



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**MODELADO DE INFORMACION DE LA EDIFICACION
PARA COMPATIBILIZAR ESTUDIOS DEFINITIVOS DE
UN POLIDEPORTIVO**

**TESISTA:
GOÑE JARA OBED VICTOR**

**ASESOR:
ING. ANTONIO DOMINGUES MAGINO**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

HUANUCO – PERU

2016



DEDICATORIA

A Dios:

“Por darnos la vida y ser nuestro salvador,
seguro de verlo y morar en su gloria”.

A mi madre quien es la persona que más
admiro y amo.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería
Civil, amigos y colegas.



AGRADECIMIENTO

Al Ing. Antonio Domingues Magino por su apoyo y asesoramiento y a todos los Ingenieros que brindaron su apoyo para elaborar esta Investigación.



RESUMEN

La investigación “Modelado de Información de la Edificación para Compatibilizar Estudios Definitivos de un Polideportivo” se realizó modelando la información del proyecto: “CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA-HUANUCO-2014”.

El sector construcción a pesar de su continuo crecimiento, significativo en la economía del país, los problemas que enfrenta son conocidos: incumplimiento de plazos y costos, baja productividad, insuficiente calidad también altos índices de accidentes entre los más recurrentes, consecuencias de una inadecuada planificación y control de proyectos (planificación convencional con barras gant, planos 2D). El trabajo tiene como objetivo principal implementar la metodología BIM para el desarrollo de los estudios definitivos de un polideportivo, el expediente técnico es desarrollado en la etapa de diseño por las consultoras. Estos documentos, al contener toda la información necesaria para llevar a cabo la construcción, sirven de base durante el proceso de licitación y posteriormente se entregan a la empresa contratista como documentos oficiales para la ejecución. Los estudios definitivos del proyecto deberían estar completos, precisos, sin conflictos y ambigüedades, siendo el tiempo para observar el estudio definitivo lo estrictamente necesario, sin embargo no precisa, ni identifica

todas las incompatibilidades , por lo que la contratista requerirá clarificaciones que tienen que ser respondidas por los proyectistas y diseñadores en pleno proceso de construcción, siendo esencial que la información sea entregada eficientemente y sin retrasos, de lo contrario podría influir en el costo y plazo de entrega del proyecto.

Las deficiencias más comunes que se pueden encontrar son:

- (1) Errores, Omisiones, Conflictos y Ambigüedades entre los planos de una misma especialidad y con otras especialidades.
- (2) La falta de constructabilidad en una misma especialidad y en coordinación con las otras especialidades.

Para minimizar al máximo estos problemas, se plantea el uso de la metodología BIM que facilita la compatibilización y visualización de la información de los estudios definitivos del proyecto, mediante la “construcción virtual”, y optimizándola mediante revisiones de constructabilidad.

De esta manera la contratista podría aumentar esfuerzos en la planificación, producción, control y seguridad del proyecto.

Convencionalmente la metodología usada se basa en el uso de software CAD, que aunque generalizado pero no estandarizado se basa en la representación gráfica de líneas arcos rectángulos tontos que no compatibiliza la información de la misma especialidad (planos, cortes,

elevaciones, metrados, presupuestos, etc.) o de otras especialidades además de demandar tiempo.

La metodología BIM se centra en la pre construcción o construcción virtual donde se identifica las incongruencias de manera más efectiva ahorrando tiempo.

El BIM genera una base de datos único y centralizado del proyecto en 3D, con información geométrica y no geométrica inteligente estandarizado y paramétrico, flexible para aceptar modificaciones de forma, que incorpora desde el inicio del proyecto: cubicaciones, costo, tiempos e integrando todas las especialidades en todas las etapas de diseño, planificación y construcción donde todos los involucrados en el proceso constructivo se informan de manera consistente, coherente en tiempo real donde los cambios se actualiza en forma inmediata para tomar decisiones que eviten errores y duplicidad de trabajo.

Se ha cambiado del lápiz y papel al cad y del cad al cad 3d ahora es necesario un cambio al BIM



ABSTRACT

The research "Information Modeling Building definitive studies to reconcile a sports" was held modeling project information: "Creating a sports center in the District of Puerto Inca, Puerto INCA-HUANUCO".

The construction sector despite its continued growth, significant in the country's economy, the problems faced are known: missed deadlines and costs, low productivity, poor quality also high rates of accidents among recurring, consequences of inadequate planning and project control (conventional planning gant bars, 2D drawings) work's main objective is to implement the BIM methodology for the development of a sports definitive studies, the technical file is developed in the design stage by the consultants. These documents, containing all the information necessary to carry out the construction, are the basis for the tender process and subsequently delivered to the contractor as official documents for execution. Definitive studies of the project should be complete, accurate, without conflicts and ambiguities, the time to observe what is necessary definitive study, but does not require, nor does it identify all incompatibilities, so the contractor will require clarifications that need to be answered by planners and designers in the building process, it is essential that the information is delivered efficiently and without delay, otherwise it could affect the project cost.

The most common deficiencies that can be found are:

- (1) Conflicts or discrepancies between plans and specifications of the contract documents
- (2) Errors and interdisciplinary coordination conflicts (collision of elements)
- (3) The lack of constructability.

To minimize the most of these problems, the use of BIM methodology that facilitates compatibility and viewing information definitive studies of the project through the "virtual building" and by optimizing it arises constructability reviews.

In this way the contractor could increase efforts in planning, production, control and safety of the project.

Conventionally the methodology used is based on the use of CAD software, although widespread but not standardized is based on the graphical representation of arcs rectangles lines fools who do not reconciles the information in the same specialization (plans, sections, elevations, metrados, budgets, etc.) or other specialties in addition to sue time.

The BIM methodology focuses on pre construction or virtual building where the inconsistencies more effectively saving time so identified.

The BIM generates a single, centralized database project 3D data with geometrical information and not clever geometric and parametric standardized, flexible to accept changes in form, incorporating since the beginning of the project: takeoffs, cost, time and integrating all specialties in all stages of design, planning and construction where everyone involved in the construction process are reported in a manner consistent, coherent in real time where the changes are immediately updated to make decisions to avoid errors and duplication of work.

It has changed from pen and paper to cad cad and 3d cad change is now necessary to BIM



INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	VII
INDICE.....	X
INDICE DE IMÁGENES.....	XIV
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	XV
INTRODUCCIÓN.....	17
CAPITULO I: MARCO TEORICO	19
1.1. TITULO	19
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2.1. <i>Antecedentes y Fundamentos del Problema</i>	19
1.2.1.1. Antecedentes.....	19
1.2.1.2. Fundamentación del Problema	26
1.2.2. <i>Formulación del Problema</i>	27
1.2.2.1. Formulación del Problema General	27
1.2.2.2. Formulación de Problemas Específicos.....	27
1.2.3. <i>Objetivos</i>	27
1.2.3.1. Objetivo General.....	27
1.2.3.2. Objetivos Específicos	28
1.2.4. <i>Justificación e Importancia</i>	28
1.2.5. <i>Limitaciones y alcances</i>	28
1.2.6. <i>Marco de referencia</i>	29
1.3. BASES TEÓRICAS.....	29
1.3.1. <i>Modelado de la información de la edificación (BIM)</i>	29
1.3.2. <i>Aplicaciones BIM para la etapa de la construcción</i>	32
1.3.3. <i>Beneficios del uso del BIM en el diseño y la construcción</i>	34
1.3.4. <i>Tecnología de la información y comunicación (TIC)</i>	36
1.3.5. <i>BIM como herramienta de realidad virtual</i>	39
1.3.6. <i>BIM como herramienta TIC para la construcción</i>	44
1.3.7. <i>Niveles de desarrollo BIM (LOD)</i>	45
1.3.8. <i>BIM Patrimonio Cultural</i>	55
1.3.9. <i>Modelado 3D, 4D, 5D, 6D, 7D</i>	61
1.3.10. <i>Constructabilidad</i>	103
1.3.10.1. Concepto y Generalidades	103
1.3.10.2. Beneficios de trabajar aplicando constructabilidad.....	104
1.3.10.3. Constructabilidad como herramienta para detectar errores	105



1.3.10.4.	Principios básicos de la Constructabilidad.....	107
1.3.10.5.	Aplicación de la Constructabilidad en las etapas de un proyecto.	125
1.4.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	131
1.5.	HIPÓTESIS.....	137
1.5.1.	<i>Hipótesis General.....</i>	137
1.5.2.	<i>Hipótesis Especificas.....</i>	137
1.6.	VARIABLES.....	138
1.6.1.	<i>V.I. Variable Independiente.....</i>	138
1.6.2.	<i>V.I. Variable Dependiente.....</i>	138
CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO.....		139
2.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	139
2.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	139
2.3.	DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN	139
2.4.	UNIVERSO Y MUESTRA	140
2.4.1.	<i>Universo.....</i>	140
2.4.2.	<i>Muestra.....</i>	140
2.5.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	140
2.6.	TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS.....	140
2.6.1.	<i>Técnicas de recolección de información.....</i>	140
2.6.2.	<i>Procesamiento de datos.....</i>	141
CAPITULO III: DISCUSIÓN DE RESULTADOS		142
3.1.	RESULTADOS.....	142
3.1.1.	<i>Descripción del trabajo.....</i>	142
3.1.2.	<i>Obtención de la Base de Datos.....</i>	150
3.1.3.	<i>Errores, omisiones, conflictos y ambigüedades encontradas.</i>	
	<i>Entendiéndose por:</i>	155
	<i>Errores:</i>	155
	<i>Omisiones:</i>	155
	<i>Conflicto:</i>	155
	<i>Ambigüedades:.....</i>	155
CONCLUSIONES.....		156
RECOMENDACIONES.....		157
CAPITULO IV: BIBLIOGRAFÍA		158
CAPITULO V: ANEXOS.....		160
ANEXO 01:	PLAN DE TESIS	161
ANEXO 02:	PANEL DE FOTOGRAFÍAS	192
ANEXO 03	: PLANOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO “CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA-HUANUCO”	207

ANEXO 04 : PLANOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS COMO RESULTADO DE LA CONSTRUCCIÓN VIRTUAL UTILIZANDO TECNOLOGÍA BIM. DEL PROYECTO “CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA-HUANUCO”216



INDICE DE FIGURAS

FIGURA 0.1: Ciclo de vida de un proyecto (Grupo NAN).....	20
FIGURA 0.2: Representación virtual tridimensional mediante el uso del BIM (Proyecto: Polideportivo de Puerto Inca).....	31
FIGURA 0.3: Modelo de Integración del Proyecto (PIM) mediante el BIM (Fuente: National BIM Standard-United States).....	32
FIGURA 0.4: Modelo 3D proyectado en 2D.....	40
FIGURA 0.5: Espacio Realidad Virtual Inmersiva EAFIT-CIDICO	42
FIGURA 6.0: Realidad Aumentada.....	43
FIGURA 0.7: Herramientas TIC más influyentes en la construcción. (Colwell, 2008)	44
FIGURA 0.8: Nivel de Desarrollo LOD (Fuente: AIA BIM Fórum)	47
FIGURA 0.9: Procesamiento de datos de un capitel.....	58
FIGURA 10: Modelo de información patrimonial.....	60
FIGURA 11: Encuesta sobre la utilización prevista del BIM entre los profesionales de la industria AEC en Reino Unido.....	62
FIGURA 12: Encuesta sobre la utilización de CAD entre los Profesionales de la industria AEC en Reino Unido.....	65
FIGURA 13: Curva de MacLeamy.	67
FIGURA 14: En los modelos de información BIM, los cambios se realizan de manera automática en todas las visualizaciones. En la imagen podemos ver la modificación de un muro en una vista 3D y su instantánea modificación en el modelo 2D, sin que el usuario tenga que intervenir.....	70
FIGURA 15: Las diferentes formas de visualización de BIM nos permiten trabajar de una forma más realista sobre un modelo único de información.....	76
FIGURA 16: Imagen del programa Microsoft Project 2013, que permite crear programaciones temporales.	82
FIGURA 17: Diferentes fases del proceso constructivo con un software BIM llamado RIB iTWO y que incorporar 5D.	83

FIGURA 18: Proceso de asignación de un código de montaje	90
Figura 19: Tabla de materiales de revit.....	91
FIGURA 20: Etiqueta del certificado energético indicada en el RD 235/2013. ..	95
FIGURA 21: La séptima dimensión abarca la mayor parte del ciclo de vida de un edificio.	96
FIGURA 22: Pirámide conceptual del BIM.....	101
FIGURA 23: Proceso de construcción con posibles caminos desde el diseño hasta su construcción.	107
FIGURA 24: Etapas del proyecto donde se puede aplicar la Constructabilidad	126
FIGURA 25: El ámbito de la constructabilidad definido por CIRI A (1997)	129
FIGURA 26: Niveles del módulo baño del polideportivo.	133

INDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 0.1: E-01-CIMENTACION Y DETALLES.	145
IMAGEN 0.2: E-02- ALIGERADOS Y DETALLES.	146
IMAGEN 0.3: E-03: VIGAS Y DETALLES.....	146
IMAGEN.0.4: E-04-VIGAS DE CIMENTACIÓN Y DETALLES.....	147
IMAGEN 0.5: E-05-CIMENTACIONES Y DETALLES.....	147
IMAGEN 0.6: E-06-CIMENTACIONES Y DETALLES	148
IMAGEN 0.7: E-07-CIMENTACION Y DETALLES.....	148
IMAGEN 0.8: E-08-TIJERALES, VIGUETAS METALICAS Y DETALLES	149



INDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTO N°01 Ventana de inicio de Revit Estructure en Español 2016.	193
FOTO N°02 Modelo del módulo baños del polideportivo.	193
FOTO N°03 Modelo del módulo baños del polideportivo para ocultar visualmente.	194
FOTO N°04 Modelo del módulo baños del polideportivo se puede observar cualquier lugar que se quiera revisar.	194
FOTO N°05 Detalle que muestra la no necesidad de columnas para la escalera posterior.	195
FOTO N°06 Modelo del módulo baños del polideportivo se puede seleccionar cualquier elemento para una mejor observación y detallar el elemento.	195
FOTO N°07 Escalera N° 2 apoyo en viga	196
FOTO N°08 El desarrollo se facilita con los niveles	196
FOTO N°09 El desarrollo se facilita con las elevaciones.	197
FOTO N°10 Nivel de zapata	197
FOTO N°11 Vista en planta del Nivel de zapata.	198
FOTO N°12 Vista en planta del Nivel de cimentación.	198
FOTO N°13 Obtención de las cuantificaciones de las vigas de cimentación... ..	199
FOTO N°14 Modelo del módulo baños del polideportivo detalle del refuerzo de la escalera N°1.	199
FOTO N°15 Visualización del detallado del refuerzo.	200
FOTO N°16 Detalle de apoyo fijo.....	200
FOTO N°17 Detalle de apoyo móvil	201
FOTO N°18 Modelo completo de estructuras del polideportivo.....	201
FOTO N°19 Modelo Analítico del módulo baños del polideportivo.	202
FOTO N°20 Modelo del módulo Cobertura del polideportivo.	202
FOTO N°21 Modelo de la Cobertura del polideportivo.	203
FOTO N°22 Detalle de cambio en la cobertura.....	203

FOTO N°23 Detalle no considerado en el expediente.....204

FOTO N°24 Modelo del polideportivo para la obtención de detalles constructivos.....204

FOTO N°25 Modelo del polideportivo primer piso.....205

FOTO N°26 Modelo del polideportivo segundo piso.205

FOTO N°27 Modelo del polideportivo detalle de la boletería.....206



INTRODUCCIÓN

La construcción en nuestro país crece continuamente así como los procesos constructivos mejoran con el tiempo, pero aún son susceptibles a mejoras que permitan tener una mejor administración de la información de un proyecto de edificación.

La forma convencional en que las edificaciones son construidas nos muestra y encuentra deficiencias en los documentos contractuales de diseño e ingeniería (Planos, Especificaciones Técnicas, Presupuestos). Siendo el impacto de estas deficiencias negativas para el costo y plazo de entrega de las obras, porque son resueltas en plena etapa de construcción.

Los proyectos de edificaciones hoy en día han aumentado en complejidad, requiriendo la aplicación de instrumentos eficientes en la gestión y planificación en la etapa de construcción así como una adecuada revisión, compatibilización del diseño antes de su construcción.

Siendo frecuente el comienzo de la etapa de construcción con estudios definitivos incompletos, con errores, conflictos y ambigüedades en una misma especialidad y con las otras especialidades (Arquitectura, Estructuras, Eléctricas, Sanitarias, de instalaciones como ejemplo). Aunque se cuente con un tiempo para la compatibilización no son detectados en su totalidad debido a una revisión convencional pero no eficiente.

Estas deficiencias en los documentos contractuales son corregidas en plena construcción de la obra lo que ocasiona mayores costos y plazos en su entrega.

Una metodología eficiente para compatibilizar la información del proyecto usando modelos 3D para una mejor visualización que permita realizar revisiones de constructibilidad es el BIM que modela la información de la edificación de una forma única, centralizada e inteligente evitando con esto las inconsistencias en información interdisciplinario y duplicidad de trabajos sin importar su tamaño o dificultad, después de creado el modelo tridimensional es posible generar toda la información para su construcción, la ventaja de esto es que si se requiere realizar algún cambio, esto se realiza en el modelo 3D y en seguida se actualiza toda la información de manera automática, todo esto es posible mediante la construcción virtual con tecnología BIM.

El presente trabajo de investigación busca una metodología para la compatibilización de la especialidad de estructuras de un polideportivo basado en la plataforma BIM.

El uso del BIM en la construcción de un polideportivo permite un fácil acceso a su información con lo cual se reduce el número de requerimiento de información y el tiempo de resolución de estos.



CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. Titulo

“Modelado de información de la edificación para compatibilizar estudios definitivos de un Polideportivo”.

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Antecedentes y Fundamentos del Problema

1.2.1.1. Antecedentes

A. Antecedentes a Nivel Mundial

La introducción de la metodología BIM a nivel mundial ha avanzado a diferente velocidad según el país. Por ejemplo, en EEUU, Reino Unido o los países nórdicos es difícil encontrar a un técnico que no asuma la necesidad de utilizar este tipo de metodología, siendo en el Reino Unido obligatorio en licitaciones públicas a partir del 2016. A nivel europeo, se ha publicado en enero del 2014 una directiva que fomente el uso del BIM para conseguir una mayor eficiencia en los recursos comprometidos a la obra pública.

Reportaje del grupo NAN Arquitectura y Construcción.

<http://www.nanconstruccion.es/es/bim-como-el-proximo-lenguaje-en-la-construccion/02/04/2014>)

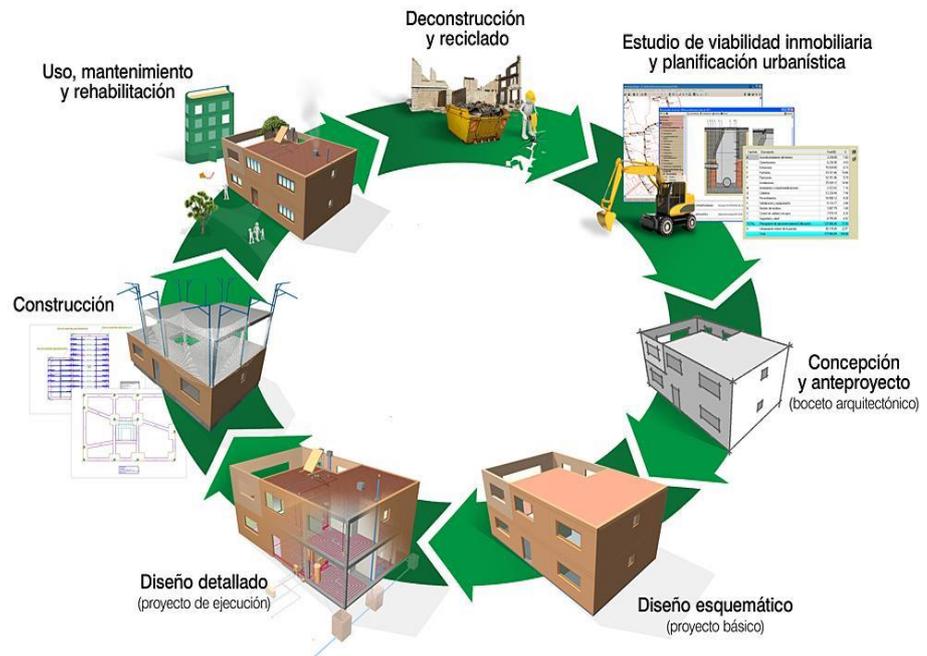


FIGURA 0.1: *Ciclo de vida de un proyecto (Grupo NAN)*

B. Antecedentes a Nivel Internacional

Tomando como ejemplo a EEUU, la implantación de BIM en el sector de Arquitectura-Construcción lleva la evolución de usuarios: años 2007-28%, año 2009-49% y año 2012-71%.

El estado actual del BIM en España puede calificarse como incipiente, siendo cada vez más los técnicos y constructoras que buscan este tipo de metodología para diferenciarse al resto, y ser más eficiente y eficaz tanto en fase de diseño como en fase de construcción y explotación.

En este sentido, se creó la asociación BuildingSmart Spanish Chapter (www.buildingsmart.es) que es el capítulo español de la asociación BuildingSmart, nexo de unión de los agentes



involucrados en la metodología BIM, como promotoras, constructoras, fabricantes de materiales, proyectistas, calculistas, instaladores, etc.

Siendo en América Latina Brasil y Chile los países donde se tiene la iniciativa de implementar la metodología BIM de forma gubernamental.

Reportaje del grupo NAN Arquitectura y Construcción.

(<http://www.nanconstruccion.es/es/bim-como-el-proximo-lenguaje-en-la-construccion/02/04/2014>)

C. Antecedentes a Nivel Nacional

La metodología BIM es el equivalente a la metodología DCV
Universidad Nacional de Ingeniería.

LABORATORIO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION VIRTUAL
(Lab. DCV)

Facultad de Ingeniería Civil-UNI

La inauguración de este Laboratorio se llevó a cabo el 29 de Agosto del 2014 a las 11 horas en las instalaciones del Departamento Académico de Construcción de la UNI. Con el objetivo de promover las mejores prácticas en la gestión de los proyectos.

**PACHECO R. TESIS: MEJORAMIENTO DE LA
CONSTRUCTABILIDAD MEDIANTE HERRAMIENTAS BIM**



(2014), El sector Construcción lidero el crecimiento de la economía peruana en los años 2012 y 2013, con expansiones de 9.7% y 8.5%, respectivamente. Para el 2014 se ha proyectado tener un crecimiento del 9.5%.

La principal demanda de construcción proviene del sector privado, en especial para la edificación de viviendas y centros comerciales.

El 68% de la demanda provendría del sector privado y el resto (32%) del Sector Publico, en el marco de un renovado dinamismo de las concesiones para reducir la brecha de infraestructura.

Es en este actual contexto de crecimiento económico del país, la importancia de gestionar buenos proyectos para cumplir con los objetivos trazados, desde la etapa de factibilidad hasta su puesta en marcha, por lo que, se requiere de herramientas innovadoras para gestionar la información.

HERNANDEZ N. TESIS: PROCEDIMIENTO PARA LA COORDINACION DE ESPECIALIDADES EN PROYECTOS CON PLATAFORMA BIM (2011), BIM (Building Información Modeling) se define como el proceso de generación y gestión de datos en un proyecto de construcción durante todo su ciclo de vida, Su forma de trabajo es construir modelos en



plataformas tridimensionales en distintos software de modelamiento dinámico del proyecto que aumentan la productividad en el diseño y construcción.

En el ámbito de la construcción en el mercado nacional, la plataforma BIM está cobrando fuerza, frente a esto, empresas que se aventuran a innovar con dicha tecnología, se van topando con nuevos desafíos para su efectiva implementación. Este modelamiento de la información para la edificación consiste en realizar, mediante un proceso de generación y administración de una base de datos centralizada de elementos paramétricos, una modelación completa de la obra que comprende: geometría de la construcción en 3D, relaciones espaciales, cantidades y propiedades de cada elemento de la construcción, y una serie de información, que en definitiva, facilitan y optimizan el ciclo de vida de la obra, desde la etapa preliminar del diseño hasta cuando se explota el proyecto. Toda esta información que se maneja y administra con BIM, debe ser coordinada, así también la información de diseño digital, y la documentación que se utiliza desde la concepción, construcción y operación de un proyecto.

El uso de BIM en un proyecto de construcción permite un fácil acceso a la información del proyecto, con lo cual se reduce



considerablemente el número de requerimientos de información y el tiempo de resolución de estos.

BERDILLANA F. TESIS: TECNOLOGIAS INFORMATICAS PARA LA VISUALIZACION DE LA INFORMACION Y SU USO EN LA CONSTRUCCION-LOS SISTEMAS 3D INTELIGENTE-

(2008), Las tecnologías 3D en la industria de la construcción son las más representativas de una nueva forma de trabajo que está produciendo y producirá cambios cada vez mayores en la industria de la construcción. Los resultados obtenidos hasta ahora demuestran que no existen obstáculos en nuestro desarrollo para implementar dichas tecnologías y obtener beneficios. Las tecnologías 3D permiten hoy en día la realización de modelos tridimensionales de un proyecto, durante la etapa de diseño, planificación y programación, siendo comúnmente usadas por empresas de arquitectura, ingeniería y construcción.

La idea de productos CAD basados en BIM (Building Information Model o Modelo Integrado de Información para la construcción), se ha previsto como la manera ideal de representar edificios de manera digital. El sector de la construcción tradicionalmente ha transmitido la información de los proyectos de edificación mediante dibujos con notas y



especificaciones. La tecnología CAD automatizo ese proceso. Sin embargo, el software para costos, planificación y programación no han trabajado como parte integral del CAD, que el BIM si lo hace. Finalmente, se da cuenta de los alcances de la tecnología de la tecnología de la información y la ayuda que brindan dichas herramientas para la integración de proyectos, los cuales representan una ventaja no solo para arquitectos e ingenieros, sino también para el propio cliente, ya que este puede conocer por adelantado muchos aspectos del proyecto y el impacto económico que pudieran tener los cambios en la obra.

D. Antecedentes Locales

No existen estudios que pueden contribuir a la investigación. Para la presente investigación se consultara la información disponible en la web.

Por lo que definimos el problema como:

Deficiencia en la integración de las etapas de diseño y construcción, comunicación e integración de la Arquitectura, ingeniería (Estructural, Sanitaria, Eléctrica), que repercute en incompatibilidades, interferencias de los documentos contractuales que no deberían corregirse en pleno proceso constructivo, por lo que implica impacto en el costo y plazo de



entrega de la obra, es por esta razón investigamos el problema con el título **“MODELADO DE INFORMACION DE LA EDIFICACION PARA COMPATIBILIZAR ESTUDIOS DEFINITIVOS DE UN POLIDEPORTIVO”**. EN EL DISTRITO Y PROVINCIA DE PUERTO INCA DEPARTAMENTO DE HUANUCO – 2014.

