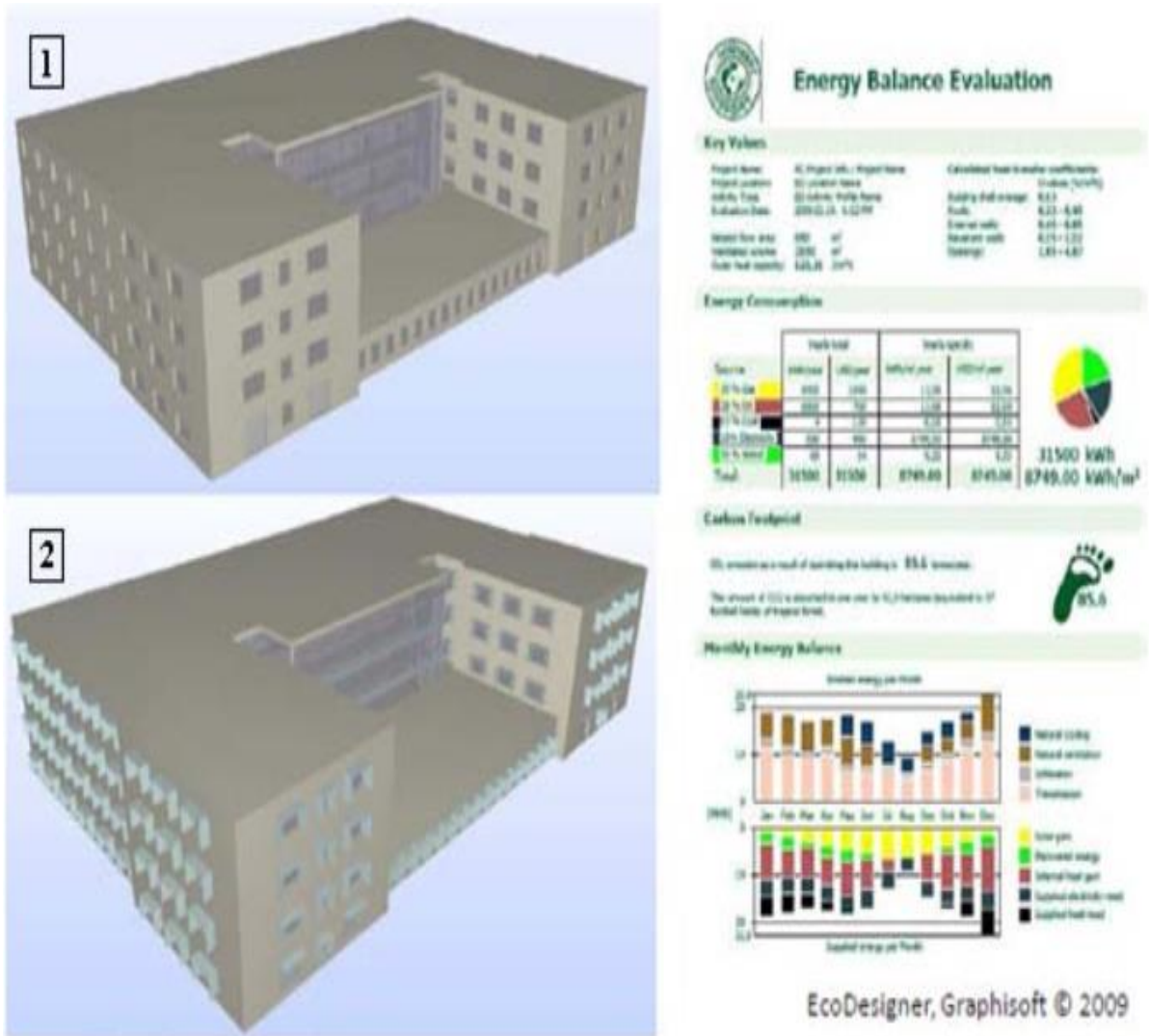


Figura 15: Análisis Energético En la alternativa 2 al edificio le colocan una estructura para darle sombra a las ventanas y el software compara ambas alternativas en cuanto a su consumo de energía.

Dato interesante: un proyecto realizado con un método IPD (Integrated Project Delivery) integrado con estos softwares de análisis, puede traer entre un 50 y 100% de mayor eficiencia energética durante el ciclo de vida del proyecto (Norman Goijberg, miembro de la CCHC).



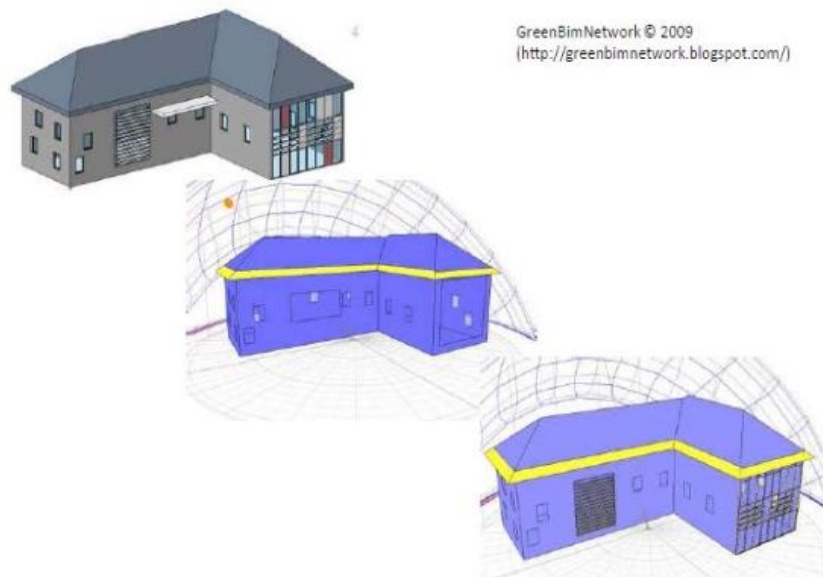


Figura 16 :Análisis de Insolación - Uno ubica el modelo en una determinada zona geográfica. Con esta ubicación se tendrá un patrón de movimiento del sol y por ende donde dará sombra a cada hora del día.

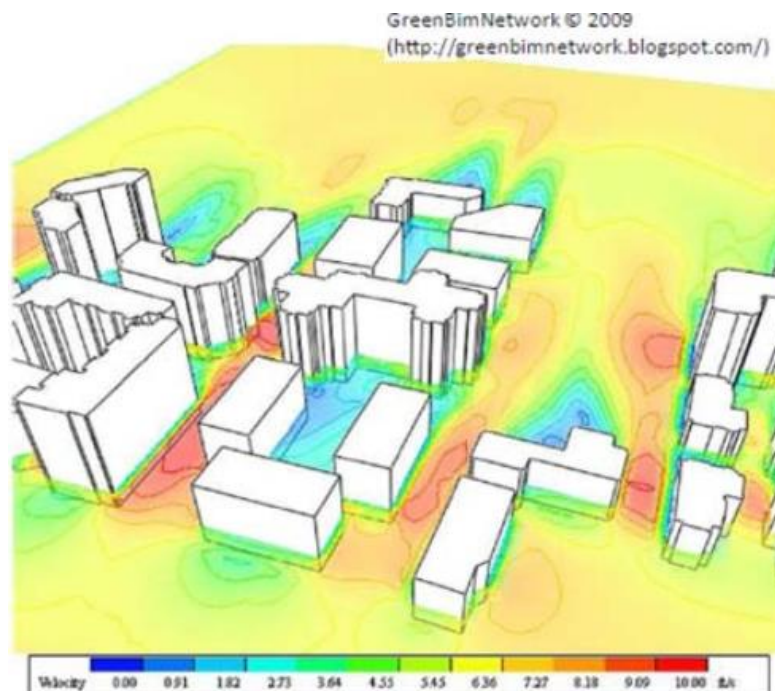


Figura 17 : Análisis de Viento - Determinación de la velocidad del viento en determinados puntos de la ciudad. Análisis de gran utilidad en proyectos de mayor envergadura como urbanizaciones.

### 2.2.3.5.2. Análisis de especialidades

Frecuentemente, el nuevo procedimiento de indagación e inspección (estructural a modo de ejemplo) con metodología BIM, para dar un punto de vista equitativo, es el siguiente:

- En primer lugar, se dibuja el modelo de arquitectura en el Revit, elaborado por el arquitecto en programas de tipo habitacional, comercial, por un ingeniero de procesos/químico en programas de tipo minero, metalúrgico e industrial.
- Después, el especialista estructural, exporta el modelo creado por el arquitecto a un programa ideado para modelamientos estructurales, en el cual se deberán incluir pesos, cargas vivas, cargas muertas y otros elementos que el arquitecto no incorporó anteriormente. Luego se suprimen y ocultan aquellos elementos no importantes e innecesarios para el respectivo análisis estructural, estos elementos pueden ser: arboles, tarrajeos, pisos, muebles, etc.
- A continuación, el modelo virtual se asocia a un programa de indagación estructural: se hace correr el modelo para estimar “las solicitaciones” sobre cada elemento y luego se diseñan: aceros, ancho de vigas de acero, uniones soldadas y apernadas, etc. “los programas y procesos utilizados en la computadora pueden ser múltiples”
- Por último, la documentación que se ha producido, se añade al modelo virtual, si es necesario para los siguientes procedimientos.
- Si se realiza modificación alguna, el análisis efectuado se repite de modo automático.
- Para diseñar las distintas especialidades el procedimiento es casi igual y se puede estimular o impulsar de manera “automatizada, paralela, integrada y consistente” en diversos campos, analizando económicamente y técnicamente el excelente resultado. Ejemplo:
- ¿el diseño nuevo obedece con las demandas estructurales de las especialidades MEP?

Las características de los modelos virtuales BIM, son en esencia: Precisión geométrica, actualización y atributos de elementos los cuales con primordiales porque afectan a los parámetros de análisis. Los arquitectónicos no son relevantes. La interoperabilidad, entre los softwares usados es importante desde archivos nativos, importados y

exportados y pueden afectar en gran medida el trabajo adicional necesario para el análisis. Es importante mencionar la importancia de IFC, formato de archivo basado en objetos desarrollado por buildingSMART internacional.

### 2.2.3.6. Simulación 4D

Las tecnologías 4D combinan modelos 3D con la cuarta dimensión, la cual viene dada por el tiempo proveniente de las duraciones de actividades de construcción representado en un programa de ejecución realizado en algún software de programación (ej. Primavera o ms Project.) Al incorporar el tiempo, la construcción ocurre en etapas tempranas del proyecto, en un enfoque que va más allá de la forma tradicional de planificación de la estrategia de construcción: "Los Modelos 4D reflejan mejor la realidad de la etapa de construcción del proyecto" (Fisher, 1999).

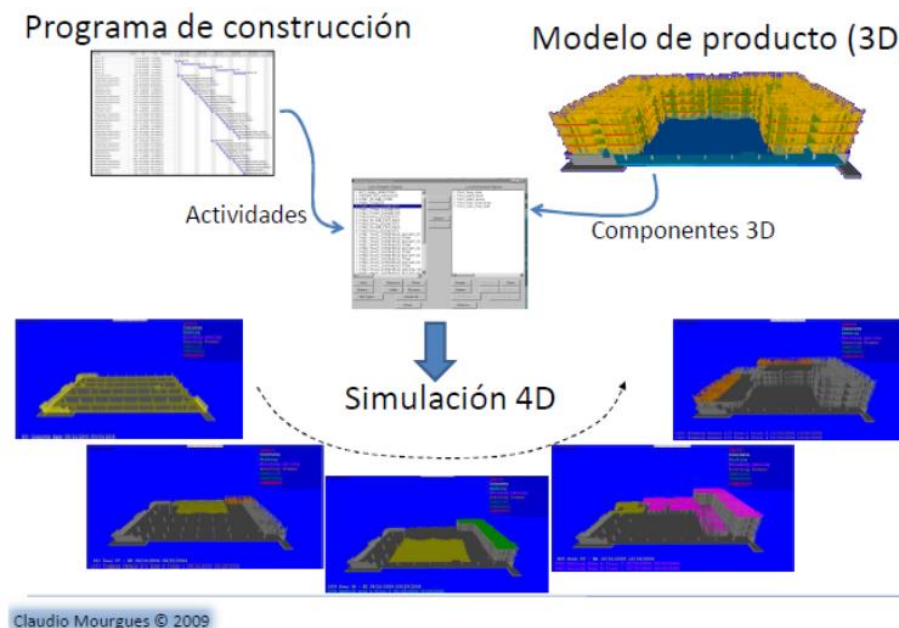


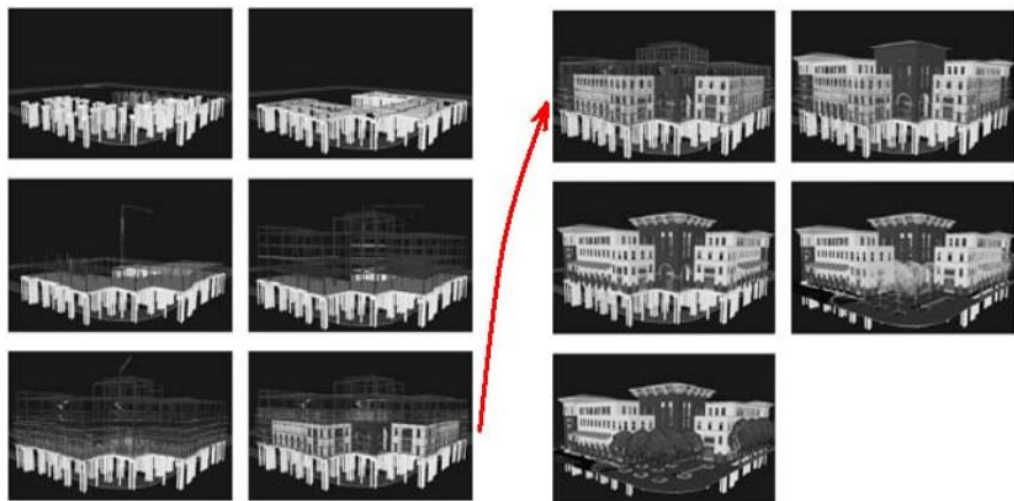
Figura 18: Simulación 4D

Siempre hemos tenido conocimiento de la existencia de los modelos 4D, éstos en el pensamiento de los constructores en el momento en que conciben y representan de modo mental la construcción de un proyecto. Esta figuración, induce en muchas ocasiones a errores, baja precisión e imperfecciones de planificación. Si no se concebiría estas imágenes en 4D, los involucrados en el

proyecto deberían confiar solo en su habilidad para comprender los documentos y programas en 2D.

Una de las grandes preeminencias que posee esta aplicación, es que se logra añadir la expertise de construcción a partir de la etapa de diseño, desde una perspectiva de constructibilidad, obviamente más avanzado, en que diseñadores, planificadores y constructores laboran integradamente a partir de etapas tempranas del proyecto. De este modo los defectos son percibidos antes de iniciar la ejecución con la respectiva moderación de costos y tiempo. Unir las especificaciones de componentes y materiales con un buen programa de construcción de obras para alcanzar una logística sensata y un procedimiento de construcción eficiente es el primordial objetivo de la metodología BIM. De esta manera se contará con un abastecimiento oportuno de materiales, equipos y herramientas sin cuellos de botella en las diversas actividades de construcción, logística, de control, de administración y de gerencia.

Figura 19 : Secuencia constructiva de un edificio estudiantil



Desde otra perspectiva, con los modelos 4D, se optimiza el proceso de toma de decisiones al momento de realizar los análisis. ¿Qué sucedería si?, se hace posible la veloz identificación y determinación de problemas entre espacio y tiempo. Se pueden controlar, examinar, inspeccionar y rastrear muchos recursos tales como: moldajes, andamios, grúas, escaleras para

mantenimiento. Para asegurar que son usados eficientemente y sin problema alguno.

Son de mucha colaboración para proyectos que incluyen diversos grupos de interés “en particular actores no técnicos” y “proyectos de renovación de instalaciones que necesitan seguir operando” ejemplo: hospitales. Asimismo, estos modelos pueden exponer y exhibir otros atributos de los elementos que forman parte de la infraestructura a lo largo del tiempo, ejemplo, el precio del uso de la energía, riesgo, ocupación, etc. Las características de los modelos son la precisión geométrica, la cual es de relevancia, pero no crítica. Lo que si es demasiado crítico es la actualización de manera de no invalidar las observaciones. Los detalles en la especialidad de arquitectura no son importantes. El LOD de los elementos del modelo deben ser sólidos y consistentes con las actividades del proceso constructivo.

#### Ejemplos de Aplicación:

- Museo de la Memoria, Santiago, Chile: Proyecto con una superficie de construcción cercana a los 5000 m<sup>2</sup> y una inversión superior a los 1- 1- mil millones de pesos. En este, se utilizaron modelos 40 como herramientas de comunicación y como apoyo a la metodología "Last Planner" implementada en este proyecto (4D+Last Planner5)

Resultados: el acatamiento de los compromisos se incrementó en un 12% y se disminuyó el tiempo de organización del proyecto con tan solo una reunión semanal de una hora.

- Construcción de fundaciones del proyecto de envergadura minera en Chile: Utilización del método 40-PS ("40 Planning and Scheduling") a la planificación, conceptualización, diseño y construcción de 100.000 m<sup>3</sup> de hormigón.

Resultados: moderación económica cercano al 15% del costo y disminuciones del 6% del total de plazo de ejecución del proyecto.

- La obra de construcción del "Paradise Pier" ubicado en el centro de diversiones Walt Disney, California, USA: donde se tuvo condiciones de terreno limitadas, asimismo diversos grupos de interés no-técnicos y

una fecha de culminación obligatoria provocó la necesidad de aplicar la metodología BIM.

Los principales resultados fueron la reducción de las ordenes de cambio desde un 90% llegando a 40%, se disminuyeron los trabajos rehechos, asimismo se incrementó la producción en campo y se optimizó la credibilidad del programa de construcción y del grupo encargado de la gestión del proyecto.

#### **2.2.3.7. Chequeo de interferencias y de Conformidad.**

Actualmente el chequeo de interferencias se hace en terreno y la coordinación de especialidades generalmente es desarrollada por el contratista general o una empresa independiente (en Chile empresas como Cruz y Dávila). El chequeo de interferencias con modelos BIM es uno de los principales usos que se le da a esta herramienta, en particular en proyectos que involucran una infraestructura compleja como plantas industriales, edificios inteligentes, hospitales, etc. Este análisis reduce los requerimientos de información (RDI), las ordenes de cambio y conflictos entre actores del proyecto, lo que aumenta la productividad y reduce costos de construcción: interferencias detectadas en terreno implica tiempos muertos dedicados a: y mandante, que devuelvan la respuesta y fabriquen la nueva pieza, proceso que puede llevar a tomar más de 40 días (Mario Pacheco, Gerente de Proyectos L y D S.A.)

Las obstrucciones que pueden ser de la clase espacial, ejemplo: encuentro entre una viga de concreto armado y un dueto de extracción o de clase temporal, ejemplo: la actividad de colocación de concreto en muro, previo a la instalación de cañería. Para revisar estas y encontrar una solución es necesario una organización digital de las diversas especialidades en fases tempranas del proyecto. En la fase de construcción, hallar las colisiones e interferencias pueden ser acrecentado de manera manual mediante la visualización del modelo, o automático mediante algún programa computacional como Navisworks. Ejemplo: en la siguiente imagen se da a conocer el proceso constructivo de un proyecto implementado con la tecnología "tip-tap" (los muros son prefabricados y son ubicados con grúas y afirmados mediante puntales). Al observar el proceso constructivo se visualiza como

algunos puntales interfieren en determinados momentos con los muros emplazados con la grúa.

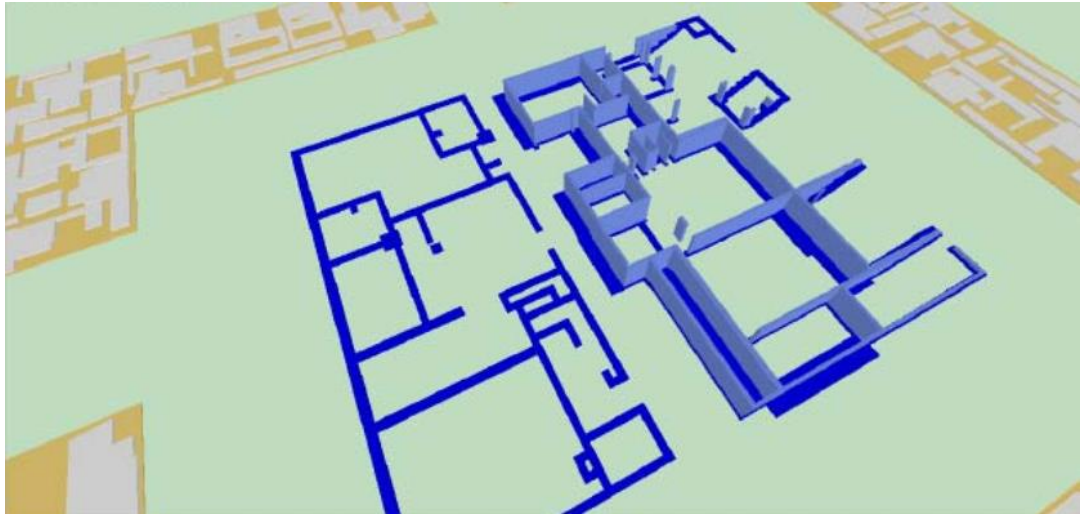


Figura 20: Chequeo manual de interferencias en 4D

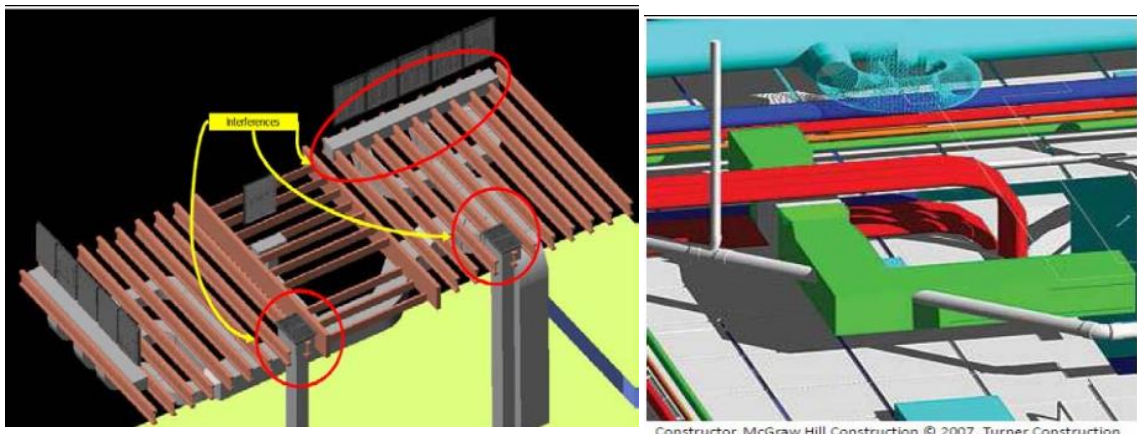


Figura 21 : Chequeo manual de interferencias 3D.

Atribuciones de los modelos: la exactitud geométrica y actualizaciones. El NND no es tan importante mientras involucren todos los fundamentos que son relevantes para revisar las interferencias e incompatibilidades, ejemplo: no es crucial si el muro que interseca con un ducto posee una puerta incluida en el modelo o no. Las características de los modelos no son importantes. El método de revisión de interferencias ejemplo: la periodicidad y responsabilidades, deben estar correctamente establecidas: ya que cualquier modificación puede ser documentada.

## Ejemplos de Aplicación:

- El mega proyecto minero, el cual fue desarrollado por Betchel I. tuvo como principales resultados la detección temprana de interferencias, lo cual redujo los trabajos de rehecho en campo de un 5% con diseño en 2D a un 1% mediante diseño en 3D.
- La construcción de la clínica Dávila, tuvo como resultados la detección anticipada de 297 interferencias en los planos. La utilización del modelo digital 3D, simbolizó un ahorro del 50% respecto a los costos de producción y una disminución del 75% en el tiempo requerido para solucionar las incompatibilidades. Para un superior detalle de los logros en este proyecto, ver el anexo n°01 del presente trabajo.

La revisión de aprobación y conformidad es un área novedosa que está tomando relevancia por la GSA “mandante en la ejecución de edificios de gobierno en EEUU”, en diversos proyectos. Los modelos BIM, pueden ser revisados para ver si obedecen los criterios de distintos tipos. Ejemplo: alturas mínimas necesarias, superficies mínimas en un área definida, concurrencia de ciertas características en objetos.

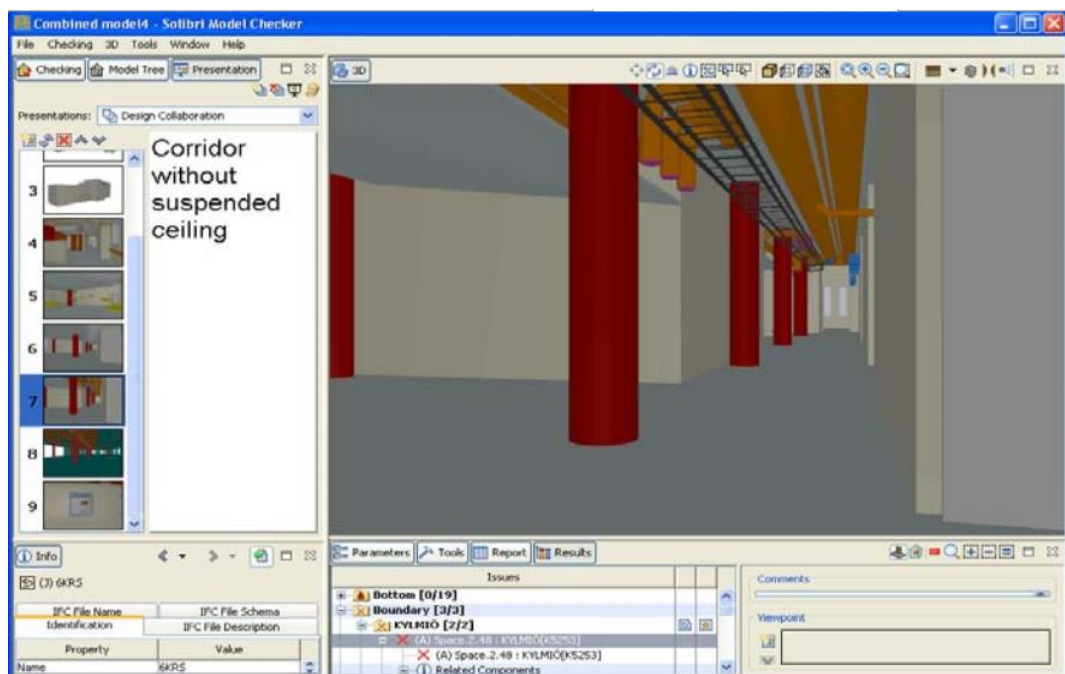


Figura 22: Ejemplo corredor sin cielo falso



Con este tipo de software se pueden reglamentar las normas de construcción y chequear que se cumplan. Una herramienta que ofrece este tipo de análisis es "Soíibri Model Checker".

Características de los modelos: Precisión geométrica, actualización y atributos de objetos son críticos ya que de estos depende la conformidad.

Estos chequeos se ejecutan en momentos específicos (entregas de modelos) por lo que no requieren de una actualización diaria.

#### **2.2.3.8. Cubicación y Estimación de Costos**

El modelo BIM permite determinar cantidades de materiales y vincularlas con herramientas de estimación de costos, de tal forma de realizar estas estimaciones al mismo tiempo que se va diseñando. Estas estimaciones se pueden desarrollar de dos formas: exportar las cantidades a una planilla de cálculo (ej. Excel) y luego desarrollar el análisis con las herramientas de esta planilla. O vincular directamente las cantidades de los materiales extraídas del modelo con herramientas de estimación de costos del mismo software que nos provee del modelo BIM, en esta era, podemos encontrar una gran variedad de programas para costos tales como s10, cost it, presupuestos.pe, nos podemos dar cuenta que a medida que pasan los años aparecen nuevos softwares que se acomodan fácilmente a las metodologías de información, permitiendo obtener funcionalidades del mundo virtual de la calidad.

Por ejemplo, en "VICO Estimator", se pueden usar las cantidades (basadas en el modelo) grabadas en "VICO Constructor", para crear estimaciones basadas en el mismo. Las Recetas (paquetes de datos) contienen dos capas adicionales de información que hacen posible calcular los costos a partir de las cantidades basadas en el modelo; estas son: los Métodos, que representan actividades y los Recursos, en donde los precios de mano de obra, material, equipamiento y trabajo subcontratado son definidos. VICO Constructor y VICO Estimator, son programas de planificación y control de obras complejas, así como de control de costos basados en ArchiCAD de Graphisoft.

The screenshot shows the Vico Estimator 2009 interface. On the left is a tree view of project categories. The main window displays a table of classification items for a selected recipe. Below the table is a diagram illustrating the recipe for a reinforced concrete column, showing the column being broken down into Rebar, Formwork, Concrete, and Surface Finish, which are then linked to resource images.

Classification & Code	Recipe Name	Quantity	Unit	\$/Unit	\$	Determining quantity type
81012 81012.3.08	Steel Beam HSS	63.00	Cou... es	1525.77	96186.20	Count
81012 81012.3.10	Caropy Steel	42.00	Cou... es	7025.91	295130...	Count
81012 81012.4.01	Concrete Slab	57108.91	Net... sf	57.11	326125...	Net_Surface_Area
81012 81012.4.02	Concrete Column	1178.00	Cou... es	658.55	775818...	Count
81012 81012.4.03	Concrete Beam	3770.25	Len... f	93.69	353242...	Length

Figura 23 : Ejemplo receta de construcción para una columna de hormigón armado

Cada elemento (ej. fundaciones, columna circular, losa de 20 cm., etc.) que se quiere cuantificar, debe tener su propia receta de construcción (método constructivo y recursos utilizados), la cual puede venir de una base de datos definida en la organización (recetas estándar) o definida a nivel de proyecto (particular). Una vez asignadas las recetas a sus respectivos elementos, se pueden generar informes de precios unitarios y la propuesta económica del proyecto.

Los precios de los recursos son mantenidos en la librería de "VICO Estimator", que permite actualizar los precios de mano de obra, material, equipos y trabajo subcontratado de una forma centralizada y eficiente en cualquier momento que sea necesario.

Es importante mencionar que la preparación y definición de recetas de construcción implican un esfuerzo considerable al principio, pero con ventajas notables para proyectos futuros.

Características de los modelos: Precisión geométrica y actualización son críticas. Importa no solo lo que se ve, sino que todo lo que pueda tener un impacto en el área considerada para la estimación. Detalles arquitectónicos no son importantes. Estructuración y nivel de detalle de los elementos en el

modelo BIM tienen que ser consistente con la estructura de costos de la estimación o con el uso de la cubicación.

Ejemplo de Aplicación: En Webcor Builders, San Mateo, California, utilizaron la opción de hacer cubicaciones a partir del modelo y el proceso tomo menos de la mitad del tiempo que hubiera tomado la cubicación en la forma tradicional (Bedrick 2003). Además de la ventaja de hacer el mismo trabajo de forma más rápida, el hacer las cubicaciones a partir del modelo redujo la variabilidad de las cantidades entre diferentes estimadores y aumentó sustancialmente la rapidez de una reestimación cuando hubo cambios en el diseño.

### 2.2.3.9. Prefabricación

Los modelos BIM permiten prefabricar diversos elementos como tuberías, ductos, paneles, etc.

Características de los modelos: Precisión geométrica y actualizaciones automáticas. Los Detalles arquitectónicos no son importantes. El Nivel de detalle de los elementos en el modelo BIM debe ser consistente con los elementos a prefabricar.

Ejemplos de aplicación: producción de sistemas modulares de muros y pisos. para mayor información respecto a resultados /beneficios de esta aplicación ver Anexo N° 1.

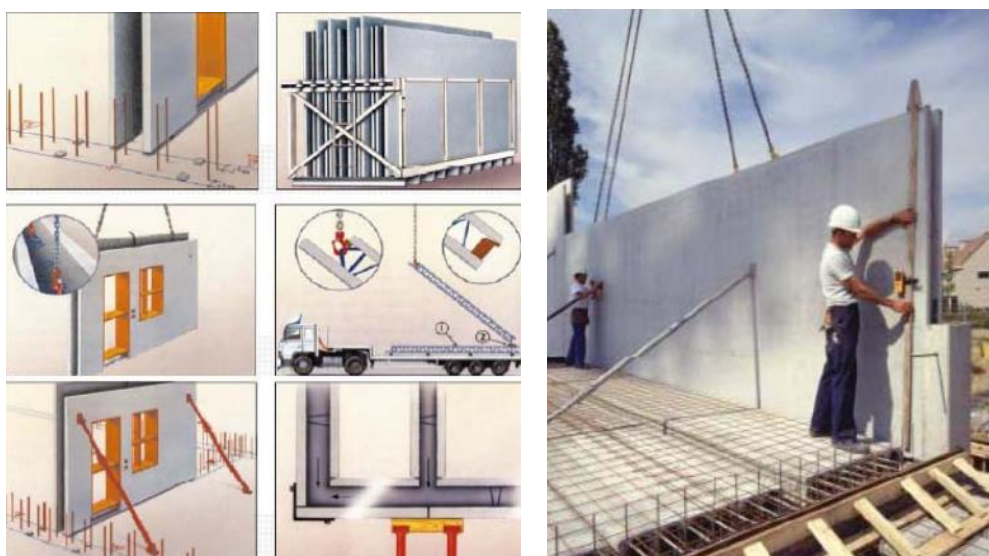


Figura 24 : Proceso de montaje de los muros de Hormigón Prefabricado.  
Fuente: Presentación Claudio La barca - CDT, agosto 2009

### 2.2.3.10. Ingeniería Concurrente / Diseño Colaborativo

El método de colaboración extrema nació en 1995, cuando la NASA formó un equipo de diseño para mejorar los plazos y la calidad de las misiones espaciales. De 3 a 9 meses dedicados al diseño, el tiempo se redujo a 9 horas, la exitosa metodología entonces se llevó al ámbito de la construcción, donde se aplicó a través de sesiones, donde todos los profesionales involucrados en el proyecto comparten información, resuelven dudas y discuten soluciones, en una misma sala, apoyados idealmente con un modelo virtual de la infraestructura. En EE.UU. se ha conseguido disminuir el tiempo que toma un diseño de un proyecto de construcción de un tiempo inicial de 9 meses a una semana. El secreto está en reducir los tiempos de espera que se producen cuando se realizan las consultas y opiniones entre especialistas, proyectistas, diseñadores y clientes.

En la actualidad el trabajo cooperativo tiene como fundamento principal dibujos en dimensiones 2D. en los cuales se anota y resalta los temas en discusión. Esto está alejado de un diseño apoyado y justificado en un escenario BIM, en donde las diversas disciplinas interaccionan en tiempo real con el modelo virtual y distribuyen entre ellos datos solicitados, solucionando conflictos e implementando un procedimiento de diseño más eficaz, en que “distintos procesos ocurren al mismo tiempo” y las tareas de diseño se pueden gestionar de manera paralela.

“Diseño de colaboración basado en un enfoque BIM”: hay dos perspectivas de trabajo fundamentado en la construcción de modelos de información de casa una de las peculiaridades o especialidades, tales como: el centralizado y el distribuido.

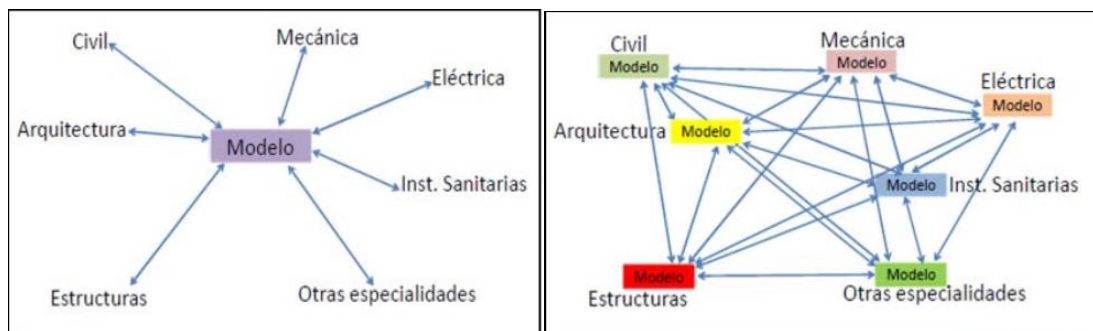


Figura 25 : Sistemas de trabajo colaborativo

Enfoque centralizado: todas las disciplinas laboran en un mismo modelo, esta particularidad necesita de una nueva forma de trabajo, en el que será necesario conceptualizar una serie de formalidades y protocolos de trabajo “difíciles de poner en marcha a nivel de organización” y emplear instrumentos computacionales de soporte para la comunicación, por ejemplo: uso de servidor central, en este enfoque se presentan los siguientes desafíos:

- La labor de los especialistas en un igual software y la existencia de reglas de trabajo.
- La expertise, capacidades, habilidades y destreza de cada empresa que interviene en el proyecto debería de ser parecido. Una baja producción de alguno de ellos, puede perjudicar la productividad de la otra.
- La actualización del modelo es fundamental, aunque se sujetara de la etapa en que se encuentra el proyecto.

Enfoque distribuido: cada disciplina labora en su propio modelo, permutando información de estos y conformándolas al final del procedimiento para verificar problemas e incompatibilidades. Hay diversas mezclas de trabajo. Los desafíos de este enfoque son:

- Inconvenientes de los formatos: ¿son interoperables los diversos softwares que se emplean?
- Administración de los modelos “manejo de accesos, versiones, integración” los modelos requieren de gran destreza informática, de manera que el traspaso de estos, de una computadora a otra, puede conllevar a perder tiempo.