1.2.1.2. Fundamentación del Problema

Las deficiencias en la interacción de las etapas de diseño y construcción, comunicación e integración de los especialistas encargados del diseño e ingeniería en la elaboración de los estudios definitivos para la construcción (documentos contractuales), durante la fase de diseño, lo que produce incompatibilidades e interferencias en los documentos contractuales (Ley de contrataciones y adquisiciones del estado “Documentos Contractuales: Planos, Especificaciones Técnicas, Memoria Descriptiva, Presupuestos”), las cuales se detectan y corrigen en plena construcción de la obra, en la etapa menos indicada donde todo cambio, debido a estos problemas, tiene un mayor impacto en el costo y plazo de entrega.

Siendo la contratista la encargada de revisar y rectificar las deficiencias en los documentos contractuales de diseño en



plena construcción, sacrificando tiempo-esfuerzo que le podría dedicar a la realización de actividades exclusivamente de producción, planificación, calidad y seguridad del proyecto.

Siendo necesaria la aplicación de una metodología estructurada y planificada que permita mantener un control para compatibilizar e integrar los documentos contractuales de diseño antes de llegar a la etapa de construcción.

1.2.2. Formulación del Problema

1.2.2.1. Formulación del Problema General

¿De qué manera el modelado de información de la edificación BIM, compatibiliza los estudios definitivos de un polideportivo?

1.2.2.2. Formulación de Problemas Específicos

¿Cómo la metodología BIM compatibiliza los planos de la especialidad de estructuras de un polideportivo?

¿De qué manera la metodología BIM mejora la constructabilidad de la especialidad de estructuras de un polideportivo?

1.2.3. Objetivos

1.2.3.1. Objetivo General

Implementar la metodología BIM para el desarrollo de los estudios definitivos de un polideportivo.



1.2.3.2. Objetivos Específicos

1. Aplicar la metodología BIM para compatibilizar los planos de la especialidad de estructuras de un polideportivo.
2. Identificar las ventajas de la metodología BIM para mejorar la constructibilidad de la especialidad de estructuras de un polideportivo.

1.2.4. Justificación e Importancia

Ausencia de una metodología estructurada y planificada que permita mantener un control para compatibilizar e integrar los documentos contractuales de construcción antes de llegar a la etapa de construcción.

Proyectos de construcción cada vez más complejos que requieren un enfoque distinto de gestión de la información usando tecnologías y herramientas más eficaces

1.2.5. Limitaciones y alcances

La principal limitante será la poca experiencia que existe para la aplicación de la metodología BIM para compatibilizar estudios definitivos de polideportivos, también teniendo en cuenta que la presente tesis fue realizada con la información del expediente técnico “CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA – HUANUCO - 2014”. Donde solo se considerara para el



modelado los planos de la especialidad de estructuras, con revisiones de constructibilidad, usando el programa Revit Estructure 2016 de la empresa AUTODESK que proporciona licencias gratuitas para estudiantes.

1.2.6. Marco de referencia

La información a modelar será del expediente técnico “CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA-HUANUCO - 2014”.

Que se encuentra en la etapa de construcción

Ubicación Política

Distrito : Puerto Inca
Provincia : Puerto Inca
Departamento : Huánuco.

Ubicación Geográfica

La Ubicación del terreno donde se edificara el polideportivo tiene las siguientes coordenadas UTM

- Este : 503 764.91 m.
- Norte : 8 962 987.92 m.
- Cota : 230.20 m.s.n.m

1.3. Bases Teóricas

1.3.1. Modelado de la información de la edificación (BIM)

Del Glosario de términos de los protocolos BIM del Comité BIM-PERU del Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICD) de la



CAPECO. Se define al BIM como: Por sus siglas en Inglés Building Information Modeling que significa Modelado Inteligente de Edificaciones, es una metodología que usa tecnología BIM basada en una Base de Datos Gráfica y no Gráfica.

El resultado de una actividad BIM es un modelo de información de la edificación acerca de su desempeño, su planeamiento, su construcción y su posterior operación.

BIM puede ser traducido como “Modelado de Información de la Edificación” y tal como se puede apreciar en la figura 0.2, permite representar virtualmente los componentes del proyecto. Tradicionalmente la información de los proyectos se comunica por medio de planos y especificaciones técnicas en documentos separados, sin embargo, el proceso de modelado en BIM tiene como objetivo reunir toda la información de un proyecto en una sola base de datos de información inteligente completamente integrada e interoperable que pueda ser utilizada por todos los miembros del equipo de diseño y construcción y al final por los propietarios para su operación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de la edificación.



FIGURA 0.2: Representación virtual tridimensional mediante el uso del BIM
 (Proyecto: Polideportivo de Puerto Inca)

El BIM es una forma de trabajar en equipo, en la que tanto los proyectistas, arquitectos, ingenieros y el cliente trabajan en torno a modelos BIM del proyecto. Esto se da ya que el BIM se soporta en herramientas tecnológicas que permiten crear, administrar y gestionar estos modelos BIM generando la fuente de información necesaria que pueda ser usada en cualquier etapa del ciclo de vida de un proyecto. La metodología BIM puede tener un modelo único repositorio de toda la información. Sin embargo cada especialidad requerirá su propio modelo BIM para cumplir con sus obligaciones contractuales. Las soluciones coordinadas pueden entenderse como un modelo de integración del proyecto, como se muestra en la figura 0.3

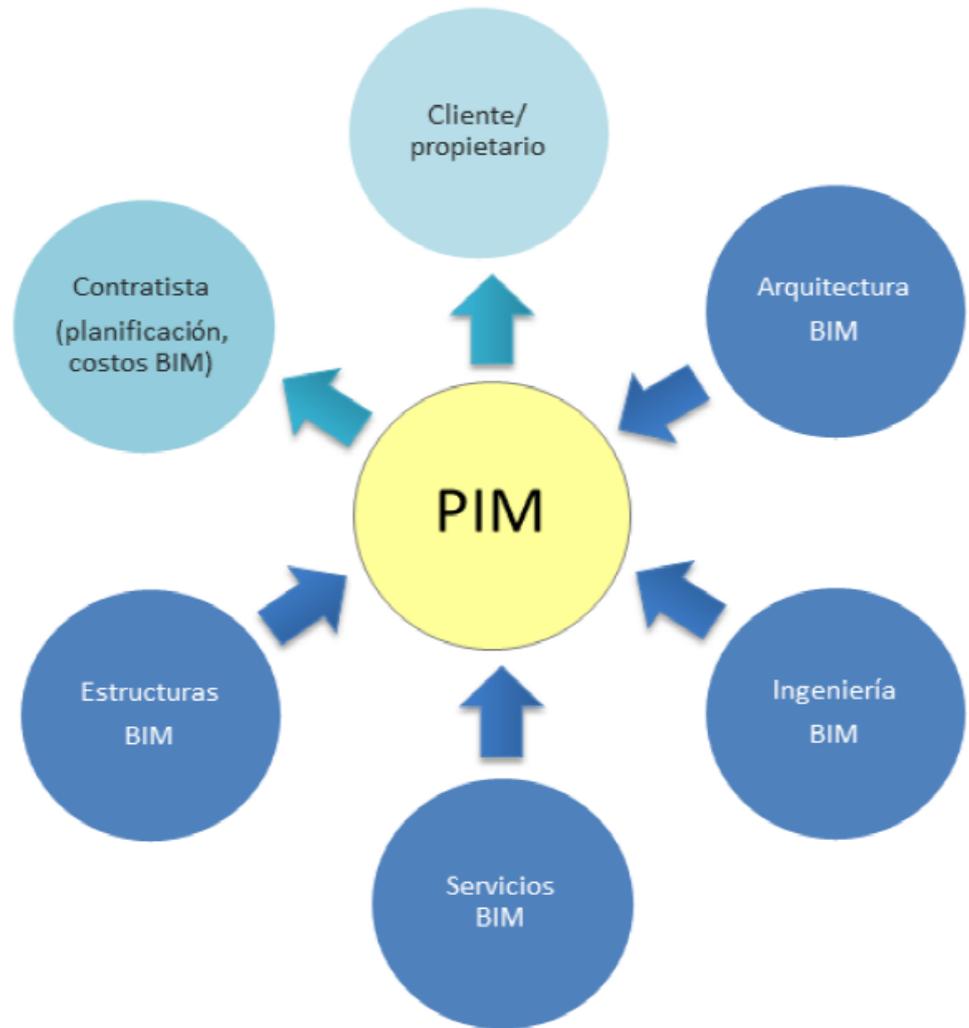


FIGURA 0.3: Modelo de Integración del Proyecto (PIM) mediante el BIM (Fuente: National BIM Standard-United States)

1.3.2. Aplicaciones BIM para la etapa de la construcción

Algunas aplicaciones del BIM para un proyecto de edificación son:

a) La obtención de cantidad de los materiales (metrados)

Se obtienen directamente del modelo BIM desde el inicio ya que es una base de datos donde todos los componentes de acuerdo



a su categoría familia y tipo tienen asociado un parámetro de cantidad de materiales que pueden ser extraídos del modelo BIM, obteniendo reportes de todas las partidas del presupuesto.

b) Detección de errores, omisiones, conflictos y ambigüedades

Se construye los diseños representados en los planos: arquitectónicos de ingenierías y de instalaciones. Donde podemos mediante la construcción virtual encontrar: errores, omisiones, conflictos y ambigüedades de una especialidad o de distintas especialidades que pueden significar re trabajos, ocasionando mayores costos y tiempos de entrega. Mediante la metodología que utiliza tecnología BIM puede ser usada para detectar estos conflictos, errores, omisiones y ambigüedades y evitar los re trabajos que deriven de la no identificación a tiempo de los mismos.

Visualización mediante la realidad virtual

Mediante los modelos en 3D de todos los componentes se pueden analizar las características de la edificación, que pueden servir para la generación del planeamiento de la construcción. Siendo el planeamiento de la construcción un factor crítico en la gestión del proyecto. El planificador de la construcción es una persona con mucha experiencia en la construcción de edificios



que sabe estimar el trabajo y los equipos requeridos para la construcción del edificio. Usando este conocimiento es creado un planeamiento de la construcción, el calendario para otros planes tales como transporte, medidas de seguridad, etc.

c) Simulación 4D

El modelo BIM-4D combina los modelos BIM-3D con la cuarta dimensión que viene a ser el tiempo para obtener las duraciones de las partidas de construcción programadas en un calendario de obra con algún software (MS Project). Al combinar las actividades de un programa de ejecución de la construcción con elementos de un modelo BIM-3D se obtiene una simulación visual de la secuencia constructiva, que también es conocida como modelo 4D, ya que muestra simultáneamente las tres dimensiones geométricas del proyecto, más la cuarta dimensión que es el tiempo.

1.3.3. Beneficios del uso del BIM en el diseño y la construcción.

La gestión de proyectos usando la tecnología BIM reduce la incertidumbre en su manejo, ya que aumenta las posibilidades de controlarlo, pues elimina las aproximaciones abstractas. Asimismo, la integración de las labores de diseño y construcción abre las puertas a una ingeniería en la que los profesionales se dedicaran a mejorar los diseños, la planificación de las obras y



su control, reduciendo con ello el costo de los proyectos.

Algunos beneficios de aplicar BIM son:

a) En la etapa de diseño

- En el inicio de la etapa de diseño, para probar que se ha cumplido con las expectativas del cliente, se puede obtener listado y metrados de los materiales generales.
- Obtención de los planos del proyecto: de planta, de secciones, de elevaciones, de detalles y vistas 3D isométricas.
- Creación de imágenes foto realistas (renders), vistas de perspectivas, animaciones y escenas de realidad virtual para el marketing del edificio.
- Gestión de espacios y usos de los ambientes del edificio.
- Proveer datos para el análisis estructural de los elementos del edificio

b) En la etapa de construcción

- La revisión visual del diseño del proyecto
- Realizar análisis visuales o automatizados de interferencias físicas entre los diseños (detección de interferencias)
- Obtener reportes de metrados
- Intercambio electrónico de datos de diseño con proveedores (para detalles y fabricación de acero estructural, prefabricación de instalaciones)
- Simulación del proceso constructivo BIM-4D.
- Con la tecnología del edificio virtual, los propietarios están en una posición privilegiada que confirma la importancia de su papel, no solo en los inicios del diseño de edificios, sino



también en su planteamiento y operación en todo su ciclo de vida.

1.3.4. Tecnología de la información y comunicación (TIC).

Las TIC conforman el conjunto de recursos necesarios para manipular la información: los ordenadores, los programas informáticos y las redes necesarias para convertirla, almacenarla, administrarla, transmitirla y encontrarla.

Las oportunidades para elevar los niveles de productividad en la industria de la construcción, en particular en el área de construcción, aún no han sido aprovechadas. En ese sentido, la explosión de la TIC se presenta como una poderosa herramienta, que puede contribuir de manera decisiva al despegue de la industria. Sin embargo, este aprovechamiento tiene que ir acompañado de una estrategia de implementación que permita aprovechar al máximo su verdadero potencial. Actividades clave como el diseño y la planificación, que tienen una incidencia directa y decisiva sobre la construcción, puede ser ampliamente mejoradas con la incorporación de nuevas herramientas de TIC como los modelos BIM.

La aplicación de TIC se muestra como el paso natural a seguir en las industrias y sectores que desean obtener competitividades de clase mundial.



Hoy en día la TIC de las organizaciones en tiempo real sin diferenciar la ubicación, desarrolla un sistema de globalización. La evolución de estas tecnologías, caracterizadas por la reducción de costos y el incremento de la capacidad muestran la funcionalidad del diseño del proceso de información. Durante los últimos 40 años hemos visto el rol de las computadoras en diferentes funciones. WAVES OF CHANGE – James L-McKenney (1995).

TIC en el Mundo

En los países desarrollados las herramientas de software son una de las áreas de las TIC que ha logrado mayor masificación en el mundo de la construcción, especialmente gracias a la gran oferta de servicios de nube, que mejoran el acceso a ellas a un costo muy conveniente., están presentes en la construcción en sí misma, al igual que en el proceso de diseño de edificios. “Es decir, pueden colaborar desde la gestión de las nóminas, pasando por la contabilidad, hasta llegar a la confección de los planos de la construcción y la realización de copias”.

TIC en Sudamérica

Países como Chile vienen implementando desde hace 10 años las TIC en la construcción.



En la actualidad cuenta con una plataforma tecnológica que está orientada a las pymes de la industria de la construcción y las inmobiliarias, a través de un servicio 100% nube.

“La principal virtud del servicio es permitir que los actores de esta industria puedan acceder a los beneficios que las herramientas de clase mundial en TIC entregan y que hasta ahora estaban reservadas sólo para las grandes empresas”, explica Waldo Garrido, gerente general de Asicom Gestión, dueño de Iconcreta.

“Nuestra principal característica es que somos un grupo de empresas especializado en la industria de la construcción y la vivienda desde hace más de 30 años. Ofrecemos asesorías y servicios profesionales basados en tecnologías de la información (TIC) a toda la cadena de valor de esta industria. Somos expertos en incorporar TIC a esta industria”, agrega. De acuerdo con el ejecutivo, la principal fortaleza de Iconcreta es que ha sabido canalizar los beneficios otorgados por las TIC en grandes empresas del sector, a la realidad de las Pymes, que no tienen los recursos humanos o técnicos para invertir en grandes plataformas tecnológicas, pero tienen los mismos problemas de las empresas grandes. Diario El Mercurio Chile (Agosto 2010).



TIC en el Perú

En el Perú las empresas grandes y medianas vienen aplicando TIC para mejorar sus procesos.

Perú cuenta con software propio como el S10, que es el software más empleado en el Perú para la realización de Presupuestos, además que cuenta con un programa completo de Gestión de Proyectos, Planeamiento, Gestión de Almacenes, etc. Donde gestiona todo el proyecto desde una base de datos.

En el año 2013 se crea el Capítulo Bim con el cual se busca fomentar esta forma de trabajo en las diferentes empresas constructoras.

Las empresas que ya vienen implementado esta forma de trabajo son GyM, Aesa, Marcan, etc. Donde ha visto los resultados obtenidos frente a la forma convencional de trabajo.

1.3.5. BIM como herramienta de realidad virtual

La Realidad Virtual (RV) se define como la creación mediante el uso de dispositivos tecnológicos de los objetos o situaciones no reales pero que son aceptadas como tal por los observadores (S.C-Y. Lu et al, 1999).

El termino R.V. en el sector de la construcción es definido por algunos autores como la visualización en tiempo real a través de

un modelo de computador de un ambiente construido. (D. Greenwood et al, 2008)

La R.V. puede dividirse en las siguientes clases:

a) R.V. no inmersiva

La R.V. no inmersiva es aquella que se logra a través de la modelación de los proyectos utilizando programas de computador que permiten una visualización tridimensional. Dicha modelación le permite interactuar al observador con el modelo en tiempo real a través de monitores o superficies de proyección (Rosen et al, 2001), pero se abstiene de brindar al observador la sensación de presencia en dicha escena debido a la ausencia del hardware especial (Ramos et al, 2007). Es básicamente la proyección de una escena en tres dimensiones a través de un sistema de visualización apto para proyectar en dos dimensiones.

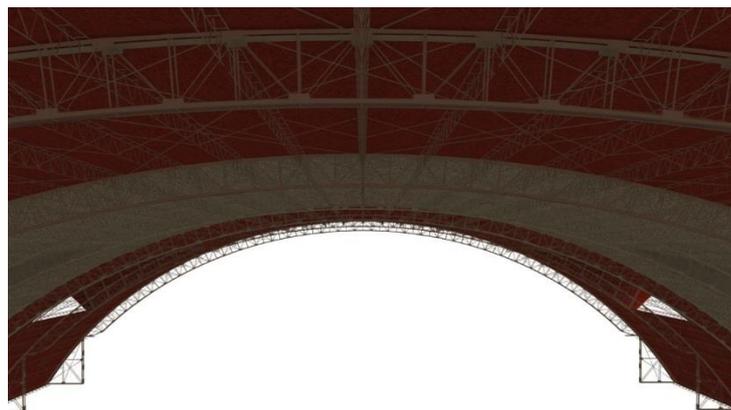


FIGURA 0.4: Modelo 3D proyectado en 2D.



b) R.V. inmersiva

La R.V. inmersiva es aquella en la que por medio de espacios tridimensionales generados por computador, el usuario puede interactuar en tiempo real con el modelo desarrollado, produciendo en el cómo usuario, la sensación de estar inmerso en la imagen proyectada con la opción de acceder a espacios normalmente inaccesibles o con gran contenido de riesgo, pudiendo modificar los hechos que allí ocurren tomando decisiones que de otra manera serían complicados y/o potencialmente inseguras.

Los ambientes inmersivos se caracterizan por generar en el público la sensación de presencia en la escena gracias a la utilización de dispositivos ópticos que permiten observar tridimensionalmente la imagen proyectada y dispositivos lumínicos que permiten determinar de manera precisa la posición del observador dentro del ambiente proyectado en escala real (1:1). Se permite con estos sistemas darle al observador o interactuante libertad y amplitud en sus movimientos (Ramos et al, 2007), inclusive llegando en determinadas situaciones a poder sentir a través del tacto gracias a la utilización de guantes electrónicos o brazos robóticos electromecánicos en el ambiente virtual generado. Es

común que para lograr esta inmersión se incremente la sensación de presencia con el uso de sonidos envolventes que ambientan la imagen proyectada (S.C-Y. Lu et al.).

Las imágenes proyectadas en los ambientes virtuales son logradas gracias a la superposición de dos de ellas, permitiendo generar el ambiente estereoscópico requerido.



FIGURA 0.5: *Espacio Realidad Virtual Inmersiva EAFIT-CIDICO*

c) Realidad Aumentada

La realidad aumentada es aquella en la cual el observador no se encuentra en la capacidad de diferenciar si el ambiente en el cual se encuentra inmerso es o no real logrando con ello engañar los sentidos del observador. Lo anterior se logra mediante la superposición de objetos generados por computador

con graficas reales de objetos de igual manera como se aprecian en el mundo real (S.C-Y. Lu et al, 1999).

Por lo anterior, la realidad aumentada al requerir modelar menos objetos que en la R.V. podría demandar menores requerimientos en cuanto a capacidades de desarrollo gráfico, lo cual genera menores costos para su aplicación haciéndose más factible de implementar que la R.V. comercial, sin embargo su limitación fundamental es que requiere de un ambiente real para ambientar la información modelada, ambiente que es inmodificable permitiendo solamente manipular y modificar de forma parcial la imagen virtualizada con las limitaciones que ello conlleva, sin embargo es útil para ciertos tipos de desarrollos.



FIGURA 6.0: Realidad Aumentada

Fuente: página web del canal de Panamá

1.3.6. BIM como herramienta TIC para la construcción.

Hace muchos años se viene experimentando en el mundo una revolución tecnológica con el desarrollo de herramientas que permiten integrar, a los procesos tradicionales de construcción tecnología que permitía hacer más eficiente el manejo de los proyectos.

Colwell (2008) elaboro un estudio, basado en opiniones de expertos y en su propia experiencia, logrando identificar las siete herramientas TIC más influyentes para la industria de la construcción, los cuales son mostrados en la figura 0.7. Asimismo, el estudio también identifica los beneficios de las herramientas TIC en las diversas fases de los procesos de diseño y construcción.

N°	Herramienta TIC	Peso
1	Software de Gestión de Proyectos	85%
2	Modelado 3D y 4D	77%
3	Computación móvil	73%
4	Software para planeamiento y programación de obras	71%
5	Sistemas ERP	66%
6	Hojas de asistencia web	38%
7	RFID y código de barras	32%

FIGURA 0.7: Herramientas TIC más influyentes en la construcción. (Colwell, 2008)



En este estudio, Colwell identificó al modelado 3D y 4D como una de las herramientas TIC que pueden ser aplicados a la construcción dando beneficios y mejoras en la administración de: la programación, planeamiento del trabajo, calidad, seguridad y comunicación. Colocándose en el segundo componente TIC más influyente para la industria de la construcción con respecto a su aporte como herramienta de productividad.

1.3.7. Niveles de desarrollo BIM (LOD)

La AIA (American Institute of Architects) decidió por un sistema para medir la cantidad y calidad de información, inicialmente se denominó “Nivel de Detalle”, pero este fue cambiado por “Nivel de Desarrollo” en el 2013. AIA Contract Document G202-2013, Building Information Modeling Protocol

- LOD 100 El modelo del elemento puede ser representado gráficamente en el modelo general con un símbolo u otra representación genérica, pero no cumple los requisitos para LOD 200. La Información en relación con el elemento de modelo (es decir, el costo por metro cuadrado, el tonelaje de la climatización, etc.) puede ser derivado de otros elementos del modelo. Para una lámpara, sería un símbolo al nivel del piso, que permite computarla y valorarla.



- LOD 200 El modelo del elemento se representa gráficamente en el modelo como un sistema genérico, objeto, o del conjunto con cantidades aproximadas, tamaño, forma, ubicación y orientación. Puede contener Información no gráfica. La lámpara posee una forma genérica, tamaño, forma y localización aproximada.
- LOD 300 El modelo del elemento se representa gráficamente en el modelo como un sistema específico, objeto o montaje en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. Puede contener Información no gráfica. La lámpara posee 2x4 luminarias, posee un tamaño, forma y localización definidos.
- LOD 350 El modelo del elemento se representa gráficamente en el modelo como un sistema específico, objeto, o montaje en términos de cantidad, tamaño, forma, orientación, e interfaces con otros sistemas del edificio. Puede contener Información no gráfica. La lámpara es marca LLL, modelo MMM, de tamaño, forma y localización específicos.
- LOD 400 El modelo del elemento se representa gráficamente en el modelo como un sistema específico, objeto o montaje en términos de tamaño, forma, localización, cantidad y orientación con detalles, fabricación, ensamblaje y la información de la instalación. Puede contener Información no gráfica. La lámpara,

además de la definición de LOD 350, tiene un detalle de montaje especial, por ejemplo sobre un plafón decorativo.

- LOD 500 El modelo del elemento es una representación verificada sobre el terreno en términos de tamaño, forma, localización, cantidad y orientación Puede contener Información no gráfica.

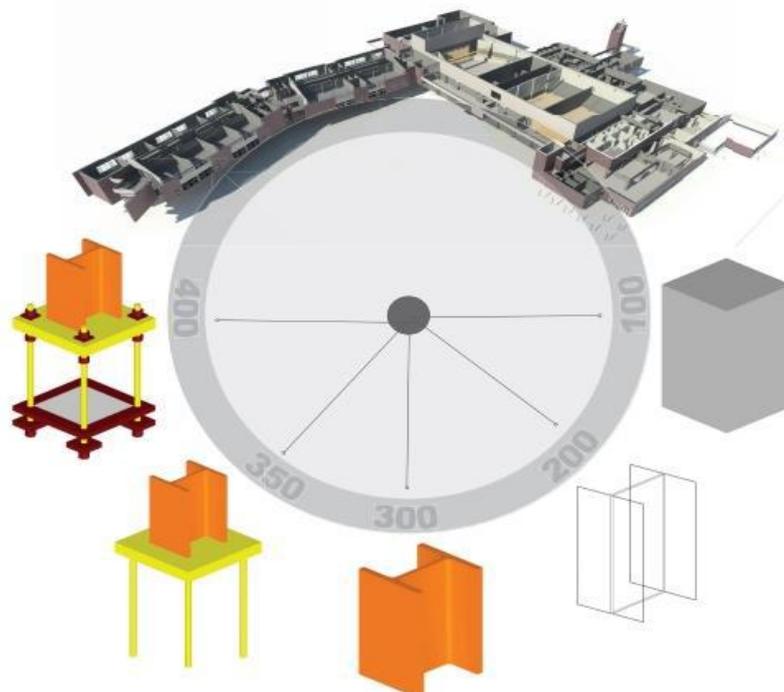


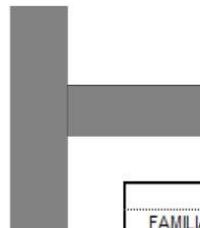
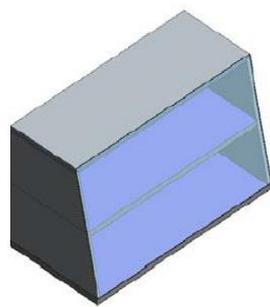
FIGURA 0.8: Nivel de Desarrollo LOD (Fuente: AIA BIM Fórum)

Además teniendo en cuenta el “Manual de Estándares BIM” de la empresa GyM preparado por MICRODESK. Empresa privada líder en nuestro medio nacional que propone la siguiente clasificación:

Clasificación que utilizan en sus proyectos

NIVEL 1 (ND1)

Los modelos de Nivel 1 incluyen elementos en que los cuales se hayan utilizado componentes genéricos. Al término de este Nivel, análisis basados en los sistemas generales pueden realizarse y cantidad general de materiales pueden obtenerse.