#### **2.2.4. Deficiencias de Diseño: Clasificación, Causas y su impacto durante la etapa de Construcción**

En proyectos de infraestructura, específicamente en edificaciones, gestionados y desarrollados a través del modelo tradicional de diseño, licitación y construcción, la documentación de diseño e ingeniería es preparada en la fase de diseño por “consultores, arquitectos y proyectistas” de ingeniería, estos agentes tienen un rol primordial en los proyectos de ingeniería, debido a que llevan las necesidades y demandas del cliente en dibujos de “planos y

especificaciones técnicas”. Esta documentación al incluir toda la información básica, para llevar a cabo la ejecución, sirven de fundamento a lo largo de la fase de licitación y luego se entregan a la empresa ejecutora del proyecto, como documentos oficiales para que se inicie la construcción.

En una coyuntura ideal, la documentación contractual del proyecto de edificación utópicamente debe estar integrada y precisa, sin mostrar ambivalencias, dobles sentidos, imprecisiones e indeterminaciones, pero desdichadamente esto es difícilmente hallado y muy constante la empresa contratista inicia la construcción mediante documentos incompletos, los cuales presentan incompatibilidades, errores, etc. Mientras más deficiente sea la documentación, requiere clarificaciones que deben ser contestadas por los consultores y diseñadores quienes elaboraron el expediente técnico, esto se da quizá tardíamente en la etapa de construcción. En darse este caso, es primordial que la información sea otorgada al contratista de forma eficiente y sin demoras, sino podría incidir en la productividad del desarrollo del proyecto.

Fundamentados en los estudios efectuados por Harvey en el año 2007, para la “consultoría internacional interface consulting”, comisionada de aclarar y dar arbitraje a los problemas y quejas entre el contratista y el cliente o propietario, hay diversas formas en que la documentación de “diseño e ingeniería” pueden incidir de forma negativa en el cumplimiento eficaz en costo y tiempo de proyectos de edificación. Varios de estos inconvenientes son comunes y perjudican a la empresa contratista. A continuación, se muestran los problemas más comunes:

- Planos de diseño e ingeniería que se presentan con un tiempo de retraso
- Documentación de licitación incompleto, inapropiados e incorrectos.
- Distintas contradicciones entre los “documentos contractuales de diseño” tales como planos, memoria descriptiva, especificaciones técnicas, metrados, presupuestos y cronogramas.
- Demasiados requerimientos u ordenes de pedido de información
- Asimismo, el tiempo de aguardo de los requerimientos de información y modificaciones en el diseño.

Nota: se debe comprender como “documentos de diseño” al grupo de documentos entre planos, metrados, presupuesto, cronograma y

especificaciones técnicas preparados en la fase de diseño antes de pasar a la etapa de licitación. En varios casos asimismo se llevará a cabo la utilización de las expresiones equivalentes a “documentos contractuales” o “documentos de diseño e ingeniería”

#### **2.2.4.1. Diseño de calidad y su relación con los documentos contractuales**

En el sector de la construcción, el cliente, consultores, diseñadores, contratistas, proveedores y otros subcontratistas, quienes componen el “proyecto de construcción” poseen todas las funciones primordiales para proporcionar un proyecto de construcción de calidad.

La palabra “calidad” en la construcción fue añadida para aludir y relacionarse a los procesos gestionados durante esta fase y a los resultados que se obtienen. Por consiguiente, para asegurar la calidad en la edificación no solo se tiene que asegurar los resultados entregables, sino a los procedimientos que conllevaron a la ejecución de dicho producto.

“Takenake”, la organización más remota de Japón, exitosa y ganadora de “premio Deming de la calidad” el cual es el galardón más renombrado que una empresa puede lograr, resalta que la calidad en un proyecto se obtiene desarrollándolo en las dos etapas de diseño y construcción. Siguiendo su razonamiento, se podría deducir que, para manejar correctamente el procedimiento de calidad en la ejecución, la particularidad en las etapas antecesoras debe haber sido validada a través de un “diseño de calidad”.

Para dar firmeza a un “diseño de calidad” se debe centrar en dos dimensiones principales como la etapa de diseño y en el resultado del diseño. La originaria está vinculada a la correcta aplicación de la cognosis o “conocimiento”, para trazar y proyectar el diseño y la ingeniería del proyecto alcanzando óptimos resultados y la segunda se encuadra en aquellos documentos en donde se manifiestan estos impactos como “planos y especificaciones técnicas”.

A partir de la perspectiva de una empresa dedicada al rubro de la construcción, la fase de diseño está vinculada a documentos preparados en esta fase, es decir con el “producto de diseño” debido a que estos son los que conllevarán a un procedimiento de ejecución de la realidad. En efecto, la calidad en la

documentación de consultoría (diseño) e ingeniería puede ser conceptualizada como:

No obstante, es normalmente durante esta fase de construcción de los proyectos, donde se descubren imperfecciones en la documentación contractual de diseño (Alarcón y Mardone, 1998), los cuales subsiguientemente originan en varios casos los similares problemas de "calidad en la construcción".

Para que los "documentos de diseño e ingeniería" sean de particularidad Mc George en 1998, manifestó que "un buen diseño será efectivo si es contribuible con la mejor economía y seguridad posible".

Para esto, expresó varios factores que determinó el grado de calidad de la documentación contractual de conceptualización, diseño e ingeniería.

1. La exactitud que sea administrada cuando es necesitada a fin de prevenir atrasos.
2. La precisión: expedito de defectos, problemas e interferencias.
3. La totalidad: que contengan toda la información necesaria
4. La organización: que la información sea organizada con las otras especialidades del proyecto.
5. La aprobación: que contengan los requerimientos según las "necesidades del cliente", concreten con las normas y estándares básicos para un buen ejercicio y desempeño.

#### **2.2.4.2. Deficiencias en los Documentos Contractuales de Diseño**

Como se vio anteriormente, las deficiencias en los documentos contractuales de diseño están asociadas principalmente a la falta de calidad de los productos finales de la etapa de diseño, es decir en los planos y especificaciones técnicas.

En un estudio enfocado en cómo mejorar el diseño para asegurar la calidad de los documentos contractuales, conducido por la Universidad de Purdue por encargo del US Army Corps of Engineers (Luitz, Hancher, y East, 1990), reportó que "aproximadamente la mitad de todas las modificaciones del contrato de construcción pueden ser atribuidas a las deficiencias de diseño". El estudio define deficiencia de diseño como "alguna deficiencia en los planos o



especificaciones". El reporte resumió las deficiencias de diseño más comunes y los clasificó en tres tipos:

1. Conflictos o discrepancias entre los planos y especificaciones de los documentos contractuales.
2. Errores y conflictos de coordinación interdisciplinaria,
3. La falta de constructibilidad.

A continuación, se tratarán en más puntualización cada uno de estos inconvenientes de diseño:

#### **2.2.4.2.1. Incompatibilidades, conflictos o discrepancias en los documentos contractuales**

La palabra "incompatibilidad", es una expresión muy utilizada en el sector de la construcción para señalar a la interferencia de cierta información facilitada por los documentos de diseño e ingeniería, cuando esta información contiene errores, fallas, inconsistencias, obstrucciones y omisiones.

Para reconocer estas obstrucciones se necesita de una minuciosa revisión de los documentos contractuales de diseño e ingeniería (design review), con el objetivo de corroborar que los detalles e indicaciones que figuran en ellos concuerden entre sí Este proceso de, revisión e identificación de incompatibilidades entre los documentos de diseño se le conoce como "compatibilización", otro de los términos muy usados en la industria de la construcción. Tradicionalmente, este proceso de compatibilización consiste básicamente en la superposición de los planos 2D por especialidades, en la que se busca garantizar que estos tengan la información necesaria con coherencia, consistencia y no tengan ambigüedades.

Como lo comprobaremos más adelante, de todas las deficiencias en los documentos de diseño, las incompatibilidades son los problemas de calidad de mayor incidencia en los planos de los proyectos de construcción. Para ilustrar mejor cómo es que se presentan incompatibilidades entre los planos del proyecto, se mostrarán algunos ejemplos.

Primer ejemplo: en la siguiente figura se visualiza la vista 3D de una losa en voladizo, que el plano del arquitecto estaba destinado para servicios higiénicos, la cual ha sido excluida por el proyectista estructural, como se puede observar en la imagen de más abajo esta incompatibilidad se produjo por la omisión de coordinación entre distintas disciplinas.

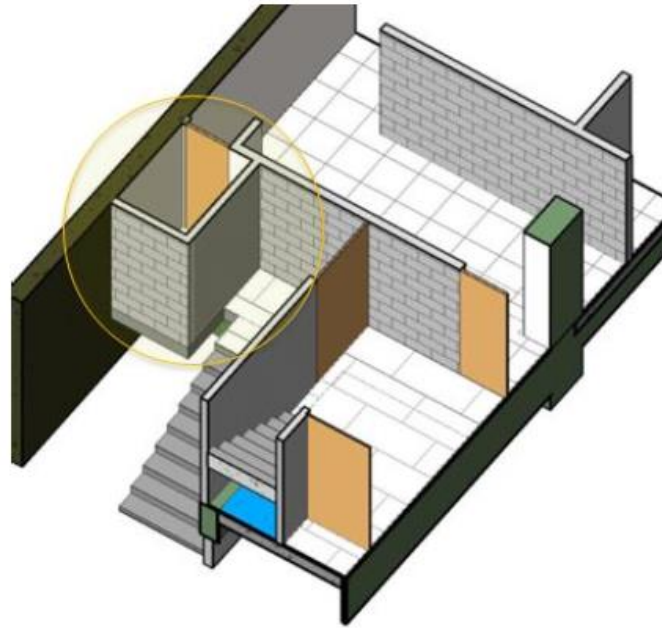


Figura 26 :Vista3D de la losa omitida por incompatibilidad entre planos

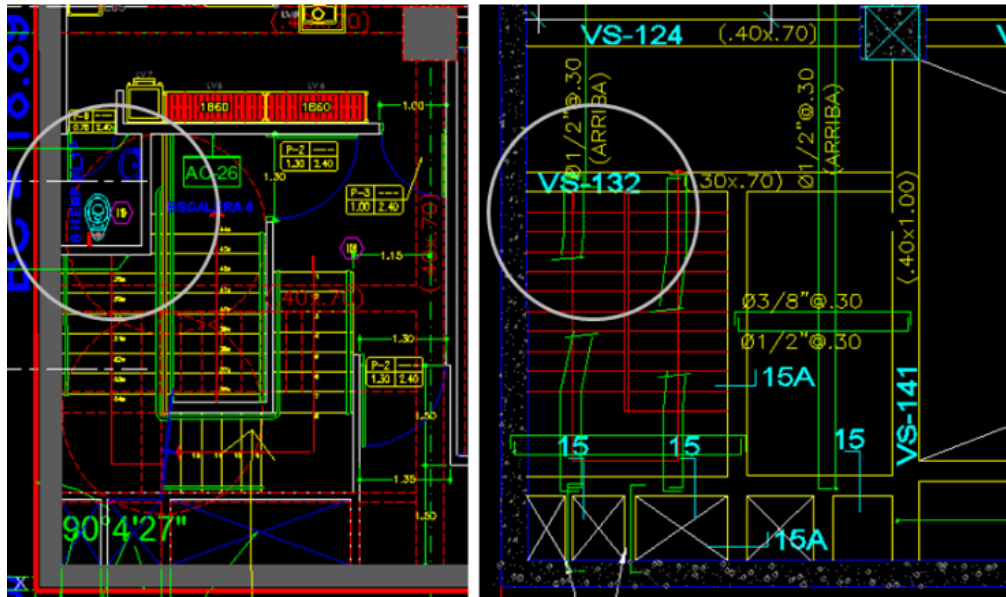


Figura 27 : (Izquierda) Losa del SS.HH. Según el plano de arquitectura. (Derecha) Omisión de la Losa en el plano de estructuras

Segundo Ejemplo: Como se visualiza en la siguiente figura en los diversos niveles existe un dueto para la sustracción de aire y ubicación de montantes de instalaciones, dibujado y modelado según documentación hallada en los “planos de arquitectura”; no obstante, como se observa en la imagen de líneas más abajo, en los planos de estructuras no se han tomado en consideración estas aberturas básicas en las losas.

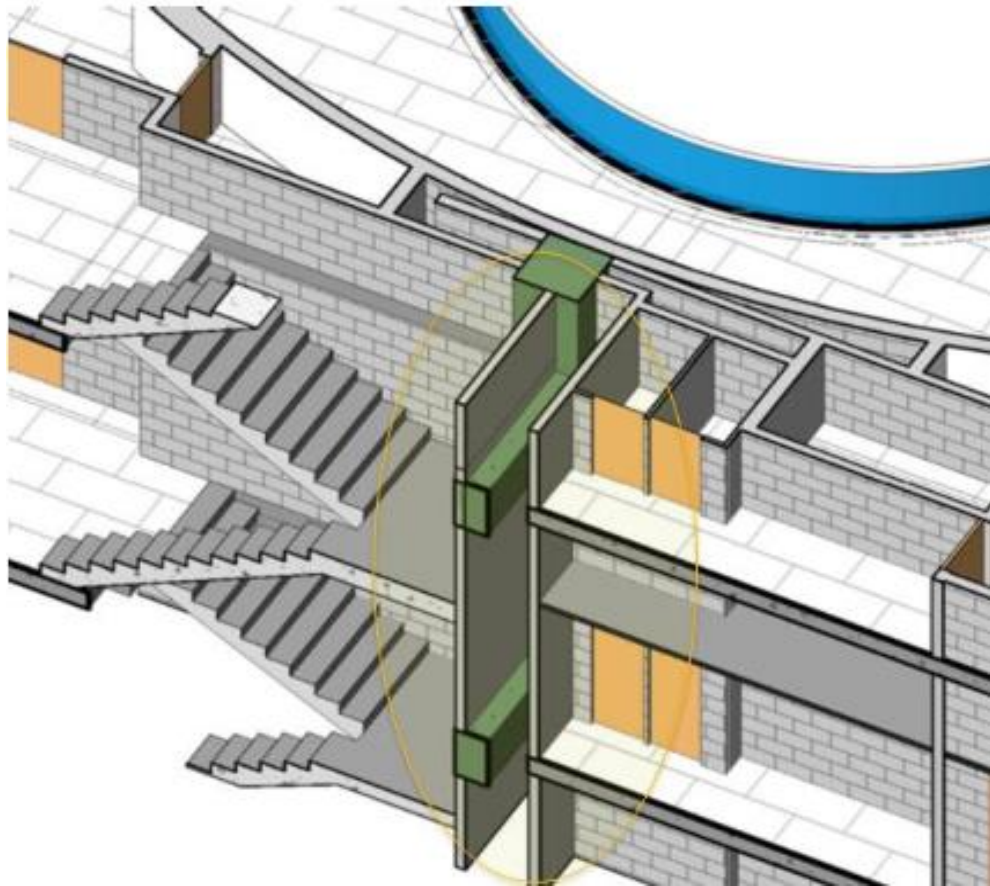


Figura 28 : Vista 3D de la losa omitida por incompatibilidad entre los planos



Figura 29 :(Izquierda) Dueto según el plano de arquitectura. (Derecha) Omisión del dueto en los planos de estructuras

Como “incompatibilidades, omisiones, errores, ambigüedades” en la documentación de diseño e ingeniería, se puede asimismo involucrar en esta jerarquía. En varios casos, pese a que la conceptualización, diseño e ingeniería se ha terminado, hay deficiencias e imperfecciones en los planos que necesitan de información complementaria o modificaciones con el objetivo que la empresa contratista pueda llevar a cabo para la edificación.

Mediante el procedimiento de verificación de los documentos de diseño e ingeniería, es decir la compatibilidad, varias de estas deficiencias, carencias y desperfecciones se descubren a tiempo, en la fase de diseño y en etapas adelantadas de la ejecución del proyecto, a pesar de ello, esto no se da constantemente. En otros casos, estas incompatibilidades se hallan luego, ya en la fase de construcción y lamentablemente se da solución a los problemas que pueden suspender el proceso constructivo. Esto es una situación de regresión en la obra ya que se producirán retrabajos, generando costos y tiempos adicionales.

#### **2.2.4.2.2. Interferencias o errores de coordinación interdisciplinaria**

Las incompatibilidades son problemas que se deben a una desacertada representación gráfica en los planos, en el momento en que el detalle del elemento no se vincula con lo mencionado en los otros planos. Ejemplo en caso de que una viga aparece con un ancho diferente en el plano de planta y si lo relacionamos con el plano de corte, elevación o detalle de la misma viga. Cuando ya en obra, se halla este error de diseño, causará cierta incertidumbre durante la ejecución de tal actividad ya sea de encofrado o colocación de acero, mientras que los trabajadores no tendrán idea de que plano es válido para continuar con las actividades típicas de obra. Asimismo, estas observaciones requieren de una duración para ser atendida, debido a que debe ser solucionada de modo formal entre el contratista y el equipo de supervisión, de modo que la supervisión se encarga básicamente de hacer cumplir al pie de la letra todo lo que está en el expediente técnico, exigiendo calidad a la empresa contratista. Los constructores consultan a los consultores las observaciones dadas para que se levanten y modifiquen y aprueben los planos. El tiempo de espera se convertirá en obra en un tiempo de escasa producción (TNP) para los trabajadores si no se les asigna una labor, generará pérdidas que resten su productividad. O también pueden generar tiempos no contributivos (TNC), si los trabajadores ejecutan labores complementarias que no formen parte de lo programado para tal día. Las interferencias halladas se deben a la poca integración, coordinación y gestión entre las especialidades del proyecto.

Las interferencias dadas en los “planos de diseño”, del mismo modo pueden ser halladas y subsanadas en un proceso llamado “compatibilización”, a pesar de lo cual a diferencia de las “incompatibilidades”, las interferencias son más complicadas de encontrar, debido a que los procedimientos convencionales de compatibilización se dan a través de la superposición de los planos en planta de 2D, sin considerar los planos de elevación o corte a causa de que en la mayoría de las circunstancias, los consultores de instalaciones no producen estos planos. En consecuencia, las incompatibilidades son comúnmente halladas y solucionadas en obra

a través de fichas de observaciones, las cuales deben ser subsanadas mediante ordenes de cambio o reactividades que influyen sobre los plazos y costos del proyecto en sí.

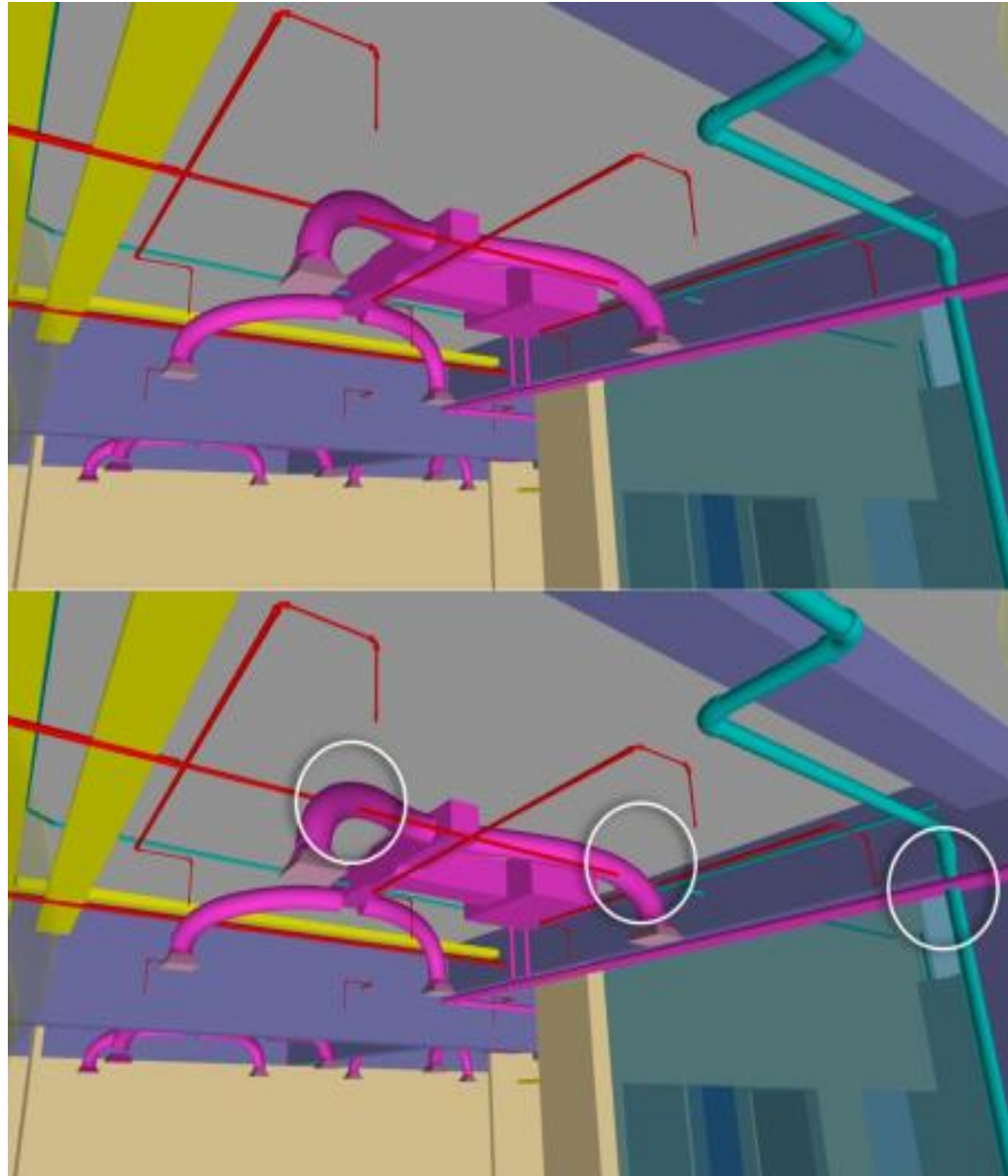


Figura 30 :(Arriba) Vista desde el interior de un modelo 3D de instalaciones. (Abajo) La misma vista con las interferencias identificadas

Las imágenes que se muestran a continuación dan a conocer casos de obstrucciones halladas en obra, cuando antes de su colocación, no habían sido determinados en los planos de proyecto. La figura de

líneas abajo muestra una obstrucción entre las instalaciones de agua contra incendio y los ductos de sustracción de monóxido o HVAC, en esta circunstancia las tuberías de agua contra incendio impiden la correcta colocación de los accesorios indispensables para empalmar los ductos del sistema HVAC.



Figura 31 : Interferencia entre tuberías de agua contra incendio con ductos de extracción de monóxido.



Figura 32 : Caso de interferencia entre una tubería y la estructura



En la figura de abajo se observa un claro acontecimiento de obstrucciones entre la estructura y la tubería, la cual ha sido solucionada sin estimar la efectividad de la operación de los ductos y utilización de materiales, en el momento en que lo preferible es que las tuberías sean aquellas que deberían bordear al ducto. Este peculiar problema, como el expuesto en la figura anterior, no solo se debe a la falta de entendimiento y conformidad de los planos de las dos especialidades, sino también evidencia la escasa planificación y control en obra para fijar las preferencias de ingreso de “las cuadrillas de instalaciones”, ya que en los dos casos las cuadrillas del sistema de agua contra incendios entraron antes que los sistemas HVAC, estando estos últimos los más perjudicados.



Figura 33 : Interferencia entre un ducto y una tubería

El usual denominador de los inconvenientes expuestos en las imágenes anteriores es que en ambos probablemente existió una pretensión por conjugar los planos en planta, no obstante, como se pudo evaluar, estos problemas suceden en la mayoría de los casos en los itinerarios y recorridos en “elevación de las instalaciones”.

Para determinar peculiarmente el problema de las incompatibilidades y obstrucciones entre la estructura del edificio y demás sistemas, fundamentalmente aquellas que tengan tuberías, varias veces se

ejecutan perforaciones de diamantina a las “vigas de concreto armado”. Esto se suscita al momento en que no se ha considerado la precaución de dejar el salvoconducto necesario antes del “elemento estructural”. En varios casos la ejecución de estas perforaciones, como se puede estimar y evaluar en la imagen es en absoluto razonable, al momento en que se disponen de restricciones de “claro o altura libre”, pero resoluciones como estos no son los más acertados, debido a que reducen la capacidad de las vigas de concreto armado. De tal modo que es más deseable que a lo largo del desarrollo del diseño se armonicen y relacionen las diversas alternativas con las “trayectorias y recorridos” de las instalaciones y amoldarlas a la geometría de la estructura de la edificación para impedir ejecutar en obra perforaciones de modo no planeado, asimismo se debe considera que esto simboliza un precio adicional que por lo general no está estipulado en el presupuesto actual del expediente técnico del proyecto.

todas las resoluciones que se puedan entregar con el objeto de impedir estas perforaciones, deben de darse en la fase de diseño de forma coordinada con todos los diseñadores y consultores implicados. Esto ayudara para predecir la colocación de pases mucho antes de efectuar la colocación de concreto en la estructura o planteando procesos constructivos opcionales.



Figura 34 : Pases en vigas mediante perforaciones diamantinas

#### **2.2.4.2.3. La falta de constructibilidad de los diseños**

El instituto de la industria de la construcción (CII) conceptualiza la constructibilidad como "el óptimo uso del conocimiento y experiencia en construcción para ser aplicadas al planeamiento, diseño, y operaciones de campo para que se logren todos los objetivos del proyecto".

Un concepto de "constructibilidad" más clara y singular al diseño, sería la obtención del conocimiento y la expertise para proponer alternativas de solución de diseño que faciliten ejecutar e instalar algún elemento de la edificación de la manera más eficaz y firme posible, a través de una utilización correcta de los recursos, facilitando en varios casos concretizar a un bajo costo. Esto supone traer la información, documentación y conocimiento de la ejecución antes de implementar la ingeniería de detalle y también los diseños, porque deben ser acorde con los procedimientos de construcción a subseguir durante esa fase. Cuando esto no es alcanzable, será necesaria efectuar revisiones de constructibilidad en los diseños y su respectiva documentación.

Las verificaciones de constructibilidad son básicas, pues conceden evaluar de qué modo algún elemento de la edificación será ejecutado. Esto es básico para

propósitos de planificación, debido a que de ello dependerá la cuantía de recursos como “equipos, maquinarias, herramientas y mano de obra” a utilizar para concretarla, aparte de la elección de las fases constructivas más correctas y adecuadas.

Conveniente a su naturaleza, la constructibilidad debe ser formulada por profesionales especialistas, dedicados a la construcción que tengan una buena expertise de labor en obra, asimismo el necesario conocimiento para proponer alternativas de solución y optimizar los diseños, buscando potenciar la utilización de recursos sin dejar de lado temas de calidad y seguridad.

De acuerdo con Atareen y Mardones en 1998, una fundamental cantidad de las dificultades halladas en la fase de la construcción, se debe a la carencia de “constructibilidad de diseños”, asimismo las características no establecidas en los diseños, son inconvenientes que la empresa contratista debe solucionar en campo y frecuentemente las dificultades son halladas justo antes de dar inicio a la construcción de una actividad específica, y en varios casos, después que la actividad ha sido culminada. “los resultados” debido a la carencia de constructibilidad de los diseños, son los incrementos, en diferentes clases y escalas, de los precios necesarios para efectuar los trabajos, alterando su tiempo de entrega.

La escasa o rara participación de especialistas profesionales de la construcción en la fase de diseño, como se da con la intervención del modelo de diseño, licitación y construcción, conlleva consigo la documentación de diseño a pesar de que en la fase de la construcción sin una correcta verificación de constructibilidad, derivando que los mismos no simbolizan la opción constructivamente más ahorrativa y certera de construirla, pudiendo ser real otras que faciliten ejecutarla de un modo más eficaz, certera y económica, dedicando para ello varios recursos tales como: materiales, equipos y herramientas, y que contengan la exacta función para lo cual fue diseñada inicialmente.

En el artículo “Constructibilidad en Pequeños Proyectos Inmobiliarios”, sustentado por Orihuela en el año 2003, da a conocer modelos que ponen en duda el modo en que muchas veces se le da a la empresa contratista los “planos de diseño e ingeniería”, con nulas o deficientes consideraciones de construcción, pues estos no han sido realizados contemplando “los procesos constructivos y logística de abastecimiento” para materializar o ejecutar el

diseño. Por mencionar alguno de sus ejemplos, particularmente es usual que los proyectistas estructurales no consideren los procesos operativos que se utilizarán en obra y "muchas veces se pueden encontrar planos originales en los que se especifica un aligerado típico y sin embargo la obra se está construyendo con viguetas prefabricadas; o también en los planos originales figura el cálculo con refuerzo convencional pero en la obra se usan soluciones equivalentes como mallas o columnas electrosoldadas".

Otro de los importantes motivos que demuestran la falta de constructibilidad en los proyectos, es por el incumplimiento de los requisitos funcionales de la edificación, refiriéndonos a edificaciones típicas como: edificios de oficina, residenciales, comerciales, industriales, etc. un ejemplo de un grave defecto en un diseño en un edificio típico es un techo que presenta filtraciones por acumulación de agua de lluvia en techos, terrazas o superficies expuestas a la lluvia. Mientras que un diseño puede ser estéticamente atractivo, si existen filtraciones es inútil. El propósito principal de los techos en las casas y edificios es proteger la estructura de la intemperie y sobre todo de la lluvia. Si se presentan filtraciones deja de ser adecuado para los fines previstos y representa una grave falla de diseño.

#### **2.2.4.3. Indicador para medir el nivel de Calidad de los documentos contractuales**

"Tilley y Barton en 1997" sugieren en su investigación lo siguiente: que los procedimientos de consulta formal llevados a cabo a través de la emisión de Solicitudes de información o information requests (RFI) pueden proveer indicadores necesarios para medir la calidad en los documentos de diseño, concluyendo al final que son uno de los óptimos indicadores de grado de calidad en los documentos de diseño e ingeniería, o grado de deficiencia y error de los mismos.

"Las Solicitudes de Información" (SI) o RFI por sus siglas en inglés (Request For Information) son documentos estándar que forman parte del Procedimiento de Control de Calidad de una empresa contratista, y se utiliza en la industria de la construcción cuando es necesario la interpretación de un detalle y ampliación de notas en los planos de construcción, alguna especificación técnica o para solicitar aclaraciones al cliente o la supervisión de alguna

observación que impidan el normal desarrollo de las actividades, como ocurre por ejemplo con las incompatibilidades y errores encontrados entre los planos de los proyectistas.

En la mayoría de los proyectos, cuando la ingeniería está completada y la construcción empieza, el número de las RFI emitidas es el más alto. Puede haber cuestiones menores o problemas posteriores en el proyecto que requieren una aclaración, pero el número de RFI disminuye a medida que avanza el proyecto. Al comienzo del proyecto, la contratista en muchos casos tiene la oportunidad de superar estos problemas y los cambios sin impactar significativamente en la construcción. Sin embargo, a medida que el proyecto continuo, la contratista tiene menos tiempo para superar estos cambios. En proyectos de construcción cuyo diseño/ingeniería se encuentran incompletos o son deficientes, la contratista a menudo emite las RFI con observaciones que están pendientes por definir y determinar el camino a seguir.

Los procesos de emisión de Solicitudes de Información (RFI process), tienen como función principal la de solicitar formalmente información adicional o aclaraciones a la información existente con relación al proyecto, y es un proceso muy común en la industria de la construcción. Sin embargo, este proceso es altamente ineficiente debido al poco valor que genera en la elaboración de los mismos y al tiempo de espera requerido para obtener la información necesaria. (Tilley y Barton, 1997)

Por lo tanto, la revisión de estas consultas (RFI) pueden proporcionar información valiosa sobre la naturaleza de los problemas de diseño, así como de las fuentes responsables. Y además los análisis de los procesos de emisión de estas RFI, su contenido y el tiempo de espera proveen el mejor indicador de la calidad de los documentos de diseño e ingeniería en cualquier proyecto de construcción.

#### **2.2.4.4. Estudio: Clasificación de las deficiencias en los documentos Contractuales**

##### **2.2.4.4.1. Antecedentes**

Es habitual que a lo largo de la construcción se reconozcan errores y omisiones en la documentación de diseño del proyecto, lo cual son informados al cliente o a la gerencia general de la empresa a través

de las llamadas solicitudes de información “RFI”, mediante estos documentos se busca como principal objetivo canalizar todas las consultas hacia los proyectistas y consultores, quienes, según la clase de observación, analizarán dichas dudas y emitirán sus soluciones y respuestas, lo cual se interpreta en tiempo de espera para el contratista, es decir es una latencia o retardos temporales debido a que las consultas son informadas en primer lugar desde obra hacia la oficina técnica de la contrata, en esta área son los indicados para registrarla, analizarla y se procede a iniciar el proceso foral para darle alternativas de solución y elegir la más conveniente y oportuna. Dependiendo a su dificultad y “complejidad” el equipo de supervisión, quienes son los encargados de velar por el fiel cumplimiento del contenido del expediente técnico en obra, paraliza la ejecución de las actividades de ser conveniente, en tanto que coordinan con los especialistas responsables del proyecto sobre los cambios que se necesitan con el objeto de tomar en cuenta los criterios y datos técnicos, luego en el momento en que se ha alcanzado una alternativa de solución que aclare la dificultad surgida en obra, los especialistas darán cuenta al cliente o a la gerencia general sobre la solución, en casos de obras ejecutadas por entidades de gobierno, la máxima autoridad será la encargada de ordenar a la supervisión continuar con el desarrollo de las actividades que se han paralizado, remitiendo para ello los documentos modificados tales como planos de diseño, especificaciones técnicas, metrados y presupuestos. todo esto origina un flujo de procedimientos que se deben realizar para tomar las mejores decisiones técnicas y constructivas.

Con el objetivo de utilizar estadísticas actuales, recientes y sobre todo que estén ajustadas a la realidad, se efectuó un estudio para categorizar las imperfecciones halladas en la “documentación de diseño e ingeniería a lo largo de la construcción cinco proyectos de edificaciones en la ciudad de Lima”.

#### **2.2.4.5. Muestra de estudio**

Para este estudio se han escudriñado y analizado a profundidad las solicitudes de Información o RFI generadas a lo largo de toda la etapa de construcción de cinco proyectos de edificaciones de clientes privados y con modelo de

contratación y desarrollo del proyecto diseño/licitación/construcción. Estos paquetes de RFI contienen las consultas que se emiten y responden por la vía formal entre la contratista y el cliente o su representante (la gerencia).

La cantidad total de solicitadas de información (RFI) encontradas en los cinco proyectos de edificaciones fue de 1406. Dentro de ellas se contabilizó un total de 2104 observaciones, ya que en muchos casos una RFI contenía más de una observación. Como resultado se obtuvo la gráfica de la Figura que subsigue en el sub título siguiente, en el cual se estima que el mayor porcentaje de consultas emitidas hacia el Cliente o la Gerencia general son mediante las Solicitudes de Información (RFI) y están vinculadas a "Deficiencias en los documentos de diseño/ingeniería".

#### **2.2.4.5.1. Presentación y análisis de los resultados del estudio**

La imagen anterior da a conocer que, de la totalidad de consultas realizadas, las de mayor constancia y regularidad están vinculadas a las "deficiencias en los documentos de diseño e ingeniería" mediante un 67.11% de incidencia. Esta proporción alta de deficiencias con errores u omisiones, que se desmiembran en el gráfico de la siguiente imagen, es un buen indicativo de los tiempos que particularmente dedica una empresa contratista en la verificación de la documentación de diseño e ingeniería del proyecto, asimismo el empeño que invierte en tratar de solucionar las imperfecciones halladas en planos y especificaciones técnicas correspondiente a una incorrecta representación gráfica, a los escasos detalles, incompatibilidades o una ineficaz integración entre los planos de todas las especialidades.

A continuación, en la siguiente imagen se da a conocer el resultado desglosado por cada proyecto y en los cinco proyectos analizados.





Figura 35 : Clasificación de Solicitudes de Información (RF/) por proyecto y por tipo de consulta

Se observa también que en segundo lugar se hallan las consultas emitidas con fines de aprobación y/o enviadas como sugerencia de cambio. Para este caso, las consultas no son propiamente observaciones a los documentos de diseño debido a sus deficiencias, sino que en su mayoría son propuestas alternativas de cambio a ciertos procedimientos o materiales indicados en el proyecto con el fin de generar valor al cliente o para facilitar ciertos procesos constructivos, que permitan proteger el plazo y el costo de construcción. Las alternativas o propuestas de cambio planteadas por la contratista, se dan a través de revisiones y análisis de constructibilidad. Estas consultas están relacionadas a la nula participación de la Contratista en la etapa de diseño del proyecto. En esta categoría, el resto de consultas son para fines de aprobación, en la que se envían ciertos planos compatibilizados, planos modificados en obra después de la construcción, planos actualizados proporcionados por subcontratas y proveedores, y muestras y/o especificaciones técnicas de materiales provista por los proveedores.

La subsiguiente condición o categoría, con repercusión de 12.62%, corresponde a las observaciones remitidas y enviadas solo para corroboración y comprobación, en otras palabras, que están propiamente mencionadas en la documentación contractual, "siendo su fundamental propósito la de aclarar y desbrozar las dudas". Conforme a la segunda fracción del estudio, se ha examinado exclusivamente el modelo de errores en la conceptualización del diseño del proyecto equivalente al 67.11% del "total de consultas", elaborando una clasificación de Pareto con el objetivo de hallar las imperfecciones en la documentación de diseño de mayor influencia y las más constantes por cada disciplina, las cuales han sido conformadas en 12 jerarquías. Dentro de tres grandes disciplinas de arquitectura, estructuras e instalaciones, cabe mencionar que en el conjunto de interrogantes acerca de las instalaciones. Se ha contemplado a distintas subdisciplinas o procedimientos, que, dependiendo del tipo de proyecto, se consideran: "sistema de agua y desagüe, sistema eléctrico, agua contra incendios, sistema de automatización, sistema de calefacción, aire acondicionado y ventilación, cableado, estructurado, seguridad, intrusión y control de accesos, circuito cerrado de tv" los efectos se muestran en la siguiente imagen:

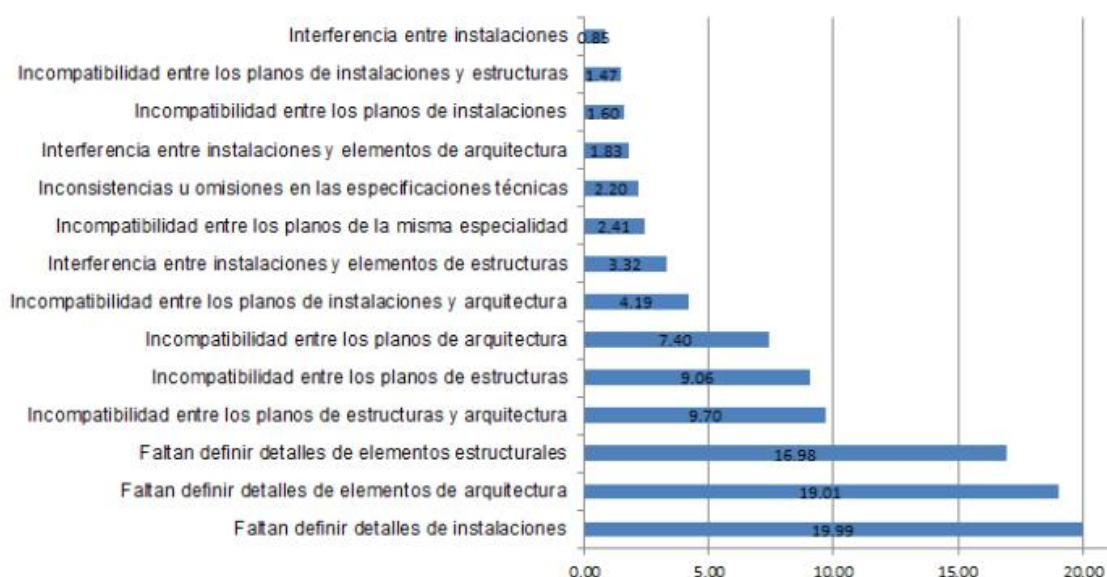


Figura 36 : Clasificación de deficiencias por especialidades

De la misma manera que se puede estimar en esta categorización, dentro de la primordial imperfección en el diseño se halló: falta de detalles en los planos de instalaciones, arquitectura y de estructuras, la incompatibilidad entre los planos de estructuras y arquitectura, y la incompatibilidad entre los planos de estructuras. Esto da a conocer que los planos llegan a obra sin estar compatibilizados y que los errores y defectos son hallados durante la fase de ejecución y/o construcción del proyecto de construcción.

En edificaciones de varios niveles, las instalaciones están conformadas por varias especialidades y en cada uno intervienen distintos proyectistas encargados del diseño e ingeniería y en campo varias cuadrillas encargadas del montaje e instalación. Esto genera una mayor variabilidad en obra y una mayor probabilidad de que se presenten cruces e interferencias entre las distintas instalaciones. Para paliar esta medida la Contratista se encarga de la compatibilización del proyecto y su integración con los planos de arquitectura y estructuras.

El proceso de compatibilización se realiza en los planos en planta direccionamiento 2D, pero esto no asegura la optimización del proyecto, ya que hay gran cantidad de información y detalles que se pierden en elevación y a medida que existan más instalaciones los cruces entre éstas con otros elementos de arquitectura y estructura se hacen más complejos. La siguiente figura, nos da una idea de lo

complejos que pueden ser los proyectos si juntamos toda esa información.



Figura 37 : Complejos recorridos de las instalaciones ubicadas encima del FCR

Es por ello que, en la clasificación de Pareto, mostrada en la Figura mostrada, el porcentaje de "interferencias entre instalaciones" es el menor de todas las observaciones identificadas en los planos, esto es porque son muy pocas las veces en que se identifican estas interferencias entre los planos de instalaciones utilizando métodos tradicionales de compatibilización, como la superposición de planos 2D.

#### **2.2.4.5.2. Calidad de los proyectos con BIM**

En proyectos de edificaciones civiles típicos del Perú, la calidad de los documentos de diseño e ingeniería provistos por los clientes a la contratista general son deficientes e insuficientes y corresponden a una práctica generalizada que responde a una cuestión cultural en el manejo de proyectos sumada a la mayor afinidad por la adopción del "Sistema de entrega de proyectos de diseño /licitación/ construcción" Sin embargo, estos problemas también se han venido presentado a nivel mundial, estudios realizados en países como Chile,

Australia, Arabia Saudita, inclusive en Japón, así lo demuestran. Por lo que resulta necesario enfocar los esfuerzos en el diseño·reemplazar los procesos tradicionales de gestión y elaboración del diseño y sus documentos.

#### **2.2.4.6. Motivos de las Deficiencias en los documentos Contractuales**

##### **2.2.4.6.1. El procedimiento diseño/licitación/construcción**

El método tradicional y muy conocido de diseño, licitación y construcción para la ejecución de proyectos y muchas veces hay diferencias abismales entre la fase de diseño y construcción. La fase de diseño contempla lo siguiente: que el propietario contrata a un arquitecto, este se encargara de la producción de un diseño conceptual. Este esquema inicial es transmitido a los ingenieros mecánicos, eléctricos, ingenieros estructurales e ingenieros MEP. Todos los diseños servirán para la elaboración de la documentación del proyecto, de acuerdo a las necesidades del cliente, en donde también se definirán los estándares de calidad y aspectos constructivos. La fase de oferta o licitación, puede ser abierta en el que se presentaran distintos postores, la entidad deberá seleccionar la mejor oferta, luego se procede a la firma del contrato en donde se estipulan todos los requerimientos necesarios para el cumplimiento de las metas del expediente técnico. El contratista decide la fecha del inicio de la ejecución de la obra y lo ideal es que se cumpla de acuerdo al cronograma y presupuesto referido en el expediente técnico inicial.



Figura 38 : Etapas del modelo Diseño/Licitación/Construcción

Sin embargo, en este método tradicional de “diseño, licitación y construcción”, las incidencias e interferencias producidas por la admisión del modelo mencionado, son muy controversiales. Los esenciales inconvenientes hallados en este proceso convencional son: la escasa interrelación entre ambas fases, la limitada interacción entre los agentes especialistas del proyecto, quizá por la ausencia de liderazgo. La persona que asume el liderazgo en un equipo BIM, es el que integra holísticamente todo el proyecto.

#### 2.2.4.6.2. Fase de Licitación con documentación de diseño inacabada

Para acelerar la entrega de sus proyectos, son los mismos clientes quienes aceleran el desarrollo de las etapas del proyecto. Esto implica que el proceso de licitación, que encargará a una empresa constructora la ejecución del proyecto, sea realizado cuando los documentos de diseño e ingeniería están parcialmente elaborados e incompletos con ello las contratistas postores de la licitación elaboran un presupuesto de construcción que muchas veces es muy inferior si se compara con el presupuesto real valorizado al final del proyecto, participando en la licitación con una cifra referencial y asumiendo los riesgos de la construcción del proyecto. Por consiguiente, la contratista seleccionada (o mejor postor) recibe los documentos oficiales para la construcción que aún están incompletos

y deficientes, pues con la celeridad con la que se desarrolló el diseño no se enfocaron esfuerzos por tratar de integrarlos y compatibilizarlos debidamente.

A raíz de ello, los problemas derivados por la celeridad de los procesos de sus etapas, estos Conllevan a que se presenten problemas durante la etapa de construcción, donde pueden representar grandes pérdidas de tiempo y dinero.

#### 2.2.4.7. Incidencia e impacto de las imperfecciones de diseño en la fase de construcción

Para sostener claramente la dimensión de la incidencia del diseño en la fase de construcción de un proyecto, se tendría que revisar las conclusiones a las que llegaron distintos investigadores. Conforme a un estudio realizado en países de Latinoamérica, aproximadamente de 20 al 25% de horas en relación al periodo total de la construcción son gastadas en corregir los errores de diseño según Undurraga en 1996. Un diferente estudio, manifiesta que el 78% de los inconvenientes de calidad en el sector de la arquitectura, ingeniería y construcción están vinculados necesariamente a diseño (Koskela, 1992). Aparte un estudio efectuado en Sao Paulo, Brasil, ha reconocido ocho causas extraordinarias de despilfarros en obras, siendo el de mayor influencia la realización de proyectos no potenciados y no optimizados, “siendo responsable del 6% de los desperdicios” (Flavio Picchi, 1993)

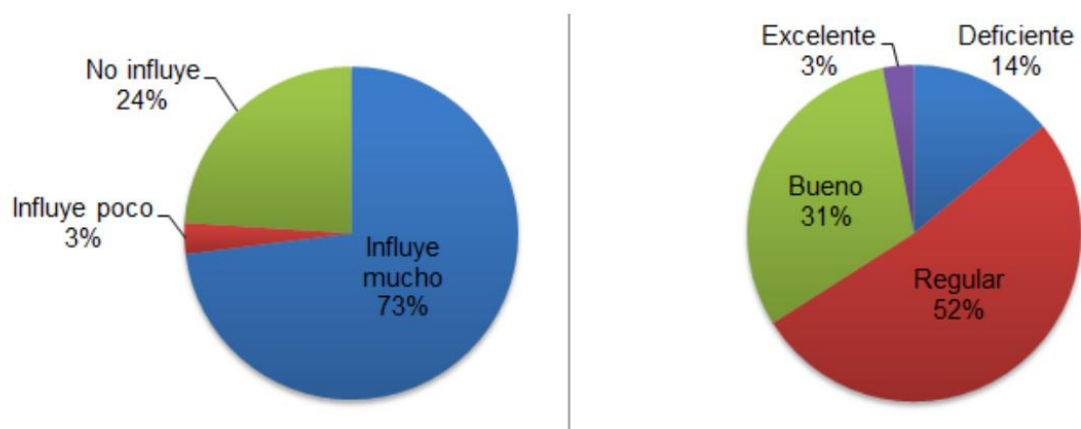


Figura 39 :(Izquierda) Incidencia del diseño en la productividad en la construcción. (Derecha) Grado de eficiencia del diseño en los proyectos

Basándonos en estudios novedosos y nuevos más actuales y encuadrados a la realidad nacional, según Vásquez, 2005, efectuó diálogos con ingenieros residentes, asimismo con maestros de obra que trabajaban en “65 proyectos de edificación de viviendas”, en la Región Lima, cuyos efectos se dan a conocer en la siguiente imagen y en la que se determinó que el 73% de los entrevistados, conciben que el diseño posee una gran incidencia en el rendimiento y productividad en obra y también que el 66% de los ingenieros residentes responsables, evalúan el “nivel de eficiencia de los proyectos” como de “regular a deficiente”.

Conforme a la verificación de la literatura y en fundamento a preguntas efectuadas a ingenieros, encargados de área y residentes, con extensa expertise en ejecución de proyectos de edificaciones, se ha podido reconocer que hay hasta cinco modos en las que las imperfecciones en la documentación de diseño e ingeniería, pueden influenciar de forma negativa durante la fase de la construcción, perjudicando fundamentalmente a la empresa contratista en los aspectos siguientes: “en la productividad de obra, en la calidad, en los costos, en los plazos, en las disputas y reclamos”, y se detallan a continuación:

#### **2.2.4.7.1. En el rendimiento, productividad y eficiencia de campo**

Cuando en campo se detecta un error en los planos, se genera incertidumbre durante la construcción de cierta actividad o proceso que se vea directamente afectado. Por ejemplo, si no están claras las dimensiones correctas de una viga producto de una incompatibilidad entre los planos, durante la colocación del encofrado o armado de acero los obreros no sabrán qué plano respetar para cumplir con la actividad según lo programado. Es cuando esta observación se convierte en consulta, el cual la contratista notifica a la gerencia por medio de una Solicitud de Información (RFI). Además, esta observación necesita de un tiempo para ser atendida, ya que debe ser resuelta por la vía formal contratista-supervisión mientras la gerencia realiza la consulta a los especialistas involucrados del proyecto y se generen nuevos planos, modificados y aprobados, y sean finalmente entregadas a la contratista para continuar con la tarea. Mientras se resuelva el defecto detectado en los planos de diseño/ingeniería, se generará en campo un tiempo de espera para los obreros, el cual puede convertirse en Tiempo Contributivo (TC) si no se les asigna de



inmediato otra tarea que suma a su productividad, o puede convertirse en Tiempo No Contributivo (TNC), si los obreros realizan actividades complementarias que no vean reflejado su esfuerzo en la producción programada para ese día. Como se vio, un problema minúsculo en los planos puede generar todo un flujo de actividades que se muestran resumidas en la siguiente figura que paralizan temporalmente el desarrollo de cierta actividad en obra, perjudicando principalmente a la contratista.

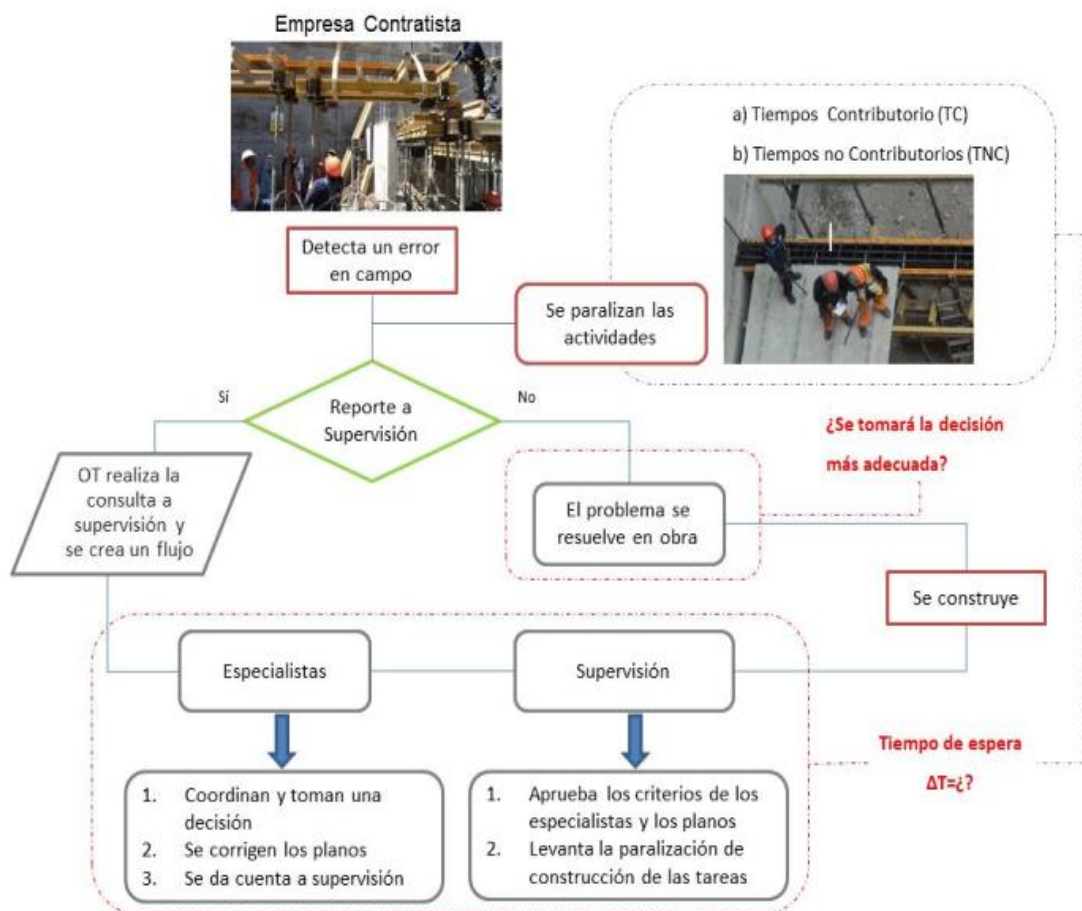


Figura 40 : Flujo de actividades que se sigue en campo cuando se detecta un error en los documentos de diseño

Por este motivo los planos que se remiten a obra deberían señalar intachablemente todos los “detalles, niveles, y dimensiones en cortes y elevación” de los elementos que serán “replanteados, instalados y/o construidos”, ameritando antes haber solucionado todas las obstrucciones e interferencias que alcancen estar presentes en los

planos de todas las disciplinas, debidas a una errónea conceptualización gráfica, exclusión de detalles y a la constitución con el resto de disciplinas.

#### **2.2.4.7.2. En la calidad**

En todo proyecto de construcción se designa a inspectores de calidad, quienes son los encargados de, entre otras cosas, garantizar el buen cumplimiento de las normas aplicables al proyecto y de generar observaciones cuando el desarrollo de cierto proceso u actividad no se esté cumpliendo con el mínimo de estándares exigidos por el expediente técnico para su adecuada funcionalidad u operatividad. Mediante recorridos de obra, los inspectores de calidad se encargan de generar fichas de Productos No Conforme (PNC), en las que identifican que al término de algún proceso se ha generado un producto que no cumple con los estándares de calidad y/o especificaciones establecidas por el cliente o la empresa.

Las deficiencias en los documentos de diseño tienen su impacto durante la etapa de construcción ya que estos se arrastran hasta generar Productos No Conforme. Los casos más notorios de PNC se dan en la colocación de instalaciones, ya que mediante inspecciones visuales de campo y siguiendo una serie de criterios ingenieriles, se pueden identificar casi inmediatamente ciertos problemas debido a su incorrecta colocación y montaje. Según el Sistema de Gestión de Calidad (SGC), que forma parte de la política global de una empresa de construcción o el plan de gestión de calidad específica para la obra, "un Producto No Conforme (PNC) no sirve para acusar, sino para mejorar". En ese sentido, mostraremos algunos casos de Producto No Conforme encontrado en algunos proyectos de edificaciones, los cuales han sido generados por falta de definición de los recorridos de las instalaciones. En vista que los proyectistas no elaboran estos planos, el esfuerzo por detectar estas interferencias resulta incompleto, pues el proceso de compatibilización se da por medio de los planos en planta, perdiéndose importante información espacial. En otros casos, la presencia de PNC se debe a una inadecuada

planificación y coordinación de campo con las cuadrillas de instalaciones para definir el orden de ingreso de los mismos. Según se ha evaluado, las últimas cuadrillas en entrar a campo a realizar su labor resultan ser las más perjudicadas, ya que tienen que surcar por todas las instalaciones ya colocadas, desviando los obstáculos que éstas le presenten.

En la Tabla de a continuación se muestra un reporte resumido de observaciones que por su naturaleza califican como Productos No Conforme. Estos inconvenientes podrían haberse reconocido si se hubieran empleado instrumentos correctos de localización anticipada de incompatibilidades e interferencias en los planos del proyecto de las disciplinas y tomar salidas inmediatas con antelación y antes de que se susciten en obra.

Tabla 1 : Ejemplos de Productos No Conformes (PNC) en instalaciones

Producto	Descripción
	<p>Cuando no se tienen definidas las alturas en los recorridos de las instalaciones, en campo se tienen que dar soluciones no óptimas como ésta.</p>
	<p>El ramal de los ductos de instalaciones adopta forzosamente varios empalmes para evitar obstruir el punto de iluminación.</p>
Producto	Descripción
	<p>Las tuberías de agua contra incendio están colocadas por debajo de la línea límite definida para las instalaciones.</p>

En la imagen anterior se muestran soluciones en obra cuando en diseño no se ha realizado una compatibilización entre los modelos de estructuras e instalaciones, en obra como no se tenían las alturas definidas de los recorridos de las instalaciones se da un recorrido no óptimo a los ductos efectuando empalmes que claramente necesita de mucho más material de lo planificado o requerido en el analítico inicial. Ahora en el tercer gráfico de la tabla la tubería de agua contra incendio está colocada por debajo de la línea límite definida para las instalaciones.

	<p>Las tuberías de agua contra incendio están colocadas por debajo de la línea límite definida para las instalaciones.</p>
<p><b>Producto</b></p>	<p><b>Descripción</b></p>
	<p>Tuberías de instalaciones sanitarias colocadas por encima de las bandejas eléctricas.</p>
	<p>Tuberías de agua contra incendio colocadas por encima de las bandejas eléctricas.</p>
<p><b>Producto</b></p>	<p><b>Descripción</b></p>
	<p>Salidas para aspersores de agua contra incendio bloqueadas por las tuberías de agua helada.</p>
	<p>Tuberías de agua contra incendio y tuberías heladas, están por debajo del nivel indicado para instalaciones e interfieren con la futura colocación de los falsos cielos rasos (FCR).</p>

### 2.2.4.7.3. En los costos

Como se vio en los párrafos anteriores, las deficiencias en los documentos contractuales de diseño e ingeniería generan, en algunos casos Productos No Conformes (PNC) y como es lógico estos problemas de calidad exigen una acción correctiva para levantar la observación mediante la realización de trabajos adicionales no previstos durante la fase de planificación, los cuales serán realizados a través de órdenes de cambio. Para llevar a cabo estas órdenes de cambio se requiere el uso de algunos recursos, básicamente de materiales y de mano de obra, que naturalmente tienen un costo que va sumándose a medida que la construcción avanza, incrementando el costo de algunas partidas del presupuesto y esto a su vez del presupuesto contractual del proyecto. Requiriendo del inicio del problema, de las obligaciones y de lo establecido contractualmente, estos sobrecostos lo asumen la empresa contratista, subcontratas o en algunas ocasiones, son asumidos por el cliente.

Conforme a lo que menciona Jahren en su proyecto de investigación acerca del pronóstico, “las ratios de sobrecostos”, identificó los causantes que incidían esas ratios, siendo varios de ellos los siguientes: magnitud del proyecto, clase de metodología de adjudicación del proyecto, “grado de competencia de la empresa constructora” y “la calidad de los documentos contractuales”

En un proyecto de investigación que lleva de título “Project Cost Overruns and Risk Management”, desarrollado por Jackson en el año 2008, elaboro un estudio y análisis fundamentado en “entrevistas y cuestionarios” a distintos profesionales especialistas, estos planteamientos tuvieron como base mostrar las razones y causas de los costos adicionales en los proyectos del sector construcción en el Reino Unido, llevando a cabo una tabla con una lista de las 15 causas asociadas a estos sobrecostos. Es de singular interés que las 4 primeras razones están estrechamente vinculadas a errores e imperfecciones en la fase de diseño, fundamentalmente en su documentación debido a sus modificaciones, reducida información y a la carencia de calidad y conceptualización del diseño.

Un diferente costo adicional que se producen a lo largo de la fase de construcción por imperfecciones de diseño es “los costos por la existencia de incompatibilidades”, debido a que se generan nuevos trabajos que necesitan de la misma manera el empleo de “recursos adicionales” y a divergencia de los costos por requerimientos de cambio, aquí varias veces hay obligaciones de los consultores responsables del “diseño e ingeniería”

En el sector de la construcción hay dos clases de costos “para fines del presupuesto”, son los siguientes: costos directos conformado por mano de obra, equipos, herramientas manuales y maquinaria y costos indirectos (gastos generales, utilidades).

En la mayoría de casos las empresas contratistas cuantifican estos costos a través de un inventario de control de avance. Los costos indirectos adicionales del programa son la consecuencia de atrasos en el proyecto vinculados al tiempo y costos que el contratista comete durante el proyecto, como: alquiler de oficina técnica, útiles de oficina, gestión de proyectos, pagos de movilizaciones

#### **2.2.4.7.4. En los tiempos**

Del mismo modo como ocurre con el impacto en los costos debidos a deficiencias en los documentos de diseño, podemos hablar de su impacto en los plazos.

Tanto las órdenes de cambio como los retrabajos, requieren no solo un uso adicional de recursos, sino también de un tiempo para ser ejecutados. En proyectos de construcción, las actividades son programadas en cadena o por trenes, en la que los procesos o tareas son dependientes. Cuando una tarea específica no ha sido ejecutada en su plazo programado o requiere de días adicionales para darla por terminada, retrasará el inicio de actividades dependientes, o interferirá con el desarrollo de otras actividades que ocupen el mismo espacio en obra o requieran usar algunos de sus recursos. Entonces, los plazos van incrementándose paulatinamente, trayendo como consecuencia que el proyecto no sea entregado en el tiempo previsto.

La cantidad de retraso en un proyecto de construcción se puede cuantificar usando dos métodos (Hanvey, 2007): 1) Método de la Ruta Crítica (en adelante CPM), y el 2) Método As-built comprimido.

El método CPM (Critical Path Method) necesita de una planificación del proyecto en general, con enlaces y correlaciones, los cuales son continuamente actualizados. Programas como ms Project y primavera, pueden ser empleados para establecer las tareas que constituyen la ruta crítica, o las actividades con "cero flotante". Si alguna de las tareas se aplaza, estos inciden en la ruta crítica y ocasionan atrasos en el proyecto. Por otra parte, las tardanzas exageradas en una tarea que inicialmente no corresponde a la ruta crítica, pueden originar que esta tarea se cambie en parte de la ruta crítica, en consecuencia, el proyecto

Si en el proyecto no existe el cronograma de ruta crítica, el siguiente método conocido como "Método as-built comprimido", puede ser utilizado. Este método de análisis utiliza el cronograma de obra con todos los retrasos asociados, en donde son identificadas las partes responsables de los distintos retrasos. Para identificar el retraso total del proyecto debido a una de las partes, los retrasos asociados a esa parte se deducen de la programación real de la obra (as-built). La deducción de los retrasos de una de las partes dentro del cronograma real de la obra se conoce como la compresión del cronograma. La diferencia entre el cronograma conforme a obra o cronograma as-built y el cronograma comprimido es la cantidad de retraso de una determinada parte responsable con relación al plazo total del proyecto.

Ambos métodos de evaluación y análisis de retrasos en proyectos de construcción son utilizados por la consultoría interface Consulting (<http://www.interface-consulting.com>) para absolución de reclamos y disputas entre las distintas partes del proyecto, disputas que ocurren frecuentemente entre la contratista general y el propietario o cliente (en el siguiente acápite se dará una mayor referencia).



#### **2.2.4.7.5. En las controversias y reclamos**

Hanvey (2007), experto en solución de reclamos para la construcción (ampliamente citado en párrafos anteriores), refiere que muchas de las disputas entre la contratista general y el cliente/propietarios se centran en los aumentos de los costos, retrasos de proyecto, e impactos de productividad. Hanvey y la consultoría internacional donde labora (Interface Consulting), elaboraron un estudio basado en su amplia experiencia ocupándose de centenares de proyectos y miles de asuntos de reclamo. Como asesores y expertos, revisan y analizan los registros del proyecto (es decir, las licitaciones, presupuestos, contratos, actas de reuniones, cronogramas de obra, los reportes de progreso y valorizaciones). Estos documentos cuentan "la historia" del proyecto y le aportan información necesaria sobre la causa raíz de los conflictos (es decir, retrasos y sobrecostos, la responsabilidad de estos problemas, y los perjuicios). Según la consultoría, toda esta información es a menudo revisada para evaluar las órdenes de cambio, preparar los reclamos, y proporcionar apoyo de arbitraje y litigio en su calidad de expertos.

En el estudio, la consultoría concluye que uno de los asuntos más comunes que impactan en los proyectos son los documentos de diseños incompletos y deficientes. Además, refieren que estas deficiencias en los documentos contractuales de diseño e ingeniería son inherentes en la industria de la construcción de hoy en día por un par de razones: la ejecución de proyectos tipo "fast track" o proyectos con cronograma acelerado y la separación de los equipos de diseño y construcción.

En otro estudio de autoría de la Universidad de California (Berkley, EUA) ilustra las diferencias en lenguaje usados por la contratista y examina estrechamente las causas que están tras las peticiones de compensación exigidas por las contratistas. De especial interés es que el 55% de los problemas que fueron encontrados en los documentos contractuales son debidos a deficiencias de diseño. Para llegar a esa cifra, el autor del estudio ha escudriñado más de 600 proyectos para determinar las causas de cambios y de reclamos en esos proyectos.

Finalmente, un artículo en el periódico de arquitectura publicado por Nigro (1987) titulado "documentos de contrato: A Quality Control Guide" citó que el 50 por ciento de las órdenes de cambio, disputas y reclamos del contrato son el resultado de deficiencias en los documentos de diseño.

### 2.2.5. aprovechamientos del uso de la metodología BIM

La aplicación de las distintas herramientas que posee la tecnología BIM trae una serie de beneficios en las distintas etapas del proyecto y a los distintos actores que participan, como también múltiples desafíos. Unos datos muy interesantes son los presentados por Martin Fischer<sup>7</sup>, en el "25th internacional Conference on Information Technology in Construction (CIB-W78)". Conferencia realizada en Santiago de Chile en Julio del 2008. Ejemplos de algunos impactos de la utilización de VDC (o BIM) en proyectos de construcción son los siguientes:

- no generar alguna obstrucción en el terreno.
- El 90% menos de "requerimientos de información" y "órdenes de cambio". A partir de un 20 a 30% de una significativa productividad en campo.
- Un 100 % de prefabricación, lo cual puede provocar un 30% de disminución del equipo de soldadores y un 55% menos del equipo de fontaneros en campo.
- Un 50% de más velocidad en el logro de los metrados.

En relación a los reintegros de la inversión:

Tabla 2 : ROI en cuatro Proyectos de Investigación.

	Tipo de proyecto	Costo(US\$)	Costo del Modelo US\$)	Ahorros (US\$)	ROI
1	centro de música	250M	100	500	0.21
2	edificio de oficina	200M	50	3000	2.50
3	centro comercial	100M	40	575	0.58
4	campus universitario	250M	400	16800	1.75

En las circunstancias 1,2 y 3 una metodología BIM fue usada, "los costos del modelo real y ahorros" fueron calculados. En el caso 4, BIM no fue utilizado, debido a que "los costos estimados y los ahorros reales" pero calculados, en la coyuntura n°04, se empleó una tecnología similar a la usada en este trabajo.

Varios datos que muestran “agencias internacionales” en relación a disminuciones en la programación del proyecto se detallan a continuación:

Conforme a la “National BIM Standards (NBIMS, USA)”, el tiempo del programa de diseño se puede disminuir entre un 10 y 25%, y el lapso del programa de construcción se puede aminorar entre un 5 a 10%, de acuerdo con la GSA, la incorporación de “datos, modelos 4D y ensamblajes de organización” permiten menguar el programa particular de diseño y construcción en un 19%. De acuerdo con la empresa “Archisoft” con la utilización de estos modelos se puede alcanzar una moderación de gastos de un 5% “del costo total de construcción” y frugalidad de tiempo de un 10% “del programa de construcción”

Las utilidades en las diversas fases del proyecto se sintetizan a continuación:

#### **2.2.5.1. Utilidades de una Pre-Construcción para el propietario del proyecto**

**Concepto, Viabilidad y Diseño:** Antes de que el cliente comprometa a un arquitecto, es necesario determinar si una edificación, de un cierto tamaño y nivel de calidad puede ser construida dado un plazo y presupuesto y estipulado. Si estas preguntas pueden ser respondidas con una relativa certeza el mandante puede proceder con la expectativa de que sus objetivos son alcanzables. Darse cuenta que un diseño particular ha excedido significativamente el presupuesto luego de utilizar una considerable cantidad de tiempo y esfuerzo es un desperdicio. Un aproximado modelo del edificio construido y vinculado a una base de datos de costos puede ser de una tremenda asistencia y valor para el dueño del proyecto.

**Desempeño y Calidad de la Edificación:** Desarrollado un modelo esquemático previo a generar un modelo detallado permite una evaluación más cuidadosa del esquema propuesto para determinar si los requerimientos funcionales y sustentables de la infraestructura se cumplen. Una evaluación temprana de las alternativas de diseño usando herramientas de simulación/análisis aumenta la calidad general del edificio.

### 2.2.5.2. Ganancias en el Diseño

**Una temprana y más exacta visualización del diseño:** El modelo 3D generado por un software BIM (diseñado directamente más que construido a partir de planos 2D) puede ser usado para visualizar el diseño en cualquier etapa dimensionalmente en cada vista.

**Automáticas correcciones cuando son hechos cambios al diseño:** si los objetos usados en el diseño son controlados por reglas paramétricas que aseguran un alineamiento apropiado se reduce la necesidad del usuario de administrar modificaciones en el diseño “(estos se hacen automáticamente)”.

**Dibujos de planos 2D: preciso, puntuales y sólidos** producidos en alguna fase del diseño: exacto y claros dibujos que pueden ser obtenidos del modelo.

**Temprana colaboración de disciplinas:** la metodología BIM posibilita la colaboración sincronizada de las diversas especialidades responsables del diseño. Pese a que el trabajo colaborativo también es posible con dibujos 2D, pero es más complicado y consume mayor tiempo para laborar con un modelo 3D. Esto disminuye los tiempos gastados en diseño y minimiza los “defectos, errores y omisiones”. Asimismo, permite entregar una temprana y anticipada solución de inconvenientes de diseño. Esta perspectiva es más eficiente que querer hasta el diseño ya comprobado y luego utilizar ingeniería de valor sólo seguidamente que la “mayoría de diseño han sido tomadas”.

**Fácil chequeo del diseño planificado:** la metodología BIM proporciona de visualizaciones tempranas en 3D y de una determinación de las cuantías del material usado, facilitando cálculos de costo más auténticas en fases tempranas. Para estructuras de edificaciones complejas tales como hospitales, colegios, laboratorios, etc. El diseño estudiado es constantemente definido de modo cuantitativo y un modelo virtual facilita verificar estas necesidades para efectuar requerimientos de tipo cualitativo, ejemplo: que una habitación se encuentra más cerca al baño en tantos metros de distancia, el modelo en 3D permite ayudar valoraciones, apreciaciones y estimaciones de forma automática.

**obtención de estimación de costos:** del modelo en 3D, se puede sustraer una relación de cuantías exactas y de superficies empleadas que pueden ser utilizadas para cálculos de “costos de construcción”. Al comienzo de la fase de

diseño las valoraciones de costo están fundamentadas básicamente en elementos de costo por unidad de “metros cuadrados” por ejemplo: 20 m<sup>3</sup> de costo de construcción de excavación de terreno natural. Según el diseño va progresando, un mayor LOD (nivel de detalle) de las cantidades esta aprovechable y puede ser empleada para cálculos más precisos. Es posible sostener a todos los miembros consientes de las involucraciones de costo relacionadas con un diseño, puesto que antes que se desarrolle al “nivel de detalle”, empleando BIM es factible tomar decisiones de determinaciones de diseño más informadas y vinculadas con el costo, a comparación de un sistema fundamentado en papel como son los dibujos en 2D.

**Eficiencia energética y Sustentabilidad:** vinculando el modelo con software de análisis energético permite. Evaluar el desempeño de la edificación, en términos del consumo de energía en etapas tempranas del proyecto. Esto no es posible usando herramientas tradicionales 2D que requieren un análisis energético, desarrollado en forma separada y al final del proceso de diseño, reduciendo oportunidades de modificación que podrían mejorar el desempeño energético de la infraestructura.

### 2.2.5.3. Ganancias y utilidades de Construcción y Fabricación

**Planificación de Construcción:** La planificación de la construcción utilizando modelos 4D requiere vincular el programa de actividades con objetos 3D del modelo. Así es posible simular el proceso de construcción y mostrar como la obra se vería en cualquier punto del tiempo. Esta simulación grafica provee de un entendimiento considerable de cómo la infraestructura será construida, día a día, revela fuentes de potenciales problemas y oportunidades de posibles mejoras (conflictos de espacio, de cuadrillas y equipamiento, problemas de seguridad, etc.).

**Encontrando fallas de diseño y omisiones (localización de obstrucciones):** puesto que el modelo BIM es la pieza clave de todos “los dibujos en 2D Y 3D”, los desaciertos de diseño tienen su fundamento en las incompatibilidades e inconsistencias en dibujos 2D. con los diseños de todas las especialidades es posible componer, constituir y comparar las incompatibilidades, mucho antes de ser halladas en campo. La organización de todos los involucrados del proyecto es perfeccionada y las fallas de diseño

son expresivamente minimizadas. Esto apresura el procedimiento constructivo, minimiza los costos, reduce los problemas legales y suministra de un proceso más claro y entendible para todo el grupo del proyecto, compuesto por los stakeholders.

**Responder velozmente en inconvenientes de diseño vs terreno:** la influencia de una modificación en el diseño puede ser añadido al modelo virtual y las variaciones en otras familias serán de modo automático actualizados. “varias actualizaciones se efectuarán automáticamente”, fundamentadas en patrones paramétricos. Otros métodos cruzados de renovación y actualización puedes ser revisados de modo visual. De esta manera, las modificaciones en el diseño pueden ser solucionadas al instante en un modelo BIM, dado que los cambios pueden ser distribuidos, compartidos, calculados y solucionados sin el proceso burocrático de documentos en papel y su tiempo de perdida. Aparte estas actualizaciones realizadas de modo tradicional son expuestas a cometer errores.

**Utilizar el modelo como soporte para fabricar elementos:** si el “modelo virtual de diseño”, es trasladado a un software para construcción virtual y especificando al “nivel de los objetos” a fabricar, abarcará una apropiada conceptualización de los objetos que se deseen construir en los “talleres tradicionales de obra”. Puesto que los elementos ya están claramente definidos en el modelo 3D, la fabricación automática de lo componentes, empleando equipos y maquinaria específica es viabilizada. Estas fabricaciones en la actualidad son una práctica de empresas que fabrican piezas de acero, concreto prefabricado, etc. Esto facilita la intervención de fabricantes en alguna parte del planeta que fabrican las piezas en fundamento al modelo virtual. Todo ello conlleva a la reducción de costos y tiempos de fabricación.