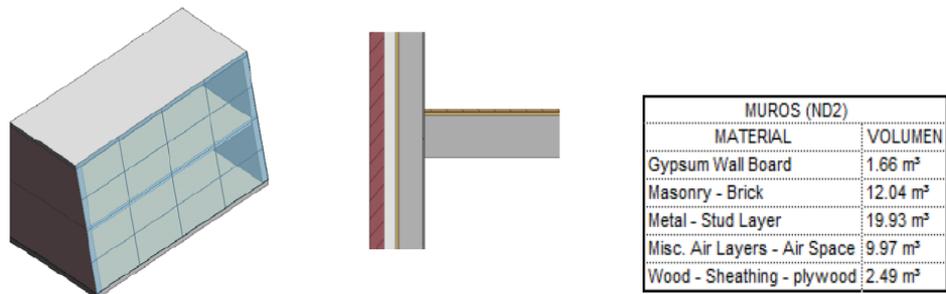
MUROS (ND1)					
FAMILIA	TIPO	ANCHO	LARGO	AREA	VOLUMEN
Basic Wall	Muro-20cm	0.20	11.89	60.97 m ²	12.39 m ³
Basic Wall	Muro-30cm	0.30	11.99	70.53 m ²	21.50 m ³

Las imagines de arriba muestran elementos de construcción definidos con componentes genéricos, donde las características de los elementos son solo generales, tales como espesor o volumen. Este Nivel permite obtener cantidades de manera rápida. (Página 8 del manual).

NIVEL 2 (ND2)

Los modelos de nivel 2 incluyen elementos en que los cuales los componentes genéricos han sido reemplazados por componentes en los cuales la totalidad de sus materiales han sido definidos. Al término de este Nivel, análisis basados en

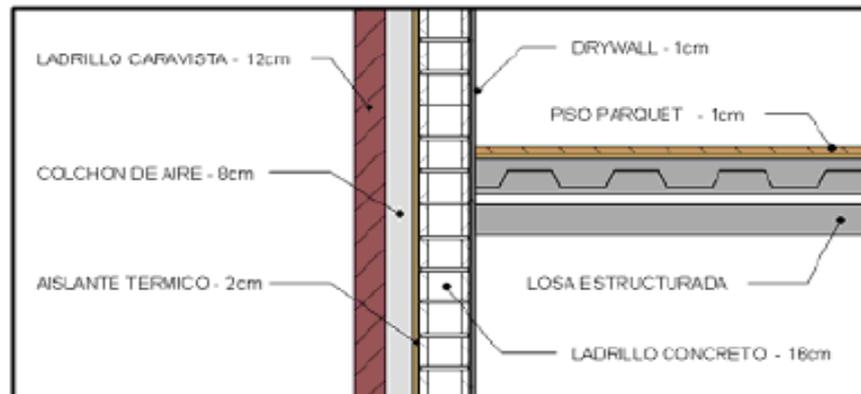
sistemas específicos pueden realizarse y cantidad real de materiales pueden obtenerse.



Las imágenes de arriba muestran elementos de construcción totalmente definidos, en donde todas sus características han sido determinadas. (Página 8 del manual).

NIVEL 3 (ND3)

Los modelos de Nivel 3 incluyen elementos en los cuales los componentes totalmente definidos han sido complementados con detalles que permiten su fabricación y/o construcción. En este nivel, el modelo incluye información 2D como texto, dimensiones, notas, etc. Al término de este Nivel, los Modelos deben tener toda la información necesaria para realizar Programación en Obra (4D), Estimados (5D) y Operación y Mantenimiento (6D).



La imagen de arriba muestran un detalle constructivo en donde información en 2D ha sido colocada sobre una vista 3D.

EL COMITÉ BIM DEL PERU

Fundado en setiembre del 2012, busca lograr el crecimiento sostenido de la Productividad y Calidad en la Industria de la construcción.

- PROMOVER el uso adecuado del BIM.
- DIFUNDIR LA CAPACITACION en la elaboración y gestión de modelos BIM.
- DESARROLLAR Y ESTANDARIZACION procesos y buenas prácticas en el uso del BIM.

El comité BIM del Perú pertenece al instituto de la construcción y el Desarrollo (ICD), organismo de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO).

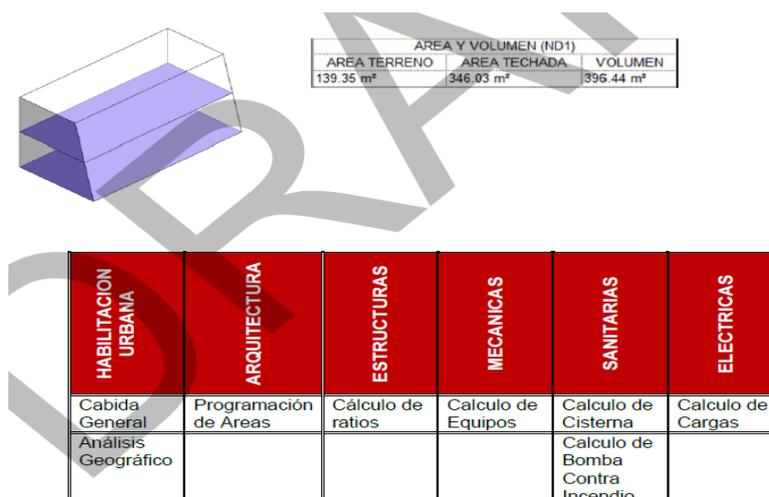
Para lo que concierne a los niveles de Detalle se tiene lo siguiente

El Nivel de Detalles (ND) describe la cantidad de trabajo que se ha desarrollado dentro del modelo así como sus requisitos mínimos. El Nivel de Detalle es acumulativo y debe avanzar de un nivel a otro.

NIVEL DE DETALLE 100

Los modelos de Nivel 100 (ND-100) incluyen elementos tales como Masas que se utilizaran para estudios preliminares tales como Diseños Conceptual y Etapas (Phases) Generales del Proyecto.

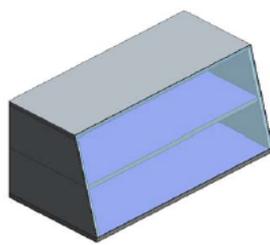
Análisis basados en Ubicación y Orientación así como Mitrados generales de Áreas y Volúmenes pueden ser realizados en este nivel



NIVEL DE DETALLE 200

Los modelos de Nivel 200 (ND-200) incluyen elementos en que los cuales las masas han sido remplazadas por componentes genéricos los cuales indican los anchos y/o espesores finales de los diferentes objetos/elementos de la edificación.

Análisis generales de Sistemas así como Análisis más específicos pueden ser realizados en este Nivel.



MUROS (ND2)					
FAMILIA	TIPO	ANCHO	LARGO	AREA	VOLUMEN
Basic Wall	Muro-20cm	0.20	11.99	60.97 m ²	12.39 m ³
Basic Wall	Muro-30cm	0.30	11.99	70.53 m ²	21.50 m ³

HABILITACION URBANA	ARQUITECTURA	ESTRUCTURAS	MECANICAS	SANITARIAS	ELECTRICAS
	Programación de Espacios y Ambientes	Dimensionamiento General	Equipos Mecánicos	Aparatos Sanitarios	Bandejas
	Muros y Pisos Genéricos	Cimientos y Zapatas Genéricas	Ductos	Gabinetes	Conductos
	Puertas Genéricas	Columnas, Vigas y Losas Genéricas		Tanques	Luminarias
	Ventanas Genéricas			Termas	Tableros
				Tuberías	

SUB-NIVEL DE DETALLE 250

Los modelos de Nivel 250 (ND-250) incluyen elementos en que los cuales los componentes genéricos han sido definidos por su deferentes Tipología. Si bien los componentes siguen siendo genéricos, esta diferenciación permite un mitrado más exacto

especialmente para la construcción del Proyecto y para una fácil migración al Nivel de Detalle 300 (ND-300).

NIVEL DE DETALLE 300

Los modelos de Nivel 300 (ND-300) incluyen elementos en que los cuales los componentes genéricos han sido reemplazados por componentes en los cuales la totalidad de sus materiales han sido definidos.

Análisis específicos de Sistemas así como Mitrados exactos basados en los diferentes materiales pueden ser realizados en este Nivel.

MUROS (ND3)	
MATERIAL	VOLUMEN
Gypsum Wall Board	1.66 m³
Masonry - Brick	12.04 m³
Metal - Stud Layer	19.93 m³
Misc. Air Layers - Air Space	9.97 m³
Wood - Sheathing - plywood	2.49 m³

HABILITACION URBANA	ARQUITECTURA	ESTRUCTURAS	MECANICAS	SANITARIAS	ELECTRICAS
	Muros y Pisos Definidos	Cimientos y Zapatas Definidos	Dampers	Aspersores	Accesorios Eléctricos
	Puertas Definidos	Columnas, Vigas y Losas Definidos	Filtros	Válvulas	Cajas de paso
	Ventanas Definidos		Terminales de Aire	Accesorios Sanitarios	Interruptores
			Válvulas		Paneles
					Tomacorrientes

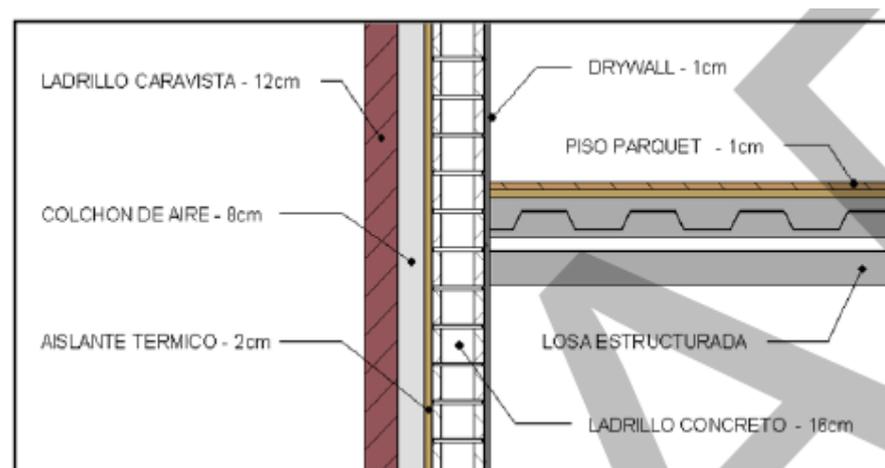
SUB-NIVEL DE DETALLE 350

Los modelos de Nivel 350 (ND-350) incluyen elementos en que los cuales los componentes ya están totalmente definidos y han sido complementado con geometría adicional en 3D para asegurar la constructabilidad de los mismos. Estos serán complementados con detalles en 2D a la hora de definirlos en la migración al Nivel de Detalle 400 (ND-400)

NIVEL DE DETALLE 400

Los modelos de Nivel 400 (ND-400) incluyen elementos en los cuales los componentes ya están totalmente definidos y han sido complementados con detalles que permiten su fabricación y/o construcción e incluyen información 2D como texto, dimensiones, notas, etc.

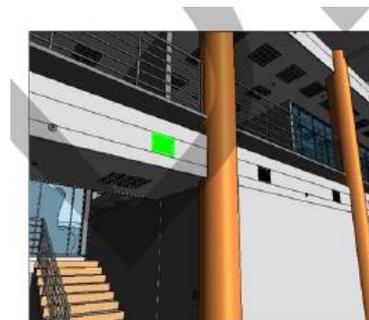
Detalles constructivos pueden ser obtenidos en este Nivel



NIVELES DE DETALLE 500

Los modelos de Nivel 500 (ND-500) incluyen parámetros asociados a todos los elementos de la edificación que permiten, una vez exportados fuera del entorno BIM, realizar la Programación de Obra así como Mantenimiento y Operaciones del Proyecto.

La vinculación del Modelo con Sistemas de Base de Datos puede ser realizada en este Nivel.



element_ID	revit_ID	last_inspected	next_inspection_due_date	priority	condition
132457383	659832	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132426790	679334	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132447782	650023	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
131276003	672263	4/20/2006	1/24/2011	high	fair
132786522	650933	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
131028862	667681	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132290073	679911	6/2/2008	9/11/2011	medium	excellent
131189520	640087	6/2/2008	9/11/2011	medium	good

Por ser el manual del comité BIM del Perú en reciente desarrollo asumiremos La AIA (American Institute of Architects) decidió por un sistema para medir la cantidad y calidad de información, inicialmente se denominó “Nivel de Detalle”, pero este fue cambiado por “Nivel de Desarrollo” en el 2013. AIA Contract Document G202-2013, Building Información Modeling Protocol y a los Estandares BIM de GyA como una guía para describir el nivel de desarrollo para esta Tesis.

1.3.8. BIM Patrimonio Cultural



Una herramienta como el BIM no puede quedarse al margen de ciertas partes de nuestra profesión que no son puramente obra nueva. Si queremos sacarle partido debemos de tener en cuenta todos los campos en donde puede aparecer. Un campo que siempre estará presente es el patrimonio arquitectónico, y una herramienta como el BIM nos permitirá crear un modelo exacto de la arquitectura construida o de sus vestigios con el fin de facilitar varios puntos de vista que extenderemos a continuación. Por un lado, la incorporación a un fichero digitalizado del Patrimonio de nuestro país. En Perú se carece de un modelo digitalizado de las mayores obras de la arquitectura que poseemos. Una vez tengamos creada esta base de datos, se puede universalizar nuestra cultura y hacerla accesible a cualquier persona en cualquier punto del mundo. Volvemos aquí a recordar que para que esto suceda, debemos avanzar más en la estandarización internacional de modelos digitales.

Por otro lado, las posibles reparaciones o reconstrucciones. Es evidente que las obras arquitectónicas más antiguas, necesitan un cuidado especial que, en muchos, casos no reciben, insuficientemente atendidas, no deja de ser incompatible con que se cree un modelo digitalizado de ellas para evitar que, cuando se necesite hacer una reconstrucción u obra de



mantenimiento, se tenga la información más veraz posible. O lo que es lo mismo, se debería de hacer un modelo virtual lo antes posible, para evitar la pérdida de información relevante de la obra en cuestión. Además puede esto servir para detectar posibles deterioros o vicios ocultos poder así atajarlos lo antes posible. Una vez hecho el modelo digital, cualquier técnico podrá acceder a él teniendo toda la información necesaria, puesto que en BIM se pueden incorporar datos como el tipo de material (densidad, peso, porosidad,...), la forma, la situación y emplazamiento, y otras etiquetas relevantes atendiendo a su naturaleza en cuestión.

También es muy importante llevar una estrategia de trabajo que nos permita seguir un procedimiento adecuado, atendiendo a unas pautas importantes como las de intentar no variar el objeto original:

En la etapa de auscultación del patrimonio edificado encontraremos por lo general piezas arquitectónicas, estatuas o representaciones escultóricas que deben ser catalogadas y documentadas debido a su valor excepcional, por ser provenientes de anteriores construcciones y que han sido recolocadas en la edificación analizada o por su particularidad arquitectónica: elementos destacables en el conjunto edificatorio,

piezas inéditas o singulares que hacen precisa su correcta identificación. Pero para llegar a un modelado preciso y real de estos elementos utilizando las herramientas de diseño que dispone cualquier software de CAD o BIM, habría que emprender una laboriosa tarea antes de incorporarlos en el modelo virtual de información, conscientes de que nunca se conseguirá una reproducción exacta y más cuando lo que se intenta es no falsear u obviar información que puede ser útil en otras etapas. En casos de derrumbamientos por fenómenos naturales o por conflictos bélicos, un levantamiento exhaustivo nos permitiría obtener un documento gráfico real que archivaríamos para ser utilizado como una reproducción idéntica en una posterior fase de reconstrucción.

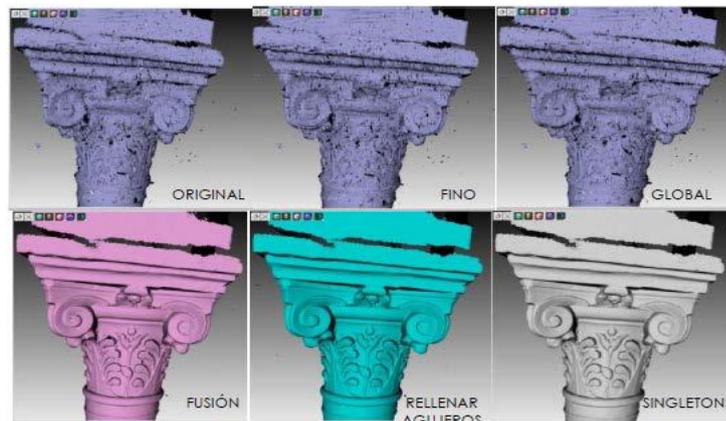


FIGURA 0.9: *Procesamiento de datos de un capitel.*

Fuente: La necesidad de un modelo de información aplicado al patrimonio arquitectónico, Nieto Julián, J. Enrique y otros, 2013.



Es importante tener en cuenta que las herramientas BIM que existen en la actualidad están pensadas para seguir todas las fases de la creación de obras nuevas desde un inicio de idea conceptual, uniendo siempre un modelo a una labor constructiva propia (estructura, instalaciones,...). Pero para el caso de ser aplicado al modelo patrimonial es habitual encontrarnos con deformaciones y deficiencias de los vestigios propios de su paso por el tiempo.

Para este tipo de casos, lo más normal es que tengamos que hacer un levantamiento mediante la unión de tecnologías que sean capaces de aunar los avances de la fotogrametría, SIG, CAD y BIM.

Hay que tener en cuenta que para estos procedimientos que se aplican a vestigios patrimoniales, no existen modelos pre-creados, ni manuales a seguir.

Cuando se trata de una obra nueva, el software BIM nos proporcionará herramientas para diseñar pilares, forjados, vigas, ventanas. Esto no sucede cuando se trata de un objeto construido hace muchos años que ya no se encuentra en ningún catálogo y que además se encuentra en un estado deteriorado, así que se deben de aplicar procedimientos avanzados, seguido de post-procesados para adecuar los resultados al software BIM.

Cada pieza será un objeto único y será muy difícil de gestionar los datos si no se mantiene un procedimiento estandarizado de trabajo. Además la forma de trabajo del software BIM actuales es muy diferente a la del software CAD. Los objetos BIM necesitan crearse como objetos paramétricos, que nos permitirán manipular propiedades dimensionales y físicas, adaptándolas a las particularidades del edificio.

Es decir, que se puede configurar libremente la instancia ubicada sin realmente modificar el archivo origen para el objeto.

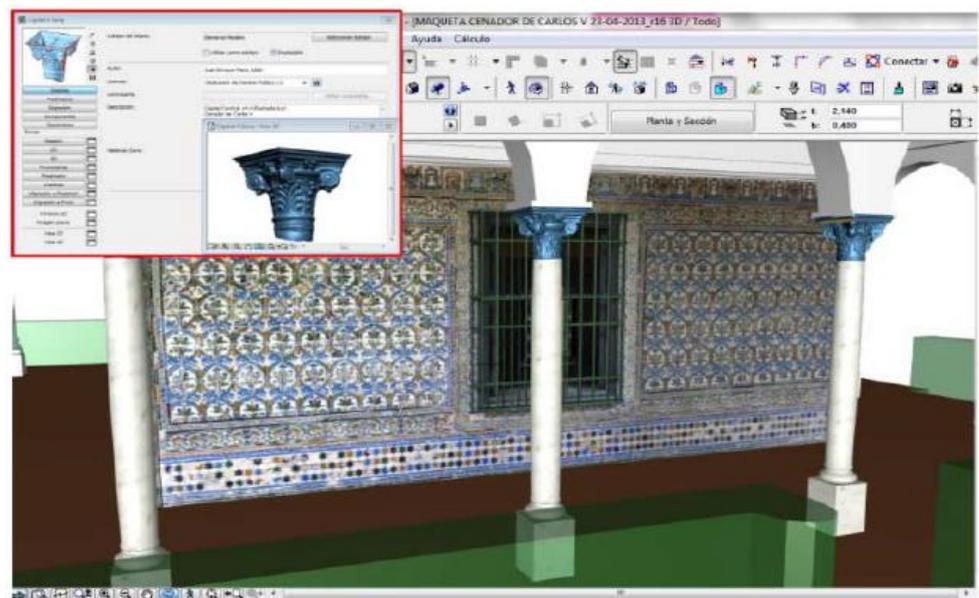


FIGURA 10: Modelo de información patrimonial.

Fuente: La necesidad de un modelo de información aplicado al patrimonio arquitectónico, Nieto Julián, J. Enrique y otros, 2013.

Con todo esto, debemos de pensar que estos procedimientos son complicados y, seguramente tengan un alto coste



económico. Pero es lógico pensar que el coste económico se verá como un mal menor una vez que tengamos todo el patrimonio catalogado y accesible en BIM, para poder tomar decisiones sobre su mantenimiento, reparación y reposición.

Se debe de ver como una puerta que debemos cruzar para poner a resguardo la información patrimonial, pero también como un campo de trabajo en un futuro próximo.

1.3.9. Modelado 3D, 4D, 5D, 6D, 7D

LAS DIMENSIONES DEL BIM

A medida que el uso de BIM se establece a lo largo del mundo, vamos observando como la productividad de los proyectos aumenta. Así pues es normal que surjan nuevos campos de especialización. Ya hemos visto con anterioridad como el proceso integrado (BIM) abarca muchos campos de trabajo convencionales (estructuras, instalaciones,...).

Países como Reino Unido están ya en la vanguardia del uso de esta herramienta. El informe del RIBA y el NBS 'National BIM report', del año 2013, nos indica el nivel de uso de BIM entre los profesionales de Reino Unido. De la encuesta que han realizado se desprende que en un período de tres años el 90% de los profesionales de la industria

AEC esperan usar BIM como herramienta de trabajo. Además los profesionales dicen estar de acuerdo con que el gobierno obligue a utilizar BIM en los proyectos públicos a partir de 2016.

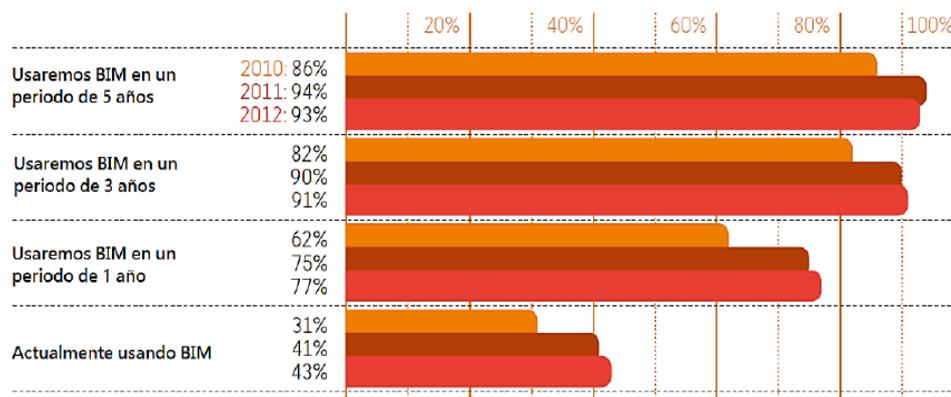


FIGURA 11: Encuesta sobre la utilización prevista del BIM entre los profesionales de la industria AEC en Reino Unido.

Fuente: National BIM Report 2013. RIBA y NBS.

Las herramientas BIM ofrecen cada vez más posibilidades de ampliación de documentación, buscando así que un solo modelo pueda contener toda la información accesible y actualizada para todos los técnicos en cualquier momento del proceso de diseño, ejecución y mantenimiento durante todo el ciclo de vida del edificio. Nace así la idea de incorporar otras dimensiones al modelo inicial.

LA DIMENSIÓN PLANA – 2D

BIM y CAD representan dos aproximaciones fundamentalmente diferentes al diseño arquitectónico y su documentación. Las aplicaciones de CAD imitan el tradicional proceso de papel y



lápiz con dibujos electrónicos de dos dimensiones creados desde elementos gráficos 2D como líneas, tramas y textos, etc. Los dibujos de CAD, de forma similar a los dibujos en papel, son creados de forma independiente por lo que cada cambio en el diseño debe revisarse y modificarse manualmente en cada uno de ellos.

Las aplicaciones BIM imitan el proceso real de construcción. En lugar de crear dibujos con líneas 2D se construyen los edificios de forma virtual modelándolos con elementos reales de construcción, como muros, ventanas, suelos, cubiertas, etc. Esto permite a los arquitectos diseñar edificios de la misma forma en que son construidos. Como todos los datos están guardados en un solo modelo virtual central, los cambios en el diseño son automáticamente detectados y realizados en todos los dibujos individuales generados desde el modelo. Con esta aproximación integrada del modelo, BIM no solo ofrece un significativo incremento en la productividad sino que sirve como base para unos diseños mejor coordinados y para un proceso de construcción basado en el modelo. Mientras que el cambio desde CAD a BIM está ya justificado con los beneficios obtenidos durante la fase de diseño, BIM todavía ofrece más beneficios durante la construcción y operativa de los edificios.



Aunque el software de modelado en 3D es casi tan antiguo como el software de diseño en 2D, el software 2D, de forma sorprendente, se hizo mucho más popular. Podríamos señalar dos razones por las cuáles se produce esto que sería, por una parte la facilidad de uso y aprendizaje de la mayoría de las herramientas CAD y, por otro lado, que el precio del software es, por lo general, más asequible que el software BIM o la combinación de otros.

Ambos sistemas continuarán funcionando bien mientras se mantengan en sus propios campos de trabajo. Los intercambios de trabajo entre usuarios 2D se realizan de forma sencilla ya que el concepto de los programas que usan esta tecnología es el mismo. Aun así, el CAD no deja de ser una herramienta muy productiva y que puede incorporar diseño en tres dimensiones. De hecho sigue siendo la herramienta de diseño más utilizada hoy en día entre los profesionales tal y como refleja la encuesta realizada por el RIBA y el NBS en Reino Unido durante el año 2012.

Uno de los mayores inconvenientes que aporta el uso de CAD es la dificultad a la hora de añadir cambios al proyecto una vez se ha terminado. El proceso puede llegar a ser muy largo y

además se lleva a cabo de una forma muy rudimentaria cambiando plano por plano. Aunque es cierto que en los últimos años las innovaciones en el proceso de escalado y anotación han mejorado, facilitando así los cambios.

Este proceso todavía se complicaría mucho más si tenemos en cuenta que los proyectos suelen llevarse a cabo entre varios profesionales. En estos casos la coordinación es fundamental porque el software no consigue discernir conflictos entre copias dentro de un mismo proyecto que se ha avanzado de forma paralela por diferentes técnicos, como por ejemplo el técnico que proyecta la estructura y el que proyecta las instalaciones.

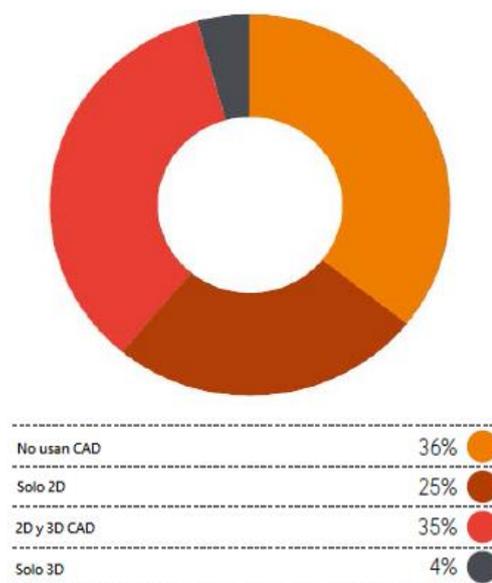


FIGURA 12: Encuesta sobre la utilización de CAD entre los Profesionales de la industria AEC en Reino Unido.

Fuente: NationalBIM Report 2013. RIBA y NBS.



La adopción de los modelos de información produjo cambios significativos en las prácticas de trabajo tradicionales. Un cambio predecible que se debe de esperar cuando dejamos atrás el CAD para incorporarnos al BIM, es el hecho de poder anticipar las decisiones sobre los requerimientos del diseño desde las primeras etapas del proceso de proyecto. La anticipación de las decisiones de diseño tiene ventajas significativas sobre las prácticas actuales.

En efecto, el coste de las modificaciones producidas en los proyectos de construcción va aumentando a medida que se vayan haciendo sobre el final de la etapa del proceso de construcción.

La siguiente imagen representa el impacto de la anticipación de decisiones de proyecto en la construcción.

El significado de las cuatro curvas mostradas en la figura es la siguiente:

1. Posibilidad de producir impacto en los costos y aspectos funcionales del proyecto.
2. Coste de los cambios producidos en el proyecto.
3. Proceso CAD.
4. Proceso BIM. En el eje de abscisas, las letras A a G representan las etapas sucesivas del proceso de construcción:

- A. Promoción y pre-diseño.
- B. Estudio previo.
- C. Desarrollo del diseño (proyecto).
- D. Proyecto de ejecución (documentación de la construcción).
- E. Contratación.
- F. Gestión de la construcción.
- G. Explotación.

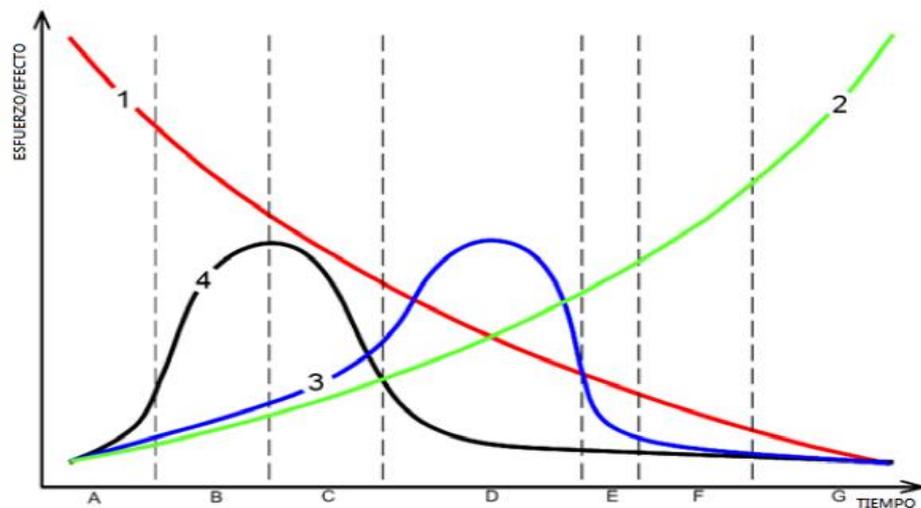


FIGURA 13: Curva de MacLeamy.

Fuente: <http://paginas.fe.up.pt>. Acceso: Mayo 2013

A esta curva se dio el nombre de curva de MacLeamy en honor al director ejecutivo de la firma de arquitectos HOK, Patrick MacLeamy, quien en el 2004 dibujó una serie de curvas basadas en la evidencia de que un proyecto es más difícil de cambiar cuanto más avanzado está y además el coste de estos cambios se incrementa.

MacLeamy argumenta que un aumento del esfuerzo en la fase de diseño beneficia a todo el proyecto, aunque donde



encontramos los beneficios es en términos de coste, ya que este esfuerzo se llega a percibir como un valor añadido al proyecto. Además con este cambio se asume que el proceso de diseño se puede anticipar a los acontecimientos y se pueden conocer los problemas del diseño antes de que lleguen a suceder.

Realmente con el sistema de trabajo y pagos fraccionados que practicamos habitualmente en Perú, este método se podría considerar un fútil esfuerzo que requiere una cierta cualificación de los técnicos que lo desarrollen y, por lo tanto, un aumento del coste. Es por esta razón que el paso de CAD a BIM no debe de ser únicamente un simple cambio de software en los departamentos técnicos, sino que debe realizarse un cambio en la mentalidad de todos los agentes intervinientes y por tanto en todo el proceso constructivo.

Como sucede en todo cambio profundo, se ha de valorar de antemano que los beneficios no se reflejarán a corto plazo, pero una continua aplicación de estos métodos aumentará los beneficios a largo plazo.

Los planos se sacan de forma directa de un modelo de información BIM creado con la herramienta Autodesk Revit 2016. El proceso de creación de planos es la parte más sencilla. Todo comienza con la introducción de datos para conformar el modelo



arquitectónico, la creación de plantillas de trabajo, esquemas, y la incorporación de familias con objetos creados con anterioridad. Una vez creado el modelo es muy sencillo pedirle que nos arroje datos, ya sean en forma de planos o en forma de hojas de cálculo, tablas, o esquemas de color. Esto se debe a que BIM almacena los datos de una forma coherente en bases de datos.

LA INCORPORACIÓN DEL TERCER EJE – 3D

Quizás esta sea la dimensión más visualmente atractiva del BIM. Esto es debido a la aparición de programas de diseño que pueden realizar la visualización en tres dimensiones. Pero no debemos de confundir la mera visualización en tres dimensiones con los modelos de información que usan la tercera dimensión. En un sistema BIM, la tercera dimensión es una herramienta para introducir y mostrar datos. La visualización en sí misma dependerá a partes iguales del software que usemos y del hardware del que disponemos. Así pues la visualización no es la finalidad de los sistemas BIM ya que, aunque son programas tecnológicamente avanzados en esta dirección, existen otros que nos permiten llevar acabo renderizados (Renderizado – Es un término utilizado para referirse al proceso de crear una

imagen mediante iluminación indirecta, partiendo de un modelo en 3D.) con una calidad muy alta.

El modelo 3D representa la geometría del edificio y es una colección de objetos: como muros, losas, columnas, puertas, ventanas, etc. Es una manera perfecta de visualizar que el producto final se verá tal y como lo hemos diseñado.

Hoy en día es relativamente sencillo que los programas BIM incorporen métodos que permitan realizar cambios en el modelo 3D y se visualicen automáticamente en el modelo 2D. En el caso de Autodesk Revit el cambio es instantáneo, en los demás automático. Esto permite al usuario BIM una mejor percepción y coordinación de los elementos que está dibujando en cada momento.

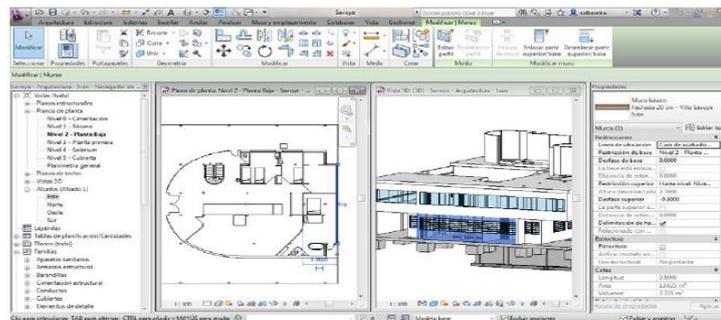


FIGURA 14: En los modelos de información BIM, los cambios se realizan de manera automática en todas las visualizaciones. En la imagen podemos ver la modificación de un muro en una vista 3D y su instantánea modificación en el modelo 2D, sin que el usuario tenga que intervenir.

Fuente: Propia.

La primera inyección de procesos BIM fue algo primaria, se trataba de una simple transición de CAD-2D a BIM-3D. En esta



primera oleada se crea una gran cantidad de modelos BIM, pero siempre después de que se haya creado ya la documentación de la construcción del proyecto. Debido a la forma de trabajar que tenían estos equipos, la información podía incluso llegar a ser errónea o, cuanto menos, contradictoria.

Estos modelos anteriores son una mera representación CAD-3D de edificios que sólo controlan la geometría del proyecto y coordina las posibles 'colisiones' entre la estructura y los sistemas de construcción.

Ya en una segunda fase, las oficinas de arquitectura comenzaron a coordinar el trabajo en un entorno BIM. El verdadero avance llegó cuando se encontraron con los beneficios de la automatización y la generación de documentación, así como los sistemas de detección de colisiones. Un caso aparte merecen los sistemas que comentaremos más adelante como son los BIM-4D, 5D, 6D y 7D, que revolucionaran el mercado aportando una implementación de calidad a los proyectos tradicionales y cambiando el mercado y la forma de trabajar del sector AEC.

Junto con los desafíos que representa la implementación de este sistema de trabajo, se presenta otro reto para las organizaciones y empresas que quieren adoptarlo, estamos hablando de la



propia resistencia de unos técnicos a los que les cuesta actualizarse. Es evidente que la formación que requiere BIM es un cambio de mentalidad en la forma de concebir los proyectos. En muchos casos, debido a la inmediatez de trabajo que requieren los proyectos, los profesionales optan por ceñirse al uso de herramientas CAD-2D y en el mejor de los casos el uso de BIM-3D.

Esto nos lleva a pensar que quizás no sólo debe de cambiar la forma de pensar de nuestros profesionales, sino también debe de cambiar la forma en que educamos a nuestros futuros profesionales en las escuelas técnicas hoy en día.

En este sentido quizás esta, la tercera dimensión, sea el punto por donde debemos de empezar la formación y la puesta a punto del conjunto de los profesionales activos y que se están formando en estos momentos, ya que esta dimensión es la más atractiva visualmente y más fácil de comprender su funcionamiento.

Sin embargo gran parte de lo que se anuncia hoy sobre el BIM está sobrevenido. BIM sigue siendo un proceso relativamente manual o en el mejor de los casos de automatizar parcialmente los procesos. Arquitectos e ingenieros utilizan mucho tiempo de modelado y los objetos que se especifican suelen ser objetos ya



fabricados con anterioridad, pero cuya información todavía permanece en analógico, catálogos PDF o CAD. Actualmente hay signos iniciales de un movimiento masivo para crear catálogos digitales poblados de objetos inteligentes que podrían ser incorporados en los modelos BIM. Los metadatos de esos objetos pueden ser buscados y requeridos automáticamente tal y como hoy buscamos hoteles y billetes de avión.

A través de los fabricantes, distribuidores y contratistas, incluso se podrían proporcionar ofertas iniciales para mejorar significativamente las tareas tales como: la estimación de costos, adquisiciones y cumplimiento de pedidos. También un motor de precios podría hacer del modelo BIM un portal de internet: un motor BIM-3D de metadatos integrado de forma completa con un sistema de distribución global.

El modelo podría proporcionar precios en tiempo real de múltiples marcas que se pueden conectar automáticamente con todas las partes interesadas, como: Constructores, subcontratistas y distribuidores.

Así podemos entender que un modelo de información BIM-3D, deja de ser un mero renderizado de unas operaciones hechas en el espacio plano.



El hecho de que el futuro pasa por la tercera dimensión es claro. Podemos recordar la transición de los planos dibujados a mano a CAD de ingeniería. En principio CAD no era un cambio tan importante como BIM está demostrando ser, sin embargo, CAD, ha cambiado la manera en que diseñamos, nuestros procesos y la economía de las empresas de diseño. Tendremos que multiplicar esto por muchas veces y añadir a los fabricantes, contratistas, propietarios y operadores como parte integrante de BIM para poder empezar a comprender el verdadero impacto de BIM.

Sin embargo, para poder alcanzar estos objetivos que nos proponemos para dar el salto del CAD-2D al BIM, seguramente, tendremos que pasar por estos cuatro pasos:

- Filtro de datos.- Los datos de diseño que se han creado en un programa de CAD-2D normalmente se pueden convertir en una base de datos de CAD en 3D.

Generalmente estos datos como las dimensiones, los parámetros y las capas de tipo de línea son filtrados antes de ser importados en un sistema BIM. El proceso de filtrado por lo general tiene como resultado una conversión precisa de 2D a 3D.



- Identificar geometría proyectada.- Para evitar fisuras en la transición de datos de un sistema CAD-2D a una herramienta CAD-3D paramétrico, es esencial permitir la orientación rápida y precisa de los datos de varios puntos de vista (un modelo 3D puede ser visto desde seis orientaciones diferentes). Este proceso se establece orientando varias vistas dentro de una caja de visualización que proporciona los tres planos - XY, YZ, ZX.
- Alinear varias vistas geométricas.- Se debe identificar en primer lugar los puntos de vista básicos necesarios para la creación de un modelo 3D, ya que la orientación y la alineación son importantes para la extrusión del modelo 3D.

Estas alineaciones pueden ser llevadas a cabo usando una técnica de traducción básica que incluye por lo general sólo un comando para mover al plano apropiado. Esta es la mejor manera de asegurar un modelo 3D preciso.
- Extrusión.- Este proceso se utiliza para modelar superficies complejas.

Debido a la naturaleza precisa de los pasos necesarios para convertir los dibujos en 2D a modelos BIM, en muchas ocasiones persisten los errores, para eso las visualizaciones BIM nos permiten futuras modificaciones.

En BIM el modelo 3D es la herramienta básica de trabajo. Desde el principio del proyecto se trabaja en este modelo, así pues es posible crear rápidas vistas que nos permitirán una mejor percepción del modelo, pero no sólo esto, si no que nos permite analizar el edificio desde diferentes perspectivas de forma instantánea, de manera que cualquier cambio que se realice sobre el modelo en cualquiera de estas visualizaciones, también se hará permanente para el resto de ellas.

Al final del documento se muestran imágenes renderizadas del modelo 3D, así como otras visualizaciones útiles del modelo para el trabajo.

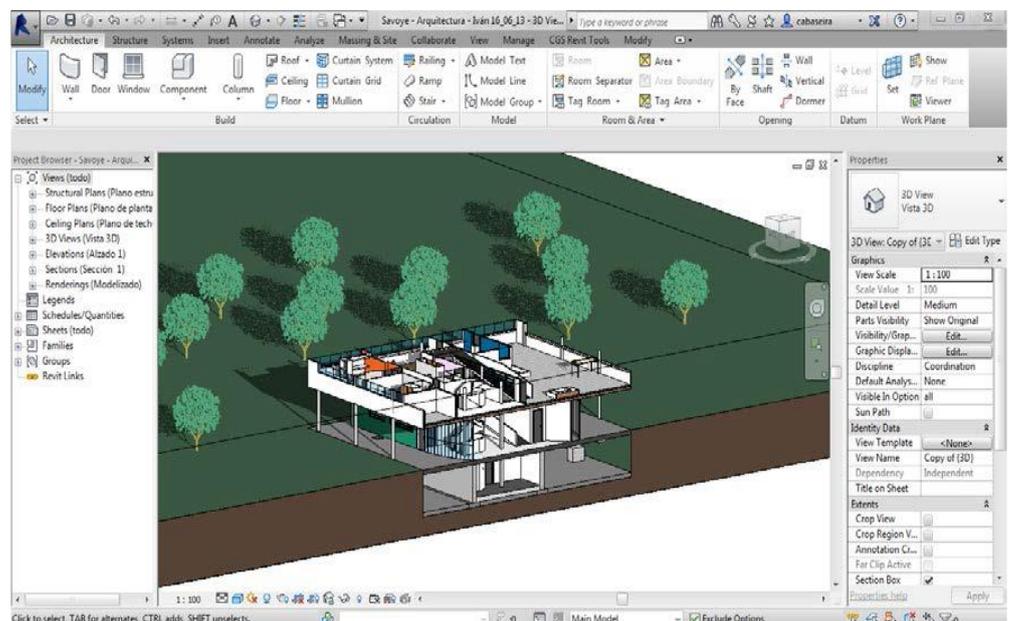


FIGURA 15: Las diferentes formas de visualización de BIM nos permiten trabajar de una forma más realista sobre un modelo único de información.

Fuente: Propia



EL ANÁLISIS DE LA PROGRAMACIÓN TEMPORAL – 4D

Uno de los desarrollos más recientes e interesantes en el mundo BIM ha sido la introducción de una nueva dimensión. Mientras CAD-3D y BIM recorren de forma exhaustiva las dimensiones del espacio, BIM-4D integra el tiempo en el proceso.

Ya hemos visto el potencial de los modelos BIM en 3D. Estos modelos son ideales para visualizar el aspecto que tendrá el proyecto, cómo se integra en el paisaje actual, y tal vez incluso para hacer un recorrido virtual para mostrar cómo los visitantes interactúan y fluyen a través del edificio.

Pero hay otros usos para la geometría en el modelo. A partir de la geometría y la experiencia combinada del Project Manager y del Jefe de Obra, podemos obtener las cantidades de construcción a grueso modo. Estas cantidades pueden ser el alimento a partir del cual se pueden crear las programaciones y las estimaciones. Sin embargo, en el mercado se cuestiona si el BIM-4D puede representar la secuencia del proyecto o si por el contrario debe derivarse como una consecuencia de una programación.

Las personas con más experiencia piensan que el BIM-4D ha de ser a la vez secuenciación y programación, además de control de producción en obra con el Jefe de Obra y las Subcontratas, y



que incluso se podría llegar a la confrontación de estos datos con facturas en la misma obra. Estos pioneros afirman además que 4D BIM debe integrar la medición de materiales necesarios para la obra, recursos, índices de productividad y los costes laborales en el BIM (recordemos que la 'I' de BIM significa información), aunque esta última parte la dejaremos para cuando hablemos del BIM-5D.

Hay diferentes tipos de software que incluso realizan una secuencia propia de construcción y planificación y que también pueden producir una animación 4D.

Esto significa que a los elementos del modelo se les asigna una secuencia de construcción lógica y se pueden poner juntos en una animación que muestra al futuro propietario cómo se reunirán para formar el edificio. Hay una gran diferencia entre una animación 4D y una programación 4D, pero muchos propietarios están confundidos sobre este matiz.

Una programación BIM-4D es una derivación directa de la geometría BIM-3D y una optimización de los recursos. A partir de la geometría, extraemos cantidades y asignamos estas cantidades a los recursos. Ahora podemos aplicar la secuencia lógica, incluyendo personal necesario, tasas de productividad y precios, llegado el caso.



Mediante la creación de un programa optimizado conseguimos que el proyecto fluya sin problemas.

Además de aportar un alto nivel de inteligencia en el procesado y una fácil colaboración para el diseño y construcción de edificios, la cuarta dimensión entrelaza la información BI-3D con la programación del método de ruta crítica del proyecto, optimizando la cadena de suministro, los plazos y las operaciones de la obra, colocando todos los datos en un modelo 3D visualmente digerible.

Uno de los principales usos del 4D en proyectos de construcción es su capacidad para facilitar guías sencillas, visualmente intuitivas para los propietarios e interesados en la obtención de un análisis detallado de ejecución constructiva dirigida por una línea de tiempo. Ésta incluye simulaciones animadas en las que se indica el orden en que los trabajos van a ser completados, junto con el tiempo que tardará en completarse sobre la base de una compleja serie de algoritmos de programación.

El hecho de que estas accesibles simulaciones tomen algunos puntos del diseño matemático sin contar las ecuaciones, también proporciona una clara ventaja en el proceso de licitación. Una presentación simulada 4D tiene el doble propósito de definir una visión integral del plan de construcción de un contratista y, a la



misma vez, demostrar que el constructor está al día con las tecnologías más avanzadas. BIM-4D ya ha demostrado su eficacia en una amplia gama de proyectos inmobiliarios de gran escala.

Sin embargo, el software BIM-4D no trata sólo de hacer presentaciones accesibles para el usuario. La utilidad de los datos 4D es mucho más profundo, permitiendo a los contratistas hacer una planificación improvisada en los cambios de horario y logística con base en la información de los modelos BIM-4D, optimizando así los flujos de trabajo.

La construcción es un trabajo repetitivo en las localizaciones donde se realiza. Estos lugares pueden ser identificados visualmente en modelos 3D, donde se complementa con los datos de tránsito que pueden ser usados para calcular la duración exacta en las operaciones en cada lugar. Este cálculo automático permite optimizar el tiempo utilizado por el personal, para lograr así un continuo flujo de trabajo y reducir diversos problemas en el proceso. Lo más interesante es que esta optimización puede reducir la duración del proyecto en un 10% sin aumentar los recursos.

Con todas estas ventajas que se disponen desde las primeras etapas del diseño hasta el final de la construcción, sería fácil



asumir que los métodos basados en BIM-4D, se han convertido en la actualidad en un estándar de la industria en todos los lugares del mundo.

Sin embargo, los aspectos económicos afectan claramente a un proyecto en su diseño y construcción, tanto como en las tecnologías empleadas para su diseño. En el actual panorama de recesión del mercado, el énfasis en proyectos de construcción se ha centrado en la entrega de edificaciones seguras, pero con el presupuesto más bajo posible.

Para muchos proyectos más pequeños o de tamaño medio, el costo asociado que viene con el uso de tecnologías avanzadas de BIM es simplemente demasiado alto para ser viable. Esto limita su uso a gran escala y mega-proyectos, en los que BIM afronta mediante un diseño inteligente un producto de gran detalle visual, tomando en cuenta los datos más complejos en su desarrollo, lo que realmente justifica su elevado costo.

Pero a medida que los precios bajen y aumente la eficiencia del software, como es inevitable, lo más probable es que vayamos empezando a ver el uso de herramientas basadas en BIM-4D a través de una franja mucho más amplia de proyectos de diseño y construcción. Cabe decir que existen muchos programas que permiten crear tablas de programación temporal como por

ejemplo: Microsoft Project, Oracle Primavera, Vico Software, Innovaya Simulación, Asta PowerProject,...

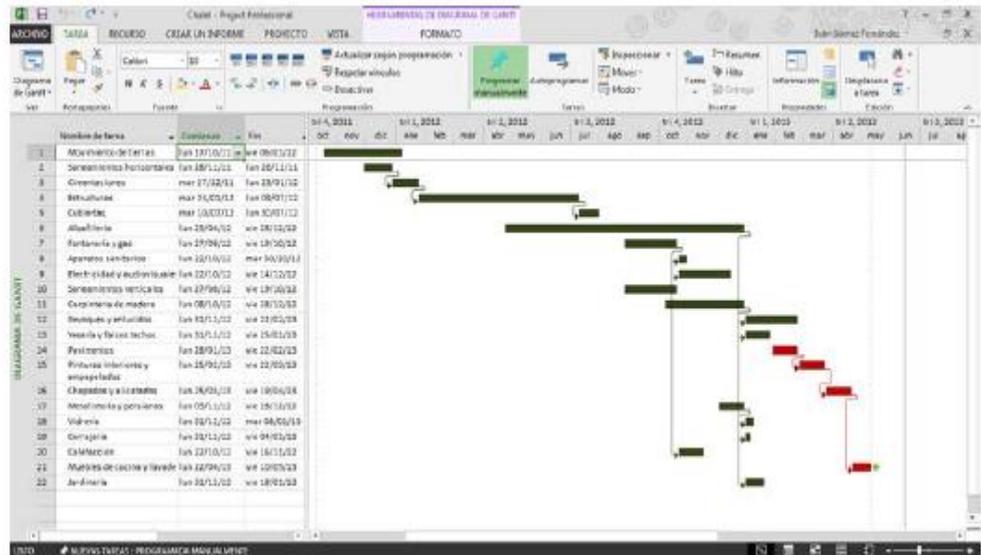


FIGURA 16: Imagen del programa Microsoft Project 2013, que permite crear programaciones temporales.

Fuente: Expediente creación de un Polideportivo

EL ASPECTO DEL COSTE/PRESUPUESTO – 5D

Como ya hemos visto con anterioridad, la cuarta y quinta dimensión ya fueron incorporadas al CAD hace tiempo y, además, con gran aceptación debido al amplio uso de los programas CAD.

Pero vamos a echar un vistazo atrás y ver como se fueron incorporando estas prácticas al proceso de modelado BIM.

La progresión parece lógica: todo comienza con planos 2D y luego recibimos o hacemos los modelos 3D y se coordinan,

entonces realizamos las mediciones de los materiales con programas 4D y a continuación realizamos una estimación del coste para alcanzar así la quinta dimensión del BIM.

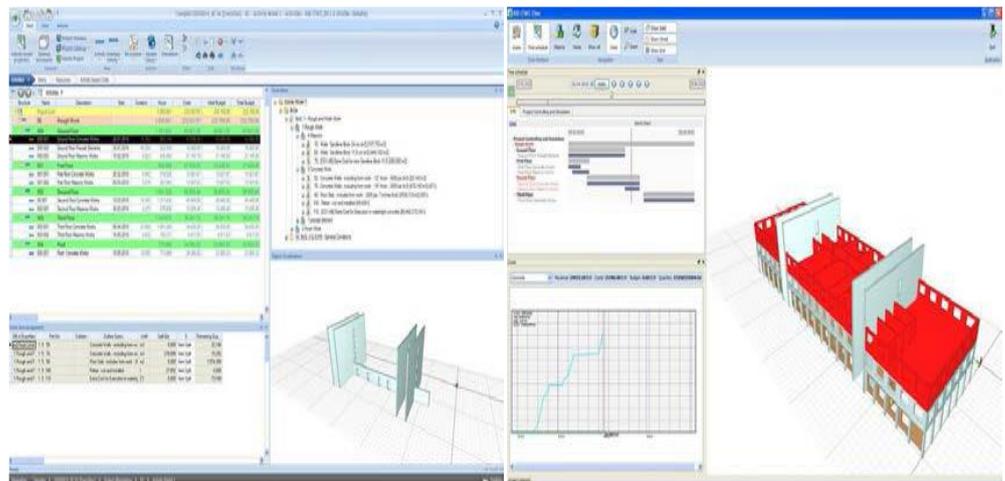


FIGURA 17: *Diferentes fases del proceso constructivo con un software BIM llamado RIB iTWO y que incorporan 5D.*

Fuente: <http://www.rib-software.com>. Acceso: Mayo 2013

En los últimos años ha ido creciendo el interés sobre el desarrollo de programas capaces de enlazar el software BIM con el software de estimación de costo. Este interés ha hecho que los técnicos tiendan a sobre-definir los modelos de información en un intento de que se use un solo software en el amplio campo de los espectros dimensionales del BIM.

El modelo BIM se convierte así en una base de datos alfanumérica para cuya gestión no está preparado.

- Los datos introducidos no se reutilizan con facilidad entre los sucesivos proyectos



- No se dispone de procedimientos adecuados para su actualización y mantenimiento respecto de la realidad
- No existe una relación integrada con los elementos gráficos a los que corresponden.

Este sistema además requiere un desarrollo informático importante y un esfuerzo inicial de carga de datos por parte del usuario que se superpone al trabajo habitual

También los técnicos de sistemas BIM han desarrollado enlaces de interoperabilidad

Como el IFC. Este enlace que en un principio podría parecer el más oportuno para trabajar con software de estimación de costos se puede volver un estorbo si no se usa de la forma adecuada. El formato IFC permite una sencilla transacción de datos siempre y cuando el software emisor de la información use el mismo código que el software que recibe la información, el propio IFC se ocupa de ello. Sin embargo, la transferencia de elementos de información complejos requiere un acuerdo más allá del propio formato IFC y, en muchos casos, no existe.

La conclusión es que para que un enlace entre dos programas funcione no es suficiente con crear condiciones de interoperabilidad técnicamente adecuadas entre las dos bases



de datos respectivas, sino que debe tener en cuenta cómo se desarrolla la relación entre los profesionales implicados

Así pues se hace imprescindible un análisis profundo de las personas que están implicadas en el proceso de trabajo.