**Optima puesta en funcionamiento de técnicas “justo a tiempo”:** los métodos de construcción sin mermas, necesitan de una cuidadosa organización entre los agentes de la oficina técnica de la empresa contratista, las “cuadrillas” y “subcontratistas” para consolidar que la labor puede ser cumplido cuando los elementos correctos y apropiados estén aprovechables y utilizables en terreno. Esto reduce la necesidad de contar con registros de papel en terreno. BIM suministra de un modelo adecuado del diseño y de los instrumentos necesarios para cada parte del trabajo, proporciona una “base centralizada”, para perfeccionar la planificación y demás tareas efectuadas por

las cuadrillas y conlleva a garantizar personal, herramientas, equipos, maquinarias y recursos justo a tiempo en obra. Mejorando los costos y optimizando el proceso colaborativo.

**Sincronización del Abastecimiento con el Diseño y la Construcción:** el modelo completo provee de cantidades exactas para todos los materiales y objetos contenidos en un diseño (o la mayoría, depende del NDD del modelo). -listas cantidades, especificaciones y propiedades pueden ser usadas para comprar materiales desde vendedores de productos y subcontratistas (ej. Subcontratistas de hormigón pretensado). Actualmente, la definición de objetos virtuales por parte de proveedores y manufactureros no ha sido desarrollada para hacer de esta capacidad una aplicación real. Donde los modelos han estado disponibles, sin embargo, los resultados han sido bastante beneficiosos.

#### 2.2.5.4. Beneficios Post-Construcción

**Mejor administración y operación de las instalaciones:** el modelo provee de una fuente de información (gráfica y especificaciones) para todos los sistemas del edificio. Análisis previos usados para determinar el equivalente proporcionado al dueño, de tal forma de verificar las decisiones de diseño una vez que las instalaciones están en uso. Esta información puede ser usada para chequear que todos los sistemas funcionan apropiadamente una vez que la edificación esta culminada en su ejecución física.

**Integración con la operación de la instalación y la gestión de sistemas:** un modelo virtual que ha sido actualizado con todos los cambios hechos durante la construcción provee de una fuente de información acerca de espacios "as-built" y sistemas, además de ser de un punto de partida para el manejo y la operación de las instalaciones. Un modelo de información de la edificación apoya el monitoreo de los sistemas de control en "tiempo real" y proporciona una interface natural para sensores. Y operación remota. Muchas de estas capacidades aún no han sido desarrolladas, pero BIM provee una plataforma ideal para su despliegue.

#### 2.2.6. Retos de implementación y ejecución

Los modelos BIM constituyen un nuevo modo de realizar las cosas, una transformación en el patrón tradicional. Requieren de colaboración eficaz y nos

obligan a interrelacionarnos de modo diferente a lo rutinario, es básicamente un progreso sano, pero no “una fácil transición”. El requerimiento de participación inspira un equipo en que se fomenten buenas relaciones entre los distintos integrantes, lo que se interpreta a un “aprendizaje bidireccional” y que produce un perfeccionamiento del proyecto.

En este tópico se hará una síntesis de los resultados de trabajos desarrollados por otras empresas, otros estudios y organizaciones dedicadas a la investigación, pero en los cuales no se ahondará mayormente, ya que esta fuera del alcance del presente trabajo. Se incorporarán recomendaciones donde aprender durante el desarrollo del trabajo. Cabe destacar que muchas de estas recomendaciones son inherentes a la implementación de cualquier tecnología de información, la cual involucra personas, herramientas y procesos.

#### **2.2.6.1. Transformaciones que pueden ser esperados**

La mejora de los procesos en cada fase de diseño y construcción reducirá el número y la severidad de los problemas asociados con las prácticas tradicionales. Sin embargo, el uso de BIM también causará significativos cambios en las relaciones de los participantes del proyecto y en los acuerdos contractuales entre ellos.

**Colaboración:** Mientras que BIM ofrece nuevos métodos de colaboración, introduce otros problemas respecto al desempeño efectivo de los equipos de trabajo. Determinar los métodos que serán usados para permitir un adecuado traspaso de información a partir del modelo y así compartir información valiosa entre los participantes del proyecto es un gran desafío. Si los miembros del proyecto utilizan diferentes herramientas de modelamiento, entonces otras herramientas para enviar información del modelo de un ambiente a otro o para combinar estos modelos son necesarias. Esto puede añadir complejidad e introducir potenciales errores al proyecto. Estos problemas pueden ser reducidos si se usa estándares IFC para intercambiar datos.

**Cambios legales para la producción y pertenencia de la documentación:** existen preocupaciones legales respecto a quien se apropia del conjunto de datos generados durante el diseño, análisis, fabricación y construcción de la infraestructura, quien paga por estos y quien es responsable por su exactitud.



Cambios en las prácticas y en el BIM también fomentará la integración del conocimiento de construcción en etapas tempranas del proceso de diseño. Arreglos contractuales que facilitan y requieren de una buena colaboración proveerán de grandes ventajas a los clientes cuando BIM sea usado. El cambio más insignificante que las compañías enfrentarán cuando implementen tecnologías BIM es utilizar un modelo compartido de la edificación como base para todos los procesos de trabajo. Esta transformación requerirá de tiempo, educación, capacitación y una convicción por parte de la organización de las mejoras que puede traer esta tecnología (necesario para cualquier implementación tecnológica que implica cambios en los procesos y en la cultura de trabajo).

#### **2.2.6.2. Retos y sugerencias de implementación**

Sustituir un entorno 2D CAD por un método de trabajo, fundamentado en BIM, abarca mucho más que conseguir un software nuevo, preparar a los trabajadores y conseguir los hardware correctos, el empleo eficiente de BIM, necesita de un completo entendimiento la “implementación y negocios”. Necesita de una comprensión completa de lo que la “implementación” de Building Information Modeling abarca y una planeación detallada antes de que la transformación pueda iniciar. Sin embargo, las modificaciones específicas, se sujetarán a la tarea que tenga la empresa en la industria de la construcción, la secuencia general que requiere ser considerado son parecidos e incluyen:

- Entrega de responsabilidades a partir de puestos sumamente superiores de la empresa, es decir desde la gerencia general para la implementación de un plan que abarque todas las características de negocios de la firma y según los cambios planeados influenciara tanto en los “departamentos internos” como los clientes en la asimilación de la metodología BIM.
- Concebir un grupo interno comprometido de la implementación de un plan añadiendo señales de tiempos y costos, para encaminar la evaluación y el óptimo performance de BIM.
- Iniciar usando metodologías BIM, en uno o dos programas de baja magnitud, de modo paralelo con la técnica existente de cad 2D y generar tradicionales documentos a partir del modelo en BIM. Esta tecnología

facilitara a reconocer “déficits” en relación al nivel de detalle del modelo (al relacionar “ambos planos”), efectividad en los trabajos, dificultades de relaciones entre programas de evaluaciones, etc.

- Emplear los efectos iniciales para instruir, enseñar y encaminar u elaborar “retroalimentaciones” para la ininterrumpida adopción de la metodología BIM. Sostener a las direcciones técnicas informadas de los inconvenientes, avances, buenas prácticas y optimo desarrollo.
- Ya cuando se cuenta con el suficiente grado de expertise y “conocimiento”, se inicia con el trabajo colaborativo con los integrantes del grupo externo del proyecto, en esta nueva perspectiva, que facilita la adelantada incorporación, adhesión e interacción de conocimientos empleando el modelo de documentación.
- Reflectar los innovadores procedimientos de negocios en “los documentos contractuales” con stakeholders asociados como clientes y empresas.
- Frecuentemente “replanificar” el proceso de puesta en funcionamiento de la metodología BIM, en la empresa para reflejar los usos e inconvenientes apreciados hasta ese instante y establecer metas nuevas de rendimiento, tiempo, ejecución y costos que se deseen alcanzar con BIM.

### **2.2.6.3. inconvenientes de interoperabilidad**

La definición de “interoperabilidad” se vincula con el intercambio de datos entre los programas de computación. Es asimismo un empeño esencial en la exploración por recobrar velozmente información verídica y clara desde otros programas de computación. El intercambio expedito de información entre disciplinas, y a través de diversos softwares, es fundamental para llevar a cabo más eficiente los procedimientos de trabajo y una de las primordiales ataduras que ha sido real para una óptima operación de los modelos BIM.

Lo inconvenientes de “interoperabilidad” son los siguientes:

- relacionar herramientas de diferentes disciplinas
- tareas de diferentes plataformas, es decir “distintos softwares” en una misma disciplina

- diferentes procedimientos o métodos de trabajo de las empresas, en relación a los LOD de los modelos, a los “alcances de los trabajos” y a nivel de información, conocimiento y competencias de cada empresa.
- Las “herramientas” de las distintas disciplinas
- A través de CAD, los profesionales (arquitectos e ingenieros) estaban acostumbrados a la rutina de intercambios de información de archivos en formatos DXF (drawing Exchange format) e IGES (initial graphic Exchange), pero hay algo relevante con BIM la interoperabilidad se hace un poco más compleja, se requiere de un depósito donde guardar todos los datos del modelo denominado repositorio.

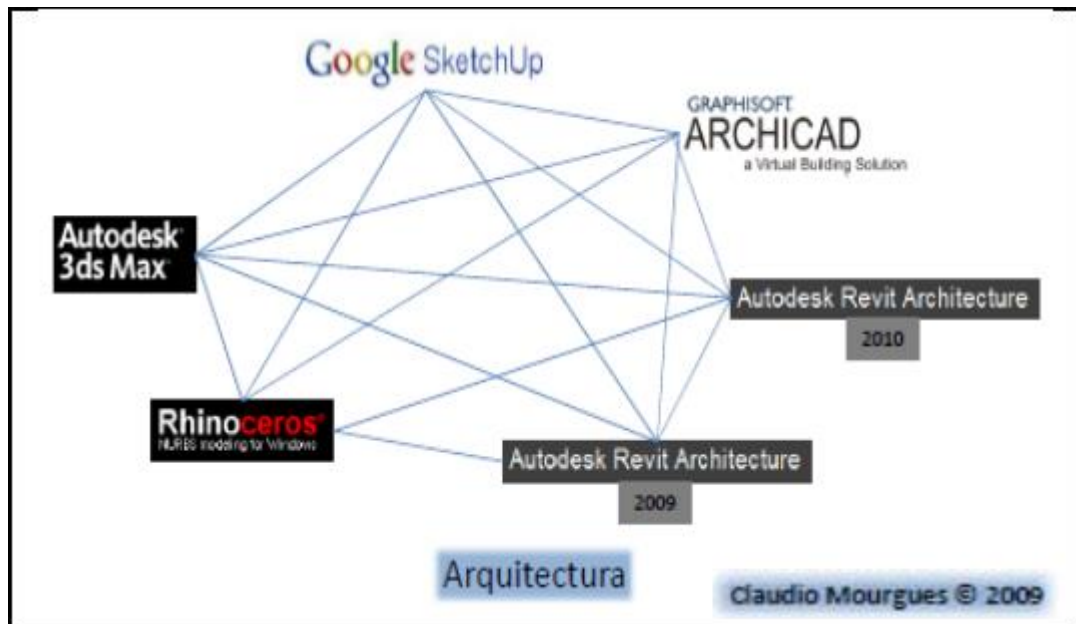


Figura 41 : Ejemplo de distintas plataformas en una misma especialidad.

En Estados Unidos, las consecuencias relacionadas a costos debido a una incorrecta “interoperabilidad” en el sector construcción, es en promedio el 4% en ingeniería y 2.5% para el cliente.

Por estos inconvenientes es que se origina la Alianza de la industria para la interoperabilidad, es un consorcio a nivel mundial de empresas comerciales de software e instituciones de investigación, cuyo rol fundamental es facilitar la interoperabilidad entre los instrumentos de computación empleadas por todos

los integrantes de un proyecto en el sector construcción. Su objetivo es conceptualizar e impulsar un formato de datos parametrizados de un modelo de edificación de tal forma que los integrantes del proyecto puedan distribuir información y que el “modelo virtual” de la edificación tenga un adecuado lenguaje de entendimiento computacional común, accesible a todos, afianzando la “interoperabilidad” entre las plataformas BIM.



Figura 42 : Un archivo de Revit puede ser grabado con extensión IFC y luego ser utilizado por VICO (para estimar los costos) y por ETABS para hacer el análisis estructural.

## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

### 2.3.1. “Edificio”

Un edificio (del latín aedificiūm) es una construcción dedicada a albergar distintas actividades humanas: casas, iglesias, colegios, hospitales, etc.

La imaginación humana ha ido perfeccionando las técnicas de construcción y decoración de sus elementos, hasta lograr hacer de la actividad de edificar una de las más maravillosas artes del planeta, es decir la arquitectura.

Clasificación de edificios

Según su uso

- Edificio Militar: destinado a usos militares.
- Edificio gubernamental: para uso de personal gubernamental u oficial.

- Edificio residencial: el destinado a ser usado como vivienda.
- Edificio industrial: el destinado a actividades productivas.
- Edificio comercial: el destinado al comercio.
- Edificio deportivo: etc.
- Edificio educativo: y cultural.

Según la propiedad

- Edificio público: el perteneciente a una propiedad pública, local, estatal, etc.
- Edificio privado: para el caso de que el propietario sea una persona física o jurídica.

Según su Sistema Estructural

- Estructura Pretensada.
- Estructura de Hormigón.
- Estructura de Madera.
- Estructura de Acero.
- Estructura de Fábrica.

Según su disposición

- Entre medianeras.
- Exento o aislado.
- Adosado.

### **2.3.2. Modelado de información de construcción**

Cuando nos referimos a la metodología BIM, tanto concierne a la “geometría”, al vínculo con el espacio de trabajo, documentos geográficos y las características de los elementos de un edificio, ejemplo: los parámetros de fabricantes de puertas. BIM puede ser empleado para enseñar el completo proceso de construcción y de mantenimiento, asimismo de demolición para reciclar quizá materiales. Cantidades de componentes y características distribuidas pueden ser retiradas fácilmente. Aparte espacios laborales,

especificaciones de elemento y pasos de tareas de construcción pueden ser definidos y aislados.

Los softwares BIM son capaces de lograr dichas mejoras por medio de representaciones de las partes y los componentes que están siendo utilizados en la construcción de un edificio. La representación asistida por computadora basada en objetos es un cambio sustancial en la tradicional elaboración basada en la representación vectorial.

El modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), también llamado modelado de información para la edificación, es el proceso de generación y gestión de datos de un edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. Este proceso produce el modelo de información del edificio (también abreviado BIM), que abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes.

### **2.3.2.1. Comprender BIM y sus beneficios**

Nos ponemos a la faena para iniciar nuestra categoría “escuela BIM” explicándote precisamente eso, qué es BIM y qué ventajas ofrece:

BIM, como la mayoría sabe, es un acrónimo de Building Information Modeling (modelo de información del edificio), y quizá esta sea, después de todo, la mejor manera de definirlo porque, como veremos, hay muchos agentes implicados y para cada uno de ellos puede significar cosas diferentes, pero entendamos por qué:

Si buscamos BIM en Wikipedia encontraremos esta definición: Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), también llamado modelado de información para la edificación, es el proceso de generación y gestión de datos del edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. Este proceso produce el modelo de información del edificio (también abreviado BIM), que abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes.

Esta definición no es incorrecta pero no debemos caer en el error, muy extendido, de entender el BIM como un software. No nos equivoquemos, BIM no es un software, es una metodología de trabajo integrada que se apoya, no en una, sino en múltiples herramientas basadas en tecnologías de la información. Es decir que BIM no significa que toda la información de nuestro edificio está en un sólo archivo, sino que toda la información, proveniente de n archivos generados por n softwares, bajo una metodología de procesos y procedimientos dentro de un equipo multidisciplinar, está conectada de manera inteligente con una relación bidireccional que permite su actualización en tiempo real.

#### **2.3.2.2. El primer beneficio es que la metodología BIM perfecciona la comunicación y entendimiento del proyecto a través de su visualización en 3D**

El primer beneficio es que a través de la concepción automática de toda la información del proyecto utilizando un modelo 3D como un método multidimensional el cual abarca todas las fases del ciclo de vida del proyecto, mejora la comunicación y comprensión del proyecto entre proyectistas, constructores y demás agentes implicados en un proceso constructivo. Este modelo virtual generado permitirá una mejor comprensión del diseño del proyecto (planos, elevaciones, cortes, detalles y vistas 3D).

#### **2.3.2.3. El segundo beneficio es la producción automática de toda la documentación del proyecto**

El segundo beneficio es la generación automática de los documentos del proyecto. Al momento en que nos referimos a toda la documentación, nos remitimos no solo a “plantas, elevaciones, cortes, detalles y vistas isométricas”. Sino que también estamos considerando metrados, presupuestos, especificaciones técnicas, planos de las distintas especialidades, planificación, construcción y mantenimiento. Varios inventores y fabricantes ofrecen su aplicación como software único apto de proveer de “documentación integral del proyecto”. Esto es falso, ya que se necesitan de varias aplicaciones, lo que no significa que se tenga que utilizar o dominar todas. Conforme al rol que cumpliremos en el proyecto, tendremos que estudiar uno u otro aspecto como se venía haciendo.

#### **2.3.2.4. La metodología BIM favorece la pre construcción virtual del edificio prediciendo el descubrimiento de obstrucciones, errores y colisiones.**

Considerando únicamente estos dos últimos beneficios, la modificación ya es decisiva pero las cosas no son tan simples y es que ante ellas hay la reemplazando mediante un clic por el genérico que se ha estado usando hasta resolver el modelo final, y esta agrupación suministrada, estará conformada por todos los datos, no solo de geometría, sino también de modelo clase, marca, precio, tipo de material y clase de acabado. Que facilite esa “generación automática de documentación” y su verificación completa.

Asimismo, no se trata de que cuando se ha definido el proyecto, comencemos a modelar hasta el “último detalle” e insertemos hasta la “última moldura”, esto no supone una frugalidad de tiempo, sino más bien, se trata de que hay un compromiso y repercusión por parte de las empresas que se dedican a fabricar, para que abastezcan modelos correctos de todos los productos por medio de bibliotecas BIM. Esto facilitara determinar toda la información necesaria y alcanzar un modelo balanceado que no presuma la inserción hasta el último perno.

En pocas palabras BIM, permite: una incorporación y compartimiento, con actualización automática en real tiempo, de toda la documentación generada por los diversos agentes que intervienen a lo largo del tiempo de duración del edificio, a través de un “formato estándar y universal de intercambio BIM”: el ifc (industry foundation classes)

Asimismo, Bim nos da como principal ventaja un aumento en la productividad y una disminución de costos durante la construcción del edificio, durante su ejecución, operación y mantenimiento. Porque cuando nos referimos a BIM, estamos relacionándonos a las herramientas para tratar la conceptualización de un proyecto hasta llegar a su diseño final o replanteo.

El empleo de BIM presume un incremento en la productividad, y por ende una disminución de costos.

Finalmente, la metodología BIM conceptualiza nuevas secuencias de trabajo e información que faciliten una mejor supervisión del ciclo de vida de la construcción.



Puede ser que para muchos es una “utopía futurista”, sin embargo, nos estamos refiriendo al presente, claro que una actualidad en donde no todo es tan agradable como nos pintan o nos hacen imaginar los expedientes técnicos. Hay otras barreras que se deben de vencer.

El trabajo colaborativo con la metodología BIM requiere de una modificación sustancial desde el pensamiento, porque para afrontar esta nueva tecnología, nuestra labor debe dejar de ser individualista y asumir un trabajo en equipo, colaborativo, en unión y con un solo objetivo trazado que es cumplir las demandas de diseño y construcción. Esto es uno de los secretos de la tecnología BIM: trabajo multidisciplinario y colaborativo: un grupo de trabajo que constituye diversas especialidades que cooperan de “igual a igual” y que de igual forma nos hace pensar en nuevas funciones y roles de trabajo. Hasta el momento esto no se ha venido dando de esta forma. Nos demora demasiado, al menos aquí en nuestro país repartir un trabajo en el que hemos dedicado muchas horas, tenemos mucho miedo a que alguien nos imite o nos quite la idea. Esto debe de cambiar para que la metodología BIM funcione eficientemente.

El aumento de productividad al que nos referimos necesita oportunamente de un ordenamiento y una correcta planificación exigente para que funcione. Interiormente en cada integrante del grupo ha de comprender perfectamente su rol, su función, actividad y externamente la metodología BIM requiere de una normativa y una homogeneización que debe venir de los cargos más altos, es decir del estado peruano.

IFC o formato estándar, permite entender y mejorar la interoperabilidad y esto se conceptualiza como: la capacidad entre dos o más componentes para conmutar información. por consiguiente, nos referimos a exportar, importar y conectar información. para efectuar una correcta interoperabilidad será necesario depender de lo siguiente:

- Del software BIM empleado: ya sea Revit, archicad, vectorworks, allplan, SolidWorks, Bentley, etc,
- De los tipos de entregas: dependerá del método o sistema de verificaciones y revisiones.
- Del CDE: o las plataformas en las cuales se intercambiarán la información: cloud, Revit server, red interna.

- Del seguimiento del plan de ejecución BIM: para ser más exactos en lo que a LOD se refiere.
- Del BIM Manager: de su expertise en la composición y conexión entre softwares, sistemas y plataformas de intercambio de información.

Para una eficiente interoperabilidad no es solo saber el trabajo colaborativo del formato IFC, sino también el intercambio de datos en la industria AEC, que incorporan tramas o imágenes. La información, datos y la estructura contenido en los archivos cambian considerablemente, por lo que es complicado seleccionar el formato más correcto para cada uso planificado.

En relación al origen de los archivos, se pueden diferenciar:

- Archivos nativos
- Archivos importados
- Archivos exportados

Por último, se deben romper con varios mitos de la ingeniería tradicional:

Varias personas dicen que emplear la metodología BIM, solo es necesario en proyectos grandes, esto es falso, ya que trabajar con BIM vale la pena en cualquier proyecto de construcción ya sea de pequeña, mediana o grande escala.

BIM es el presente, mas no es el futuro. Los países en desarrollo, aplican esta tecnología y contemplan la demanda de presentar todos los proyectos en la tecnología BIM. Un claro ejemplo del avance de la aplicación de la metodología BIM en Europa es el Reino Unido, donde en junio del año 2011, el gobierno anuncio su propósito de necesitar BIM en todos los proyectos de edificación desde el año 2016.

En conclusión, a mi perspectiva clara y concisa al desarrollar este proyecto de investigación, BIM no es enemigo de las nuevas prácticas, al contrario, es un avance significativo en el sector construcción.

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. Hipótesis General**

La implementación del Building Information Modeling (BIM), permite generar en los proyectos de edificaciones ventajas a través de un trabajo colaborativo el cual

se fundamente en tres pilares de información, innovación y colaboración durante el ciclo de vida de un proyecto desde su conceptualización, diseño, creación de documentos, construcción hasta la operación y mantenimiento.

#### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

- a) La implementación del Building Information Modeling (BIM) permite la detección temprana de incompatibilidades de tal modo que evita su ocurrencia en la fase de construcción, permitiendo indudablemente mejorar la calidad del proyecto de edificación.
- b) Building Information Modeling (BIM) y su implantación en proyectos de edificaciones incide indiscutiblemente en la optimización de costos involucrando personas, empresas y tecnologías mediante un proceso sinérgico y colaborativo incrementando la productividad de los proyectos.
- c) La implementación del Building Information Modeling (BIM) permite reducir el plazo de ejecución de un proyecto a través de una erradicación de ampliaciones de plazo por consultas al proyectista respecto a deficiencias o errores en el expediente técnico del proyecto de edificación.

### **2.5. VARIABLES**

#### **2.5.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES**

##### **2.5.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE: Building Information Modeling (BIM)**

El BIM (Building Information Modeling), es una “metodología de trabajo colaborativo”, que, a través de un modelado de información digital de la edificación, supone un proceso de creación, gestión y constitución de datos de un edificio para un óptimo uso durante el ciclo de vida, empleando diferentes softwares de modelado en 3D, 4D, 5D y 6D.

##### **2.5.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE: proyectos de edificaciones**

Es un proceso dinámico que exige a sus stakeholders una gran cantidad de tramites: consultas normativas, redacción del proyecto, diseños, cálculos, contratos, selección de materiales, calidad de proceso constructivo e

intervención de una gran cantidad de agentes especialistas para generar todos en conjunto una buena dirección del proyecto a ejecutar.

## 2.5.2. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

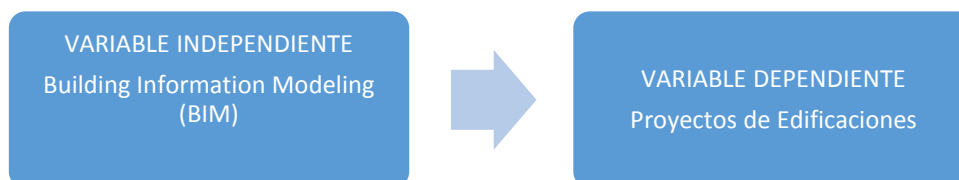
### VARIABLE INDEPENDIENTE

- Building Information Modeling (BIM)

### VARIABLE DEPENDIENTE

- Proyectos de Edificaciones

Tabla 3 : Diagrama de variables



## 2.5.3. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

### 2.5.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Tabla 4 : Variable independiente

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	FORMA DE MEDICION
<b>Building Information Modeling (BIM)</b>	Calidad	Proceso constructivo	-Control técnico (mano de obra, equipos y materiales). -modelamiento de la edificación. -control de calidad (ensayos de laboratorio)
		Seguridad, salud y medio ambiente	-Mitigación ambiental -Índices de accidentes laborales
		Compatibilidad de expediente técnico (planos, presupuesto y especificaciones técnicas)	-Uso de herramientas BIM AUTODESK (Navisworks Manage, Robot estructural, Revit).
<b>Definición. -</b>			

Es un concepto que vincula personas, procesos y herramientas en un ambiente sinérgico simultáneo y colaborativo.	Plazo de proyecto	Cumplimiento del contrato de obra (plazo de ejecución inicial)	-Comparación en un modelo virtual el avance del proyecto virtual vs ejecutado.
		Interrelación de la cadena completa de valor del proyecto	-coordinación entre impulsores, proyectistas, diseñadores, producción y usuarios.
		Constructibilidad	-Identificación de problemas en etapas tempranas -Disminución de procesos de cambio durante la ejecución del proyecto.
	Costo	Control económico y financiero	-Pago puntual de las valorizaciones, adelantos y adicionales. -Ahorro de dinero con respecto al valor referencial inicial del proyecto.
		Productividad	-Reducción considerable de la cantidad de material desechable.

### 2.5.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Tabla 5 : Variable dependiente

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	FORMA DE MEDICIÓN
<b>PROYECTOS DE EDIFICACIONES</b>  <b>Definición. -</b> Es un enfoque metódico para planificar y orientar los procesos del	Diseño	Correlación entre los planos, presupuesto y especificaciones técnicas	-Utilización de herramientas nativas y no nativas BIM
	Análisis y planificación	Optimización de la asignación de recursos	-Implementación de nuevas tecnologías. -Administración documentaria del proyecto.
	Ejecución	Participación activa de los diferentes actores en sus distintas especialidades	-Relación de personal en obra (obrero, administrativo y profesional)

proyecto de principio a fin.	Control y cierre	Estructura central de una implementación	-rentabilidad -eficiencia -productividad
------------------------------	------------------	--	--

## **CAPÍTULO III :**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de investigación corresponde al “método científico” metodología aplicada para alcanzar conocimientos innovadores y nuevos. En el cual se revisará, analizará y sistematizará problemas de la realidad con una solución óptima y eficiente a través de un procedimiento de investigación para obtener resultados coherentes que nos lleva a analizar y sistematizar realidades determinadas, permitiéndonos mediante el proceso investigativo llegar a explicaciones lógicas, claras, apropiadas, consistentes y coherentes.

#### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es aplicada porque el énfasis del estudio está en la resolución práctica del problema.

#### **3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

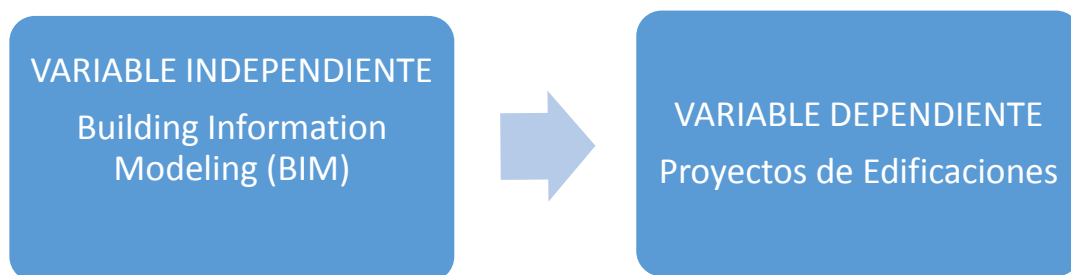
Investigación descriptiva - Correlacional

Investigación descriptiva - Correlacional de verificación y validación de hipótesis causales. Porque su fin es la exposición de los fenómenos mediante la utilización de métodos descriptivos como la observación, estudios correlacionales, de desarrollo,

etc. con el objetivo de comprender su estructura, rasgos importantes y las características que participan en la dinámica de los fenómenos que se analice.

### 3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La Investigación Correlacional, está basada en determinar el grado de relación existente entre dos fenómenos o eventos observados. “El diseño de la investigación, es el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación...” (Hernández Sampieri, y otros, 2004)



Fuente: Elaboración propia

### 3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.5.1. Población

El presente trabajo de investigación tiene como población los proyectos de edificaciones del entorno urbano de la ciudad de Huancayo.

#### 3.5.2. Muestra

Muestreo intencional, método de muestreo no probabilístico de 01 proyecto de edificación “INSTITUTO CONTINENTAL” ubicado entre las calles de Jr. Ayacucho y Av. Real.

### 3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizará información del resultado del análisis detallado de expedientes técnicos, indagación del nivel de implementación del Building Information Modeling (BIM) en Huancayo, inspección de edificaciones, así como técnicas para el análisis de datos como cuadros comparativos, cuantificación de variables de medición como tiempo de ejecución, errores de diseño, compatibilidad de especialidades para la gestión de edificaciones en Huancayo.



### 3.7. TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas e instrumentos a considerarse para la investigación serán mediante simulaciones, entrevistas, encuestas, análisis documental y diseño para poder cuantificar y describir las observaciones encontradas de la gestión de proyectos de edificaciones en Huancayo.

#### 3.7.1. Descripción del Proyecto a Analizar

Se escogió el edificio educativo del instituto continental, se calcularán las ventajas de usar Building Information Modeling, el proyecto a estudiar, está ubicado entre las calles de Ayacucho y Real, un proyecto para construir del instituto continental, en donde anteriormente la fase de diseño lo realizaron mediante el método tradicional en planos 2D. la investigación abarcará la disposición de una “documentación más completa” para pasar a la fase de construcción. El proyecto de investigación es el siguiente:

##### 3.7.1.1. Edificio educativo Jr. Ayacucho instituto continental.

El diseño del edificio instituto continental, 5 niveles y sótano. El proyecto de construcción que ha servido de base para la realización de este trabajo de investigación. El proyecto está ubicado en un lote de 957.50 m<sup>2</sup> (33.00 m x 27.50 m).

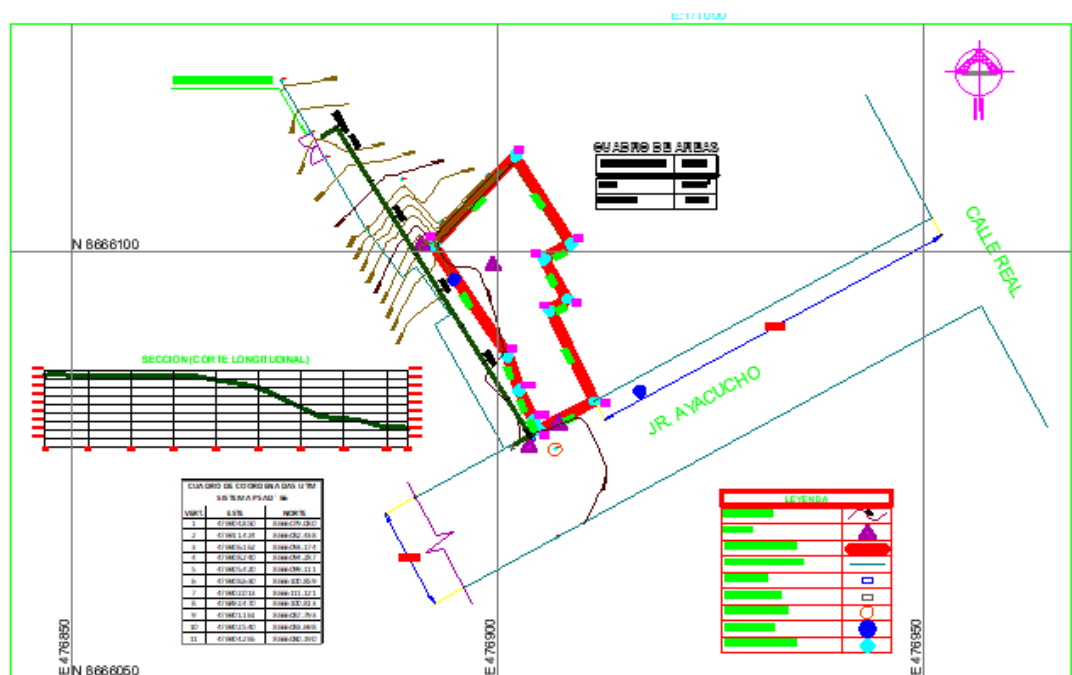


Figura 43 :Plano de detalle de ubicación edificio educativo jr. Ayacucho Instituto continental

El proyecto a analizar es el diseño del edificio del instituto continental, de 6 niveles incluido el sótano, en varios componentes con estructuras metálicas y en su mayoría con elementos de concreto armado. El área total a construir será de 4768.15m<sup>2</sup>, el área de sótano es igual a 858m<sup>2</sup>. Posee asimismo un “índice” de ocupación de 0.470, correspondiente a 636.25m<sup>2</sup>. también su “índice de construcción” es de 3.5 equivalente a 3176.25m<sup>2</sup>, con un área útil para oficinas de 2773.94m<sup>2</sup> y un área de equipamiento correspondiente a 297.33m<sup>2</sup>.

seguidamente se muestran los diseños entregados por la empresa consultora que sirven como guía básica para el modelado BIM.



Figura 44 : Metodología del proyecto

### 3.7.1.2. Evaluación de la información proporcionada:

La información que fue proporcionada consta de los siguientes documentos: planos estructurales, arquitectónicos, planificación de obra, estimación de presupuesto y cuantías de materiales, mano de obra, horas de equipos en obra, así con figuras y conceptualizaciones gráficas.

Al tomar la información se continuo a la realización de un análisis detallado de los planos de estructuras, los cuales sirven de fundamento para la configuración del campo o área de trabajo en Revit structure. Estos planos, contienen buena información referente al “tipo de estructura, detalles de los elementos y características geométricas” todas estas características son exclusivas del proyecto.

El estudio se basó en identificar cada uno de los componentes estructurales y los materiales. Luego se hizo la verificación de cada uno de los planos de vista en planta de los seis niveles que constituyen la edificación.

Pese a que son muy similares y la estructura de la edificación es respectivamente simétrica, los niveles tres, cuatro y cinco son similares en su combinación estructural y “difieren” de los niveles uno y dos y el nivel del sótano.

Comenzando en los planos de arquitectura, se alcanzaron detalles de los componentes no estructurales, propósito de la modelación, fundamentalmente de los “muros divisorios, fachada, puertas, ventanas y escaleras”. En el caso de los muros divisorios, se hallaron dos clases de muros, tales como: muros de concreto y muros en superboard, se estableció que la fachada incorporaba muros de concreto, muros en material de superboard, “estructura metálica” de tipo “alucobond” y una perfilería de aluminios clase persiana móvil para la “rejilla de ventilación”

La planificación de obra se empleó para establecer la manera de modelar algunos componentes y alcanzar la simulación en el programa de autodesk “Navisworks manage” con un nivel mayor de detalle.

En lo relativo a las cuantías en obra de personal, materiales, herramientas y equipos, se analizaron los ítems y se realizó una comparación con los fines paramétricos del modelado, para establecer qué componentes debían introducirse. De este modo se eligieron los componentes prefabricados de “Revit structure” a utilizar, las características que se les debían cambiar y se

calculó la cantidad y la clase de elementos que necesitaban ser creados como “familias nuevas” con sus correspondientes características que limitan el “comportamiento” en el interior del “entorno de modelación”.

Paralelamente a las cantidades se verifico el presupuesto. Esto se sujetará a las cantidades de obra y asimismo fue primordial verificar los análisis de precios unitarios para revisar si son reales con los valores calculados.

### 3.7.1.2.1. Estructuración del espacio de trabajo en Revit Structure:

la estructuración y configuración del área de trabajo para el modelado BIM, es un procedimiento en gran magnitud relevante en el que se fundamentan “características, restricciones y propiedades globales” del modelo virtual. Lo cual es algo común para los elementos. Una conformación adecuada del entorno de modelación debe secundar el esquema de flujo, a continuación, se presenta el flujo seguido en el trabajo de investigación.