La mayoría de los equipos de trabajo actuales no se encuentran en una situación que se les pueda considerar equipos que trabajen de forma colaborativa, según BIM lo requiere, pero tampoco trabajan de forma individual, se suele colaborar, pero cada Técnico suele realizar su parte del trabajo sin tener en cuenta el trabajo de los demás técnicos intervinientes.

Esto ocasiona que el desarrollo de programas de estimación de costos tenga diferentes derivadas.

Un equipo colaborativo representa el comportamiento teórico esperado. Los criterios de diseño para este proceso son bien conocidos. Se basan en un trabajo previo en el modelo, diferente al estrictamente necesario para generar la documentación gráfica, que permite obtener el presupuesto con facilidad cuando es necesario. En ese momento se extraen los datos del modelo BIM y se insertan en el presupuesto, en un proceso clásico de exportación-importación [...]. Sin embargo, si los profesionales trabajan de forma individual, el proceso de se hace una vez se termina todo el trabajo sobre el modelo de información.



Cuando se trabaja continuamente de forma individual, no se pueden prever las necesidades de todo el equipo en su conjunto. Así pues, surgen eventualidades provocadas por el nivel de detalle de un técnico que otro técnico no requiere o le son insuficientes.

Es frecuente oír, tanto en ámbitos comerciales como académicos, que el modelo BIM contiene o debe contener la totalidad del presupuesto. Sin embargo, otros autores creen que no todos los componentes de un presupuesto provienen del modelo BIM. Diferente bibliografía nos advierte sobre qué elementos no deben modelarse, bien porque para cuantificarlos y especificarlos no merece la pena dibujarlos, porque provienen de otros programas de cálculo o simplemente porque no tienen existencia física. Incluso en la documentación de un programa comercial se reconoce directamente que hay artículos en una estimación de costo que no están incluidos en el modelo BIM.

Esto no se debe a deficiencias superables de los medios digitales actuales, sino a la eficacia histórica de la escritura y de la representación gráfica en dos dimensiones para definir la ejecución de una obra sin necesidad de graficar todos y cada uno de sus componentes, gracias al conocimiento implícito que añaden los sucesivos agentes implicados.



En consecuencia, el proceso de enlace no puede ser una sola exportación definitiva, sino que debe permitir que se reciban los datos del mismo proyecto una y otra vez, sin que estén documentados los añadidos, las eliminaciones y los cambios, pero que puedan integrarse con facilidad en el presupuesto existente.

G. Valderrama y S. Acosta (17) nos hablan también sobre el desarrollo de nuevos sistemas de enlace que se pueden adaptar a una gran variedad de procesos de uso. Nos hacen una descripción de los procesos soportados por los programas BIM y que pueden ser el primer paso de un desarrollo prometedor en este campo.

En primer lugar, la selección de unidades de obra se puede realizar directamente desde el sistema BIM a partir de catálogos previamente generados por el programa de presupuestos, que pueden contener un cuadro de precios completo o una selección de partidas específicas de un proyecto concreto.

Además los datos que genera el responsable del modelo se pueden verificar íntegramente antes de enviarse al responsable del coste, mediante herramientas integradas en el sistema BIM o con otros recursos. Si el catálogo anterior incluye costes



unitarios, en esta fase ya se puede conocer el importe de la parte modelada del proyecto.

Una cosa importante en el proceso es que el responsable del coste puede verificar y modificar los datos recibidos antes de su inserción en el presupuesto, sin necesidad de disponer del programa que gestiona el modelo BIM ni conocer su uso.

Cuando cambia el modelo, la nueva información recibida se compara con la existente para detectar los elementos añadidos, los eliminados y los modificados, presentando sólo la información relevante para la toma de decisiones. De esta forma se pueden integrar sucesivamente nuevas versiones de los datos sin perder el trabajo realizado, aunque no vengan documentados explícitamente.

Cuando se reciban versiones sucesivas, los datos de los elementos gráficos pueden insertarse automáticamente en sus unidades de obra aunque este dato no provenga del modelo BIM, ya que el programa de presupuestos conserva las equivalencias de importaciones anteriores. También pueden prepararse plantillas de asignaciones predefinidas para recibir datos de modelos BIM en los que no se ha realizado el trabajo previo de asignación.



Se resuelven así procesos de uso en los que existe una elevada independencia entre el responsable del modelo y el del coste.

El programa de presupuestos mantiene internamente toda la información del modelo BIM que sea relevante para la asignación del coste, para la especificación o para la identificación de cada elemento. De esta forma se consigue la trazabilidad entre modelo, presupuesto y obra ejecutada, ya que cada entidad queda identificada unívocamente en todos estos ámbitos. El sistema BIM puede mostrar visualmente las entidades gráficas que corresponden a cada elemento del presupuesto.

El programa de presupuestos mantiene localizados los datos que provienen del modelo BIM y los introducidos manualmente por el responsable del coste, que se pueden modificar por separado sin interferencias entre ambos, permitiendo la introducción de los componentes del presupuesto que no provienen del modelo.

Esta posibilidad, junto con la trazabilidad recíproca, representa la vuelta de información desde el presupuesto hacia el modelo, cerrando el círculo por cual este proceso deja de ser simplemente una importación unidireccional o un enlace y puede

llamarse propiamente una integración o un proceso de interoperabilidad

Se describe así un nuevo método de trabajo que permite la colaboración de todos los integrantes en los sistemas BIM. Una colaboración que hace posible entender la integración de los sistemas 5D y que facilita la labor del equipo de trabajo durante la concepción de la obra, pero sobre todo, durante la ejecución de la propia obra en sí misma.

Es evidente que los sistemas 5D tienen un largo camino de evolución pero, tal y como los hemos presentado, queda meridianamente claro que su evolución queda supeditada al uso que los técnicos demos de ella.

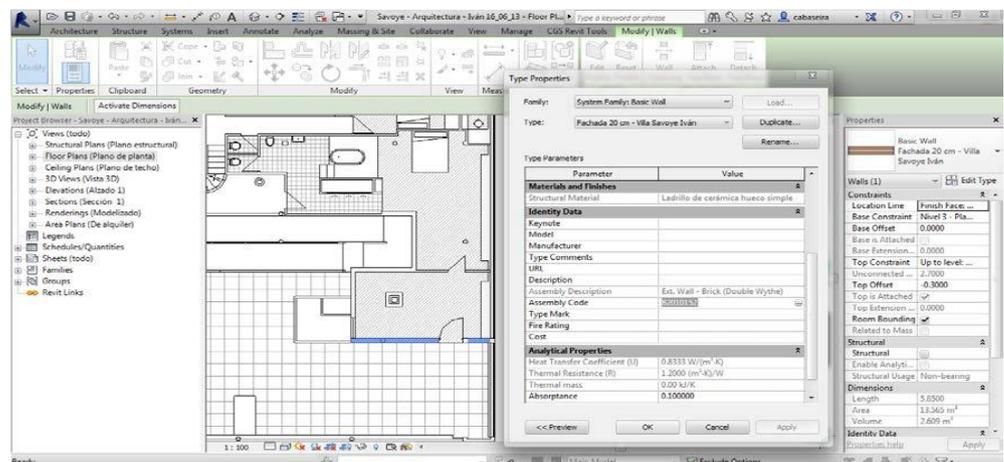


FIGURA 18: Proceso de asignación de un código de montaje
 Fuente: <http://www.rib-software.com>. Acceso: Mayo 2013

Una vez asignados los códigos de montaje, para Revit es muy sencillo volcarnos una tabla con todos los materiales asignados al modelo.

ID	Material Name	Description	Material Properties
82201450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Materia de una capa
80301450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Ladrillo de ceramica hueco simple
80301450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Mortero de una capa
80301450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Ladrillo de ceramica hueco simple
80201450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Ceramica blanca barro Sanjose
13303500	Panela de gis	300 x 300 mm	Procedente: import
80301450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Materia de una capa
80301450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Ladrillo de ceramica hueco simple
80201450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Ceramica blanca barro Sanjose
10000000	Cerama Estándar	190 x 164 mm - Doble	Tecido: Blanco
10000000	Cerama Estándar	190 x 164 mm - Doble	Malla: Gris
10000000	Cerama Estándar	190 x 164 mm - Doble	Tecido: Blanco
10000000	Cerama Estándar	190 x 164 mm - Doble	Malla: Gris
10000000	Cerama Estándar	190 x 164 mm - Doble	Tecido: Blanco
10000000	Cerama Estándar	190 x 164 mm - Doble	Malla: Gris
80201450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Mortero de una capa
80301450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Ladrillo de ceramica hueco simple
80201450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Ceramica blanca barro Sanjose
13001000	Pilar Circular	20 cm	Enlucido - blanco
13001000	Pilar Circular	20 cm	Horripón
13001000	Pilar Circular	20 cm	Ceramica blanca
13001000	Pilar Circular	20 cm	Pintura blanca Sanjose
13001000	Pilar Circular	20 cm	Pintura gris Sanjose
81201040	Pilar rectangular hormigon	200 x 200 mm	Enlucido - blanco
81201040	Pilar rectangular hormigon	200 x 200 mm	Losas aculpas 10 x 10
81201040	Pilar rectangular hormigon	200 x 200 mm	Pintura blanca Sanjose
81201040	Pilar rectangular hormigon	200 x 200 mm	Enlucido - blanco
81201040	Pilar rectangular hormigon	200 x 200 mm	Pintura blanca Sanjose
13001000	Pilar Circular	20 cm	Horripón
13001000	Pilar Circular	20 cm	Pintura blanca Sanjose
80301450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Materia de una capa
80201450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Ladrillo de ceramica hueco simple
80301450	Basic Wall	Murso 8 cm - Villa Sanjose haza	Pintura blanca Sanjose

FIGURA 19: Tabla de materiales de revit

Fuente: <http://www.rib-software.com>. Acceso: Mayo 2013

SOSTENIBILIDAD – 6D

Los edificios, de forma individual o colectiva, tienen impactos ambientales, económicos y sociales que se producen en todas las etapas del ciclo de vida de múltiples maneras y en las escalas local, regional y global. La organización de normalización ASTM (ASTM - American Society for Testing Materials. Organismo de normalización internacional y colaboradora técnica de ISO.), en su norma E2114-08, define edificio sostenible como aquel edificio que proporciona los requisitos de rendimiento de construcción especificados al mismo tiempo que minimiza la perturbación y mejora el funcionamiento de los ecosistemas, tanto durante como después



de su construcción y vida útil. También añade que un edificio verde optimiza la eficiencia en la gestión de recursos y el rendimiento operativo y, minimiza los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Podríamos entender esto como un concepto de ciclo de vida 'eco-eficiente'. Según J. Brunett podríamos expresar la ratio de eco eficiencia durante el ciclo de vida como:

Este es el punto al que mira esta nueva dimensión del BIM. Debemos de ser capaces de crear edificios con las mejores condiciones económicas y sociales, pero al mismo tiempo tenemos que pensar en el entorno que nos rodea y en cómo gestionar las obras de forma eficiente también en este campo.

En este sentido la sexta dimensión del BIM (en ocasiones llamada Green BIM o BIM verde), nos brinda la oportunidad de conocer cómo será el comportamiento del edificio proyectado antes de que se tomen decisiones importantes y mucho antes de que comience la construcción.

Nos permite crear variaciones e iteraciones en la envolvente, los materiales utilizados, el tipo de combustible utilizado para enfriar/calentar la vivienda y la huella de carbono que produce la totalidad del proyecto teniendo en cuenta incluso su situación, su



posición relativa con respecto a los proveedores, su orientación y muchos aspectos más.

En este sentido, tal y como apunta Liébana Carrasco, en algunos países han desarrollado certificados de eficiencia energética como el LEED (LEED - Acrónimo de Leadership in Energía & Environmental Design (Liderazgo en energía y diseño ambiental)). LEED es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados

Unidos (US Green Building Council). Fue inicialmente implantado en el año 1998,

Utilizándose en varios países desde entonces. Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales. Existen cuatro niveles de certificación.

Los niveles energéticos pueden ir del A al G, siendo A el más eficiente y G el menos eficiente.



Además también se le adjunta una etiqueta energética, documento estandarizado en el que sólo se representa la escala energética y la letra que corresponde al edificio.

Es obligatorio desde Junio de 2013 para edificios de nueva construcción, edificios que se vendan o alquilen a un nuevo arrendatario y edificios públicos que ocupen más de 250 m² y sean frecuentados habitualmente por el público.

Será esto un punto y aparte en el estudio pormenorizado de las viviendas, y una buena oportunidad para incorporar el BIM-6D a las metodologías de trabajo aplicadas en las empresas (España).



FIGURA 20: Etiqueta del certificado energético indicada en el RD 235/2013.

Fuente: <http://www.minetur.gob.es>. Acceso: Mayo 2013

El software BIM ha ido incorporando esta dimensión y ya es posible analizar un edificio de manera íntegra, teniendo en cuenta todas sus características funcionales, arquitectónicas y de localización.

GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA – 7D

El siguiente paso en el uso del BIM parece que todavía queda lejos de alcanzar en nuestro país, pero parece el siguiente paso lógico en la cadena. Hemos hecho un recorrido desde la idea de la concepción del edificio que tiene el promotor, que le transmite al diseñador, este al arquitecto, pasando por los diferentes agentes que calculan instalaciones y estructuras y para finalizar las colaboraciones que deben de hacer los fabricantes y constructores. Parece entonces que el siguiente paso debe de ser incluir al cliente final. Para ello nace la séptima dimensión, que aparece para facilitar al cliente final la gestión de las instalaciones durante todo su ciclo de vida.



FIGURA 21: La séptima dimensión abarca la mayor parte del ciclo de vida de un edificio.

Fuente Fuente: <http://www.minetur.gob.es>. Acceso: Mayo 2013

Cuando hablamos de ciclo de vida de un edificio debemos de tener en cuenta que este abarca desde su concepción hasta su demolición. Así pues, el nuevo concepto de modelo de



información que BIM quiere asumir, ha de ser coherente con este ciclo. La forma tradicional de trabajo en la industria AEC de España consistía en crear un modelo para la fase de concepción y construcción, y que solamente los técnicos podían tener acceso o que solo ellos podían interpretar. En España incluso el concepto de planos 'as built' es relativamente reciente. Cuando hablamos de esta primera etapa de concepción y construcción, estamos hablando de los sistemas integrados de ejecución de proyectos (IPD – Acrónimo de la frase inglesa Integrated Project Delivery). El IPD no es más que un conjunto de métodos de trabajo que garantizan una alianza de colaboración de las personas, los sistemas, las estructuras empresariales y las prácticas en un proceso que aprovecha los talentos y puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados de los proyectos, aumentar el valor para el propietario, reducir los gastos y maximizar la eficiencia a través de todas las fases de diseño, fabricación y construcción.

Pero esta etapa no abarca más de 3 o 4 años del monto total del ciclo de vida de un proyecto, que es cuando se construye. Es la etapa de diseño, contratación, construcción y puesta en marcha. Lo que resta de la vida útil del edificio será el campo que abarca la séptima dimensión del BIM.



Existe un interés creciente en la industria en torno al uso de modelos de información de edificios para la gestión de instalaciones (BIM-7D), pero lo complicado es hacer que esto funcione de forma real.

Después de la entrega de información a los Gestores de Instalaciones una vez terminada la construcción, los Gestores de Instalaciones luchan a menudo con la limitada información suministrada para gestionar el edificio. Sin embargo, debemos admitir que es esta la parte más larga y más costosa del ciclo de vida del edificio. Es la fase de operación y gestión de activos y los Gestores necesitan una mejor información, en particular en las primeras fases de la operación.

Una vez que el proyecto se construye, se crea un modelo BIM 'as-built' y además se completa con toda la información de componentes de construcción pertinentes (por ejemplo, datos del producto y detalles, manuales de mantenimiento y operación, hojas de especificaciones técnicas, fotos, datos garantía, enlaces web del producto, información del fabricante y contactos, etc.) Generando una completa base de datos 3D.

Esta información se pondrá a disposición del usuario a través de un entorno personalizado que garantice que el propietario tiene la accesibilidad total. El propietario o su gestor tendrán así un



potente pero simple modelo de construcción virtual que contiene toda la información relevante para la gestión de la propiedad, sistemas y componentes de construcción para la vida de la instalación.

A veces se puede llegar a entender que la Gestión de Instalaciones y el BIM son cosas diferentes, o se habla de cómo integrarlos, pero si tenemos en cuenta la definición de ambas llegaremos a otra conclusión. Según la International Facility Management Association (IFMA), la Gestión de Instalaciones es una profesión que abarca múltiples disciplinas para asegurar la funcionalidad del entorno constituido por la integración de las personas, el lugar, los procesos y la tecnología empleados. Por otro lado podríamos decir que el modelado de información (BIM) es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. El BIM es una fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación que forma una base fiable para decisiones durante su ciclo de vida, que se define como existente desde la primera concepción hasta su demolición.

El problema sigue siendo, sin embargo, que muchos no entienden los múltiples ámbitos de conocimiento o competencias relacionadas con la gestión del ciclo de vida del entorno



construido, ni cómo se han integrado. O, lo que es aún peor, es que algunos de los que deben hacerlo entender no están dispuestos a compartir la información debido a los problemas que perciben en ese hecho.

Así pues, no nos queda más que volver a hablar de un cambio en mentalidad de la industria AEC, en los profesionales que la conforman.

Claramente los propietarios deben presionar en la dirección de BIM y la gestión de instalaciones del ciclo de vida. Un aspecto evidente es que son los propietarios los que deben de controlar que su inversión es la adecuada y para ello deben de conseguir la mejor técnica para asegurarse la mayor optimización en el retorno de inversión (ROI).

Dicho esto, los propietarios no pueden hacerlo solos. Por la propia naturaleza de la industria, todas las partes interesadas deben colaborar. A diferencia de otras industrias, lo que la construcción fabrica dura alrededor de 50 a 100 años, tienen múltiples usos, y puede adaptarse a las situaciones cambiantes de su entorno. También involucra a un mayor número de proveedores y prestadores de servicios, así como un número virtualmente infinito de configuraciones.



FIGURA 22: Pirámide conceptual del BIM.

Fuente: Fuente: <http://www.minetur.gob.es>. Acceso: Mayo 2013

Los beneficios de BIM cuando se conecta al sistema de Gestión de instalaciones, contribuyen a una mejor gestión de:

- Mantenimiento preventivo.- La información sobre el edificio y equipo mecánico almacenado en los modelos BIM se utiliza para el mantenimiento preventivo permanente.
- Gestión del espacio.- Los modelos BIM proporcionan información de áreas para la gestión del espacio y la ocupación e integrando datos de los recursos humanos y del edificio, las empresas pueden reducir la mano de obra y lograr la reducción de los gastos más importantes del inmueble.
- Los continuos cambios – La gestión de dibujos y el registro exacto ha sido un reto para los propietarios y gestores de instalaciones.



- BIM ofrece dos ventajas sobre la tecnología CAD tradicional, proporcionando una manera sencilla de mostrar los aspectos tridimensionales de la construcción y proporcionando una extensa documentación de los componentes de construcción.
- Iniciativas de eficiencia energética – Los edificios comerciales e industriales son responsables de casi el 20% del consumo de energía, las empresas tienen la responsabilidad de analizar las opciones para mejorar el rendimiento energético.
- Los edificios existentes se pueden volver a analizar para la comparación de las distintas opciones mediante BIM.
- Gestión del ciclo de vida – El reciente énfasis en la sostenibilidad ha elevado el perfil de la gestión del ciclo de vida de la construcción. Los dueños responsables se están dando cuenta de que esto tiene sentido tanto económica como ecológicamente. Al integrar los datos sobre la esperanza de vida y los costos de reemplazo de los modelos, la dupla de BIM y Gestión de Instalaciones ayuda a los propietarios a entender cómo realizar el seguimiento de equipos, sistemas y componentes para la construcción de un mejor retorno de la inversión durante la vida del edificio.
- El mantenimiento de la información y la intención del diseño – El uso de la tecnología con un enlace bidireccional entre el sistema de Gestión de Instalaciones y BIM, que permite al modelo BIM retener la utilidad lo largo del ciclo de vida del edificio.

El modelo de información de edificios 'as built' tiene que reflejar los cambios de la obra y las selecciones específicas de la



construcción de los productos al final de la construcción, pero ya hay amplios beneficios para justificar su uso.

1.3.10. Constructabilidad

1.3.10.1. Concepto y Generalidades

La Constructabilidad tiene varias definiciones de diferentes instituciones y autores, aquí mostramos un breve extracto de los diversos conceptos en la industria de la construcción:

“Es la integración óptima del conocimiento y experiencia en construcción en la planificación, diseño, logística y operaciones de obra para alcanzar todos los objetivos del proyecto” CII: CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE (2012)

<https://www.construction-institute.org>

También se identifica como la integración de la experiencia de la construcción en la planificación y el diseño del proyecto Mendelsohn (2002)

“Es la integración del conocimiento de construcción en el proceso de gestión del proyecto equilibrando las varias condicionantes ambientales [externas] y del proyecto [internas] para cumplir los objetivos y obtener un rendimiento de edificio de óptimo nivel” CIRIA: CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH & INFORMATION ASSOCIATION

<http://www.ciria.org>



Es decir, la constructabilidad es la participación activa de personal con experiencia y capacidad en la industria de la construcción como en todas sus actividades preliminares a un proyecto. Esto ayuda a optimizar la fase de ejecución al prever en la fase de diseño o procura los problemas que pueda presentarse en obra y así tomar medidas preventivas que permitan solucionar o reducir las interferencias e incompatibilizaciones de manera anticipada y ágil.

Es por esto que la Constructabilidad se convierte en una práctica muy eficiente para lograr mejoramientos en la gestión de proyectos de construcción, siendo una práctica que captura los conocimientos operacionales, no sólo para aplicarlos en la etapa de la construcción, sino sobre las etapas más tempranas y de niveles estratégicos como es la planificación y diseño, donde los beneficios pueden tener alto impacto resumidos en la optimización de costos.

1.3.10.2. Beneficios de trabajar aplicando constructabilidad

Son innumerables los beneficios al trabajar con constructabilidad, aquí hacemos en breve resumen de aquellos con mayor impacto en la industria de la construcción:

- Las relaciones iterativas entre la construcción y el diseño, en varias fases del proyecto, conlleva beneficios tangibles



en cuanto a ahorro de coste, tiempo y facilidad de construcción.

- La contribución del personal de la construcción en el diseño de los proyectos era significativa.
- La racionalización del diseño, la modularización y repetición de diseños detallados es esencial para alcanzar la constructabilidad.
- La consecución de la constructabilidad viene condicionada por factores técnicos tales como sistemas y/o técnicas de edificación, programas de rendimiento temporal, etc. en el proceso de edificación.
- Hay muchos otros factores, sobretodo no técnico, asociados a la gestión del proyecto de edificación (comunicación, calidad de gestión) que deben ser considerados para alcanzarlo.

En resumen se reducen costos, acortan cronogramas y tiempo, mejora la calidad, mejor control de riesgos, mayor seguridad en obra, menos ordenes de cambio y menos reclamos de post venta.

1.3.10.3. Constructabilidad como herramienta para detectar errores

Los Defectos en las Edificaciones dañan la reputación de la Industria de la Construcción y todos estos defectos representan pérdidas económicas. El propósito de estudiar como los Conceptos de Constructabilidad puede ayudar como una eficiente herramienta para la reducción de defectos. Concluimos que se requiere un enfoque dinámico y flexible,



porque diferentes reglas son aplicadas a diferentes situaciones durante la construcción.

Se considera un proceso defectuoso cuando el proceso de construcción representa pérdidas en costo y tiempo significativas en comparación a un proceso óptimo. Esto significa que un defecto es visto como un problema técnico independientemente de las causas que es observado durante o después de la etapa de construcción.

Percepción de la Construcción

La Construcción es percibida como un proceso con muchos posibles caminos. En la Figura N° 23 las líneas continuas representan procesos que son finalizados con una solución aceptable. Las líneas punteadas representan procesos los cuáles terminaron siendo corregidos o continuaron hasta el final de los trabajos. El Constructor puede o no puede conocer acerca de estos defectos. Los puntos indican la toma de decisiones.

Cada decisión llevará a diferentes caminos, inclusive a Re – trabajos.

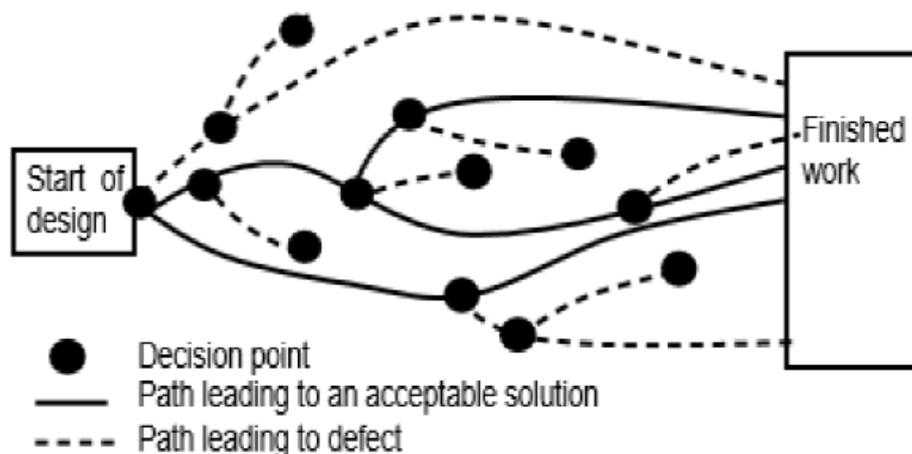


FIGURA 23: Proceso de construcción con posibles caminos desde el diseño hasta su construcción.

(Fuente: Improving Constructability During Design Phase)

La constructabilidad llega a ser muy compleja, en la mayoría de proyectos el diseño y la construcción están separados y son realizados por diferentes compañías. Esto nos lleva a muchos problemas en el diseño, los cuales requieren ser re diseñados y esto nos lleva de demoras y en re trabajos. (Glavinich, 1995)

1.3.10.4. Principios básicos de la Constructabilidad

El instituto para la industria de la construcción “CII” desglosa los conceptos de la constructabilidad en los siguientes principios de acuerdo a las etapas de un proyecto.

PRINCIPIOS DE CONSTRUCTIBILIDAD

ETAPA DE CONCEPCION

1. Los planes de implementación de la constructabilidad son una parte integral del plan de ejecución del proyecto



2. La planificación temprana de la factibilidad del proyecto saca provecho de la experiencia y el conocimiento en construcción
3. El desarrollo de una estrategia de contratación de proyectos involucra conocimiento y experiencia en construcción
4. Los cronogramas del proyecto son sensibles a la construcción y arranque.
5. Las decisiones tempranas de diseño consideran modulación/preensablado, automatización de la construcción y otras opciones trascendentes acerca del método de construcción eficiente.
6. La distribución, tanto temporal como permanente del sitio de la obra promueve la construcción eficiente.
7. Las tecnologías de información avanzadas son aplicables para facilitar la construcción eficiente.

ETAPA DE PROCURA Y DISEÑO

8. Los cronogramas de diseño son sensibles a la construcción.
9. Los diseños son configurados para permitir la construcción eficiente y para el uso de tecnología eficiente.
10. Los elementos de diseño están estandarizados.
11. La eficiencia en la procura, construcción y arranque están consideradas en el desarrollo de los contratos
12. Los diseños modulares/preensablados facilitan la fabricación, transporte y la instalación de campo.
13. El diseño promueve la accesibilidad del personal, materiales y equipo de construcción



14. El diseño facilita la construcción y la productibilidad en campo bajo condiciones climáticas adversas
15. Los planes del proyecto amplían la seguridad durante la construcción

ETAPA DE CONSTRUCCION

16. La innovación en la gerencia de la construcción y en los métodos de campo son aplicadas para incrementar la eficiencia de la construcción

Fase de Planificación Conceptual

Los planes de implementación de la constructabilidad son una parte integral del Plan de ejecución del proyecto.

Si la constructabilidad es un objetivo que va a ser efectivamente alcanzado en el proyecto, el plan para alcanzarlo debe estar escrito como parte del plan de ejecución del proyecto. En la mayoría de los casos, estos planes son preparados por el gerente de proyecto del cliente / propietario en una fase temprana del proyecto. El programa de constructabilidad debería convertirse en una parte integral del proceso de planificación del proyecto. El programa de constructabilidad puede contribuir a la ejecución efectiva del proyecto de muchas maneras, incluyendo (1) ayudando al



establecimiento de metas y objetivos en el proyecto , (2) proporcionando una forma lógica y sistemática para la integración del diseño y la construcción, (3) proporcionando un mecanismo para la obtención de experiencia de campo en la construcción, si es necesario, y (4) mejorar la comprensión de la intención del personal de diseño por parte del personal de construcción.

La planificación temprana de la factibilidad del proyecto saca provecho de la experiencia y el conocimiento en construcción

La inclusión del personal de construcción en los equipos iniciales de planificación puede ser crítica para alcanzar los beneficios propuestos en cuanto a costos y tiempo. Por ejemplo, la experiencia en construcción en los equipos de planificación inicial del proyecto puede verse activamente involucrada en una variedad de decisiones o valoraciones críticas: (1) estableciendo los objetivos del proyecto , (2) seleccionando el lugar de la obra, (3) analizando la factibilidad del cronograma, (4) estableciendo estimaciones de productividad, (5) preparando estimados y presupuestos, y (6) identificando fuentes de materiales y equipamiento a largo plazo, y/o en caso de escasez.



El desarrollo de una estrategia de contratación de proyectos involucra conocimiento y experiencia en construcción.

La estrategia de contratación tendrá una influencia importante en la disponibilidad de personal de construcción calificado, para servir en el equipo de constructabilidad. Los cliente / propietarios deben estar al corriente de estrategias que limitan el rol del constructor durante las fases iniciales del proyecto. Por ejemplo, si el sistema de entregas del proyecto utiliza la estrategia tradicional de contratos separados para el diseñador y para el contratista general, el cliente / propietario puede tener responsabilidad primaria por la coordinación las entradas iniciales de construcción. Los acuerdos especiales, tales como el uso de un consultor en constructabilidad, pueden ser requeridos para obtener las entradas de constructabilidad necesarias durante las fases iniciales de ingeniería conceptual y de diseño. Sin importar cual aproximación se utilice, el personal apropiado de construcción debe estar involucrado, y sus capacidades y calificaciones esperadas deben estar claramente especificadas en los contratos

Los cronogramas del proyecto son sensibles a la construcción y arranque.



Este concepto establece el principio de que la fecha de terminación planificada del proyecto, y los requerimientos de las fases de construcción y arranque, deben ser considerados en la optimización del cronograma global del proyecto. Este cronograma global, en la asignación de duraciones de tiempo entre las actividades principales del proyecto debería alcanzar un óptimo balance económico. Para cosechar todos los beneficios de la constructabilidad se debe utilizar en el desarrollo del cronograma maestro un enfoque relacionado con la construcción, como el “backward-pass” (partiendo de la terminación y planificando hacia atrás). Por supuesto, mientras se usa este enfoque, se debe buscar un balance apropiado entre los tiempos establecidos para la planificación, el diseño, procura, construcción y arranque.

Las decisiones temprana de diseño consideran modularización /Pre ensamblado, automatización de la construcción y otras opciones trascendentes acerca de métodos de construcción.

Los métodos de construcción principales se definen como el uso de equipo de construcción, trabajo y secuencias de trabajo, en una manera tal que éstos métodos se conviertan en un “controlador” importante del diseño, Así, un “controlador de diseño”, es un método de construcción, condición, o técnica



que los diseñadores del proyecto deben contemplar, y la cual, si es cambiada luego en el proyecto, podría impactar significativamente los costos, el tiempo, o los resultados de desempeño. Los métodos de construcción principales se deben considerar durante la planificación conceptual. Todos los miembros del equipo del proyecto deben interactuar y contribuir en la elección de tales métodos. Para muchos proyectos, tal vez no haya opción de selección de método más crítica que el alcance de la modularización y los esfuerzos de pre-ensamblado. Además, a medida que los dispositivos de automatización de la construcción comienzan a jugar cada vez un rol más importante en la ejecución del proyecto, los requerimientos de diseño asociados a ellos deben ser considerados de manera oportuna para poder obtener la amplia gama de beneficios que ofrecen.

La distribución, tanto temporal como permanente, del sitio de la obra promueve la construcción eficiente.

La eficiencia de la construcción es un criterio importante en la distribución de las instalaciones, tanto temporales, como permanentes.

La distribución de las instalaciones permanentes debería ser un reflejo de los intereses de construcción y debe ser bien



coordinada con los planes para instalaciones temporales. Las consideraciones de construcción incluyen: (1) espacio adecuado para patios de descarga y construcción, (2) acceso para equipo de construcción, materiales y personal, (3) evitación de tipos de construcción problemáticos y costosos, tales como trabajos subterráneos o en elevación, cuando existan alternativas para ello, (4) uso temporal de instalaciones permanentes, y (5) planificación de drenaje adecuado durante todas las fases de la construcción

Las tecnologías de información avanzadas son aplicadas para facilitar la construcción eficiente.

La constructabilidad puede ser ampliada a través de la explotación de capacidades y beneficios brindados por tecnologías de información avanzadas, siempre en renovación. El uso de estas tecnologías tiene el potencial de revolucionar los métodos y procesos utilizados por la industria de la construcción.

Algunas de las tecnologías de información que son beneficiosas para la constructabilidad del proyecto incluyen el uso de modelado computarizado tridimensional (Revit), para evitar las interferencias físicas, o la simulación de la



construcción, los sistemas de bases de datos relacionales para los sistemas de lecciones aprendidas; simulación de los procesos de trabajo para optimizar la utilización de recursos (4D); sistemas de colaboración en equipo basados en el web, para ampliar las posibilidades de comunicación y el acceso a la información; identificación de los materiales, equipos y trabajadores por códigos de barras; computadores portátiles en el campo para facilitar las inspecciones y el seguimiento del progreso, y tecnologías de sensores remotos para las verificaciones del tamaño del terreno, entre otras. Más allá de hacer factible la manipulación beneficiosa de los datos, tales tecnologías proveen oportunidades para una aplicación más efectiva del conocimiento de construcción a través de interfaces ampliadas entre el personal de ingeniería, construcción, y mantenimiento del proyecto.

Fase de Diseño y Procura

- Los cronogramas de diseño y procura son sensibles a la construcción.

La construcción normalmente es un gran segmento de costos en un proyecto, y de esta forma puede ejercer un gran apalancamiento de costos en un cronograma “en reversa” (backward-pass), tanto en la procura como en el diseño de



detalle. Los procesos de procura, pueden tener solo una capacidad moderada para ajustarse a las necesidades de los procesos de construcción. Mientras el diseño es un proceso complejo y demandante, frecuentemente es un área muy fructífera para la optimización del cronograma general del proyecto. Por supuesto, los cliente / propietarios y sus gerentes de proyecto deben ser sensibles a las disyuntivas entre costo y tiempo de ejecución que existan sobre el período global de actividad del proyecto.

- Los diseños son configurados, y el equipo permanente es seleccionado para permitir la construcción eficiente y para el uso de tecnologías eficientes.

Con el propósito de alcanzar configuraciones óptimas de diseño, los profesionales de diseño y de construcción deben intercambiar ideas antes de ejecutar las actividades de “lápiz sobre el papel”. Los diseñadores deben ser conscientes de factores tales como simplicidad de la configuración, número mínimo de partes, flexibilidad en campo, métodos intuitivos para posicionamiento y alineación, accesibilidad de las herramientas, reducción de operaciones que requieran grandes habilidades o que cuenten con recursos limitados, etc. Muchos de estos mismos principios aplican en la selección de



equipamiento. Es importante hacer notar que, al igual como sucede con varios otros conceptos, con el propósito de alcanzar las metas, las organizaciones deben hacer esfuerzos especiales para permanecer actualizadas respecto a las tecnologías actuales.

- Los elementos de diseño están estandarizados.

Este concepto apunta a la consecución de beneficios de costo y de tiempo a través del uso de la estandarización, la cual si es ampliamente utilizada, se convierte en un proceso a través del cual los diseñadores buscan elementos del proyecto que son usados regular y ampliamente, que están disponibles o que pueden ser rápidamente suplidos. Usualmente la disyuntiva predominante es una reducción de costos que resulta de ahorros de tiempo en la construcción y de descuentos por volúmenes de ventas, contra un incremento en los materiales debido a un diseño más conservador. Las ventajas adicionales de la estandarización incluyen procura de material simplificada, así como una Gerencia de Materiales más simple, tiempo de diseño reducido, y un gran íter confiabilidad de las piezas de repuesto durante las operaciones de mantenimiento.

Para muchas organizaciones, partes de este concepto han sido elevadas al status de Procesos de Gerencia de Valor,



conocidos a menudo como “prácticas y estándares mínimos”. En adición a esto, la organización de Prácticas de Procesos Industriales (PIP, por sus siglas en inglés) ha perseguido agresivamente la estandarización de elementos de diseño de procesos industriales y ofrece un gran número de prácticas técnicas estandarizadas disponibles para su compra.

- La eficiencia en la procura, construcción y arranque está considerada en el desarrollo de los contratos.

La experiencia en construcción puede contribuir significativamente a la generación de especificaciones y planos que promuevan la eficiencia en las operaciones de construcción en campo. La constructabilidad puede ser ampliada cuando las guías corporativas ofrecen opciones claras, cuando el desarrollo de especificaciones ocurre con la participación total y temprana de personal con experiencia en construcción, y cuando hay suficiente tiempo para desarrollar especificaciones completas, consistentes y libres de errores. Las prácticas adicionales efectivas incluyen el mantenimiento de especificaciones, y la evitación de aquellos enfoques donde un aspecto único debe ser especificado en múltiples ocasiones, y el “orden de precedencia” debe ser rutinariamente examinado con el propósito de determinar su aplicabilidad. También, el

potencial de ahorro de costos de las especificaciones “o igual” debería ser evaluado en función de la carga gerencial y de los riesgos involucrados. Asimismo, los planos del proyecto pueden ser preparados en formas que amplían grandemente la productividad de campo. Como un ejemplo, algunos han encontrado que separar las dimensiones en concreto para encofrados de aquellas para reforzar acero, en dos planos separados, puede resultar en ganancias significativas en la productividad de campo. Así como para el arranque, los esfuerzos de planificación y los de campo son grandemente facilitados por la adición de un sistema de números de arranque dentro del bloque de título de todos los planos de diseño.

- Los diseños modulares / pre-ensamblados facilitan la fabricación, transporte y la instalación en campo.

Una vez que se han tomado las decisiones de modular izar o pre-ensamblar componentes principales del proyecto, los factores especiales deben ser señalados durante el diseño y la procura para asegurar su implementación exitosa.

Los diseñadores deberían considerar en primer lugar dónde ocurrirá la fabricación y, cuándo la tienda del proveedor está bajo condiciones controladas, la margen de tolerancia puede



ser más estricta. También, los diseños modulares / pre-ensamblados añaden requerimientos de transporte y manejos de grandes partes ensambladas, y hacen surgir preguntas acerca de disponibilidad del equipamiento, secuencia y acceso. Finalmente, los métodos para la instalación de los módulos en el campo, deben ser considerados de forma temprana, debido a que ello afecta el diseño de los módulos, la distribución del trazado general, y el diseño de servicios subterráneos, fundaciones y sistemas de interconexión.

- El diseño promueve la accesibilidad del personal, materiales y equipos de construcción.

La dificultad de acceso de personal, materiales y equipos puede impactar negativamente el logro de las metas y objetivos del proyecto. La dificultad de acceso para el personal puede impactar severamente la productividad y las rutas de difícil acceso presentan frecuentemente condiciones de trabajo inseguras. De manera similar, las rutas de acceso difíciles para un alto volumen de materiales, pueden impactar adversamente en costos y en tiempo. Los estudios de accesibilidad para grande piezas de equipamiento, y las entradas para las edificaciones temporales son importantes tanto para los suministros como para el personal. Por ejemplo, los tópicos



específicos que deben ser considerados incluyen: (1) secuencia del trabajo, (2) cronogramas de entrega de grandes piezas de equipo, (3) áreas de descarga en sitios congestionados, (4) rutas de entrega, (5) uso de elevadores permanentes para el personal, (6) instalación y ubicación de trabajos subterráneos, que serán luego atravesados por equipo pesado, y (7) tipo, locación y tamaño requerido de la apertura para los equipos.

- El diseño facilita la construcción y la productividad en campo bajo condiciones climáticas adversas.

Las condiciones climáticas adversas pueden tener impacto significativo en los costos de construcción y en los cronogramas. En muchos casos, sin embargo, los efectos del clima adverso pueden aliviarse con las consideraciones apropiadas durante el diseño; consideraciones tales como las siguientes: (1) planificar una distribución accesible de la obra, (2) proveer protección al personal, (3) seleccionar materiales no sensibles al clima, (4) uso de pre-ensamblados armados fuera del sitio de la obra, (5) planificar juiciosamente el cronograma de diseño, (6) planificar la iluminación de la obra, (7) planificar un drenaje adecuado del lugar de la obra, (8) programar y controlar la entrega de equipos y materiales para



evitar requerimientos innecesarios de protección, y (9) proporcionar áreas protegidas de almacenamiento temporal.

- Los planes de proyecto amplían la seguridad durante la construcción.

En esta era, es importante que los proyectos permitan un progreso seguro durante la construcción, y una operación fiable y segura de las instalaciones una vez terminado el proyecto. Para lograr esto, los planificadores del proyecto deben examinar las oportunidades durante la planificación, el diseño y la procura, que puedan conducir a un sitio más seguro, y que puedan asegurar un progreso seguro en campo y en los procesos de trabajo relacionados. La planificación debe incluir control de acceso a la obra, investigaciones y control del personal, y atención a la documentación e información de la tecnología de seguridad. Las medidas apropiadas de seguridad dependerán de los resultados de una valoración de vulnerabilidad de circunstancias específicas del proyecto. Los ejemplos de tácticas relacionadas incluyen selección cuidadosa del sitio de la obra, “endurecimiento” del diseño, provisiones para la protección temporal de características o componentes del proyecto que sean vulnerables, detalles a prueba de violaciones donde sea crítico colocarlos, seguridad perimetral



durante la construcción, y especificación de comprobaciones de seguridad durante la construcción fuera de la obra y del transporte.

Operaciones de Campo

- La innovación en la gerencia de la construcción y en los métodos de campo es aplicada para incrementar la eficiencia de la construcción.

También existe la necesidad de aplicar conocimiento en construcción para mejorar la efectividad de las operaciones de campo. Las innovaciones en los métodos de construcción son, típicamente, “pequeños” avances, que bien pueden ser numerosos, así que estos no deben ser pasados por alto. Colectivamente, el beneficio potencial que ofrecen puede ser sustancial. Los métodos de construcción innovadores pueden “venir” en diversas formas: (1) la secuencia de las tareas de campo, (2) uso de los sistemas/ materiales temporales de la construcción, (3) uso de herramientas de mano, (4) uso de equipo de construcción, (5) pre-ensamblado opcional, y (6) preferencias del constructor, posteriores a la oferta, relevantes para la distribución del sitio de la obra, para el diseño y para la selección de materiales permanentes. Para ser más exitosos en la aplicación de estos conceptos, los contratistas deben



convertirse en “organizaciones que aprenden”, y que promuevan innovaciones, yendo un paso más allá en la comunicación de ellas.

Implementación de la constructabilidad

Para implementar con éxito la constructabilidad, el cliente debe dejar claros los objetivos prioritarios del proyecto y permitir que la constructabilidad sea valorada como un atributo del rendimiento del mismo. Dichos objetivos deben ser claramente identificados por los miembros del proyecto para conseguir un buen desarrollo de esta metodología.

De ser preferible el proceso de constructabilidad debería comenzar poco después de la concepción del proyecto por parte del cliente, y debería continuar a través de las fases de planificación, diseño, procura, construcción y arranque de la obra. Mientras más temprana comience a aplicarse el plan de Constructabilidad, más alto será el potencial de ahorros, porque su impacto es mayor.

Como se comentará desde un inicio, la clave para conseguir una implementación con éxito de la constructabilidad radica en una comunicación efectiva entre los miembros del equipo, donde el diseño, la forma de construir y el compromiso con



esta metodología facilitan la interrelación de estos, en un contexto de trabajo en equipo multidisciplinar.

Siendo más específicos, para el proceso de implementación va a depender, primero de la etapa en que se encuentra el proyecto. Para nuestro caso en la etapa de pre-construcción del proyecto, podemos gestionar lo siguiente para comenzar a implementar la constructabilidad.

- Establecer los objetivos de constructabilidad.
- Determinar el nivel de formalidad del programa de constructabilidad
- Identificar los recursos de constructabilidad que posee la organización del cliente / propietario
- Utilizar la solicitud de propuesta (SDP o SI) y/o las especificaciones del proyecto para obtener las entradas de constructabilidad

1.3.10.5. Aplicación de la Constructabilidad en las etapas de un proyecto.

Los principios de constructabilidad pueden ser aplicados en todas las etapas de un proyecto, aunque su inclusión desde etapas tempranas influye en el costo y plazo.

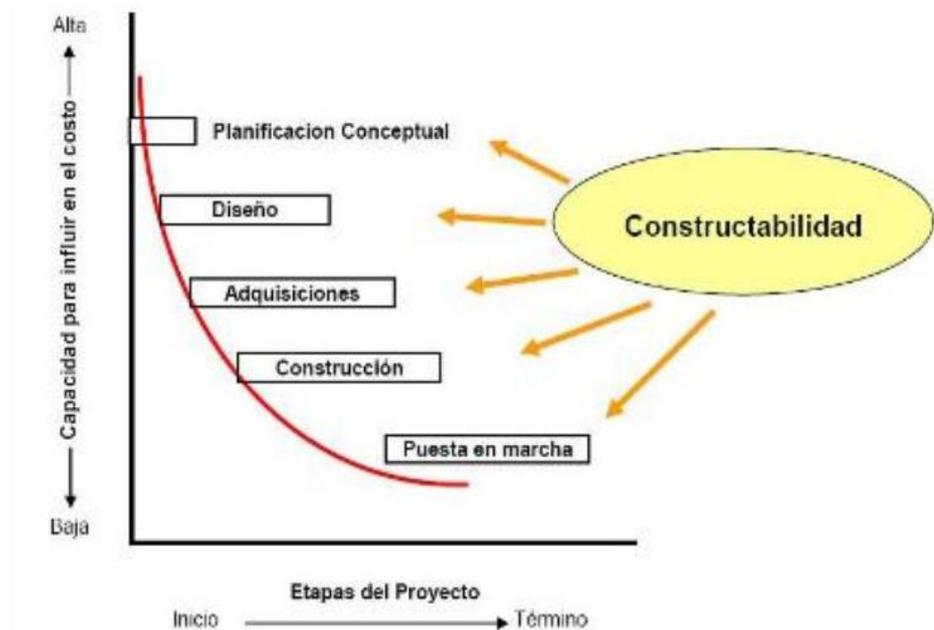


FIGURA 24: Etapas del proyecto donde se puede aplicar la Constructabilidad

(Fuente: *Constructabilidad en pequeños proyectos inmobiliarios* – Pablo Orihuela)

Constructabilidad durante la etapa de factibilidad.

- Los programas de constructabilidad forman parte de los planes de ejecución del proyecto, ayudan a establecer las metas y objetivos del proyecto, aportan una manera lógica y sistemática de integrar diseño y construcción mediante el juicio experto, proveen un mecanismo para obtener experiencia en construcción a medida que se necesita y mejoran la comprensión del diseño por parte del personal de construcción.
- Se debe incorporar el juicio experto del constructor para planificar el proyecto, desde la fase conceptual de forma realista, es decir considerando factores tales como la disponibilidad de materiales, reclutamiento y capacitación de mano de obra, costo de recursos, condiciones de transporte, rendimientos, tiempos de movilización, entre otros.



- También se debe considerar la planificación geométrica: espacios para almacenamiento, campamentos provisionales, talleres de trabajo, caminos de acceso y evacuaciones de emergencia entre otros.

Constructabilidad durante la etapa de diseño y procura

- Los diseños deben ser configurados de manera tal que sean simples, flexibles, que permitan una construcción eficiente, secuenciales (los componentes deben obedecer a criterios prácticos) y consistentes con la disponibilidad de mano de obra calificada.
- Incorporar elementos estandarizados permite lograr mejorar las curvas de aprendizaje, hacer acuerdos comerciales para la procura de bienes, reducir tiempos de diseño y aprovechamiento del material en stock en los proyectos.
- Se debe considerar el juicio experto en las especificaciones técnicas, ya que a través de estas los diseñadores comunican los detalles a los constructores y fabricantes.
- Se puede incorporar en el diseño los elementos prefabricados o pre ensamblados para optimizar el tiempo del proyecto.

Constructabilidad en la etapa de construcción

La constructabilidad en esta etapa se mejora cuando:

- Se usan métodos innovadores de construcción
- Se analizan diversas posibilidades de secuencias constructivas y se mejora la secuencia de ejecución de tareas.
- Innovando en conceptos de producción.
- Innovando en el uso de materiales, herramientas y técnicas.
- Analizando alternativas de prefabricados.



Se pueden seguir enumerando varias actividades para incorporar la constructabilidad en esta etapa, lo que se recalca es la aptitud del personal involucrado para obtener ideas innovadoras ajustadas al presupuesto ya determinado.

Límites de la Constructabilidad

Los objetivos de la constructabilidad están limitados por el ámbito que pretende cubrir. En 1983, CIRIA CIRIA: construcción industry research and information association (2012) 4 limitó su ámbito de aplicación a la relación entre diseño y construcción (figura N°11). Este límite es bastante restrictivo, puesto que considera la constructabilidad como una actividad de diseño orientado a la producción. En este sentido no existe consenso en cuanto a los límites de su ámbito de aplicación; si son demasiado amplios la constructabilidad se reduce a un conjunto de reglas y consejos con una muy pequeña implementación práctica y si son muy reducidos no se desarrolla el potencial que conlleva una herramienta como esta.



FIGURA 25: El ámbito de la constructabilidad definido por CIRI A (1997)

La constructabilidad desarrolla todo su potencial cuando se reconoce la compleja interacción de los factores que afectan a los procesos de diseño, construcción y mantenimiento en el ámbito del proyecto. Por tanto, su objetivo no está orientado únicamente a la facilidad de construcción del proyecto, sino que intenta ser un sistema por el cual se busca la facilidad constructiva y la calidad del producto resultante en las decisiones acerca de la ejecución de la obra, como respuesta a los factores que influyen en el proyecto y los objetivos del mismos, Por lo tanto, la constructabilidad no finaliza con la ejecución de la obra, sino que engloba las actividades de mantenimiento (instalaciones, reposición de materiales, acabados etc.) con una importancia análoga.



Para la presente tesis las revisiones de construtabilidad se dará de manera continua en el transcurso de la construcción virtual puesto que nos valdremos de ella para construir virtualmente.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones.

NORMA A.100

RECREACION Y DEPORTES

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

CAPITULO I ASPECTOS GENERALES

Artículo 1.- Se denominan edificaciones para fines de Recreación y Deportes aquellas destinadas a las actividades de esparcimiento, recreación activa o pasiva, a la presentación de espectáculos artísticos, a la práctica de deportes o para concurrencia a espectáculos deportivos, y cuentan por lo tanto con la infraestructura necesaria para facilitar la realización de las funciones propias de dichas actividades.

Artículo 2.- Se encuentran comprendidas dentro de los alcances de la presente norma, los siguientes tipos de edificaciones:



Centros de Diversion;

Salones de baile

Discotecas

Pubs

Casinos

Salas de espectáculos;

Teatros

Cines

Salas de Concierto

Edificaciones para Espectáculos Deportivos:

Estadios

Coliseos

Hipódromos

Velódromos

Polideportivos

Instalaciones Deportivas al aire libre.

1.4. Definiciones Conceptuales.

El abordar el diseño o desarrollo de un proyecto bajo la metodología BIM (información paramétrica e inteligente del proyecto) nos permite dedicar más tiempo a Diseñar mejores proyectos, en lugar de dedicarse a Dibujar mejores planos, pero lo que no hace esta



tecnología es analizar diseños quedando este tipo de decisiones siempre al usuario.

[...Un diseñador debe Dibujar lo que sabe Diseñar en lugar de Diseñar lo que puede dibujar...]

Dick Powell, Técnicas de Presentación Celeste Ediciones

La tecnología utilizada para la modelación de la tesis se tomara de la empresa Autodesk por proporcionar licencias gratuitas para estudiantes, aclarando que en el mercado se dispone de varios softwares que utilizan la tecnología BIM.

Siendo el software utilizado para la especialidad de estructuras el REVIT STRUCTURE. Del cual tomaremos las definiciones los símbolos y siglas necesarias para el mejor entendimiento de la tecnología que usaremos para modelar la información del Polideportivo de la especialidad de estructuras a construir virtualmente.

PARAMETRICO

Todos los elementos de Revit “son representados por parámetros y reglas que determinan la geometría y algunas propiedades no geométricas”, entendiéndose por geometría a la forma de un determinado elemento (muro, losa, techo, etc.) y por No geométricas a los parámetros que no determinan la forma del elemento sino que proporcionan otras especificaciones o relaciones (materiales, volúmenes, ubicación, etc.).

NIVEL (LEVEL)

Son planos horizontales infinitos que sirven como referencia para ubicar los elementos.