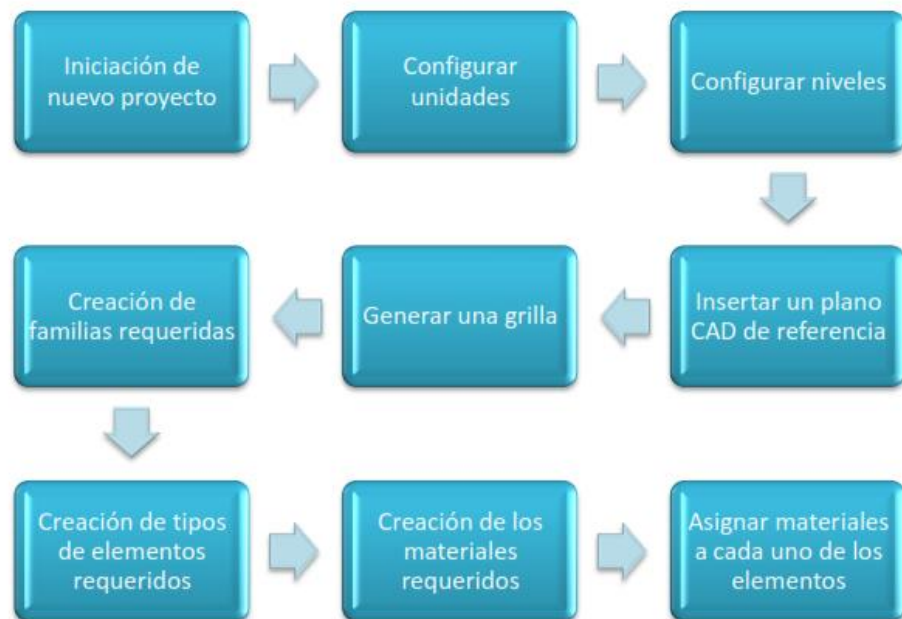


Figura 45 : configuración del entorno de modelación

Al dar inicio al modelado de un proyecto en Revit en primer lugar se debe fundar las “unidades de trabajo”, para el entorno BIM en el Perú, se recomienda aplicar un sistema métrico que utilice las dimensiones

en “kilómetros, metros, centímetros”, no obstante, para casos particulares, donde son relevantes los detalles, los milímetros, forman parte de una óptima opción para visibilizar las dimensiones. Luego se procederá a establecer los niveles de origen del proyecto, no es importante puntualizar todos los niveles, pero no es recomendable, “los niveles adicionales” se pueden precisar en fases siguientes de la modelación. Este procedimiento se continuo para el modelo virtual del proyecto. Luego fue oportuno generar las grillas del proyecto, lo cual es básico para los otros niveles. Con la grilla creada se inicia el modelado, añadiendo objetos con parámetros definidos, para las cimentaciones, se creó familias para componentes específicos como “anclajes de cubierta”. Al originar familias es primordial asignar las características de dimensión y tipo de material.

#### **3.7.1.2.2. Modelación paramétrica:**

##### **Cimentación:**

La cimentación del edificio del instituto Continental es una cimentación de tipo profunda.

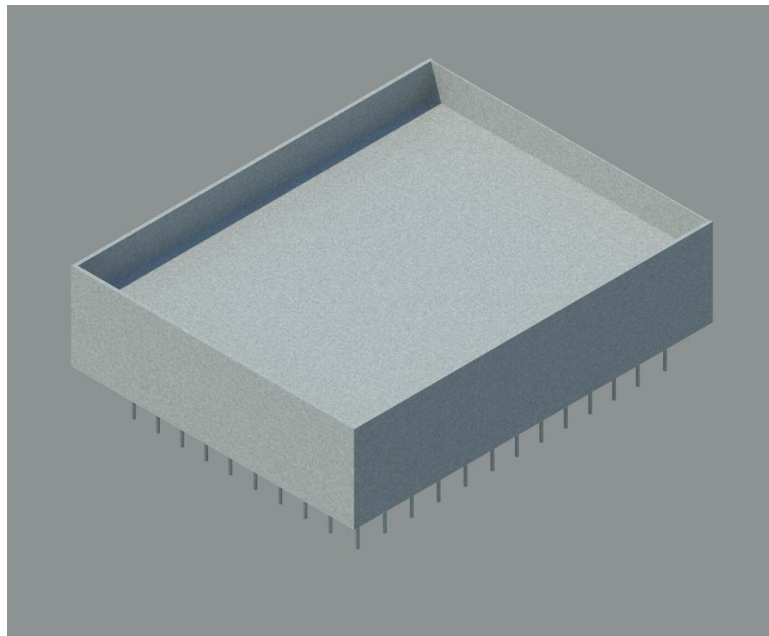
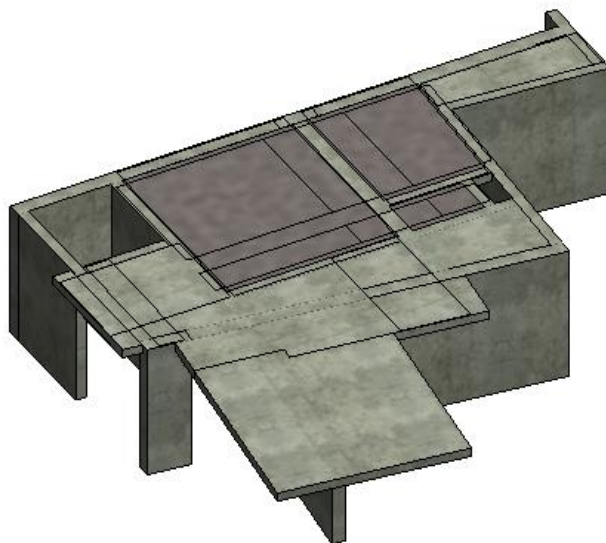


Figura 46 : Cimentación  
Fuente: elaboración propia

**Losa:**



**Escaleras**

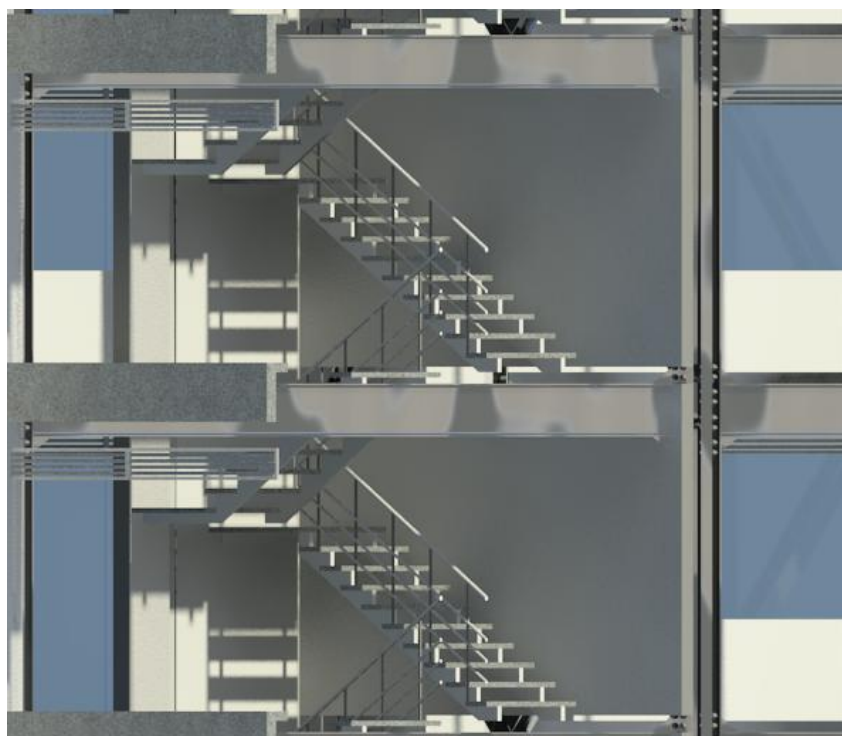


Figura 47 : Escaleras

## Muros:

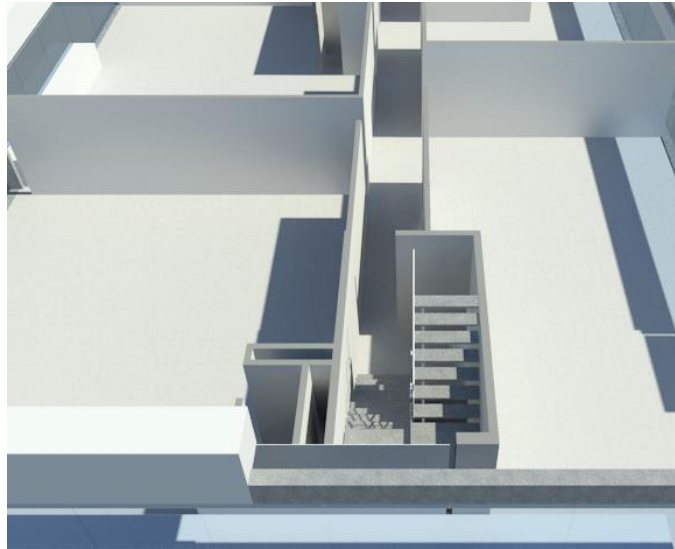


Figura 48 : Muros

## Muros de mampostería:

En el caso de “los muros de mampostería” se consideró un elemento tipo muro y se cambió el título, asumiendo el rotulo correspondiente que indica muro, asignándole su espesor. Para estos muros, se laboró con un grosor de 12cm, estos cumplen con las distintas funciones en el proyecto. Se modelan con un parámetro de base, y un parámetro mayor que se opera con un desfase de nivel de -0.11 cm que es el grosor de la losa.

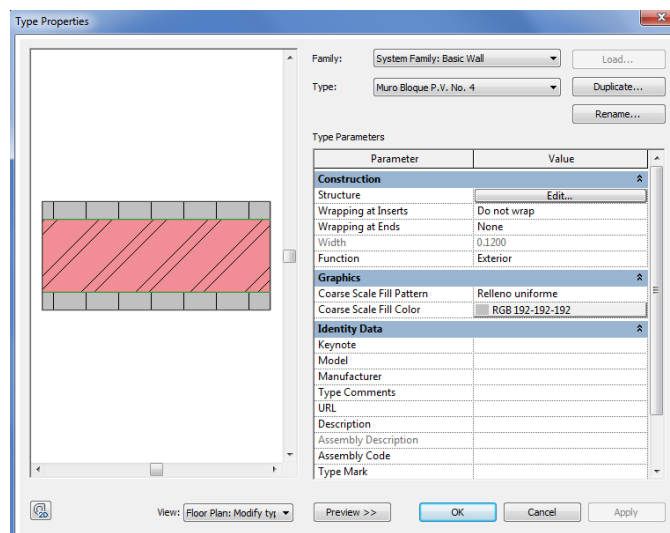


Figura 49 : Muros de Mampostería.

### **Cubierta:**

El componente de cubierta se constituye de cerchas de “estructuras metálicas que sostienen un entramado de viguetas”, sobre las que se sostiene la cubierta. Este componente de la edificación tiene un grado de complejidad muy alto, para producir el modelo de la cubierta los pasos que se siguieron fueron primero crear las 3 familias, sin embargo, cada una de ellas tenía una buena cantidad de clases. El procedimiento de modelación necesitó crear niveles demás que valieran como referencia a los componentes de nivel de altura variable y con una pendiente.

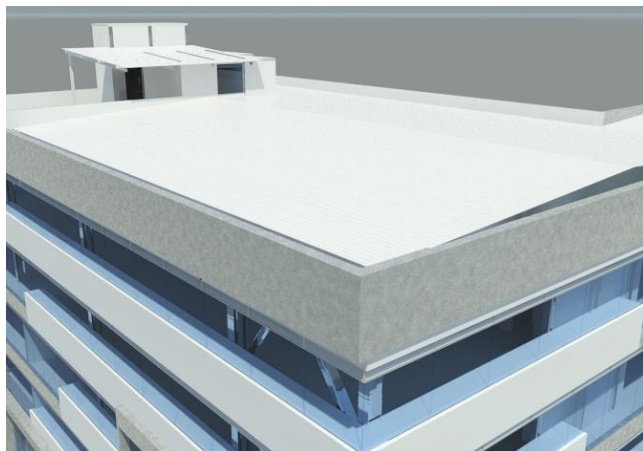


Figura 50 : Cubierta

### **Muros:**

Las características primordiales en los muros, son el empleo de componentes en material “superboard” para dinteles, vigas de detalle. El modelado de estos elementos principales, se consideró la clase de muro en el procedimiento de construcción, fue ejecutado desde las familias de elementos originados que se guardaron en la clase de modelos generales. Para formar estos componentes no fue viable la utilización de plantillas de muros para dar restricciones de altura que necesitaban, en su lugar se crearon componentes desde plantillas de vigas, los cuales facilitaron tener un modelo de formas asimétricas y de distintas formas, estas unidas que facilitaron tener un modelado a una viga analítica y que traspasa en su eje a un componente en una dirección, por lo general en el sentido “X”, los beneficios de estas



plantillas están en función de un modelo único del corte transversal del elemento. Y todo ello se generaliza en el largo de manera que esto pueda conceptualizarse en un contorno del modelo, en fundamento a las distancias desde punto a punto, cada uno referenciado, generando componentes cuyos comportamientos y desempeños se relacionen con vigas, pero con cortes del muro que se necesita. Al último se dio una característica de material primordial al material y se llevó a cabo el modelo para emplearlo en el modelado de la fachada.

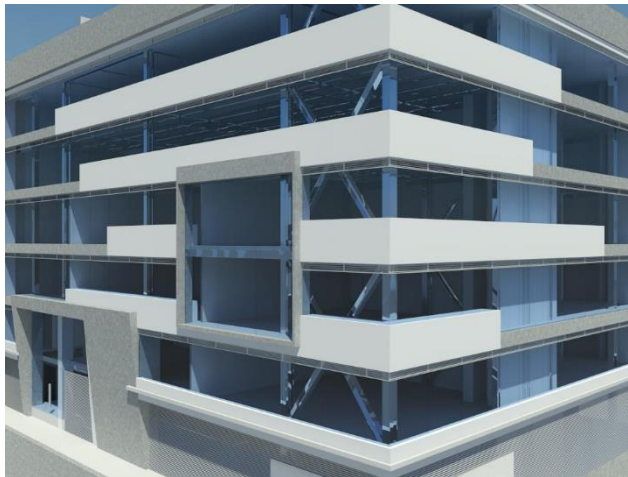


Figura 51 : Muros

### **Puertas:**

Las puertas son elementos fundamentales de la especialidad de arquitectura en un diseño de proyecto, para ello el trabajo que se programó para el modelado único de la puerta de ingreso a la sala principal del edificio, fue el diseño de una puerta de vidrio y se coloca sobre la equivalente estructura que soportará la fachada. En el programa o software del Revit architecture, se empleó el elemento de icono "curtain wall", el cual nos facilita la creación de un vidrio de clase panel y actúa generalmente de acuerdo a los parámetros asignados al muro. Entonces fue necesario insertar una puerta acristalada a través de la galería de Revit, en donde ubicamos las familias y se editan con ajustes que otorgan características y parámetros de la puerta original, se crean las familias para crear una chapa de seguro que no sea similar a la supresión del marco metálico.

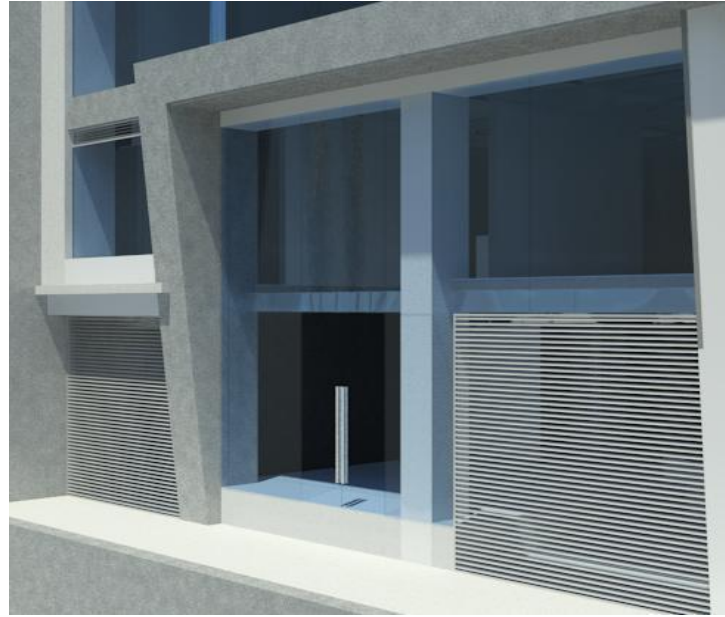


Figura 52 : Puertas

### **Acabados de pisos y enchapes:**

Para obtener un modelado perfecto de los enchapes se efectuó a través de una losa contigua a la losa estructural, donde su textura se parecerá al enchape de color blanco en porcelanato situado en la edificación. Donde se modificó o cambió de material es una losa de espesor 0.02m, la misma que descansa sobre un falso piso de 0.03m, en concreto simple que del mismo modo se modela con un elemento del tipo losa.

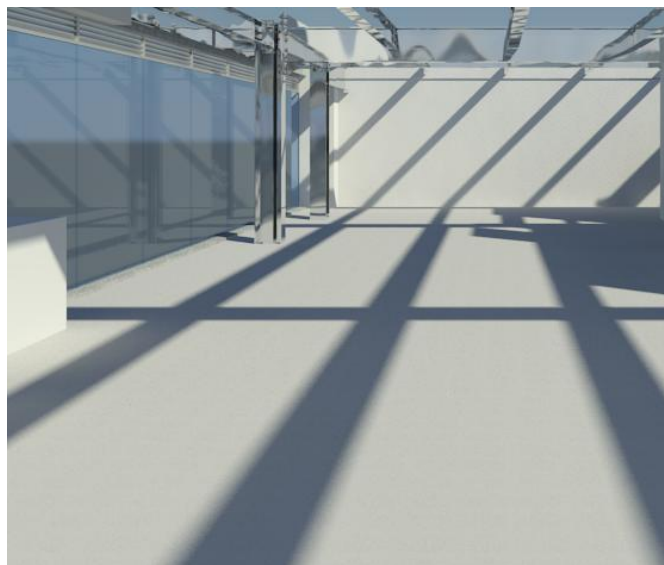


Figura 53 : Acabados pisos y enchapes

**Estructura:**

El edificio está estructurado en el “sentido X-X” a través de “pórticos de acero” con “diagonales concéntricas”, y con “muros de cortante con placa de acero y pórticos resistentes a momentos” (DES). Y en el sentido Y-Y la estructura del edificio se constituye de “pórticos resistentes” a momentos (DES) asimismo de “muros pantalla en acero”. Es necesario mencionar que las columnas, muros pantalla, vigas y demás conexiones son en “acero estructural A-36”. Del mismo modo la estructura debe sostener y resistir una carga vida equivalente a los 500 kg/m<sup>2</sup> y del mismo modo una carga muerta de 610 kg/m<sup>2</sup>.

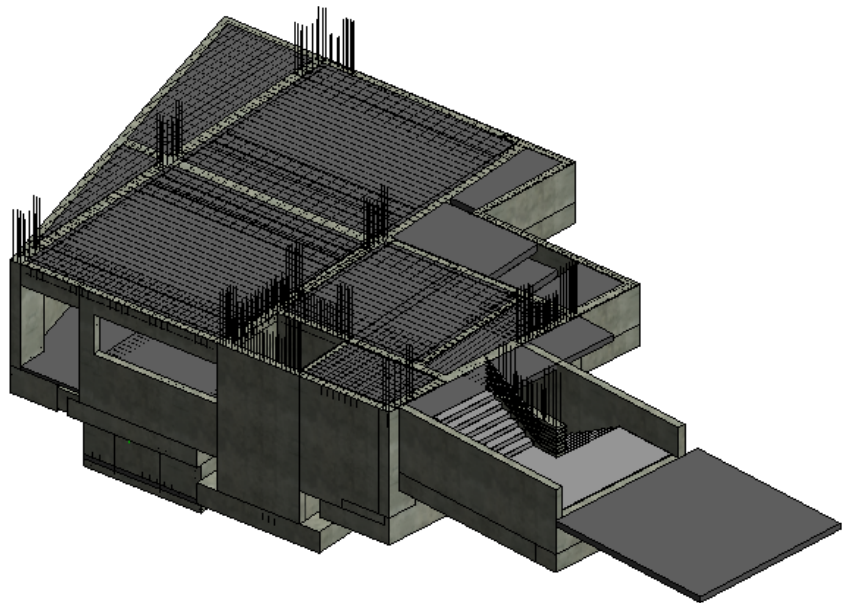


Figura 54 :Modelamiento sótano

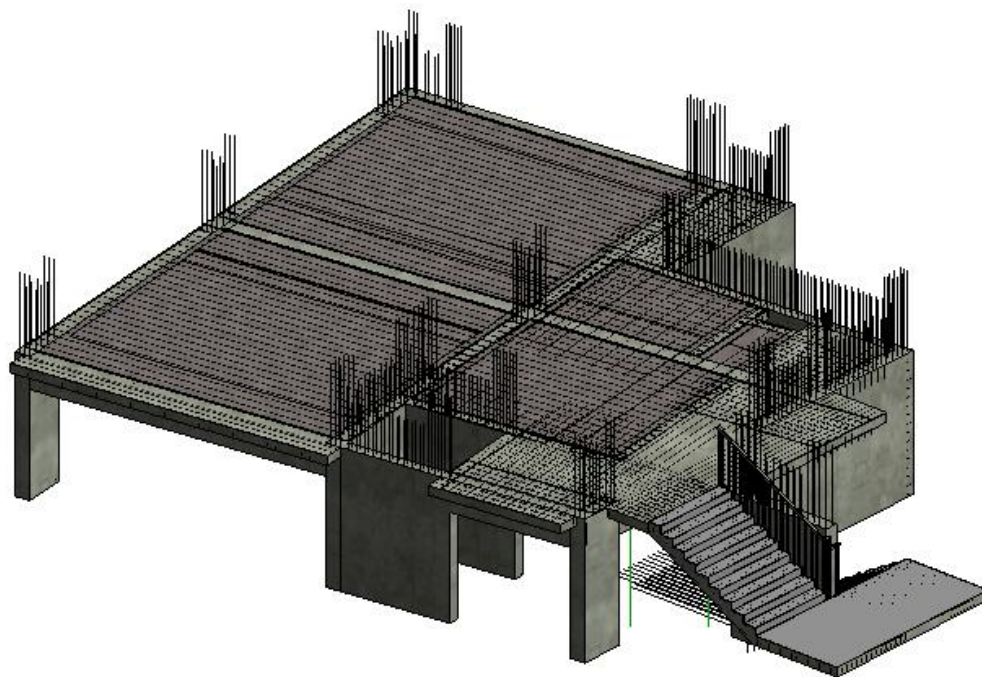


Figura 55 : Modelamiento estructural planta típica  
2,3,4 y 5 piso

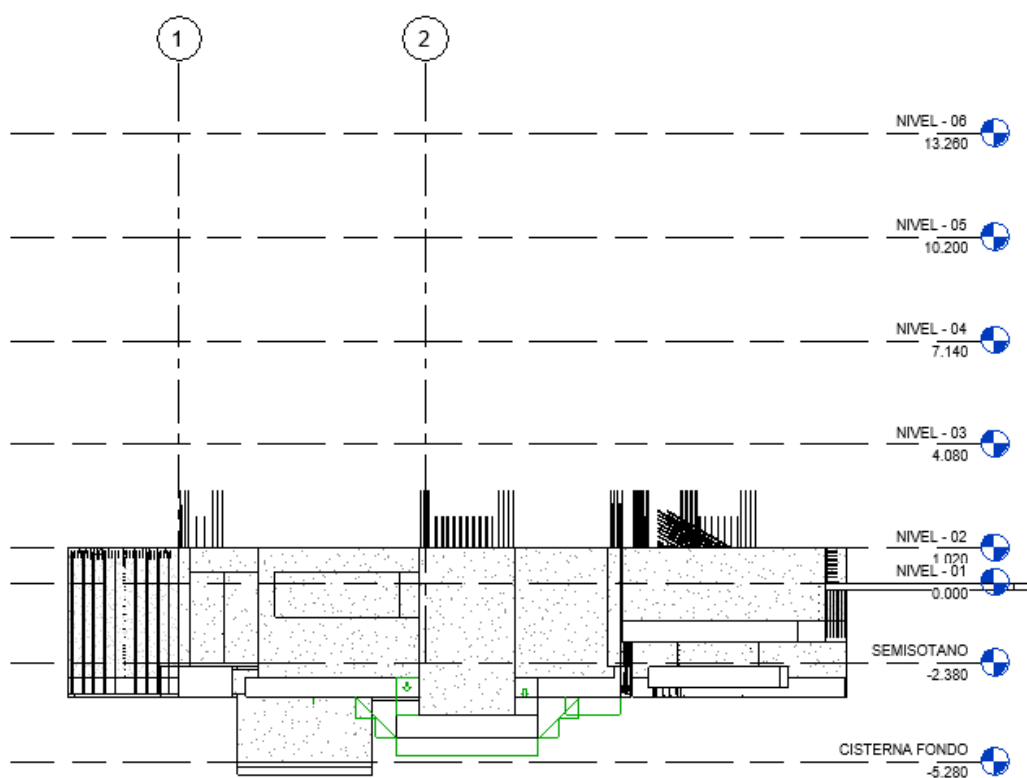


Figura 56 : Detallado del edificio vista sur del  
sótano

### **3.7.1.3. Beneficios De Implementación**

Las utilidades y ganancias grandiosas a “estimar y evaluar” para el grado de implementación estipulado al inicio de toda esta investigación, son: la cuantía de obras extraordinarias que se pueden impedir, asimismo la cantidad de solicitudes de información que se perciben y descubren en fases tempranas al fabricar un “modelo virtual 3D” de la obra a construir, esto se interpreta en un beneficio en la fase de edificación del proyecto, al existir pocas esperas por ausencia o errores de información.

## **CAPÍTULO IV :**

### **RESULTADOS**

El procedimiento de modelado del proyecto de edificación, se hizo en sustento o basamento a un diagrama BIM de elaboración de modelos virtuales a partir de planos en 2D. En este ámbito los planos deben ser muy definidos y exactos para producir un modelo virtual de óptima calidad. Toda la información contemplada en los planos de estructura y arquitectura encerraba fallas que hicieron complicado el procedimiento de modelado, la rectificación de los fallos empleó tiempo en trabajo reelaborado. Y en varios casos se realizaron visitas a obras similares a la edificación en proyecto, para de este modo detallar los elementos que componen la modelación en un nivel de detalle mejor. Respecto a la cantidad de cimentación, los resultados dieron 4 ítems para contrastar entre “el modelo paramétrico” y la “documentación de la obra”. Para lo cual se han hallado las discrepancias y divergencias porcentuales. El porcentaje vinculado a las riostras metálicas es de “17.45%”. en esta situación el modelo tiene “conexiones idénticas” a las de las características de los planos estructurales. El obstáculo con el modelado es debido esencialmente a la urgencia de usar un plug in añadido de “autodesk Revit structure” conocido también como “SDS72connect”, en donde su licencia se me hizo dificultoso tenerlo para la elaboración del modelo virtual. Asimismo “las uniones de las riostras” incorporan “pernos y platinas” cuyo peso no es insignificante y lo correcto sería que sus pesos deben ser estimados en las cantidades de obra. El modelo no tiene estos elementos y por eso produce una cantidad de acero

menor por una cantidad equivalente a 1535kg que la que hay en la documentación inicial del proyecto.

## 4.1. ERROR EN EL MODELADO NIVEL02 – NIVEL03

### 4.1.1. Error en el Modelado #01

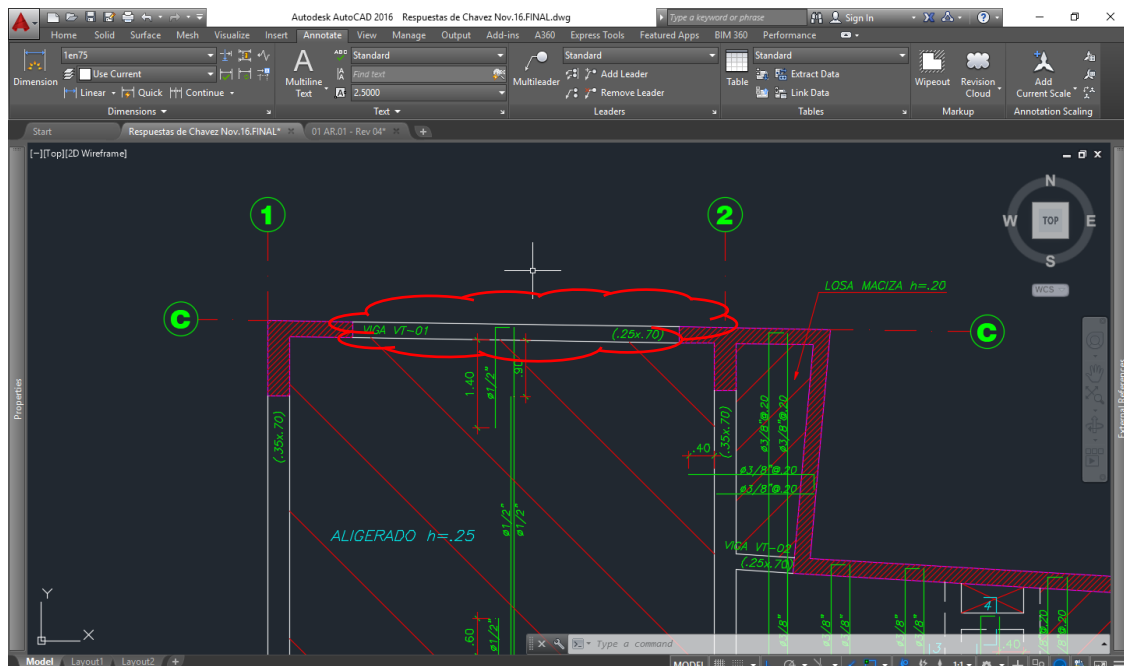
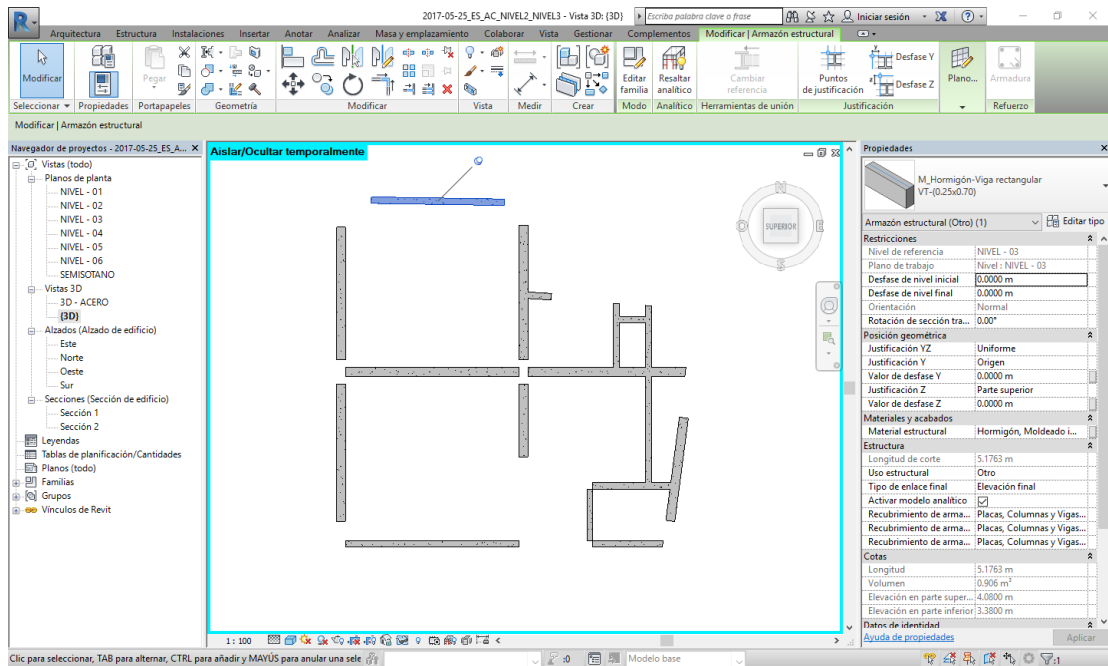


Figura 57 : La viga vt-01 en el modelo presenta otro nombre. Completar el "01"

Fuente: Elaboración propia



## 4.1.2. Error en el Modelado #02

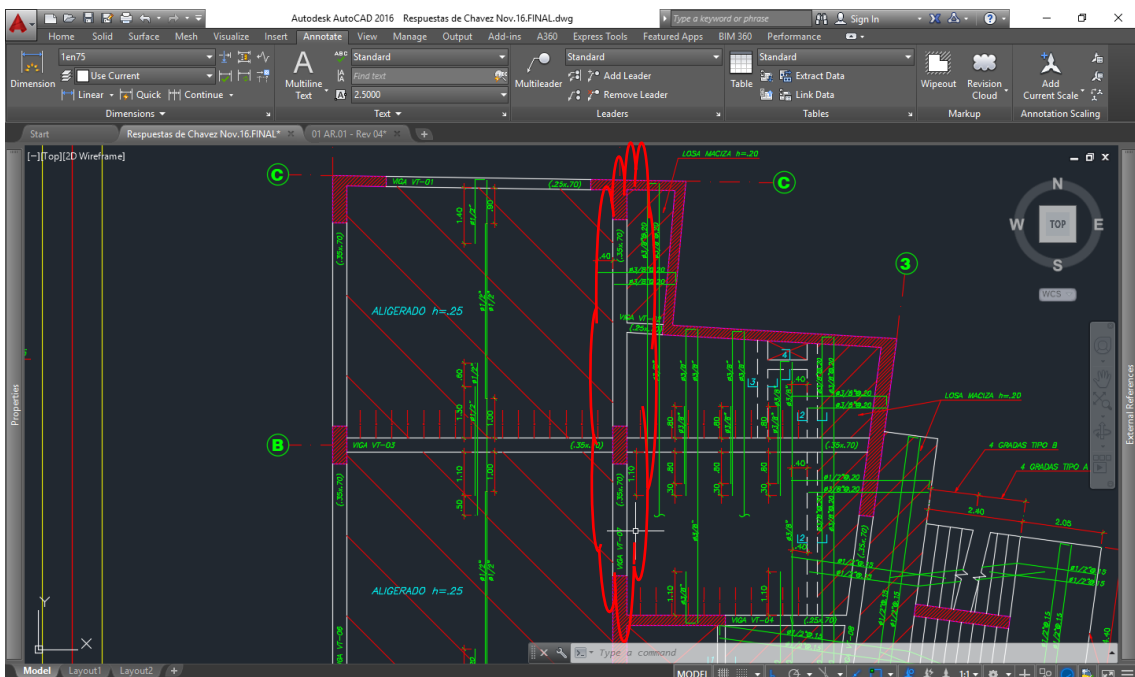
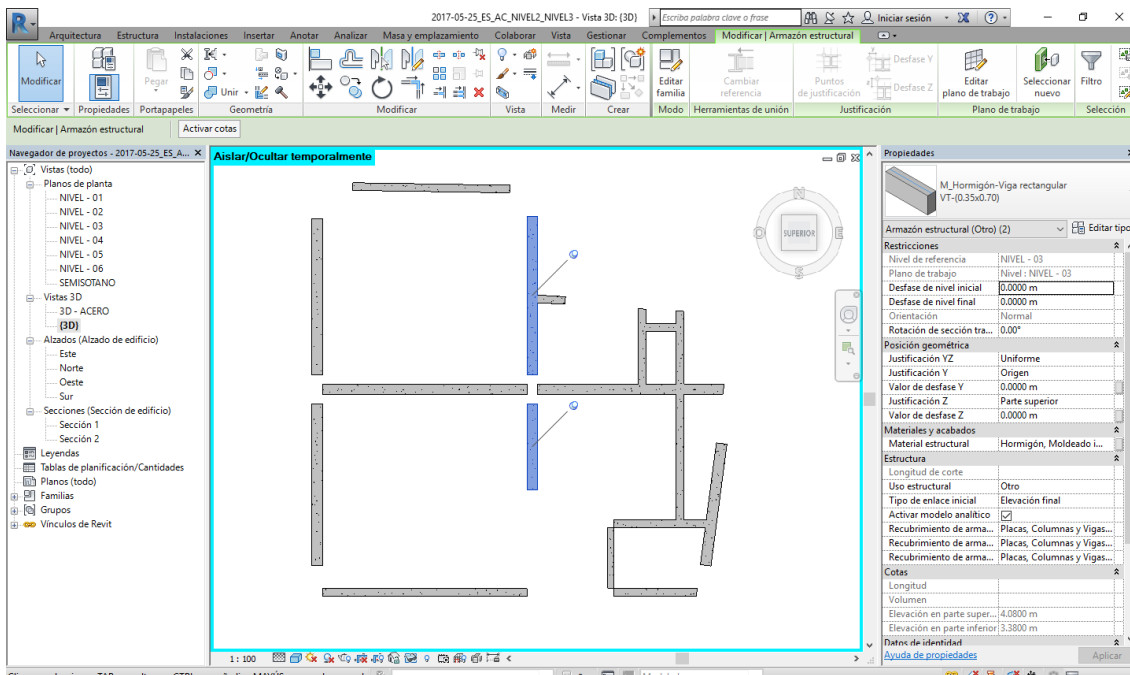


Figura 58 : La viga vt-07 en el modelo presenta otro nombre. Completar el “07”

Fuente: Elaboración propia



#### 4.1.4. Error en el Modelado #04

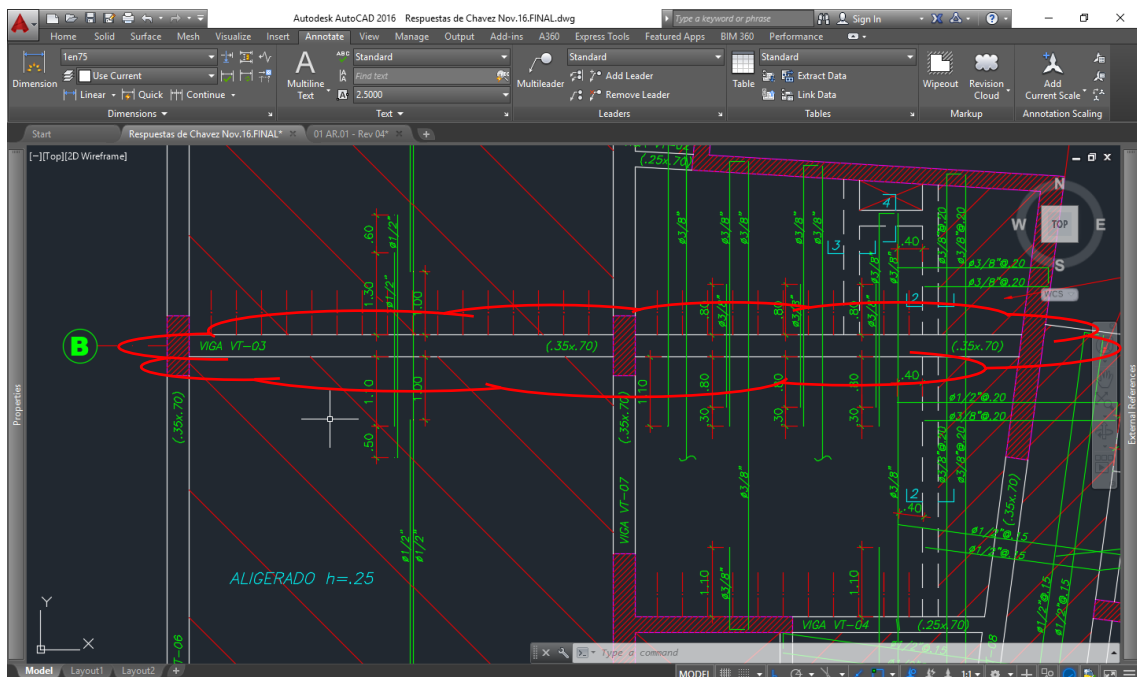
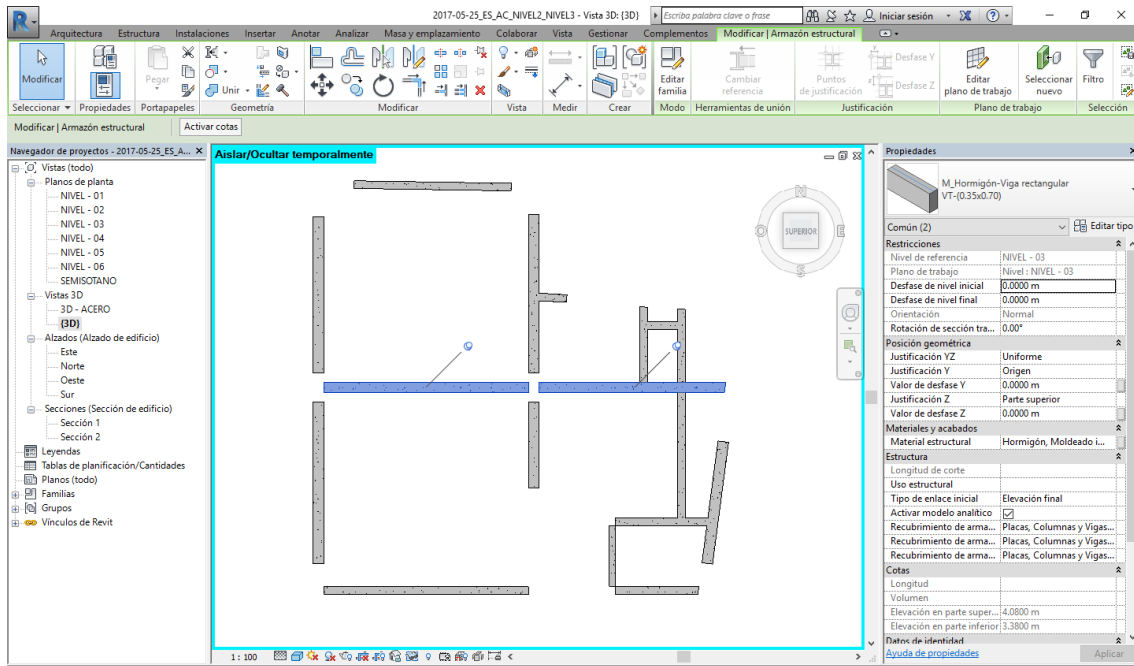


Figura 60 : La viga vt-03 en el modelo presenta otro nombre. Completar el "03"

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5. Error en el Modelado #05

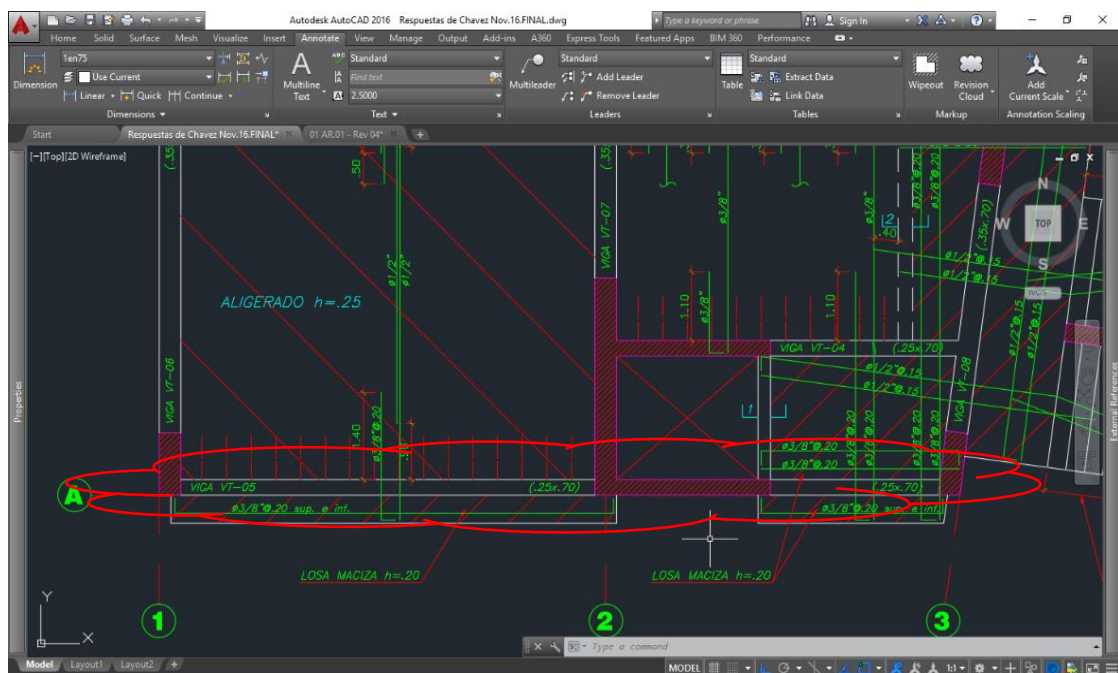
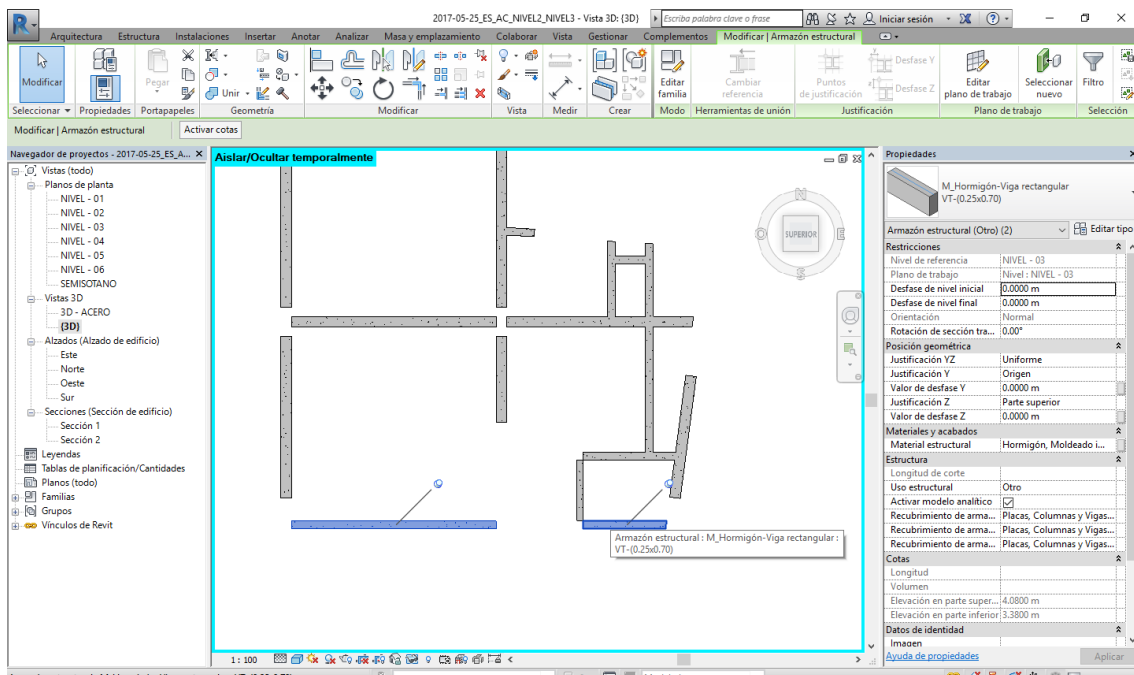


Figura 61 : La viga vt-05 en el modelo presenta otro nombre. Completar el "05"

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.6. Error en el Modelado #06

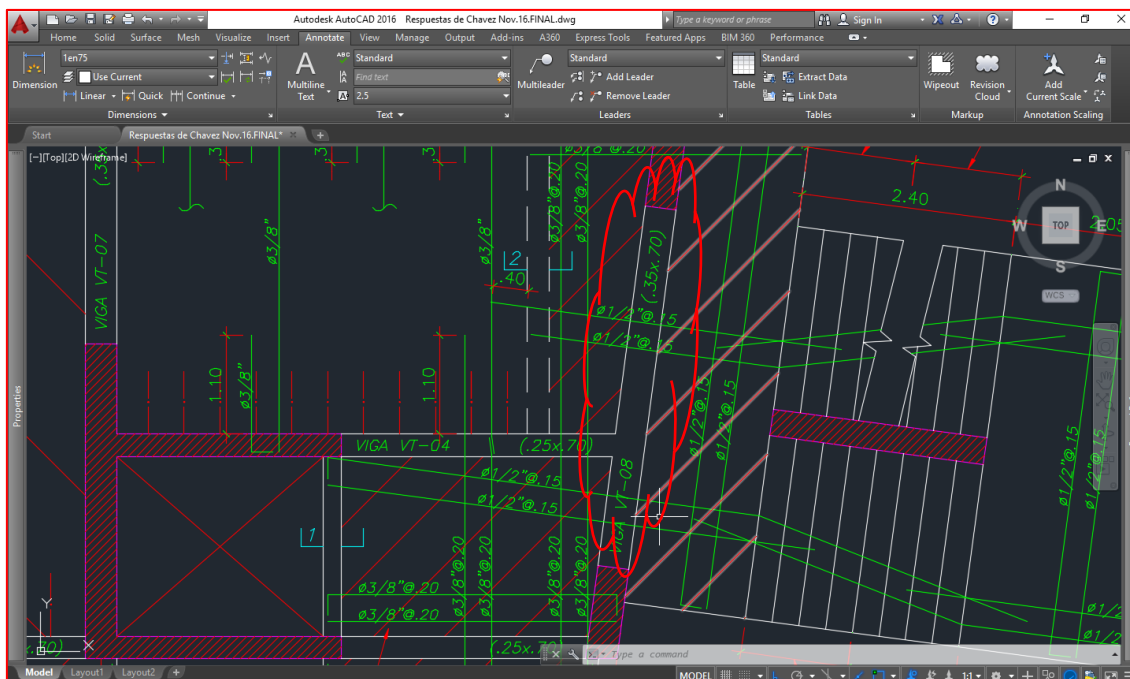
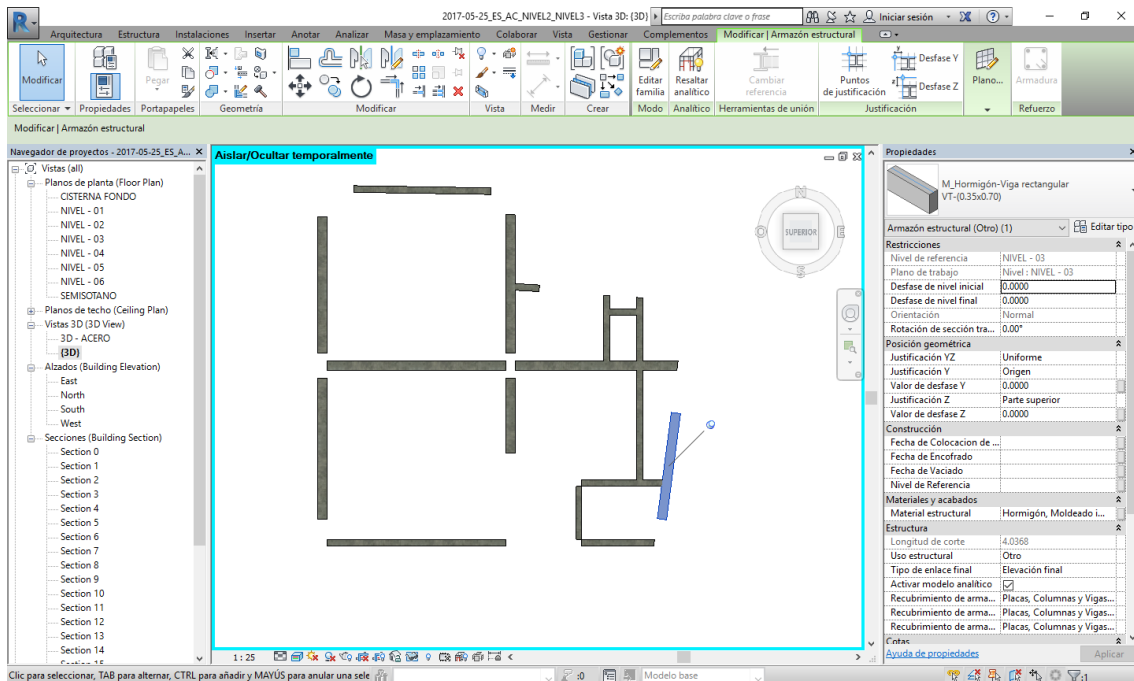


Figura 62 : La viga vt-08 en el modelo presenta otro nombre. Completar el "08"

Fuente: Elaboración propia

### 4.1.7. Error en el Modelado #07

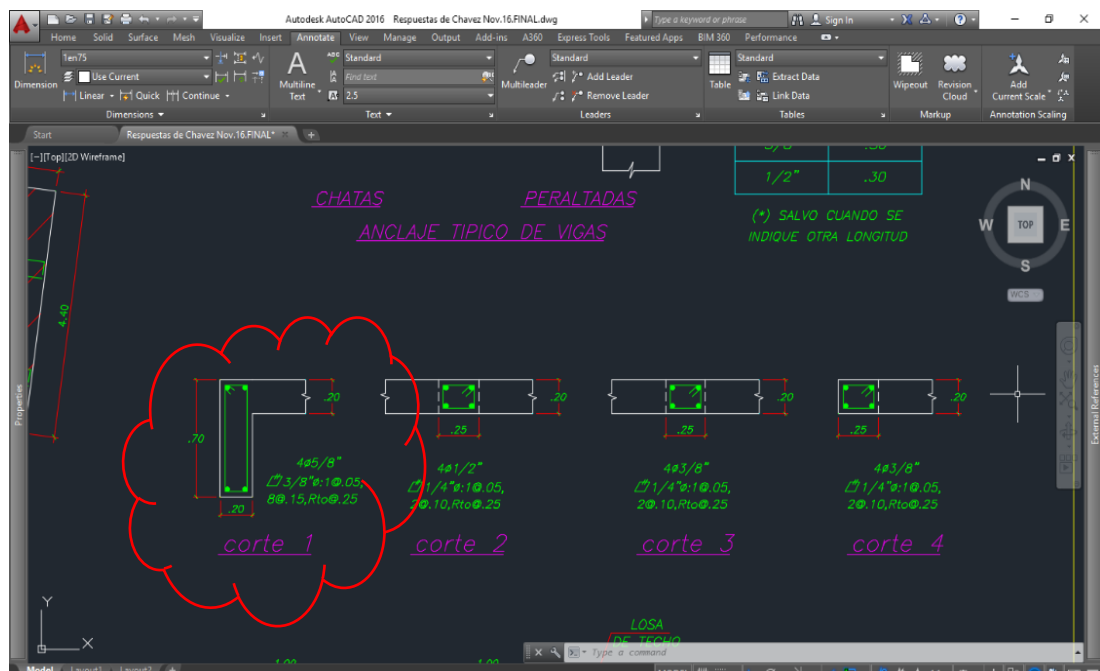
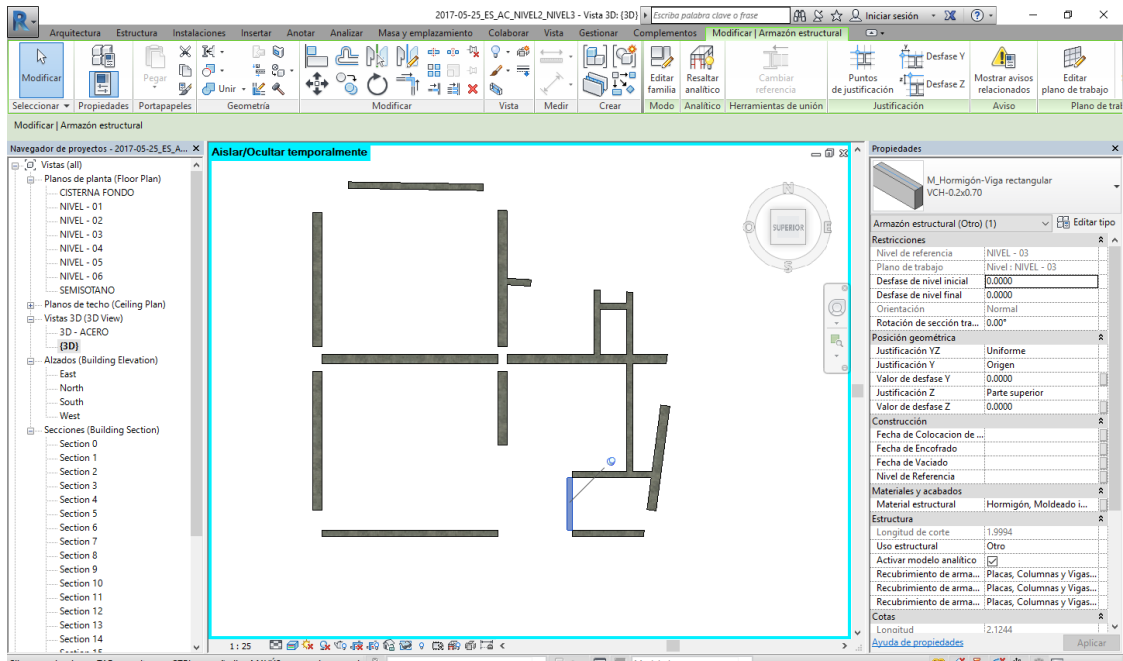


Figura 63 : Falta diminutivo de corte 1-1 por ejemplo el nombre debería ser VC-01 (0.20x0.70).

Fuente: Elaboración propia

El termino VCH es para vigas chatas y esta es peraltada. Para uniformisar todos los detalles de corte usar VC.



#### 4.1.9. Error en el Modelado #09

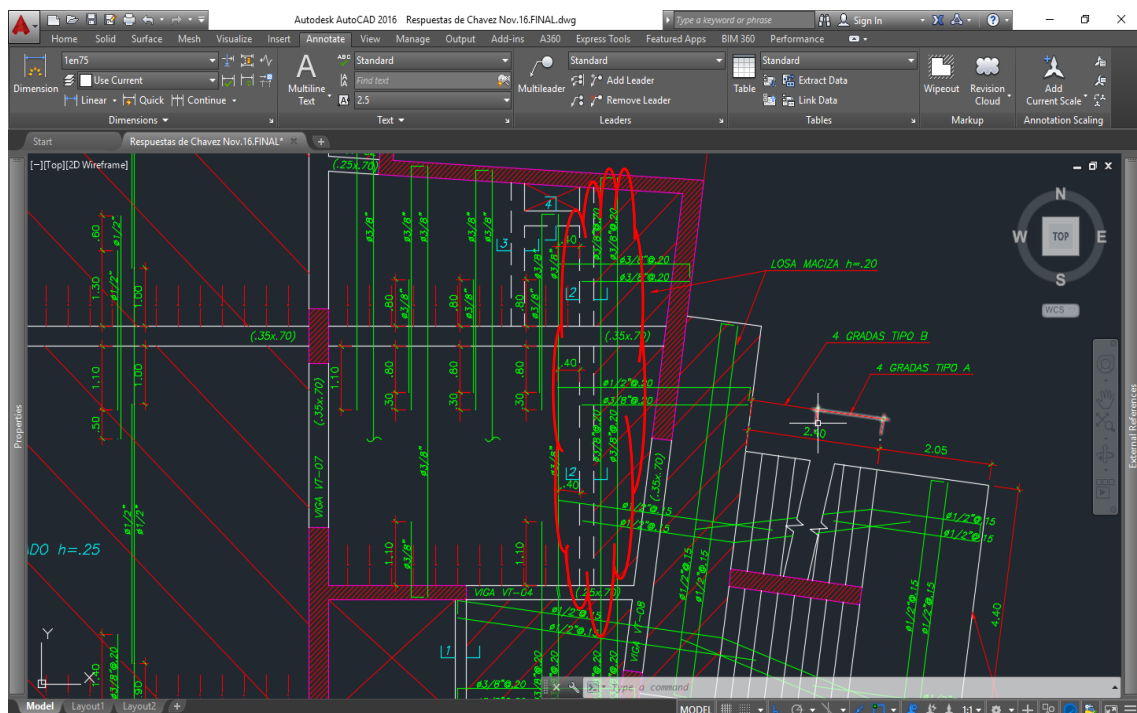
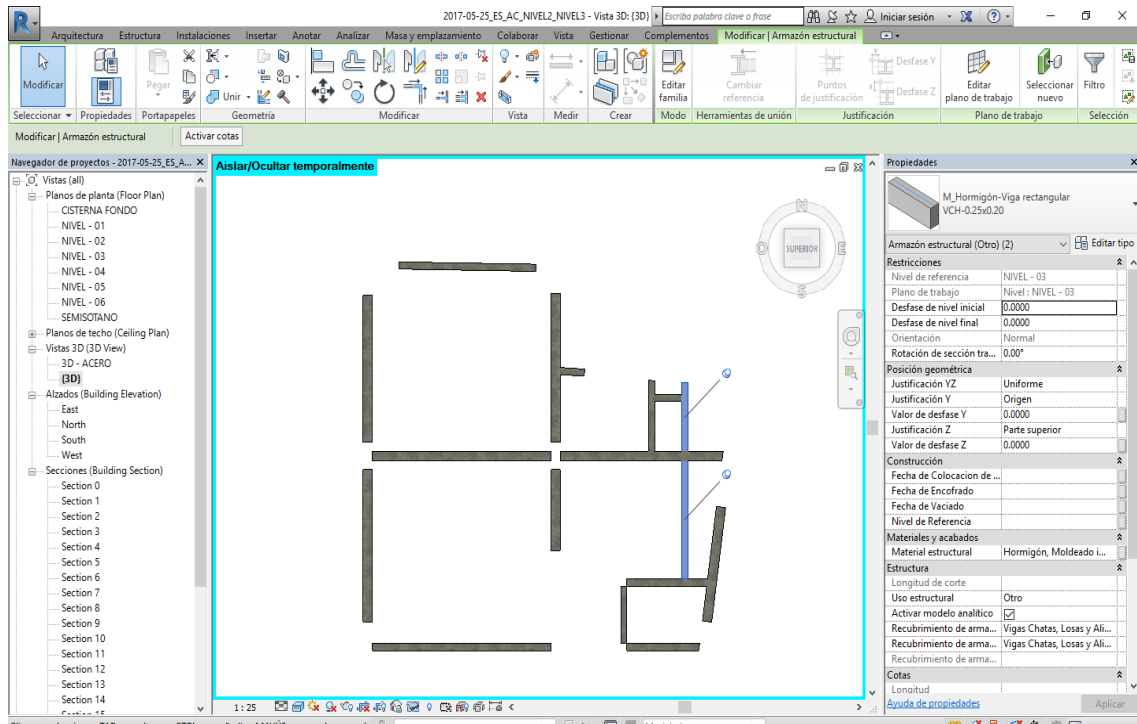


Figura 65 : Falta diminutivo de corte 2-2 por ejemplo el nombre debería ser VC-02 (0.25x0.20).

Fuente: Elaboración propia



#### 4.1.10. Error en el Modelado #10

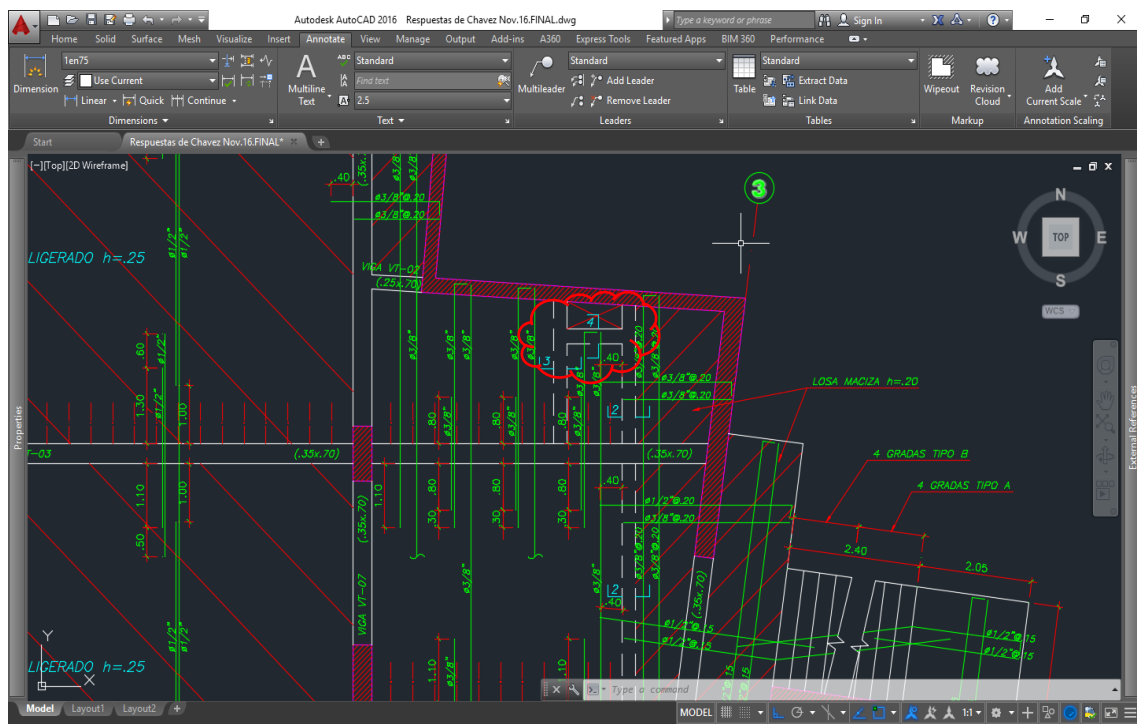
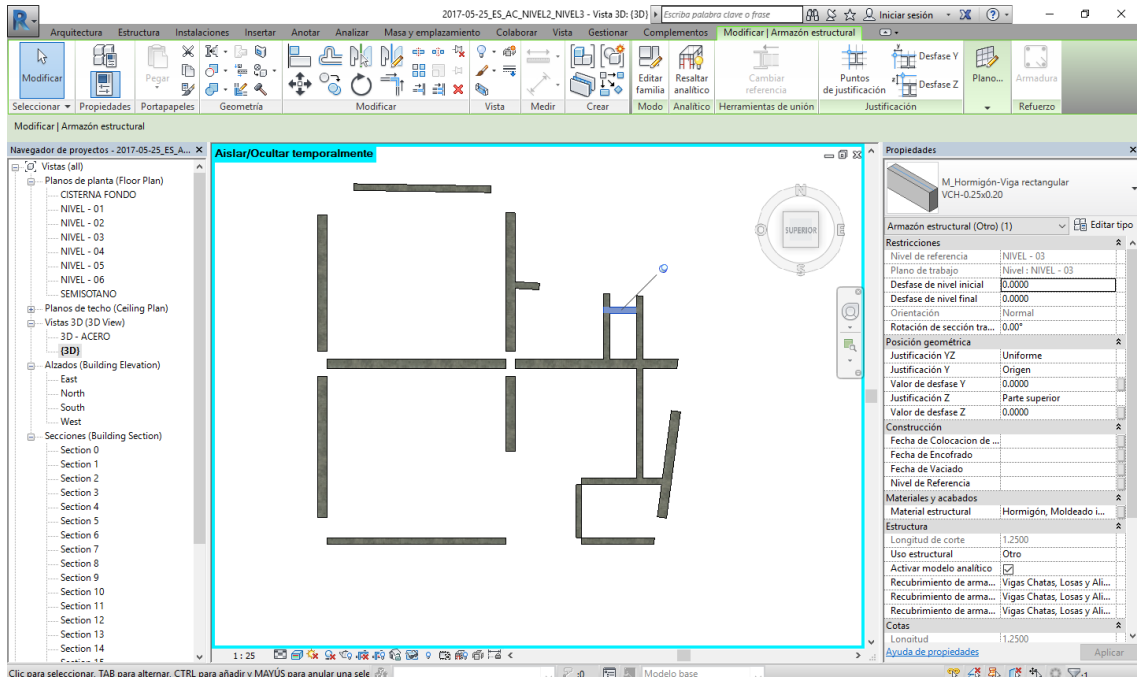


Figura 66 : Falta diminutivo de corte 4-4 por ejemplo el nombre debería ser vc-04 (0.25x0.20).

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.11. Error en el Modelado #11

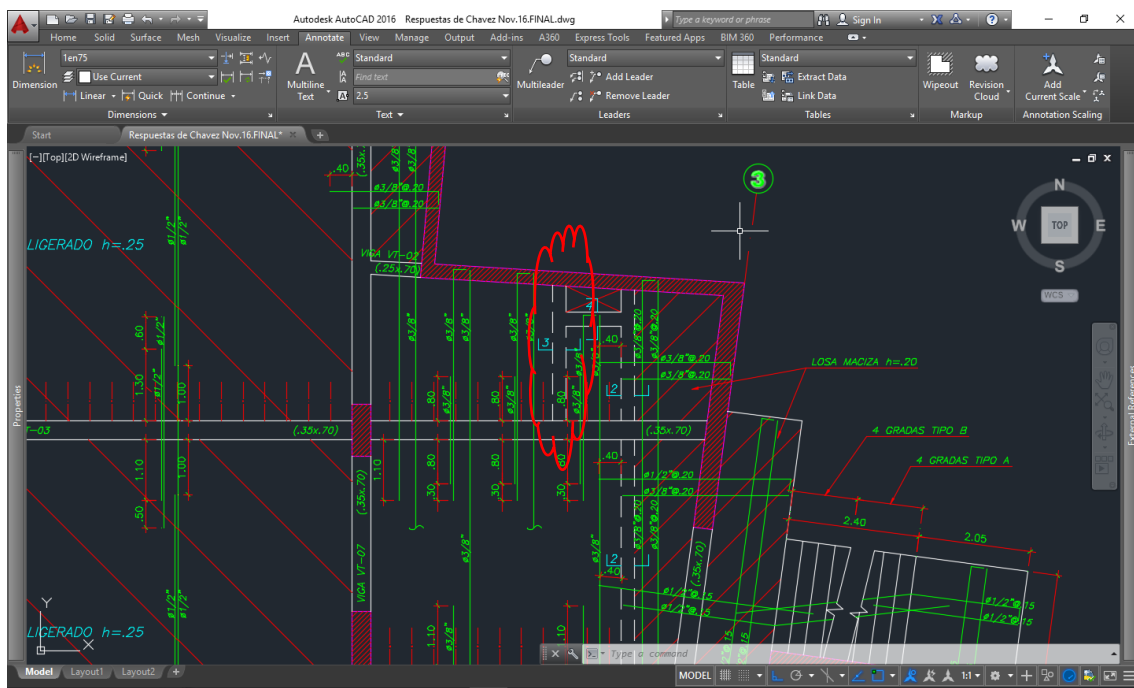
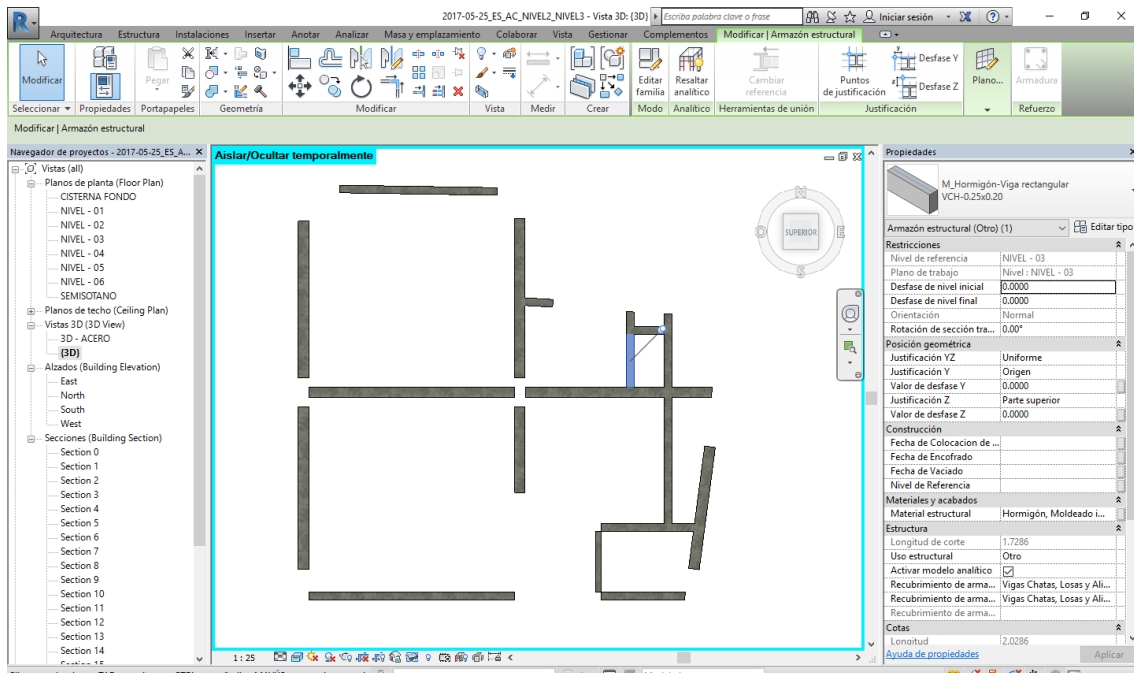


Figura 67 : Falta diminutivo de corte 3-3 por ejemplo el nombre debería ser VC-03 (0.25x0.20).