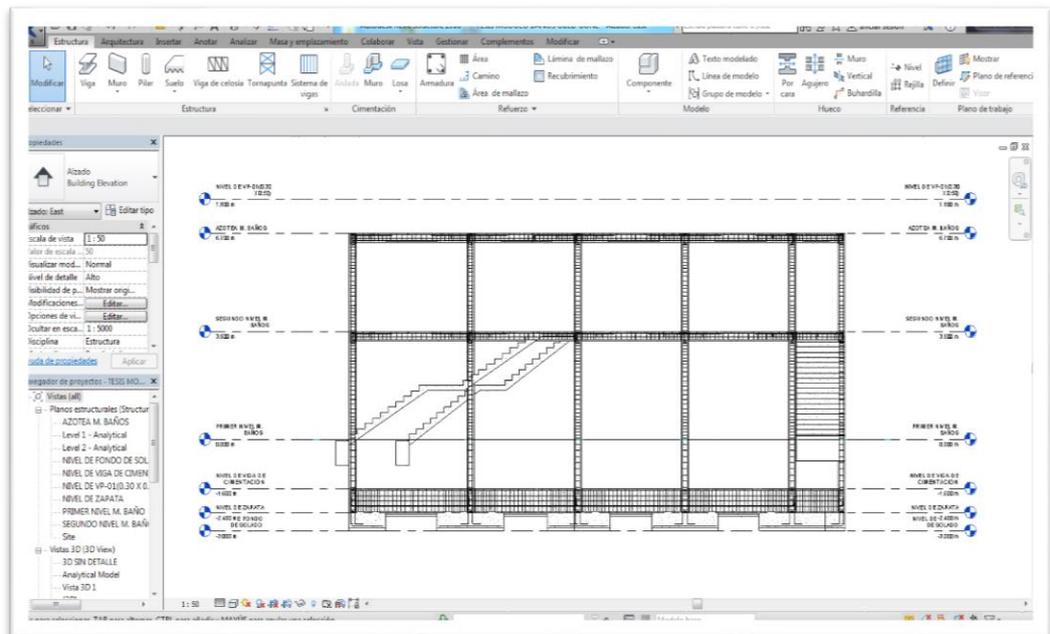


FIGURA 26: Niveles del módulo baño del polideportivo.

Fuente: Propia

ELEMENTO (ELEMENT)

Son cada uno de los elementos de construcción que se van añadiendo al modelo de edificación. Están clasificados por: Categorías, familias y tipos.

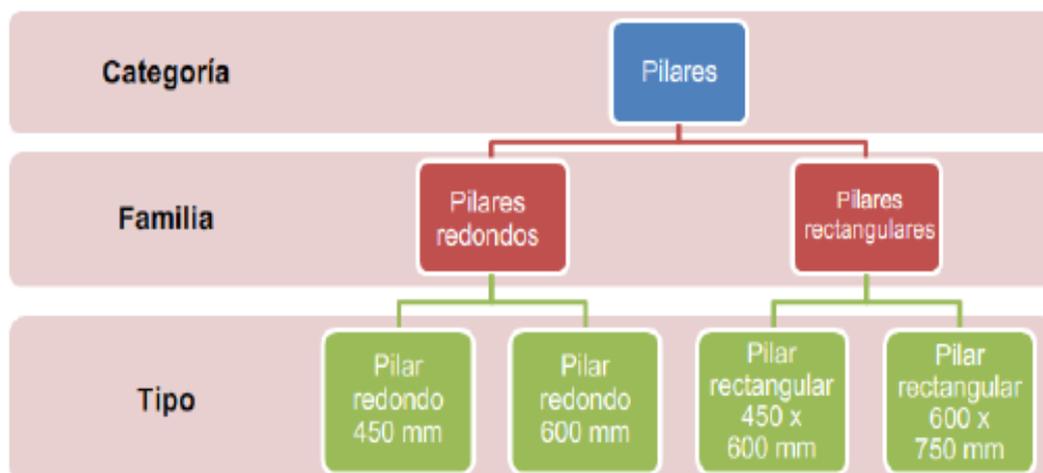


Imagen 01. Basada en el manual de Revit Estructure 2011 en español

CATEGORIA (CATEGORY)

Es la forma como están organizados los elementos de Revit. Las categorías pueden ser de dos tipos:

- Categorías de Modelo (ModelCategory).
- Categorías de Anotacion (AnnotateCtegrory).

FAMILIA (FMILY)

Son grupos de elementos con características similares, definidos principalmente por su función en el modelo de edificación, comparten además parámetros de dimensión y tienen una representación simbólica similar. El ejemplo más claro para comprender el concepto de familias son las puertas, pues constituyen familias que pueden ser: simples, dobles, corredizas, levadizas, etc., pero todas ellas comparten la misma función, pueden tener diferentes dimensiones y se representan gráficamente mediante símbolos diferentes.

Existen tres tipos de familias en Revit:



Familias Cargables (loadable families)

Son todas las familias que pueden ser guardadas en archivos independientes RFA. Estas familias se pueden desarrollar desde las plantillas (Templates) que Revit proporciona al momento de la instalación.

Familias de Sistema (System Families)

Estas familias no pueden ser guardadas ni creadas en archivos independientes, son parte integral de la plantilla de proyecto de Revit.

Incluyen las siguientes Categorías:

- Muros, Losas, Cielorrasos y Techos.
- Escaleras, Barandas y Rampas.
- Carpinterías (Mullions), Paneles de Muro Cortina (CurtainPanels).
- Equipamiento Mecánico.
- Superficies Topográficas
- Niveles y Cotas.

Si bien las familias de sistema quedan guardadas en el proyecto, es posible transferirlas entre proyectos y también se pueden crear nuevos tipos con dimensiones o representaciones graficas diferentes.

Familias in Situ (In-place families)

Son familias creadas específicamente para cada proyecto, normalmente se trata de elementos que no se repetirán muchas veces puesto que son creadas para usos específicos. Por ejemplo, el diseño



único de una chimenea o algún tipo de muro cuya forma no pueda ser resuelta con las familias de sistemas de muros.

TIPO (TYPE)

Cada familia está constituida por tipos, por ejemplo la familia de columnas rectangulares puede tener diversos tipos, expresados en dimensiones diferentes tanto de base o de altura.

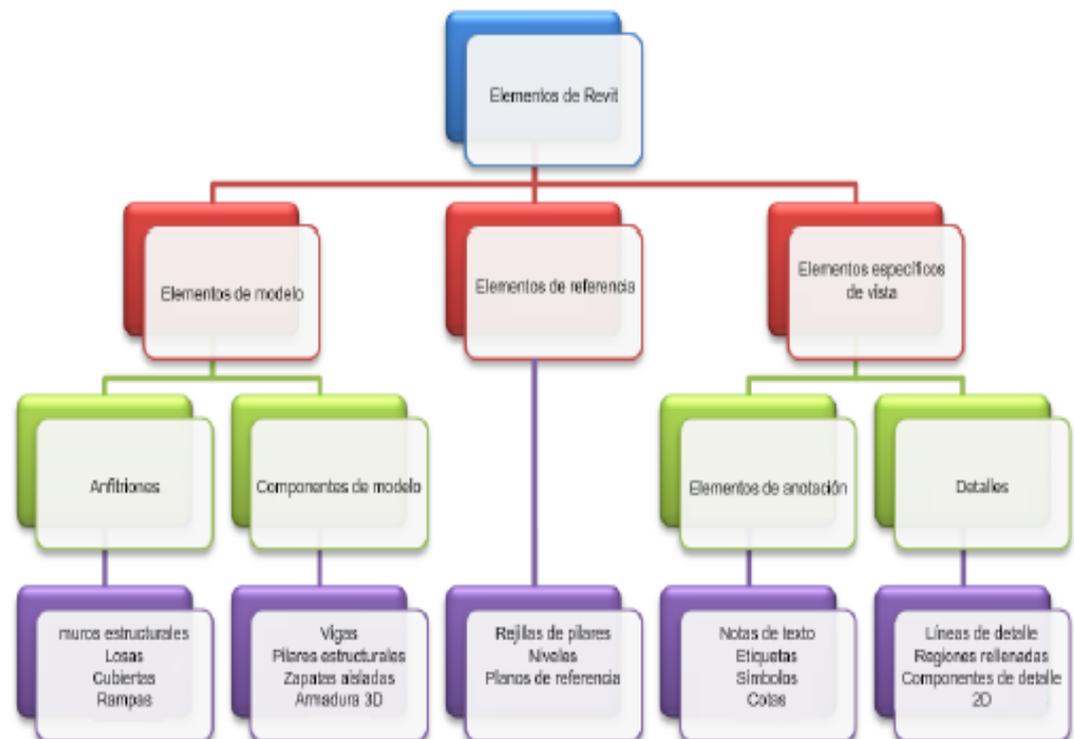
INSTANCIA (INSTANCE)

Son cada uno de los ejemplares colocados en el proyecto, estos son los elementos reales que se van añadiendo al Modelo de Edificación y tienen una posición y referencia específica en el proyecto. Existen dos tipos de Instancias de Modelo e Instancias de Anotación.

COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS EN UN MODELADOR PARAMETRICO

En proyectos Revit Structure usa tres tipos de elementos:

- Elementos de modelo, que representan la geometría 3D real de un edificio. Aparecen en vistas relevantes del modelo. Muros estructurales, losas, rampas y Cubiertas son ejemplos de elementos de modelo.
- Elementos de referencia, que ayudan a definir el contexto del proyecto. Rejillas, niveles y niveles de referencia son ejemplos de elementos de referencia.
- Elementos específicos de Vista, que aparecen solo en las vistas en que se encuentran. Son útiles para describir o documentar un modelo. Cotas, etiquetas y componentes de detalle 2D son ejemplos de elementos específicos de vista.



1.5. Hipótesis.

1.5.1. Hipótesis General

H1: La metodología BIM compatibiliza los estudios definitivos de un polideportivo.

1.5.2. Hipótesis Específicas

H1: La aplicación de la metodología BIM compatibiliza los planos de la especialidad de estructuras de un polideportivo.

H2: La metodología BIM presenta ventajas para la constructabilidad de la especialidad de estructuras de un polideportivo.



1.6. Variables.

1.6.1. V.I. Variable Independiente

Modelado de información de la edificación.

a) Indicadores

X1: Estándares BIM

1.6.2. V.I. Variable Dependiente

Estudios Definitivos de un polideportivo (Planos de la especialidad de estructuras).

b) Indicadores

X1: Reglamento Nacional de Edificaciones.



CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de Investigación

Cuantitativa porque se generó una base de datos aplicando una metodología que utiliza tecnología BIM para extraer información para la elaboración de los estudios definitivos (planos de la especialidad de estructuras) de un polideportivo.

2.2. Nivel de Investigación

Explicativo: porque la finalidad consistió en explicar una metodología eficiente como la metodología BIM con procedimientos y usos de software que utilizan tecnología BIM para poder generar información para la elaboración de los estudios definitivos (planos de la especialidad de estructuras) de un polideportivo.

2.3. Diseño y Esquema de la Investigación

El diseño de la investigación se hará del expediente técnico del proyecto: "CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA-HUANUCO-2014", de los planos de la especialidad de estructuras siguiendo el contenido de la información que se tiene en dichos planos, para poder corregir: errores conflictos y ambigüedades de esta especialidad del proyecto cuyo expediente se quiere compatibilizar.

La información obtenida cubrirá la información suministrada en los planos de la especialidad de estructuras. Del expediente en estudio.

2.4. Universo y muestra

2.4.1. Universo

Se determina como universo - población. Todos los estudios definitivos de polideportivos que están en la fase de diseño aprobados para su construcción.

2.4.2. Muestra

La selección de la muestra será focalizado en la Municipalidad Provincial de Puerto Inca ya que lo que se busca es una metodología eficiente para la compatibilización de los estudios definitivos de un polideportivo en la fase de diseño aprobados para su construcción, el tamaño de la muestra será 01.

2.5. Instrumentos de recolección de datos

Mediante softwares de almacenamiento de información con la tecnología especializada.

Se adoptó por los softwares de autodesk "REVIT STRUCTURE" por tener licencias libres para la educación e investigación.

2.6. Técnicas de recojo, procesamiento y presentación de datos.

2.6.1. Técnicas de recolección de información.

Mediante la pre construcción o construcción virtual de la información contenida en los planos de la especialidad de estructuras del expediente técnico "CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA,



PROVINCIA DE PUERTO INCA-HUANUCO-2014” optimizando la información mediante revisiones de constructabilidad.

2.6.2. Procesamiento de datos

Para el procesamiento de la información se realizara mediante la aplicación de los programas que utilicen tecnologías BIM con licencias gratuitas como la de REVIT ESTRUCTURE.

2.6.3. Presentación de datos

Los datos se presentaran utilizando gráficos (planos de detalle), para usar la información de manera cuantitativa y cualitativa para un entendimiento claro de lo que se desea construir.



CAPITULO III: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados.

3.1.1. Descripción del trabajo

Se quiere que el diseño del expediente técnico “CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA-HUANUCO - 2014”. Sea construible con la mejor calidad y seguridad posible para reducir su impacto en la etapa de construcción en temas de costos, plazos y productividad.

Así que nuestro punto de vista en la metodología BIM será desde el ojo observador de la contratista, porque es el que asume la responsabilidad de construir. Siendo las razones:

- Al no tener participación en la etapa de diseño, por ello tiene que compatibilizar los documentos que se entregan en esta etapa.
- La contratista seguirá haciendo la compatibilización pero ahora empleando una metodología más eficiente basado en la construcción virtual que ofrece el BIM.
- Si no se realiza eficientemente la compatibilización quien se perjudica es la contratista ya que las deficiencias de diseño generan ampliaciones de plazo, costos adicionales y problemas de calidad durante la etapa de construcción que



va en contra de sus objetivos (construir eficientemente con calidad y seguridad en el menor plazo posible)

- El modelado inteligente que propone esta metodología con tecnología BIM es construir virtualmente la edificación, y que la contratista lo lleve a cabo siguiendo el planeamiento para su construcción, contando con la participación de su equipo técnico.
- La metodología como se basa en la pre construcción minimiza las deficiencias de diseño, proponiendo una nueva forma de trabajar.
- El desarrollo de la metodología se centra en la premisa de construir dos veces siendo la primera de forma virtual, en donde podremos identificar las deficiencias para optimizarla mediante revisiones de constructabilidad, introduciendo los cambios necesarios. La segunda, la construcción real y definitiva, en donde ya se ha minimizado las deficiencias de diseño, enfocándonos en temas de planificación, producción, control y seguridad.



Desarrollo de la Metodología (Construcción Virtual BIM-3D del polideportivo)

La información contenida en el expediente técnico del polideportivo tiene su equivalente en el nivel 350 para los niveles de desarrollo producidos con la metodología BIM.

Un modelo BIM-3D es una base de datos de objetos o componentes 3D que dan forma y características propias a la edificación.

La teoría original del BIM recomienda un solo modelo. Sin embargo, cada disciplina deberá tener su propio modelo BIM para cumplir con sus obligaciones contractuales.

El modelado inteligente requiere la creación de modelos BIM-3D por especialidades: Arquitectura, Estructuras, IIEE Y IISS.

Para cumplir con los objetivos específicos de la tesis modelaremos la información contenida en los planos de estructuras del expediente técnico del proyecto "CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA-HUANUCO-2014". Y optimizándola mediante de revisiones de constructabilidad.

LA INFORMACIÓN QUE SE TIENE DE LOS PLANOS DE
ESTRUCTURAS ESTA DISTRIBUIDA EN 08 PLANOS:

Para el modulo baños:

IMAGEN 0.1: E-01-CIMENTACION Y DETALLES.

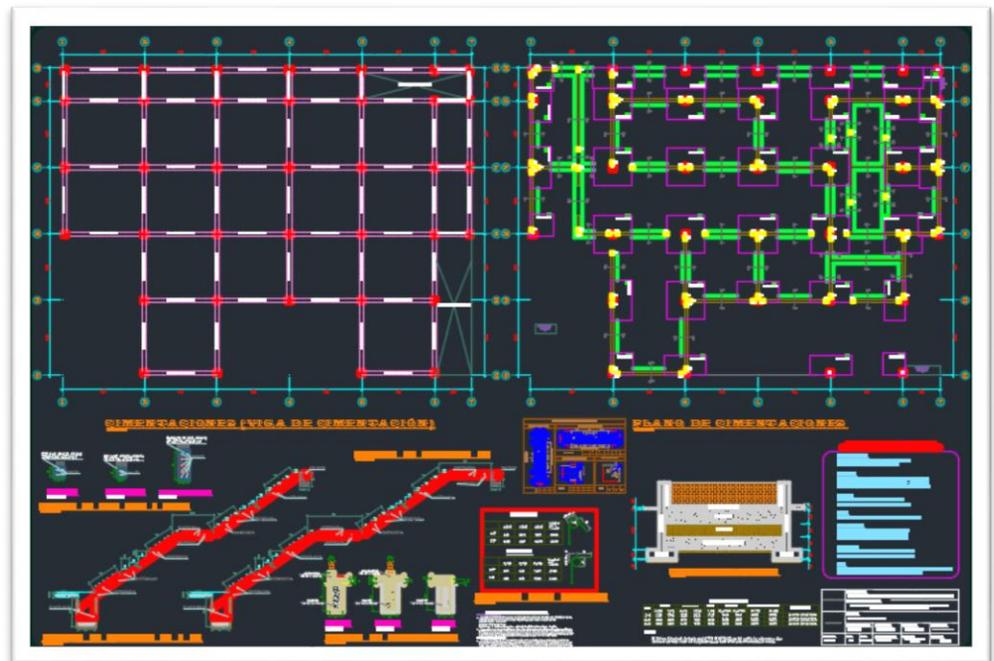


IMAGEN 0.2: E-02- ALIGERADOS Y DETALLES.

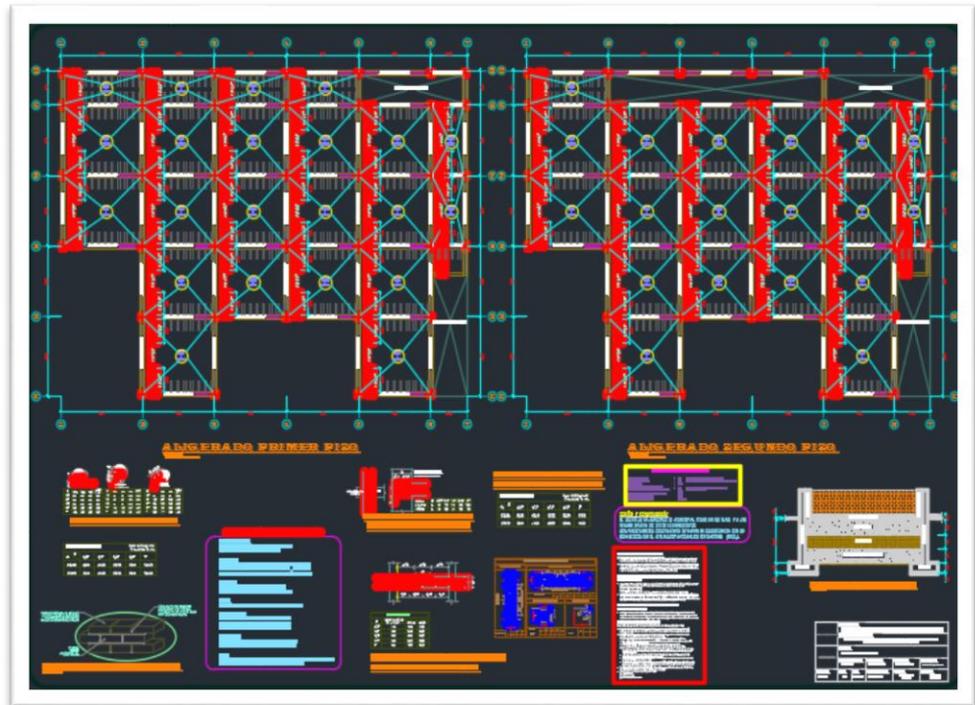
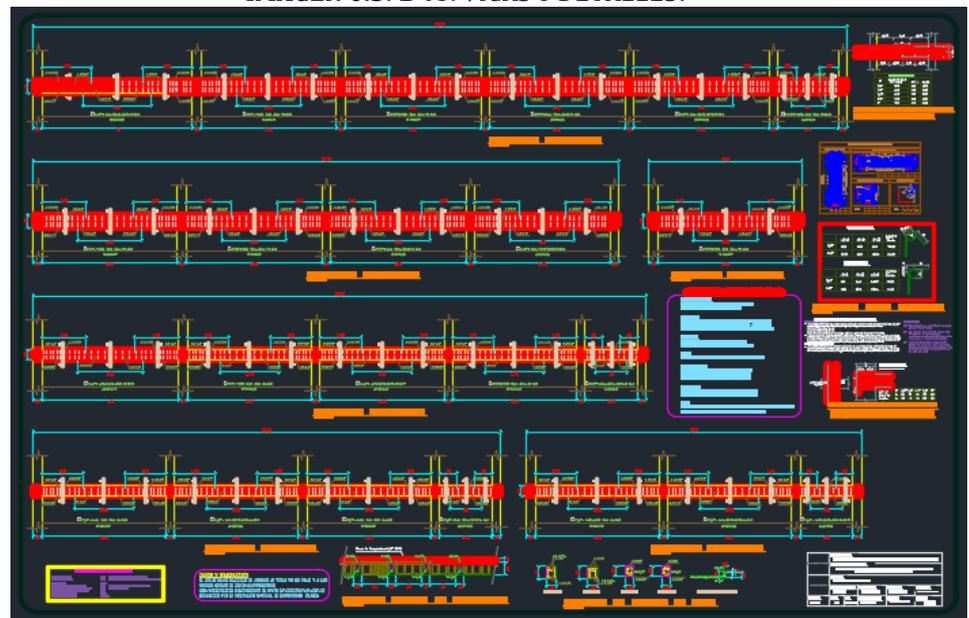


IMAGEN 0.3: E-03: VIGAS Y DETALLES.



Para el modulo Losa multideportiva:

IMAGEN 0.4: E-04-VIGAS DE CIMENTACIÓN Y DETALLES.

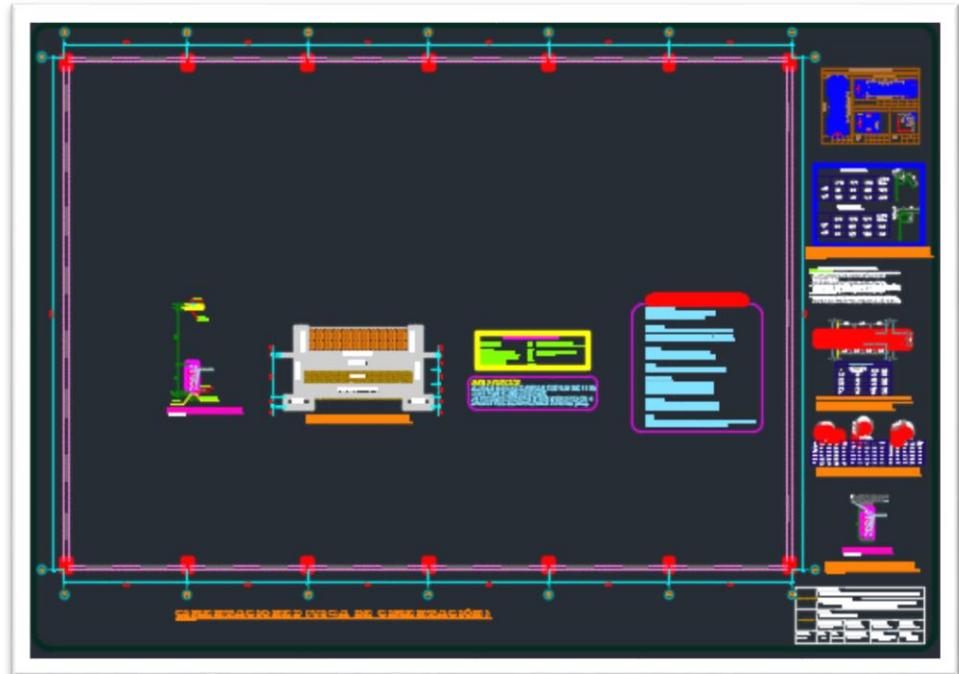


IMAGEN 0.5: E-05-CIMENTACIONES Y DETALLES.



IMAGEN 0.6: E-06-CIMENTACIONES Y DETALLES.



IMAGEN 0.7: E-07-CIMENTACION Y DETALLES

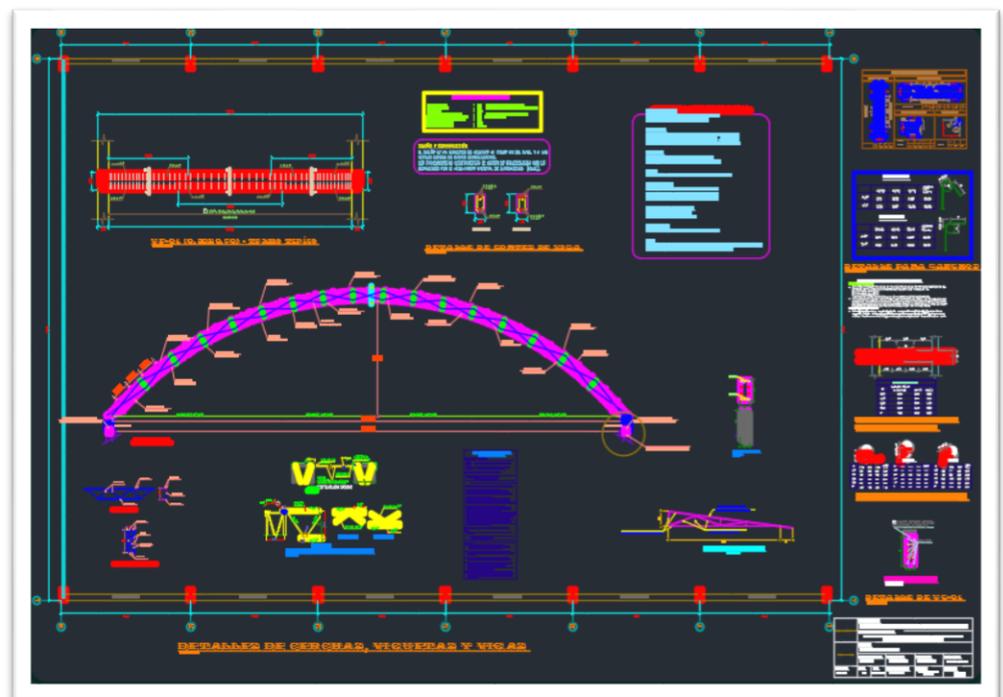
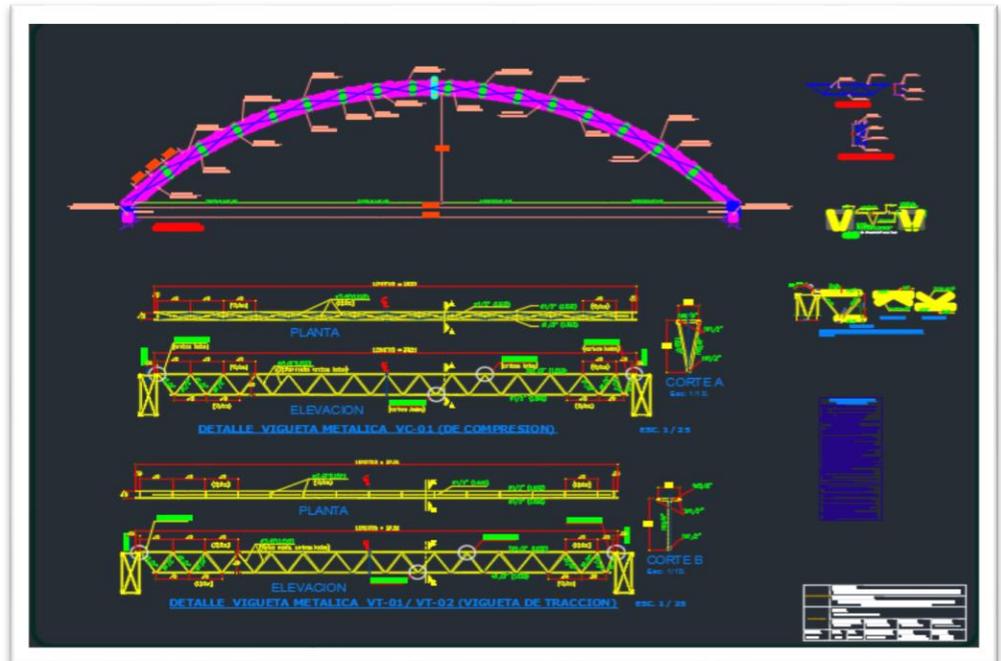


IMAGEN 0.8: E-08-TIJERALES, VIGUETAS METALICAS Y DETALLES



3.1.2. Obtención de la Base de Datos

La modelación que se haga para compatibilizar la información de los planos de estructuras dependerá mucho de la experiencia y capacidad de quien lo realice ya que no existe ningún programa hasta ahora que pueda suplir el criterio del profesional diseñador o el evaluador.