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.12. Error en el Modelado #12

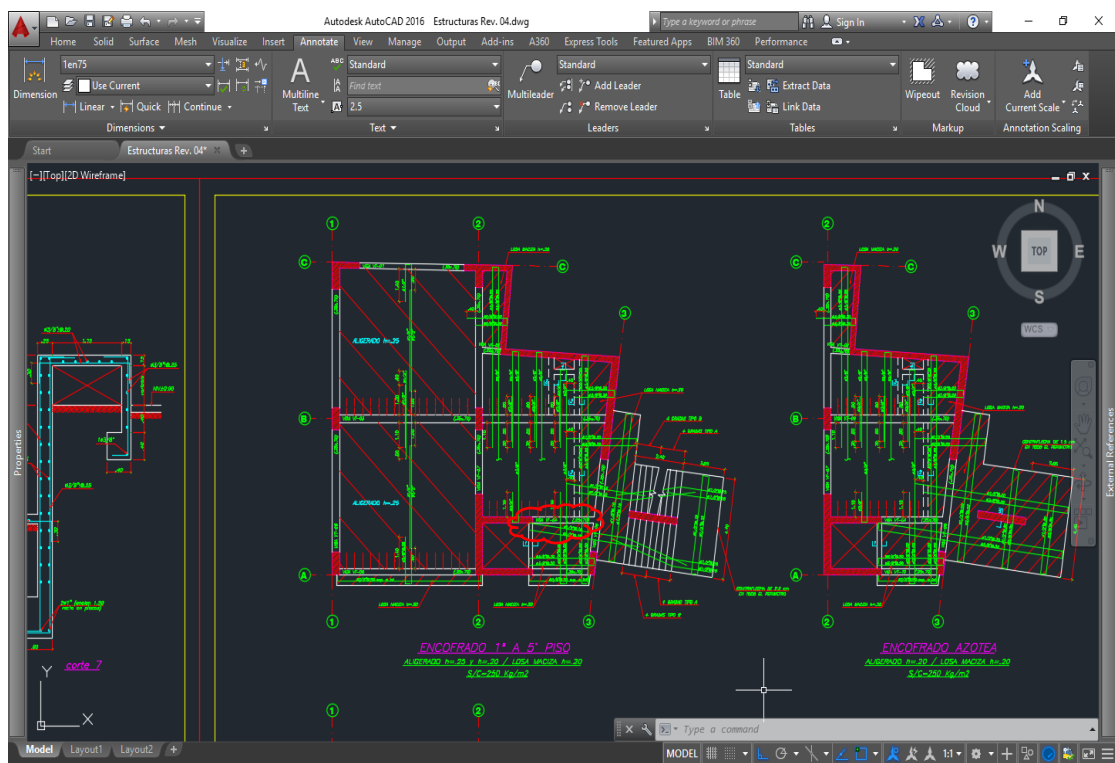
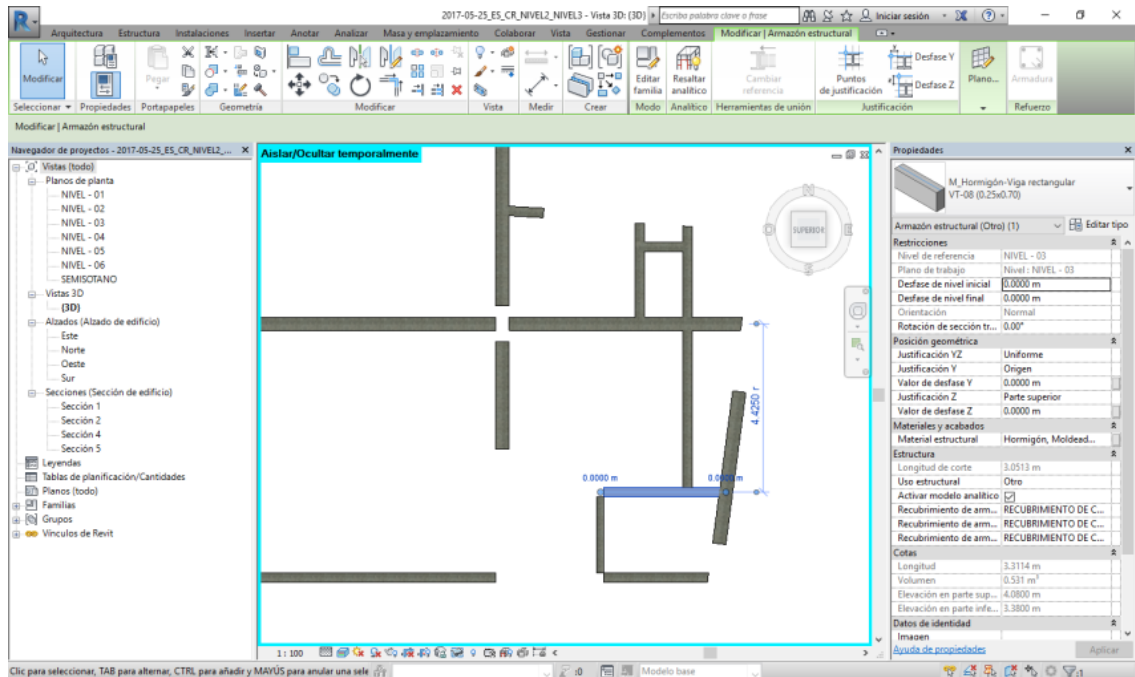
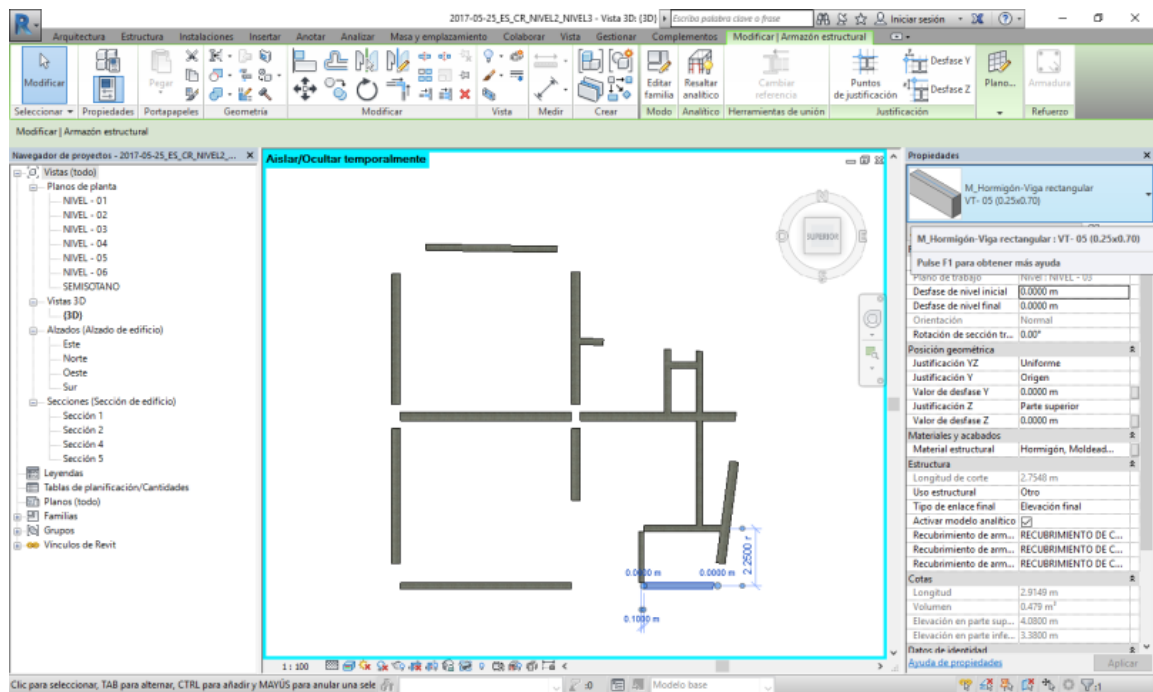
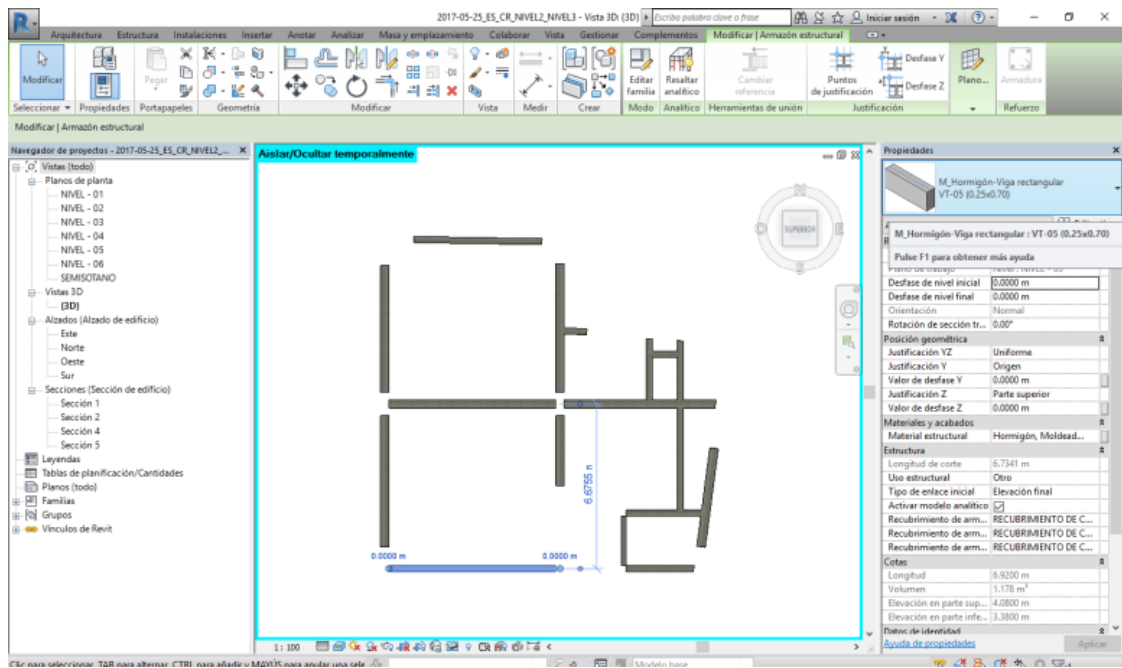
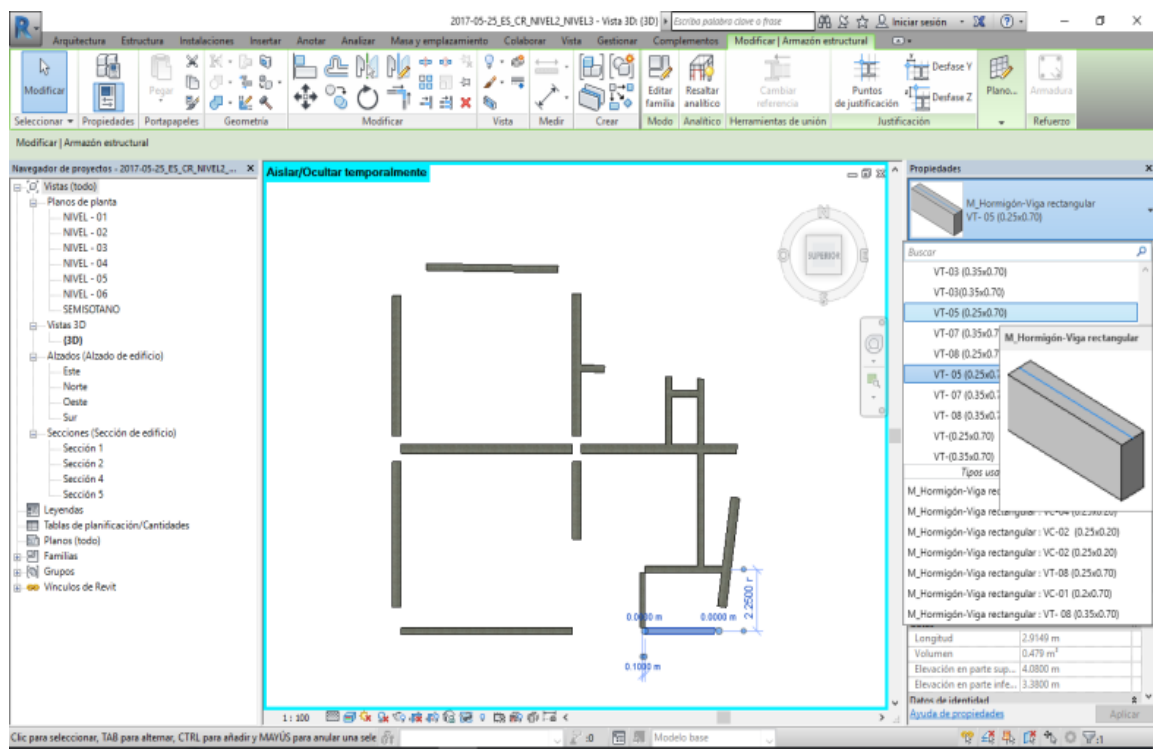
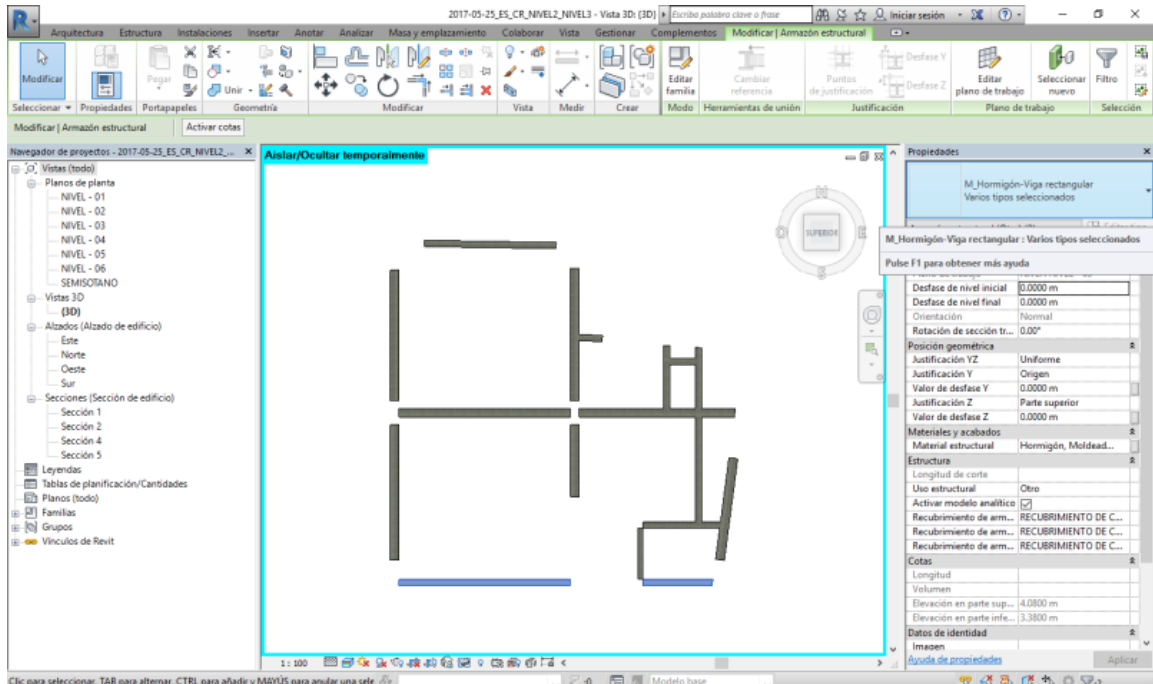


Figura 68 : Cambiar La VT-08 (0.25x0.70) a VT-04 (0.25x0.70)

Fuente: Elaboración propia

### 4.1.13. Error en el Modelado #13





Como ven en las imágenes estas vigas en el modelo pertenecen a distintos tipos pero en si es la misma viga. esto tendrá problemas en los metrados porque el revit no la considerará como una sola viga sino como varias. una de las vigas es vt-05 (0.25x0.70) y la otra es vt- 05 (0.25x0.70). La diferencia de los nombres es en el espaciado entre el guion y el cero. Por ello se asignará como un solo tipo y se

usará el vt-05 (0.25x0.70) sin espaciamento. hacer eso para las vigas que haya esos problemas las cuales son:

VT-03(0.35X0.70)

VT-05 (0.25X0.70)

VT-08 (0.35X0.70)

VC-02 (0.25X0.20)

VC-03 (0.25X0.20) --- su continuidad está como vch-0.25x0.20 cambiarla A VC-03 (0.25X0.20)

## CAPÍTULO V :

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Modelación paramétrica:

El modelo paramétrico es uno de los motivos principales de utilizar la tecnología BIM en un proyecto. En esta investigación el modelo virtual se efectuó con “productos de modelación BIM” de autodesk Revit. A diferencia de un sistema CAD o un modelo tradicional, BIM añade más flexibilidad y dinamismo. “Revit architecture” se empleó para diseñar muros, puertas, ventanas, fachadas, etc. Y

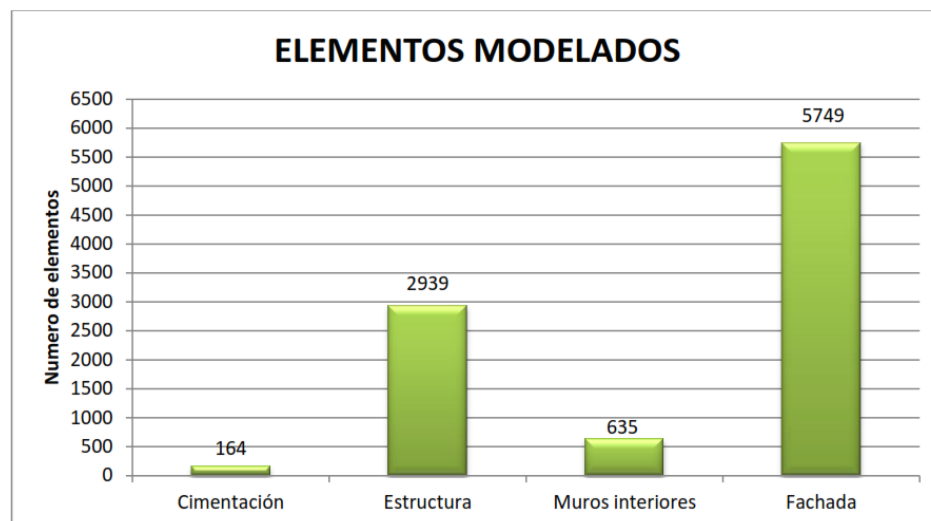


Figura 69 : Cantidad de Elementos

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de modelado virtual del proyecto, se emplearon distintas familias predeterminadas del software. No obstante, fue primordial originar variadas familias para reemplazar aquellos elementos que faltan.

## **5.2. Procedimiento de modelación: imprecisiones en planos de diseño y equivocaciones en la integración de planos y documentación de diversas áreas de diseño:**

El proceso de modelación del edificio se llevó a cabo con base en un diagrama BIM de creación de modelos a partir de planos 2D. En este contexto los planos deben ser muy precisos para generar un modelo de buena calidad. La información contenida en planos arquitectónicos y estructurales contenía errores que hicieron difícil el proceso de modelación, la corrección de estos errores consumió tiempo en trabajo rehecho y en algunos casos se efectuaron visitas a obra para detallar los elementos de modelación.



Tabla 6 : Relación de errores encontrados en los planos de  
Fuente: Elaboración propia

Número	Descripción	Documento
1	Columna inexistente en los planos enviados a curaduría, intersección de los ejes A-5.	Planos estructurales.
2	La viga ubicada sobre el eje 5' debe estar en el eje 5.	Planos estructurales.
3	Las vigas proyectadas sobre el eje D' se encuentran a 1.28 m en los planos estructurales y a 0.91 m en los arquitectónicos.	Planos estructurales.
4	Los elementos de unión Viga-Columna rigidizadores superiores en los planos de detalle pero se construyeron sin este rigidizador.	Planos estructurales.
5	Los planos arquitectónicos presentan una losa de nivel de cubierta superior diferente a la que presentan los planos estructurales.	Planos estructurales.
6	El detalle de los muros que conforman el elemento trapezoidal de la entrada principal presentan un dimensionamiento errado del elemento.	Planos arquitectónicos.
7	Las cerchas de columna presentan una altura diferente a la de construcción.	Planos arquitectónicos.
8	Los detalles de las uniones Viga-Vigueta eran insuficientes.	Planos estructurales.
9	No se presentan detalles para construcción del muro de paramento lateral sobre el eje-1.	Planos estructurales.
10	Columna no rotulada.	Planos estructurales.
11	En la intersección eje A-6 la unión de las vigas a las columnas no deben ser hechas con dos rigidizadores porque ambos quedarían sobre el alma de la viga.	Planos estructurales.
12	Las cantidades de obra de pantallas de acero fueron cuantificadas para pantallas de 9 mm de espesor, pero en los planos estructurales el diseño requiere pantallas de 12 mm.	Cantidades de obra y presupuesto.
13	El APU de estructura metálica es diferente al precio con que se calcula el presupuesto.	Cantidades de obra y presupuesto.
14	La pantalla preexcavada de concreto de 12 cm de espesor está ubicada de erróneamente con un desfase de 10 cm desde el paramento.	Planos estructurales.
15	Las convenciones de los muros no corresponden a los materiales reales.	Planos arquitectónicos.

### 5.3. Programación: Conforme al software Autodesk Navisworks Manage y lo real:

La programación de obra fue incorporada al modelo paramétrico mediante el software Autodesk Navisworks Manage. Se generó la simulación a partir de esta programación lo que permite una visualización acertada del proceso constructivo de la edificación. A través de esta simulación se puede controlar los cronogramas de obra.

### 5.4. Cuantías de materiales en obra y presupuesto:

La obtención de cuantías de cantidades de obra y asimismo el presupuesto en La extracción de cantidades de obra y el presupuesto en la jerarquía de costos directos (mano de obra, materiales, equipos y herramientas), éstos asociados a las cantidades, presentan disconformidades porcentuales, como se muestra a continuación:

#### 5.4.1. Cimentación:

Las cuantías de cimentación proyectaron 4 ítems para contrastar entre la “modelación paramétrica” y la “documentación de la obra”. Para ello se han estimado las discrepancias porcentuales.

Ítem	Unidad	Cantidad Presupuesto	Costo Unitario	Costo Total
Cimiento D = 0.25 cm Concreto	ml	1040.00	S/12,807.00	S/13,319,280.00
Concreto Pobre E = 0.05 m	m <sup>2</sup>	830.58	S/18,956.00	S/15,744,474.48
Placa De Cimentación Concreto E = 1.50 m	m <sup>2</sup>	830.58	S/441,364.00	S/366,588,111.12
Pantallas En Concreto	m <sup>3</sup>	227.89	S/403,317.00	S/91,913,726.06
<b>TOTAL</b>				<b>487,565,591.66</b>

Tabla 7 : Cantidades de Obra Extraídas del Modelo Revit Structure para Cimentación

Ítem	Unidad	Cantidad Presupuesto	Costo Unitario	Costo Total
Cimiento Vibrados D = 0.25 cm Concreto	ml	1170.00	S/12,807.00	S.14,984,190.00
Concreto Pobre E = 0.05 m	m <sup>2</sup>	830.60	S/18,956.00	S/15,744,853.60
Cimentación Concreto E = 1.50 m	m <sup>2</sup>	830.60	S/441,364.00	S/366,596,938.40
Preexcavadas En Concreto	m <sup>3</sup>	265.20	S/403,317.00	S/106,959,668.40
<b>TOTAL S/</b>				<b>504,285,650.40</b>

Tabla 8 : Cantidades de Obra Extraídas del Presupuesto Original para Cimentación

Ítem	Porcentaje De Error
Cimiento	11.11 %
Concreto Pobre	0.00 %
Placa De Cimentación	0.00 %
Pantallas Preexcavadas	14.07 %

Tabla 9 : Porcentaje de Error para Cimentación.

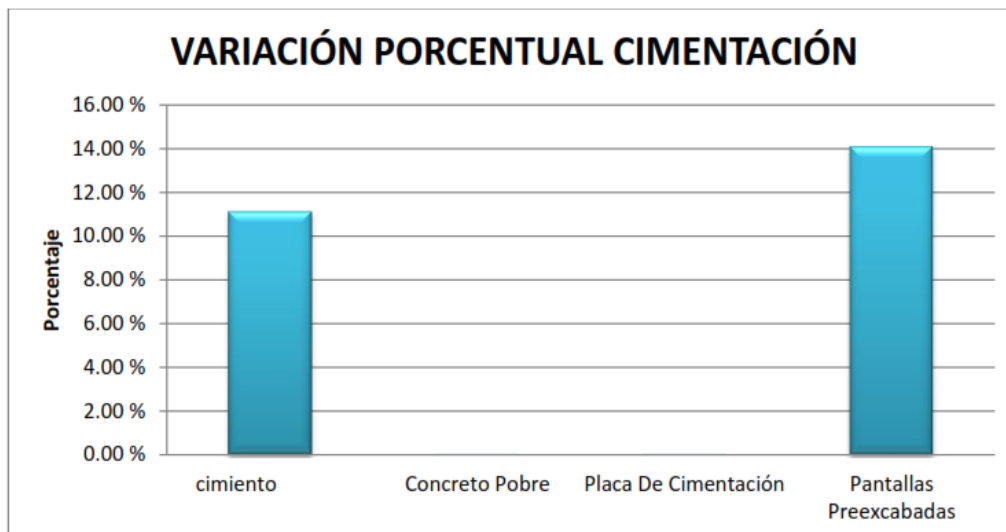


Figura 70 : Variación porcentual del cimiento

La cimentación tiene discrepancias de 11.11%. los componentes y diversos elementos se diseñaron en el programa con una  $L=8.0m$ , lo cual retribuye a la dimensión final del elemento en la edificación, si embargo el procedimiento de construcción de la cimentación debe considerar el volumen de concreto y el precio de las longitudes necesarias que corresponden a volúmenes de concreto que tienen que ser destruidas o demolidas.

Los elementos de “cimentación fundidos” en obra contemplaban una “longitud de descabece de 1m”, de manera que “constructivamente” la longitud del componente era de nueve metros para un total de 1170m de cimentación, en Revit no se tuvo en cuenta esta adicional longitud.

El error N-14 de la tabla da a conocer una pantalla, la cual está ubicada erróneamente en la edificación. La pantalla tiene que juntarse a las otras pantallas, sin estar en desfase de 0.10m de la cara del muro, así el modelo virtual produce un volumen de  $24.35m^3$  de concreto para este componente “tipo muro” de 0.12m de ancho. Examinando los planos de estructuras se halló que los muros que contienen el tanque de agua, de igual modo se consideran en los volúmenes de pantallas “pre excavadas en el presupuesto original de la obra”. Componiendo estos fundamentos al modelo virtual, se halló la discrepancia final.

Los ítems, considerados en el presupuesto produjeron una desigualdad en costos directos de S/. 16,720.059.00 soles, donde el modelo virtual, menosprecia y desconsidera el costo total real de los materiales por fallas relacionadas a la

cuantificación de materiales a lo largo del procedimiento constructivo y fallas en la “documentación de diseño”

La semejanza de cantidades correspondiente a conexiones que se repiten en los otros “elementos estructurales”. Para el ítem de estructura “del entrepiso” con divergencia de cantidad de 13.36% entre “el modelo y la documentación” no se dibujaron en el modelo las conexiones entre vigas y viguetas, asimismo para las columnas, a pesar de que las conexiones rígidas en uniones vigas y columnas en los pórticos que se necesitaban, “las conexiones a cortante fueron omitidas”.

“Las pantallas de acero”, fueron diseñadas con fundamento en los planos de estructura de la obra, en esta documentación, el grosor mencionado era de 12cm, en tanto que, para la cuantificación de las cantidades, la documentación tenía un grosor de 0.9cm en la misma proposición. Con el objeto de hallar la coherencia del modelo, para esta proposición se sustituyeron las pantallas dibujadas de  $e=12\text{cm}$  a cambio de pantallas de 0.9cm y se logró una cuantía muy cercana a los documentos con una desviación de 1.6% en relación al modelo virtual.

Esta equivocación es el resultado de un diseño separado propio de las estrategias tradicionales fundamentadas en los dibujos 2D. Las disconformidades desconsideran el peso de estos componentes y conforman una cuantificación del costo S/. 31,808.90 inferior a lo real.

Se sustrajeron las cuantías de muros inferiores. En el momento en que se examinó los documentos de cuantías de obra para estas proposiciones, se halló que la información era incompleta y escasamente detallada. En el procedimiento de modelado se produjeron muros de distintos grosores, según el tipo de material. “el superboard” facilitó el emplazamiento de muros de distintos espesores, en tanto que los muros tradicionales poseen espesores que van desde 12cm a 30cm. Los muros se diseñaron con fundamento en los planos de arquitectura que tenían un LOD insuficiente. A causa de la ausencia de acuerdos o normas no se conseguirá establecer con exactitud “el material y la composición estructural” de varios muros, asimismo no hay “detalles” con información específica acerca del total de materiales que conforman un muro.

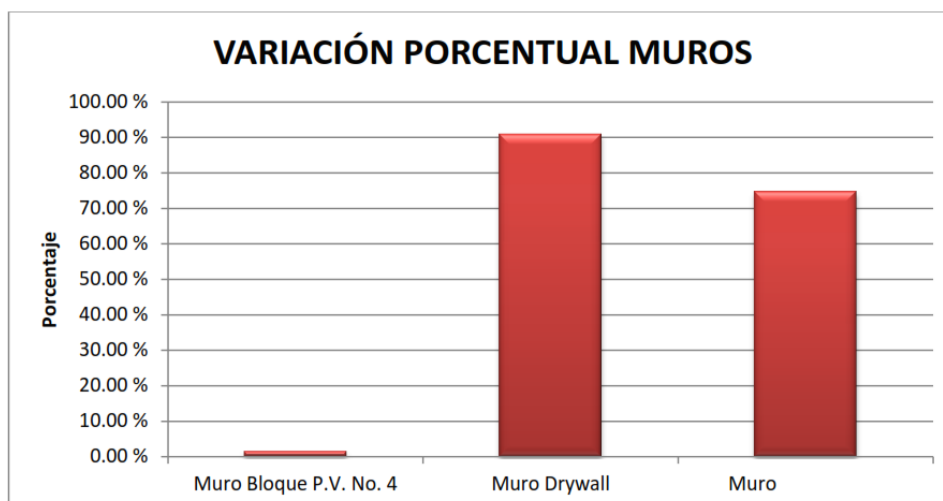


Figura 71 : Variación Porcentual para Muros.

<b>Ítem</b>	<b>Porcentaje De Error</b>
Muro Bloque P.V. No. 4	1.43 %
Muros en Pared Seca	5.79 %
Muro Concreto	-

Tabla 10 : Porcentaje de error para muros

Los planos de arquitectura, muestran “las convenciones” para los distintos modelos o ejemplares de muros de la edificación y con fundamento en esta información, se dibujaron los muros en el programa Revit, asimismo los muros de mampostería de bloques de arcilla, tienen costos muy cercanos al 1.43%. A pesar de ello, “los muros en pared seca”, muros y “superboard” produjeron alteraciones en porcentajes muy altas.

Examinando las consecuencias, se consideró la oportunidad de tener acuerdos fallidos en los planos que producirán errores en el modelo virtual. Por eso se calcularon las cuantías para paredes secas todas juntas en una proposición y se halló que las cuantías son cercanas y difieren en un 5.79%. al efectuar la suma de las cuantías de los muros, por otra parte, al hacer lo mismo de la documentación, se logra obtener un valor equivalente a m<sup>2</sup>. De esta manera se consiguió instaurar que los muros en “pared seca” que se alcanza del modelado, son próximos a los costos que presentan cuantías del proyecto separadamente de la clase de material del cual conforman cada muro.

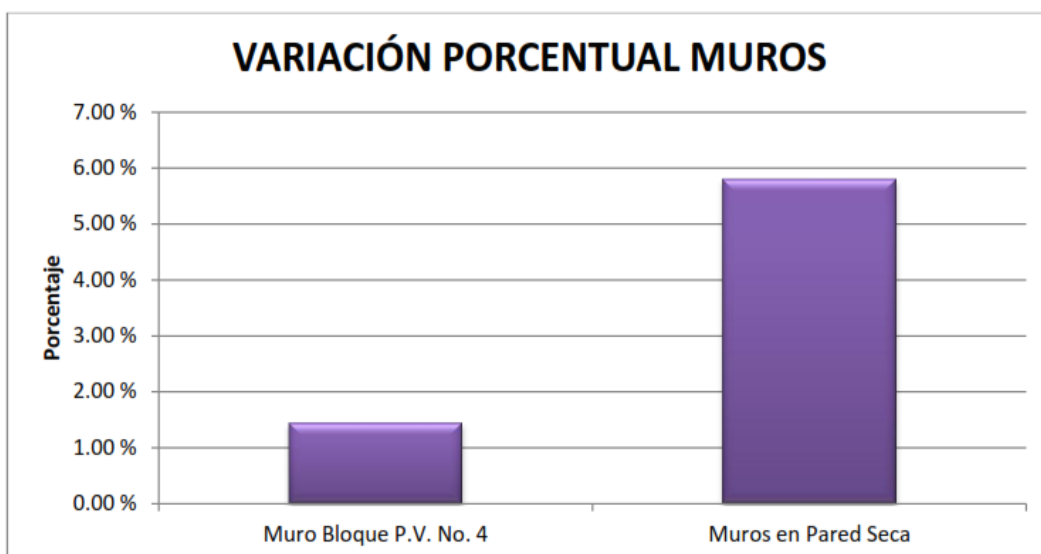


Figura 72 : Variación Porcentual para Muros

Se preguntó con el ingeniero consultor de la obra, para procurar establecer cuáles eran los muros respectivamente, con el objeto de modernizar el modelo virtual, pero fue difícil tener información exacta. Se llegó a la conclusión que los planos tenían fallas en las convenciones que dan a conocer la clase de muro a poner en cada circunstancia y muestran cuantías máximas de muros, desconsiderando la cantidad de muros. Una falla de este tipo posee efectos sobre el procedimiento de adquisición de insumos.

Una falla de este tipo tiene influencia sobre el procedimiento de adquisición de insumos y el presupuesto de los muros inferiores de la construcción. En el presupuesto económico, los muros se dan a conocer como proposiciones distintas, cuyo análisis de precios unitarios es también distinta en cada caso. Conforme los APU del proyecto, el m<sup>2</sup> de muro equivale a S/.65.00, a dar a conocer un presupuesto apreciado con fundamento en las cuantías que da el modelo, se estimaría un costo total incorrecto y en exceso para la proposición de “muros en pared seca”, para lo cual se necesitaría de S/. 92,355.00 en el costo total.

##### **5.5. Establecer las utilidades que produce la implementación de la metodología en el procedimiento de construcción del proyecto:**

A modo de entendimiento del trabajo del modelado, asimismo de la implantación de la metodología BIM, se pueden considerar las utilidades ligadas que hubiese contribuido un trabajo de esta clase a los “procedimientos de diseño y construcción de la obra”.

Para la circunstancia del proyecto de edificación que desempeñó como fundamento para el modelado virtual, al haber producido un modelo virtual paramétrico de la obra a construir, hubiera esquivado, en la etapa de diseño 15 fallas que alcanzaron a los documentos finales para la edificación de la obra “(los planos finales de edificación y asimismo planos de detalle)”. Se puede deducir que de las 15 fallas que se tienen como resultado de las incompatibilidades de los planos, estos afectarían en la ejecución del proyecto, manifestándose en el incumplimiento del cronograma, presentando un retraso de obra.

Uno de los principales documentos que produjeron inseguridad en todo el proyecto, fue el plano de detalle del “elemento trapezoidal” que conforma el pórtico de ingreso a la construcción. El acotamiento y la forma que tenían los planos en 2D, no correspondían a las dimensiones y proporciones que el proyecto en realidad mandaba. Un modelado de información en BIM, hubiese facilitado una temprana visualización en tres dimensiones conformada por elementos en cuestión, facilitando una mejor comprensión de la forma de la edificación.

Como se mostró y corroboró en las indagaciones de cuantías, los documentos, no tienen cuantías en concordancia con “los planos de diseño” para varios de los componentes que se consideran dentro de la investigación. Juntar las cuantías de obra y el presupuesto a un modelo virtual BIM, totalmente parametrizado correctamente facilita un correcto control dinámico de las mismas, en otras palabras, que se pueden regular las cuantías y costos de los distintos elementos. De un modo altamente técnico, se pueden encontrar fallas en los planos de diseño en relación al modelado a través de la obtención de cuantías de obra, en el momento en que estas tengan valores o datos incongruentes y nada realistas.

## CONCLUSIONES

1. La presente tesis abarco hallar el grado de influencia y evaluar el impacto de la implementación del Building Information Modeling (BIM) en edificaciones, para ello se utilizaron modelos paramétricos, como son los elementos de cimentación (164), estructura (2939), muros interiores (635), fachada (5749). La parte de la cimentación tiene discrepancias de 11.11%. A lo largo de toda la investigación, se han dado a conocer las principales dificultades que puede tener un proyecto de construcción en lo que se refiere a la documentación, asimismo a la tarde integración y colaboración entre los distintos actores esenciales en un proyecto. Building Information Modeling disminuye significativamente esta brecha en la transferencia de información, produciendo un “entorno proactivo e intenso de colaboración”, componiendo desde fases tempranas del proyecto a los actores fundamentales del proyecto, para de este modo lograr anticiparse a los problemas y dificultades que puedan suscitarse en la ejecución del proyecto, BIM influye significativamente para la optimización de gestión de proyectos de edificaciones en la ciudad de Huancayo brindando información eficaz y eficiente tanto visualmente como de modo técnico, facilitando añadir herramientas tecnológicas de visualización y gestión de datos en el sector construcción y fundamentalmente maximizando mejores resultados de los proyectos, perfeccionando la calidad, reduciendo los costos y disminuyendo los plazos preestablecidos.
2. Building Information Modeling, influye significativamente en la calidad de proyectos de edificaciones en la ciudad de Huancayo, a través de BIM, se solucionan las incompatibilidades de un proyecto en la fase de diseño, disminuye la cantidad de consultas de esta clase halladas durante el casco o estructura de la edificación en un 94%. Asimismo, al anticipar la detección de incompatibilidades en la etapa de diseño se estaría previniendo la ocurrencia de estos errores en la fase de construcción, generando costos adicionales y una obra de pésima calidad. BIM genera un impacto positivo en las obras, ya que el equipo encargado de la construcción de un proyecto, no destinaría su tiempo en identificar las consultas y remitirlas al equipo de supervisión del proyecto a través de solicitudes de requerimientos de información que siguen un proceso burocrático ya sea en una obra ejecutada por administración directa o indirecta, claro que en la primera



tomarían mayor tiempo para devolver la solicitud de información con una respuesta válida proporcionada por el consultor del proyecto. Al implementar BIM, Estos esfuerzos de idas y venidas de aclarar dudas o incompatibilidades del expediente técnico, se centrarían en requerimientos más importantes como consultas para mejorar un proceso constructivo en obra o emplear un material diferente a lo tradicional, etc. Entonces se puede concluir que BIM mejora significativamente la calidad de un proyecto, desde los documentos contractuales hasta la etapa de la construcción, operación y mantenimiento.

3. La implementación de Building Information Modeling, incide significativamente para la optimización de proyectos de edificaciones respecto al plazo de ejecución, en el proyecto de investigación se ha generado un “modelo paramétrico” del proyecto a construir, a través de la implementación de BIM para el edificio del instituto continental de Ayacucho y real, en la fase de diseño, se están anticipando la posible ocurrencia de 35 errores halladas en los planos finales de construcción y planos de detalle. En el proceso de modelación de las 15 fallas encontradas, la mayoría tenían afectación en el proyecto, impidiendo en su futura ejecución el cumplimiento del cronograma programado de obra y presentarían un retraso en la ejecución del proyecto. La forma en que influye el BIM en los proyectos de edificaciones es significativo, ahorrando el plazo de ejecución, ya que, si en el futuro se ejecuta el proyecto, las incompatibilidades que se detectaron al ejecutarse o al detectarse tardíamente durante la construcción de la obra, restarían al plazo inicial de ejecución del proyecto.
4. La implementación del Building Information Modeling (BIM), optimiza los costos de construcción de un proyecto. Las diferencias en el presupuesto del proyecto en estudio, produjeron una diferencia respecto a los costos directos del presupuesto en general de S/. 16,720.059 soles, donde el modelo virtual, desconsidera el costo real de los materiales, mano de obra, equipos y herramientas por fallas relacionadas a la estimación de cantidades a lo largo del proceso constructivo y también de fallas en los documentos de diseño. en la actualidad, las empresas en el Perú no se encuentran en estrecha relación con BIM, debido a que es una metodología moderna, esto conlleva a que los dueños, gerentes y demás miembros de una empresa, sientan temor de cambiar su sistema de trabajo, debido quizá a que lo consideran como una tecnología complicada y a no tener éxito en su desarrollo.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que a Building Information modeling, no se debe ver como una herramienta tecnológica, ya que ello limita ver realmente el potencial que nos ofrece. Varios profesionales se refieren mal de BIM, manifestando que es simplemente utilizar Revit y que solamente modela un proyecto en 2d, sin embargo, BIM es el modelado de la información completa de todo un proyecto, la información de cada componente modelado servirá en todas las fases para efectuar una retroalimentación al equipo del proyecto y que su empleo genere una integración con un método de trabajo organizacional. Por eso se recomienda emplear BIM definiéndola en primer lugar como una metodología que emplea herramientas tecnológicas las cuales, facilitan construir primero de modo virtual con el objetivo de reconocer los “errores potenciales” y distintos aspectos de mejora, de modo que, al edificar el proyecto por segunda vez, es decir una ejecución real, las observaciones reconocidas anteriormente no impactaran.
2. Se sugiere que a lo largo del proceso de implementación de BIM, no se produzca una gran expectativa o teoría para ejecutarla, sino que todo se vaya desarrollando de forma gradual, de tal modo que su impacto de cambio, no genere un rechazo inesperado, sino una aceptación de transición natural. Si se opta por implementar BIM de forma constante y sostenida de un proyecto en general y poco a poco, se va ir acoplando en todos los involucrados o stakeholders de un modo óptimo. Existirán mejores posibilidades del éxito en su implantación.
3. Se recomienda que para la implementación de Building Information Modeling, en un proyecto, en primer lugar se defina correctamente un plan de implementación, en el cual se puedan definir los principales usos a lograr con esta metodología y también definir el plazo para el modelado virtual, ya que si no se define ello, no se tendría un control de todo el proyecto a comparación con los métodos tradicionales, como el AutoCAD, es por ello que el plazo de ejecución debe ser monitoreado por el BIM manager, quien será el actor principal en todo el proyecto y cuya función principal será el de maximizar los usos principales de BIM en el proyecto.

4. La implementación de Building Information Modeling, producirá un retorno de inversión, que debe ser visto como una proposición o indicador económico de la implantación de BIM, todo ello producto del análisis de costos unitarios calculados en el presupuesto del proyecto, en donde se tuvo en cuenta cotizaciones económicas de precios actuales del mercado en el sector construcción, se recomienda que para implementar Building Information Modeling, para analizar profundamente las ventajas de esta metodología, es necesario cuantificar económicamente los errores de las incompatibilidades detectadas en el modelado virtual, y estos al ser cuantificados con precios referenciales del presupuesto de obra, gracias a ello se podrá determinar el grado de influencia del BIM en un proyecto de construcción respecto a los costos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcántara, V. (2013). Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM. Lima: UNI
2. Buildingsmart Finland. (2012). COBIM CommonBIM Requirements. Helsinki Finland.
3. Eastman, C. y. (2011). BIM Handbook: A Guide to building Information Modeling for Owners. New Jersey: Engineers and Contractors (2da Ed).
4. Hernandez Sampieri, R. F. (2004). Metodología De La Investigación. México: McGraw-Hill Interamericana.
5. Khanzode, A., Fischer, M., & Reed, D. (2008). Benefits and Lessons Learned of Implementing Building Virtual Design and Construction (VDC) Technologies for Coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) Systems on a Large Healthcare Project. California: Stanford University.
6. Libro de ejercicios para implementar proyectos piloto de BIM. (Autodesk 2014).
7. Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM. (s.f.).
8. Mojica Arboleda, A., & Valencia Ribera, D. (2012). Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá.
9. Oscanoa Hidalgo, W. (2015). Uso de la Tecnología BIM Para La Gestión y Desarrollo de Proyecto: Centro Cultural de la Universidad Nacional del Centro del Perú-Huancayo.
10. Quintanilla, M. (1988). Tecnología: Un Enfoque Filosófico. Madrid: Fundesco.
11. Quiroz, J. (27 y 28 de agosto del 2014). BIM para proyectos pequeños, Medianos y Grandes. Trabajo presentado en el Congreso BIM: Maximizando Los Resultados de sus proyectos organizado por la Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO – Lima.
12. Silva, R. O. (2010). *Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM*. Santiago de Chile.

13. Taboada, J. (2011). Detección de interferencias e incompatibilidades e en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM. Obtenido de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/viewFILE/6>

## **ANEXOS**

## ANEXO Nº 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES VARIABLE DEPENDIENTE	METODOLOGIA
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo que permite información, innovación y colaboración para la optimización de gestión de proyectos de edificaciones en la ciudad de Huancayo?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar la repercusión favorable de la implementación del Building Information Modeling (BIM) para la optimización de la gestión de proyectos de edificaciones.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La implementación del Building Information Modeling (BIM), permite generar en los proyectos de edificaciones ventajas a través de un trabajo colaborativo el cual se fundamenta en tres pilares de información, innovación y colaboración durante el ciclo de vida de un proyecto desde su conceptualización, diseño, creación de documentos, construcción hasta la operación y mantenimiento.</p>	<p>Proyectos De Edificaciones</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Investigación Aplicada</p>
<p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>¿Cuál es el efecto de implementar el Building Information Modeling (BIM) respecto a la calidad en los proyectos de edificaciones?</p>	<p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Mostrar técnicamente los efectos a gran escala de implantar el Building Information Modeling (BIM) respecto a la calidad de proyectos de edificaciones.</p>	<p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <p>La implementación del Building Information Modeling (BIM) permite la detección temprana de incompatibilidades de tal modo que evita su ocurrencia en la fase de construcción, permitiendo indudablemente mejorar la calidad del proyecto de edificación.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p>	<p><b>Nivel de investigación</b></p> <p>Investigación descriptiva - Correlacional</p> <p>Investigación descriptiva - Correlacional de verificación y validación de hipótesis causales. Porque su fin es la exposición de los fenómenos mediante la utilización de métodos descriptivos como la observación, estudios correlacionales, de desarrollo, etc. con el objetivo de comprender su estructura, rasgos importantes y las características que participan en la dinámica de los fenómenos que se analice.</p>
<p>¿El Building Information Modeling (BIM) posee alta repercusión en los costos de los proyectos de edificaciones?</p>	<p>Describir los beneficios a nivel de costos mediante presupuestos comparativos el impacto de implementar Building Information Modeling (BIM) en proyectos de edificaciones.</p>	<p>Building Information Modeling (BIM) y su implantación en proyectos de edificaciones incide indiscutiblemente en la optimización de costos involucrando personas, empresas y tecnologías mediante un proceso sinérgico y colaborativo incrementando la productividad de los proyectos.</p>	<p>Building Information Modeling (BIM)</p>	
<p>¿Se puede determinar un beneficio favorable de la implementación del Building Information Modeling (BIM) respecto al tiempo de ejecución de los proyectos de edificaciones?</p>	<p>Argumentar la incidencia de la implementación del Building Information Modeling (BIM) en la optimización de tiempo de ejecución de proyectos de edificaciones.</p>	<p>La implementación del Building Information Modeling (BIM) permite reducir el plazo de ejecución de un proyecto a través de una erradicación de ampliaciones de plazo por consultas al proyectista respecto a deficiencias o errores en el expediente técnico del proyecto de edificación.</p>		

## ANEXO Nº 2: EJEMPLOS DE APLICACIÓN BIM

### I. Edificio MEDICO “CAMINO”- CALIFORNIA, EEUU

**Alcance del Proyecto:** US/.98 millones, 23.500 m2 correspondientes a habitaciones del edificio médico y 38.000 m2 a estacionamientos.

**Duración del Proyecto:** 24 meses entre diseño y construcción con 12 meses de traslape.

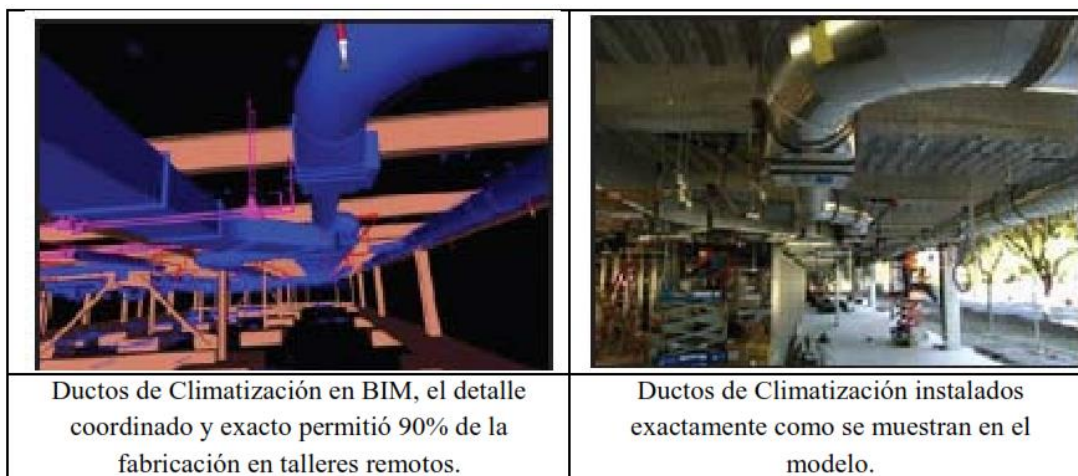
**Alcance BIM:** Detección de interferencias y prefabricación remota.

**Softwares compartidos:** AutoCAD y Navisworks.

**Costo para el Proyecto:** S/. 4100,000 - 0.5% del presupuesto del proyecto.

**Beneficios:** Aproximadamente US/.3 millones del costo y un estimado de más de 6 meses del plazo.

El contratista general “DPR” y sus subcontratistas construyeron un modelo 3D del edificio medico “Camino” desde dibujos 2D hechos por las especialidades MEP y lo usaron para maximizar la detección de interferencias y la productividad en terreno. El subcontratista de mecánica, Southland Industries, fue capaz de usar el modelo para fabricar y hacer el montaje de más del 90% de sus ductos y tuberías en talleres remotos. Esto resulto en un requerimiento de un 30% menos de material y de un 55% menos de horas utilizadas para el ensamblaje en terreno que hubieran sido necesarias en proyectos similares y produjo un ahorro de más de US/.400.000 para este subcontratista. El mandate comento que el proyecto había procedido mejor que cualquier otro en que este haya participado en sus 30 años de experiencia y que desde ahora va a requerir el uso de BIM en todos sus proyectos futuros.





## II. ACUARIO “HILTON” – GEORGIA, EEUU

**Alcance del Proyecto:** US/.46M, 45.000 m2 (Hotel y Estacionamientos).

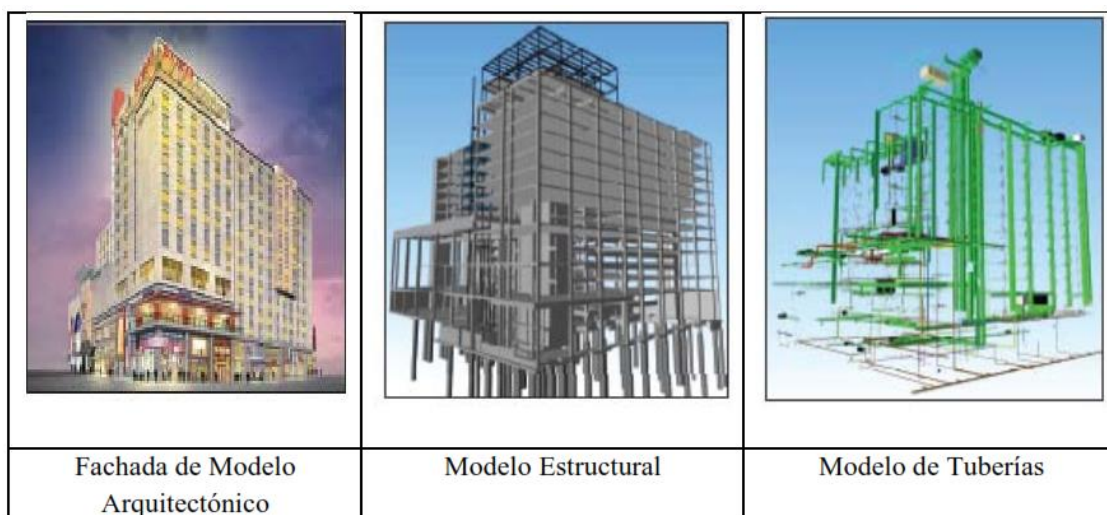
**Duración del Proyecto:** 21 meses entre diseño y construcción con 9 meses de traslapo. Alcance BIM: Coordinación etapa de diseño, detección de interferencias y modelamiento de secuencia constructiva.

**Software utilizado:** Navisworks usado como plataforma común.

**Costo para el Proyecto:** US/.900.000 - 0.2% del presupuesto del proyecto.

**Beneficios:** US/.600.000 atribuibles a la eliminación de interferencias.

El contratista general “Holder Construction” utilizó modelos BIM en el proyecto “Acuario Hilton” para apoyar la coordinación de las distintas especialidades que participaron en este. Los modelos fueron construidos durante la etapa de diseño por parte de un equipo de diseñadores usando información incluida en dibujos 2D. Este método les permitió a los miembros del proyecto desempeñar sus trabajos en la forma tradicional y eliminar el potencial riesgo asociado a compartir modelos digitales entre los actores del proyecto. A través de reuniones de coordinación 3D, el equipo fue capaz de identificar y resolver rápidamente conflictos, ahorrando un estimado de US/.600.000 en extras y evitando meses de posibles retrasos. Las sesiones también mejoraron la comunicación y la confianza entre los participantes y permitieron una temprana toma de decisiones en cuestiones vitales del proceso. Finalmente, el compromiso de Holder Construction de actualizar el modelo para reflejar condiciones as-built de la obra le proporcionaron al mandante, Legacy Pavilion, un modelo digital 3D de la edificación y de sus varios sistemas para ayudar los procedimientos de operación y mantenimiento.



### III. HOSPITAL “PENINSULA DE MILLS” – CALIFORNIA, EEUU

**Alcance del Proyecto:** US/.350 millones, 46.500 m2.

**Duración del Proyecto:** Diseño: 6 años, Construcción: 3 años, Traslape: 2 años.

Alcance BIM: Verificación del diseño, detección de interferencias.

**Softwares utilizados:** AutoCAD y Navisworks.

**Costos para el Proyecto:** US/.1.5 millones, 0.5% del presupuesto del proyecto.

**Beneficios:** No cuantificados, trabajo aun en progreso.

El mandante “Sutter Health” uso una entrega integrada del proyecto (IPD) en la construcción del Hospital “Península de Mills” colocando a representantes en terreno de la CPMC (California Pacific Medical Center), de arquitectura, del contratista general (Turner Construction) y del propio mandante durante la etapa de verificación del diseño. Se utilizaron modelos BIM como herramienta de colaboración y comunicación. Dar conformidad a las regulaciones definidas por la OSHPD (Office of Statewide Health Planning and Development) fue un gran problema. La aprobación de permisos tomaba meses y cualquier cambio requería una completa reevaluación con enormes impactos al programa de trabajo. La experiencia y el rol de Turner, liderando y entrenando a los participantes inexpertos en BIM, fue clave para dar a estos la confianza para manejar la coordinación del complicado diseño del hospital. Turner dirigió reuniones de colaboración semanalmente en un “i-room” presentando los problemas usando modelos 3D en pizarras virtuales. En palabras del propio coordinador de Turner, “tuvimos 25 personas en una habitación con múltiples y severos problemas, y en 3 horas teníamos 2 páginas documentadas exactamente con lo que debía hacerse”. Al final, el equipo produjo un diseño sin colisiones, donde la mayoría de los materiales MEP y estructurales fueron prefabricados en lugares lejanos a la obra mejorando la productividad y disminuyendo los costos.



Fachada del modelo de arquitectura  
(renderizada)



Reunión de coordinación utilizando  
un “i-room” para apoyar las tareas.

#### IV. DATACENTER HONDA – COLORADO, EEUU

**Alcance del Proyecto:** USS/.22M (USS/.68M incluyendo equipamiento), 5.500 m<sup>2</sup>.

**Duración del Proyecto:** 9 meses entre diseño y construcción con 3 meses de traslape.

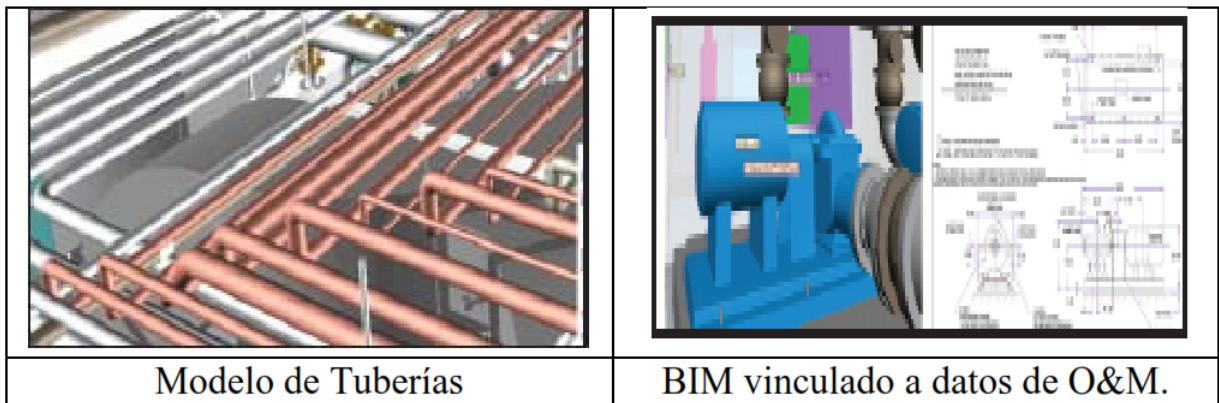
**Alcance BIM:** Detección de interferencias, fabricación remota y vinculación del modelo con datos de operación y mantenimiento.

**Softwares utilizados:** AutoCAD y Navisworks.

**Costo para el Proyecto:** S/.20000.000 – 0,03% del presupuesto del proyecto.

**Beneficios:** No cuantificados.

El subcontratista de mecánica Trautman & Shreve (T&S) utilizó BIM para proveer al mandante una instalación libre de colisiones y un modelo digital as-built para su nueva edificación. La confianza del equipo de T&S en la exactitud de los modelos permitió una extensiva fabricación remota, desempeñando el 75% de la soldadura requerida en talleres, donde la productividad es el doble de la productividad en terreno. El equipo estimó que la productividad aumento en casi un 30%, aunque no se hizo un rastreo tan minucioso de las cantidades. El modelo as-built está totalmente vinculado con los datos de operación y mantenimiento proporcionando una mayor eficiencia en los sistemas, operación de equipos y procesos de mantenimiento, beneficios para el mandante que le durarán el ciclo de vida de estos sistemas.



## V. DATACENTERS – TEXAS Y OHIO, EEUU

**Alcance del Proyecto:** Dos edificios de USS/.150M y 28.000 m2.

**Duración del Proyecto:** 22 meses entre diseño y construcción con 1 mes de traslape.

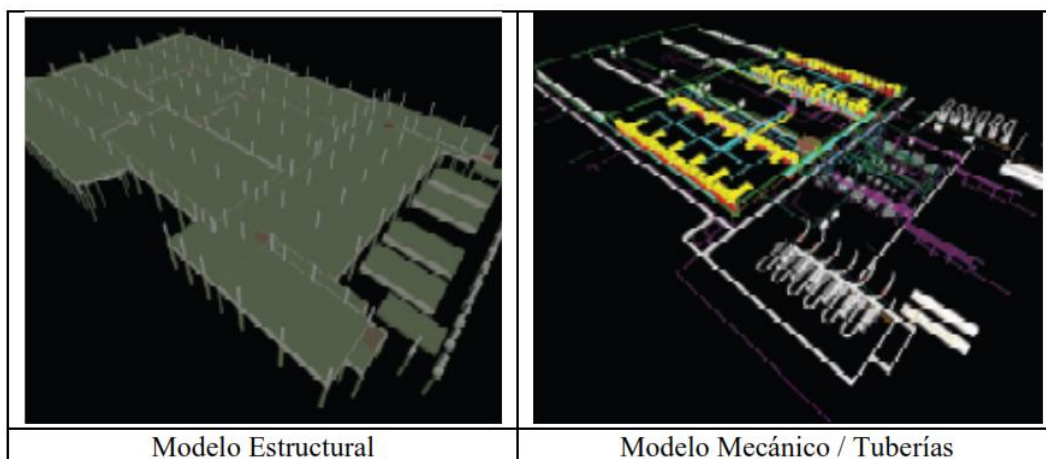
**Alcance BIM:** Detección de interferencias y vinculación del modelo as-built con datos de O&M.

**Software utilizado:** Navisworks.

**Costo para el Proyecto:** S/.7500.000 y USS/.35.000 - 0.01% de los presupuestos de ambos edificios.

**Beneficios:** Ahorro de S/.2200,000 evitando 450 conflictos.

Holder Construction lideró a un equipo de diseño y construcción en la creación de modelos de información para dos proyectos “datacenter” en Texas y Ohio de casi un idéntico alcance. Aprovechando un diseño similar, entrenados los otros actores durante el primer modelamiento de uno de los edificios y aplicando las lecciones aprendidas, Holder fue capaz de producir un segundo modelo a un costo sumamente reducido. En ambos proyectos se detectaron más de 450 interferencias y problemas de coordinación, además de reducir considerablemente la cantidad de RDI. El mayor esfuerzo de Holder en la implementación de BIM lo dirigió al desarrollo de una representación 3D exacta de la infraestructura y sus instalaciones vinculando estos elementos con datos de operación y mantenimiento tales como formularios aprobados, requerimientos manufactureros de mantenimiento, secuencia de las operaciones e información de las garantías. El ahorro de costos por la sola detección de interferencias cubrirá la inversión hecha en la construcción del modelo incluyendo la vinculación con información de O&M, que incluso beneficiará al cliente, en términos financieros y operativos por todo el ciclo de vida de estas instalaciones.



## VI. AMPLIACION CLINICA DAVILA, SANTIAGO, CHILE

**Alcance del Proyecto:** Monto de 630.736 UF y una superficie de 29.685 m<sup>2</sup>.

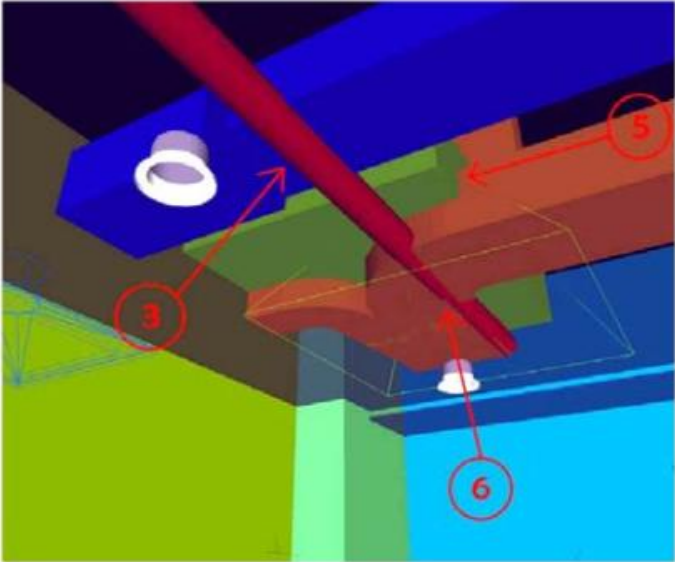
**Duración del Proyecto:** 18 meses (Construcción).

**Alcance BIM:** Coordinación de especialidades (detección de interferencias).

**Softwares utilizados:** Revit MEP y Navisworks.

**Costo para el Proyecto:** 710 UF – 0,1% del monto del contrato.

**Beneficios:** Ahorro estimado a la fecha de 1700 UF (con un 66% de levantamiento de la obra) al detectar 297 interferencias con el modelo.




**Interferencias Detectadas**

3.- Ducto de Clima con Descarga Alcantarillado.

5.- Capitel con Ducto de Clima.

6.- Ducto de Clima con Descarga Alcantarillado.

CONSTRUCTORA



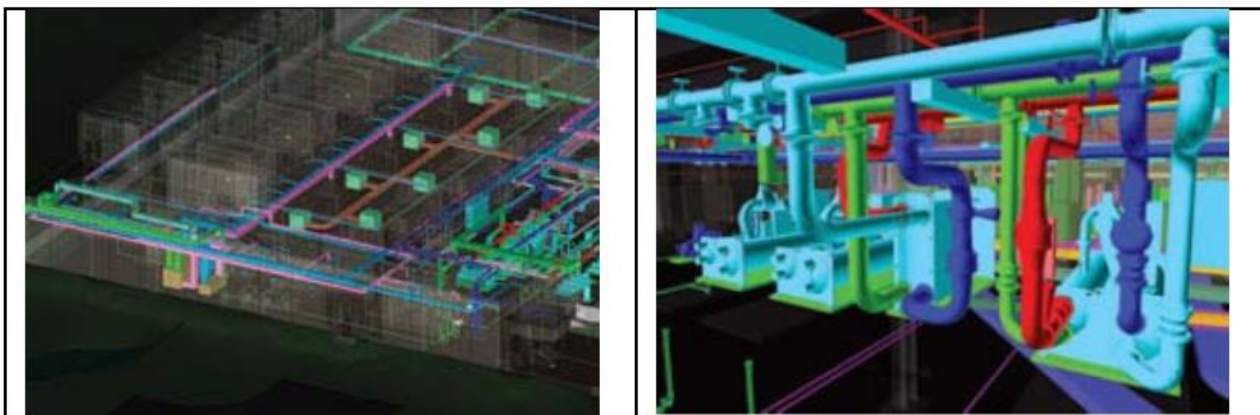
En la figura se muestra un ejemplo de una de las interferencias detectadas por parte de la constructora. Imagen obtenida en la presentación de Mario Pacheco en la CDT, Mayo 2009, Constructora L y D S.A.

## VII. DATACENTER CONSTRUIDO POR GILBANE, USA

En este proyecto Gilbane Building Co. percibió casi un 1500% de retorno de la inversión hecha en BIM. La coordinación virtual entre las firmas participantes trajo los más aparentes beneficios. En vez de transferir la información en papel entre los especialistas, el equipo trabajó conjuntamente para y desde el modelo, identificando conflictos antes de notar estos en terreno. Kevin Bredeson, director virtual en Gilbane estimó que el tiempo dedicado a la coordinación se redujo de 4 a 2,5 meses y se ahorró casi US\$86.000. Con 1.445 interferencias detectadas se percibió una reducción de un 43% de los requerimientos de información. En total, el proceso resolvió problemas que podrían haberle costado al mandante un monto de US\$863.000.

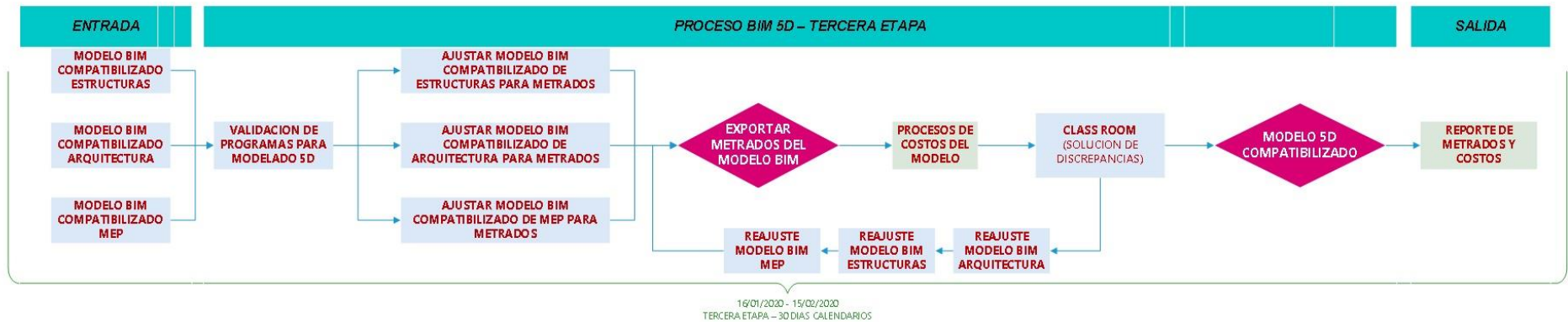
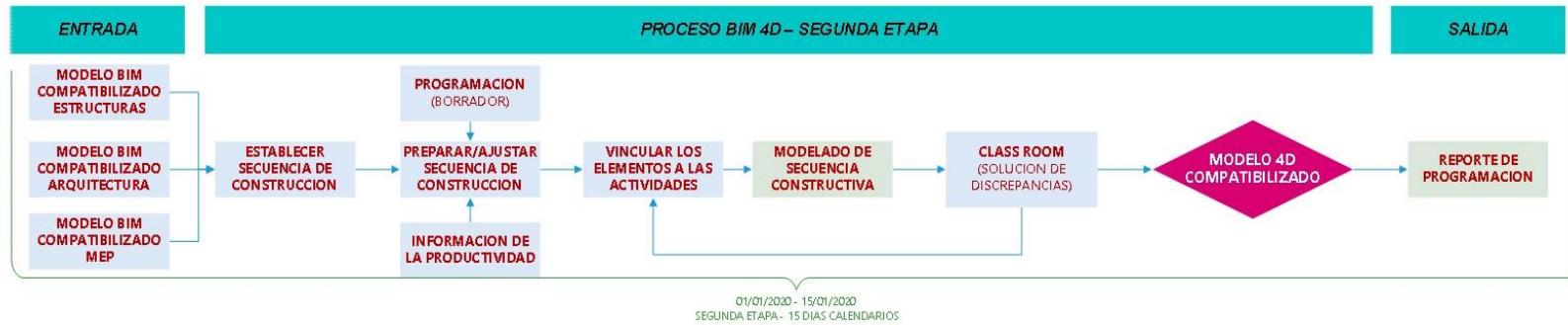
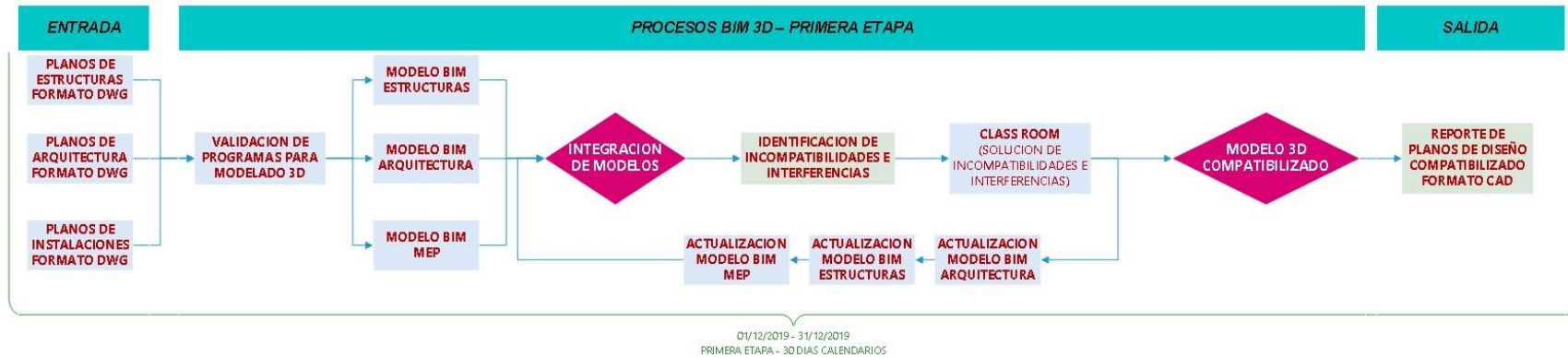
Con las especialidades totalmente coordinadas, muchos subcontratistas fueron capaces de prefabricar sus mayores y más complicados ensamblajes en talleres remotos a la obra. Como resultado, se redujo las horas de trabajo en terreno en un 15% y se estimó un ahorro de US\$140.000.

Con todas estas aplicaciones combinadas, el equipo identificó casi US\$1,09 millones en ahorros. En cuanto a los costos relacionados con BIM se estimó un monto por solo US\$69.000.



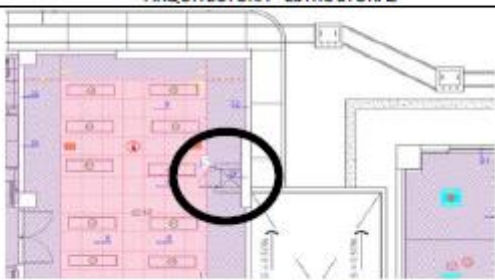
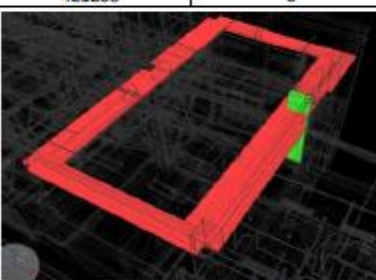
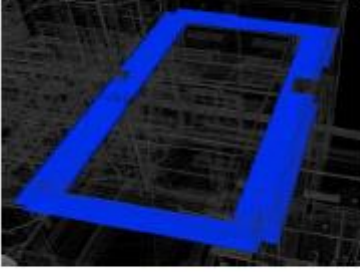
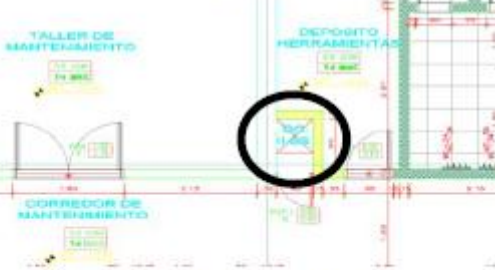
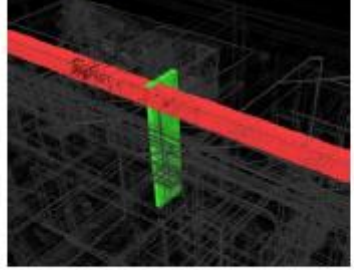
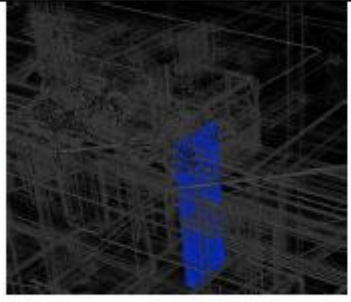
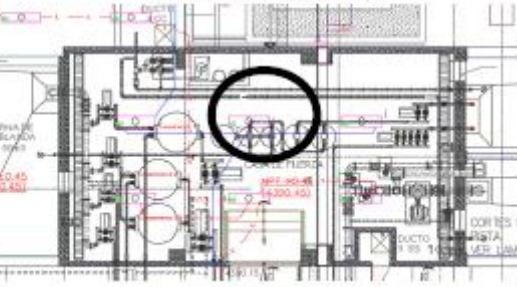
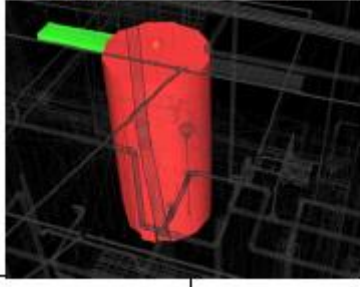
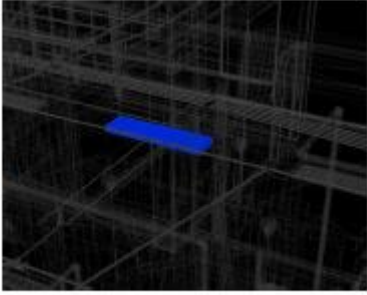
Renderings cortesía de Thornton Tomasetti.

## VIII. FLUJO DE PROCESOS BIM



## IX. REPORTE DE SOLUCION DE INCOMPATIBILIDADES

### REPORTE DE SOLUCION DE INCOMPATIBILIDADES

ITEM	DETALLE CAD	INTERFERENCIA		PRIORIDAD DESCRIPCION	SOLUCION	DESCRIPCION SOLUCION		
		ID	CLASH					
1	<p>ARQUITECTURA - ESTRUCTURAS</p> 	421258	5	CRITICO		Interferencia entre ducto de ILCC. y Cielorraso de yeso		Se ha hecho el corte del cielorraso en el ducto de ILCC.
2	<p>ARQUITECTURA - HVAC</p> 	226774	58	CRITICO		Interferencia entre ducto HVAC y muro de arquitectura		Se modifica la altura del muro de divisorio.
3	<p>I. ELECTRICAS - I. SANITARIAS</p> 	2417112	278	CRITICO		Interferencia entre luminaria y filtro ablandador de agua		Se modifica las luminarias de suspendido a adosado.