Para la obtención de los siguientes resultados se realizó previamente la construcción virtual, para un correcto modelado la información tiene que ser: correcta, suficiente y precisa, enumerando lo que se puede considerar como: error, omisión, conflictos e información no precisa (ambigüedades) las siguientes:

1. PLANO E-1 MODULO BAÑOS: Ambigüedad, LAS COLUMNAS H-6 Y H-7. NO SON NECESARIAS, NI LAS ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACION.
2. PLANO E-1 MODULO BAÑOS: Conflicto, DE SUPERPOSICIÓN DE ZAPATAS: H1 y G1, H2 y G2, H3 y G3, H4 y G4, H5 y G5, G6 y G7, F6 y F7, E6 y E7. REFORZAMIENTO DE ACERO SERA DEACUERDO A LA ZAPATA IRREGULAR RESULTANTE.
3. PLANO E-2 MODULO BAÑO: Ambigüedad, LAS COLUMNAS H6 y H7 NO SON NECESARIAS. POR LO TANTO NI SUS ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACION CORRESPONDIENTES.
4. PLANO E-2 MODULO BAÑOS: Ambigüedad, LA Columna H7 NO ES NECESARIA. POR LO TANTO LA VIGA VS-

- 203(0.25X0.30) EN EL EJE 7 ENTRE LOS EJES GYH TAMPOCO LO ES.
5. PLANO E-2 MODULO BAÑO: Conflicto, entre la VS-103(0.25x0.30m.) DEL EJE 7 ENTRE LO EJES E Y D NO ES OPTIMO PRODUCIENDOSE UN CONFLICTO ENTRE EL REFUERZO DE LA ESCALERA Y LA PROPIA VIGA.
 6. Plano E-2 MODULO BAÑOS: Conflicto, LA VIGA DE BORDE ENTRE LOS EJES 6 Y 7 ENTRE LOS EJES D Y E PARA EL ALIGERADO DEL PRIMER PISO Y EL ENCUENTRO CON LA ESCALERA N° 1 NO ES NECESARIO.
 7. PLANO E-2 MODULO BAÑOS: Ambigüedad, LA DISTRIBUCIÓN DE VIGUETAS DE LA LOSA ALIGERADA DE LOS PAÑOS DEL PRIMER Y SEGUNDO PISO NO ES LA OPTIMA PUDIÉNDOSE MEJORAR.
 8. PLANO E-6 MODULO COBERTURA: Ambigüedad, LA DISTRIBUCION DE LAS VIGAS EN CELOSIA MENCIONADOS AQUÍ COMO TIJERALES METALICOS SEGÚN DISEÑO SON UN NUMERO DE 13 SIENDO NECESARIOS SOLO 7 PORQUE HAY SIETE COLUMNAS EN EJE 1 Y SIETE EN EL EJE 8.
 9. PLANO E-7 MODULO COBERTURA: Omisión NO SE INDICA QUE COLUMNAS SON APOYOS FIJOS Y CUALES SON LOS APOYOS MÓVILES.
 10. PLANO E-7 MODULO COBERTURA: Omisión POR FALTA DE CONTRUCTABILIDAD PUES PARA EL APOYO FIJO CORRESPONDRIA OTRA GEOMETRIA EN LA PARTE SUPERIOR DE LA COLUMNA, LE TENDRIA QUE CORRESPONDER UN CABEZAL CON SU CORRESPONDIENTE REFUERZO.
 11. PLANO E-7 MODULO COBERTURA: Omisión POR FALTA

DE CONSTRUCTABILIDAD LA UNIÓN QUE SE PRODUCE ENTRE LA VIGA EN CELOSIA Y LA COLUMNA AL SER DE DIFERENTES MATERIALES CORRESPONDRÍA UNA PL DE TRANSICIÓN EMBEBIDA EN LA COLUMNA DONDE ESTARÍAN SOLDADO LAS BARRAS DE ANCLAJE Y EMPOTRADAS EN LAS COLUMNAS.

12. PLANO E-7 MODULO COBERTURA: Conflicto SE PUEDE CONSIDERAR HASTA DOS TIPOS DE VIGAS PARA UNIR LAS COLUMNAS LA VIGA VP-01(0.30X0.50) DE CONCRETO ARMADO O LA VIGA METALICA QUE APARECE EN EL DETALLE DE CERCHA (VIGA EN CELOSIA).
13. PLANO E-7 MODULO COBERTURA: Error, LA VIGA EN CELOSIA DESCANSA SOBRE UNA METALICA Y ESTA SOBRE LA COLUMNA.
14. PLANO E-7 MODULO COBERTURA: Omisión EXISTE UN DETALLE DE ANCLAJE EN COLUMNA PERO NO SE HACE DIFERENCIA SI ES PARA EL APOYO FIJO O MOVIL.
15. PLANO E-08 MODULO COBERTURA: Error, POR FALTA DE CONSTRUCTABILIDAD, LAS VIGUETAS METALICAS SON DE FIERRO LISO PORQUE SE PUEDEN SOLDAR, PERO PUEDEN SER FIERROS CORRUGADO COMO LOS DE ACEROS AREQUIPA YA QUE LAS LUCES SON MAYORES A 6M QUE ES LA MEDIDA DE LOS FIERROS LISOS PARA EVITAR ECCESIVOS EMPALMES.
16. PLANO E-8 MODULO COBERTURA: Omisión AUNQUE EXISTE EL DETALLE DE LA CERCHA METALICA SEGÚN DISEÑO NO SE MENCIONA COMO SUS ELEMENTOS SERAN UNIDOS, DIMENSIONES DE LAS UNIONES.
17. PLANO E-8 MODULO COBERTURA: Error, LA COBERTURA

TIENE EL PERIMETRO PROPORCIONADO POR LAS COLUMNAS DE APOYO CONSIDERANDO QUE LOS MUROS DE CERRAMIENTO NO LLEGAN HASTA LA PARTE SUPERIOR DONDE INICIA LA COBERTURA PARA PROPORCIONAR VENTILACION SIENDO CUBIERTO ESTE ESPACIO POR MALLA SUJETO A PERFILES, YA QUE EL LUGAR DONDE SE CONSTRUIRA EL POLIDEPORTIVO ES ZONA DE SELVA BAJA 230 MSNM CON TEMPERATURAS MUY CALUROSAS, PERO SU PRECIPITACION PLUVIAL TAMBIEN ES CONSIDERABLE POR LO QUE LA COBERTURA NO CUMPLIRA SU FUNCION DE TAL MANERA QUE SE HACE NECESARIO QUE TENGA UN VOLADO PARA EVITAR EL INGRESO DE LA PRECIPITACION, PROBLEMA QUE FUE DISCUTIDO POR LOS INVOLUCRADOS LA CONTRATISTA Y LA MUNICIPALIDAD LLEGANDO A UN CONCENSO DE PROPORCIONARLE DICHO VOLADO PARA QUE LA COBERTURA TENGA CONTINUIDAD PARA DE ESTA MANBERA EVITAR INCONVENIENTES MOLESTOS PARA LOS USUARIOS SE LLEGO A QUE DICHA COBERTURA TENGA UN VOLADO DE 2.00 ML, SIENDO EL PROBLEMA LA FORMA QUE TENDRIA LA NUEVA GEOMETRIA DEL TIJERAL METALICO SEGÚN DISEÑO PROBLEMA QUE SE RESOLVIO DANDO A LA COBERTURA UNA CONTINUIDAD CON OTRA CERCHA CON SIMILAR GEOMETRIA QUE LA INICIAL PROPORCIONADA EN LOS PLANOS GENERADOS POR EL MODELAMIENTO VIRTUAL REALIZADO, CONSIDERANDO ESTE COMO UNICO APORTE SOLICITADO A ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION.

18. PLANO E-8 MODULO COBERTURA: Error, LA CERCHA



METALICA SEGÚN DISEÑO CONTEMPLA LA DISPOSICION DE 01 TEMPLADOR HORIZONTAL POR CADA CERCHA, SE CONSIDERA COMO ERROR PORQUE DICHO TEMPLADOR DE $\varnothing 1 \frac{1}{4}$ " DE FIERRO LISO REPRESENTA UN OBSTACULO PARA LA FUNCIONALIDAD DEL POLIDEPORTIVO AMBIENTE DONDE SE REALIZARA ACTIVIDADES DEPORTIVAS QUE REQUIEREN EL MAYOR ESPACIO LIBRE POSIBLE, CONSIDERANDO QUE LAS CERCHAS METALICAS SEGÚN DISEÑO YA CUENTA CON TEMPLADORES SUPERIORES QUE VAN UNIENDO LAS CERCHAS POR SU PARTE SUPERIOR HACEN QUE DICHOS TEMPLADORES SEAN INNECESARIOS SU INSTALACION.

Estas deficiencias encontradas fue posible identificarlas cuando se realizó la construcción virtual optimizándola con revisiones de constructabilidad de ahí su importancia, estas deficiencias son consecuencia de una metodología tradicional de representar los diseños en 02 dos dimensiones, edificación de poca complejidad si consideramos las probables deficiencias de las otras especialidades harán que el desarrollo de la construcción real enfrente clarificaciones en pleno proceso de construcción lo cual repercutirá en el plazo de entrega y el costo del proyecto.

Con lo cual podemos concluir que la aplicación de una metodología eficiente que se desarrolló desde el inicio del proyecto sea necesaria.



3.1.3. Errores, omisiones, conflictos y ambigüedades encontradas. Entendiéndose por:

Errores: Equivocación al representar la información que contraviene un juicio que se reconoce como válido.

Omisiones: Cuando la información que no se haga explícito de manera escrita es solicitada en algún momento de la ejecución y se solicite demandando mayores tiempos.

Conflicto: Cruce o superposición de elementos no deseados.

Ambigüedades: Los planos en 2D son representaciones de elementos de 3 dimensiones por lo que su interpretación requiere mayor tiempo y esfuerzo, siendo el caso de que fueran interpretados correctamente.

ERRORES: 04

OMISIONES: 05

CONFLICTOS: 04

AMBIGUEDADES: 05



CONCLUSIONES

1. Las deficiencias en los estudios definitivos del proyecto “ CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA – HUANUCO” se debe a la revisión con una metodología convencional, deficiente que no permite identificar todos los errores, omisiones conflictos y ambigüedades producidas en la etapa de diseño en el tiempo asignado para su observación.
2. La tesis tiene el propósito de mostrar como la metodología BIM identifica los errores, omisiones, conflictos y ambigüedades de la especialidad de estructuras de un polideportivo.
3. El trabajo se basa en la pre construcción o construcción virtual del polideportivo en la especialidad de estructuras.
4. El modelo BIM del polideportivo se utiliza para identificar las deficiencias de la especialidad de estructuras, la compatibilidad con la especialidad de arquitectura que permita un mejor desarrollo constructivo de sus elementos además de ser una herramienta para revisar criterios de diseño y funcionalidad del polideportivo
5. Con la presente investigación podemos mejorar las revisiones de constructabilidad del polideportivo mediante la visualización tridimensional proporcionada por la metodología BIM.
6. La metodología BIM nos proporciona un modelo único, exacto y centralizado necesario para la especialidad de estructuras de un polideportivo, dedicando mayor tiempo para el planeamiento y programación de actividades de otras especialidades necesarias para la construcción de los polideportivos.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda incluir en el contrato de consultorías y contratistas la aplicación de una metodología eficiente para minimizar las deficiencias producidas en la etapa de diseño de un proyecto de edificación para evitar cambios en el costo y plazo de entrega del proyecto
2. En proyectos en la etapa de construcción se debe realizar la compatibilización de todas las especialidades con la metodología BIM y realizar revisiones de constructabilidad mediante la visualización tridimensional para mejorar la ejecución de procesos constructivos
3. Es recomendable la utilización de la metodología BIM desde las etapas de diseño de todas las especialidades para la obtención de costos, tiempos y programación del proyecto.
4. Es importante que el desarrollo del modelo BIM-3D de cada especialidad del proyecto se coordine con cada especialista desde el diseño ya que su experiencia es importante para evitar llevar el error del modelo a la ejecución.
5. En el presente trabajo de investigación se realiza el modelo BIM-3D de la especialidad de estructuras de un polideportivo de una manera específica, siendo la aplicación de la metodología BIM mucho más amplio e integral pero lo importante es que se conozca su utilización para empezar un cambio en la obtención de beneficios en la industria de la construcción.
6. Es necesario que se difunda la aplicación de la metodología BIM en nuestro país porque el sector construcción es significativo en la economía y su crecimiento continuo exige que los estudios definitivos de proyectos de edificación sean más complejos y por lo tanto su compatibilización requiere metodologías más eficientes.



CAPITULO IV: BIBLIOGRAFÍA

1. Alcántara P. METODOLOGIA PARA MINIMIZAR LAS DEFICIENCIAS DE DISEÑO BASADA EN LA CONSTRUCCION VIRTUAL USANDO TECNOLOGIAS BIM [Tesis]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería FIC; 2013
2. Espinoza J. Pacheco R. MEJORAMIENTO DE LA CONSTRUCTIBILIDAD MEDIANTE HERRAMIENTAS BIM [Tesis]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2014
3. Berdillana F. TECNOLOGIAS INFORMATICAS PARA LA VISUALIZACION DE LA INFORMACION Y SU USO EN LA CONSTRUCCION –LOS SISTEMAS 3D INTELIGENTES- [Tesis]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería FIC; 2008
4. Villegas A. REALIDAD VIRTUAL EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCION [Tesis]. Medellín: Universidad EAFIT FIC; 2012
5. Hernández N. PROCEDIMIENTO PARA LA COORDINACION DE ESPECIALIDADES EN PROYECTOS CON PLATAFORMA BIM [Tesis] Santiago de Chile: Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Civil; 2011
6. Ulloa K. Salinas J. “MEJORAS EN LA IMPLEMENTACION DE BIM EN LOS PROCESOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA EMPRESA MARCAN” [Tesis]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2013
7. Gómez I. INTERACCION DE PROCESOS BIM SOBRE UNA VIVIENDA DEL MOVIMIENTO MODERNO. LA VILLE SAVOYE. [Tesis] Madrid: Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica; 2013
8. Prieto P. IMPLANTACION DE LA METODOLOGIA BIM EN ESTUDIOS UNIVERSITARIOS DE ARQUITECTURA E INGENIERIA [Tesis] Mérida: Universidad de Extremadura Facultad de Ingeniería y Arquitectura; 2013



9. Salidas R. ESTIMACION DE LOS BENEFICIOS DE REALIZAR UNA COORDINACION DIGITAL DE PROYECTOS CON TECNOLOGIAS BIM [Tesis] Santiago de Chile: Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Civil; 2010
10. Javier T. ELABORACION DE PLANOS DE FABRICACION Y MONTAJE UTILIZANDO TEKLA STRUCTURES PARA OPTIMIZAR LA INSTALACION DE LA ESTRUCTURA DEL HORNO DE REGENERACION EN LA MINA SELENE-APURIMAC [Tesis] Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú Facultad de Ingeniería Mecánica; 2012
11. Torrealba S. CAPTURA DE CAMBIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION A NIVEL DE TERRENO A TRAVEZ DE INSTRUCCIONES BIDIRECCIONALES DE TRABAJO [Tesis] Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile Escuela de Ingeniería; 2013
12. Remartinez J. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS N-DIMENSIONALES EN LA TOMA DE DECISIONES PARA LA DIRECCION DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION [Tesis] Oviedo: Universidad de Oviedo Facultad de Ingeniería; 2013
13. Manual de Revit Arquitectura en español Autodesk 2011.
14. Manual de Revit Estructura en español Autodesk 2011
15. Manual de Revit MEP en Ingles Autodesk 2011
16. Manual de Navisworks Manage Autodesk 2012
17. Protocolos BIM Comité BIM del Perú CAPECO-2015



CAPITULO V: ANEXOS

ANEXO 01 : Plan de Tesis.

ANEXO 02 : Panel Fotográfico.

ANEXO 03 : Planos de la especialidad de Estructuras del Expediente Técnico del proyecto “CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA-HUANUCO”

ANEXO 04 : Planos de la especialidad de Estructuras como resultado de la construcción virtual utilizando tecnología BIM. Del proyecto “CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA-HUANUCO”



ANEXO 01: PLAN DE TESIS



ANEXO 02: PANEL DE FOTOGRAFIAS

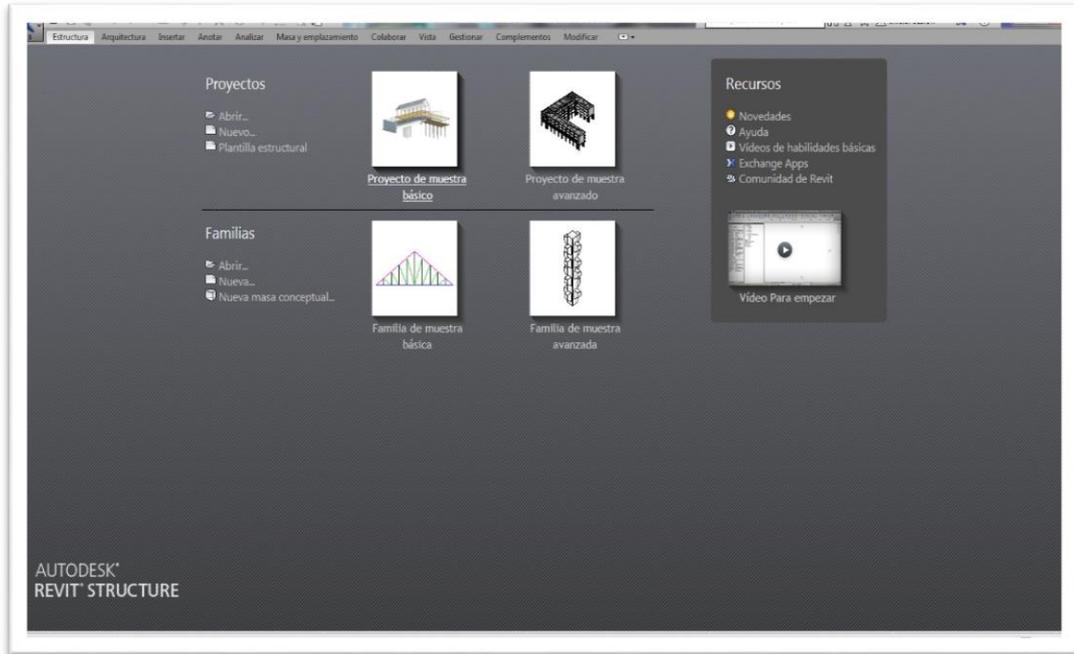


FOTO N°01 Ventana de inicio de Revit Estructure en Español 2016.

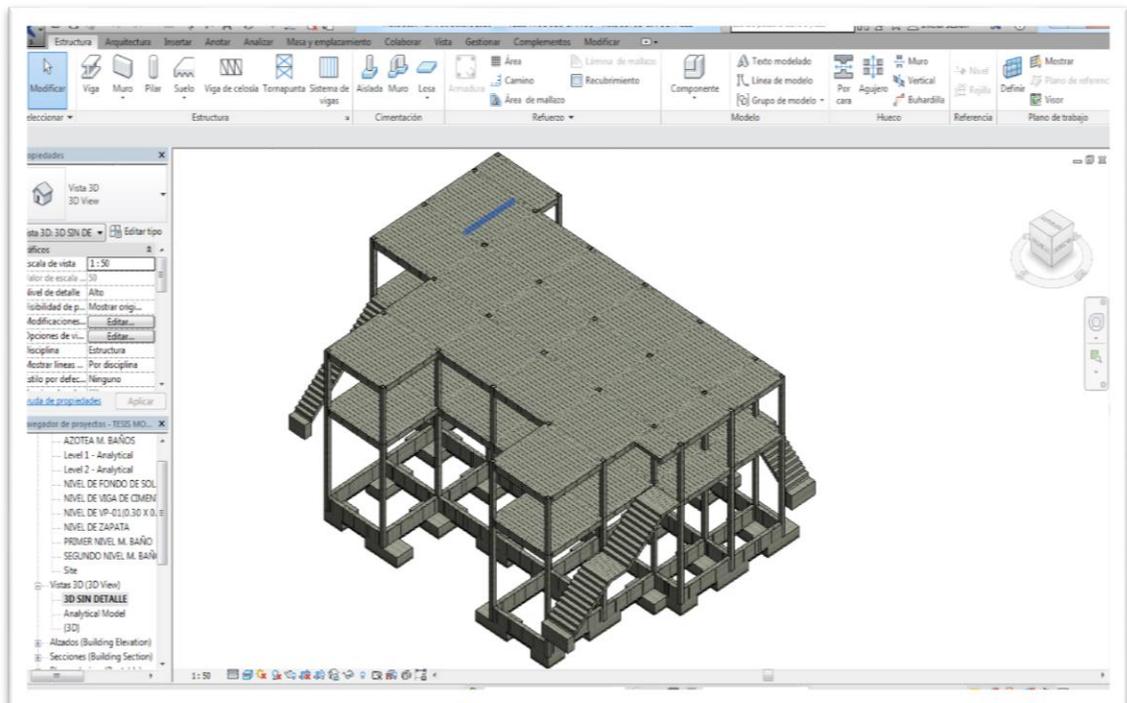


FOTO N°02 Modelo del módulo baños del polideportivo.

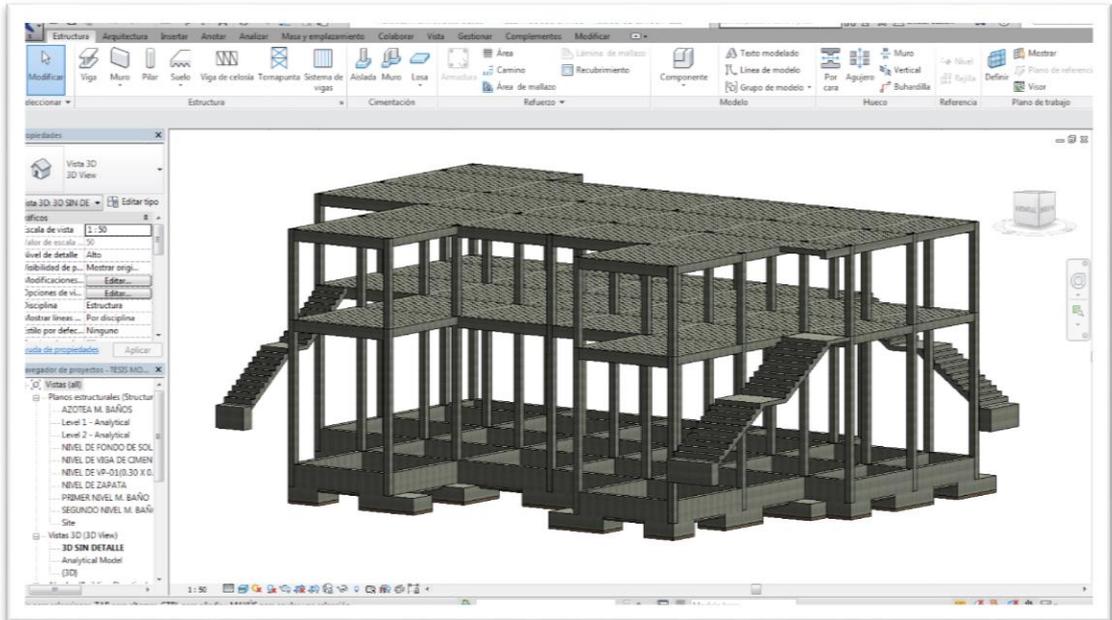


FOTO N°03 Modelo del módulo baños del polideportivo para ocultar visualmente.

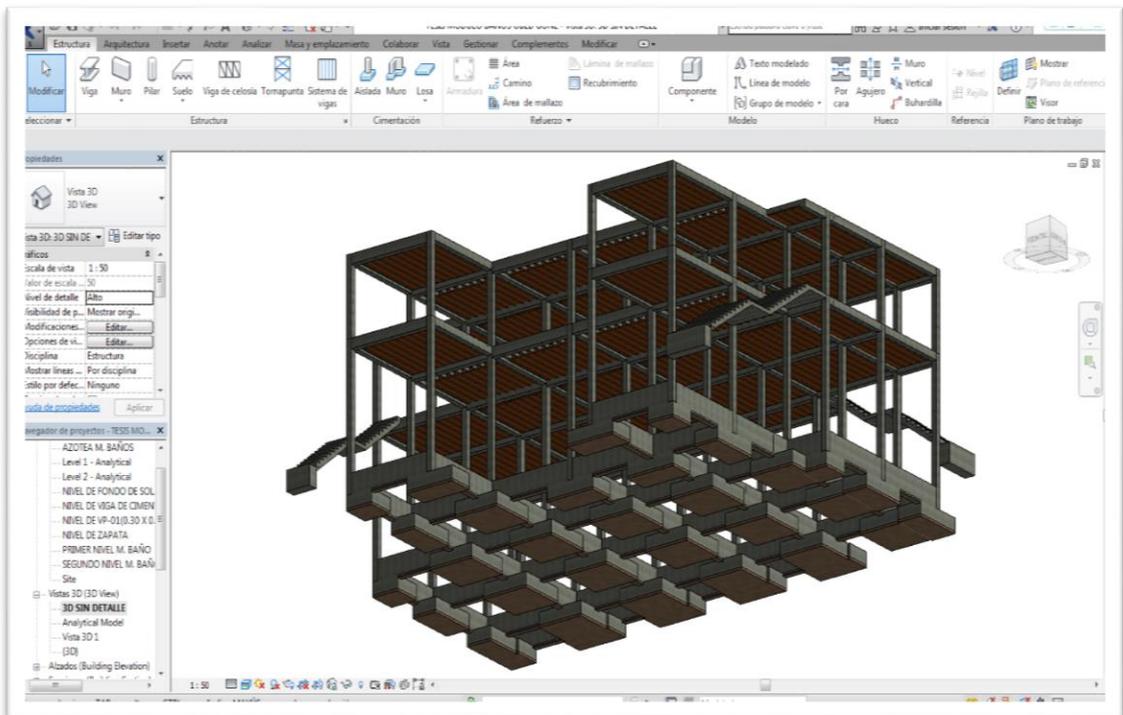


FOTO N°04 Modelo del módulo baños del polideportivo se puede observar cualquier lugar que se quiera revisar.

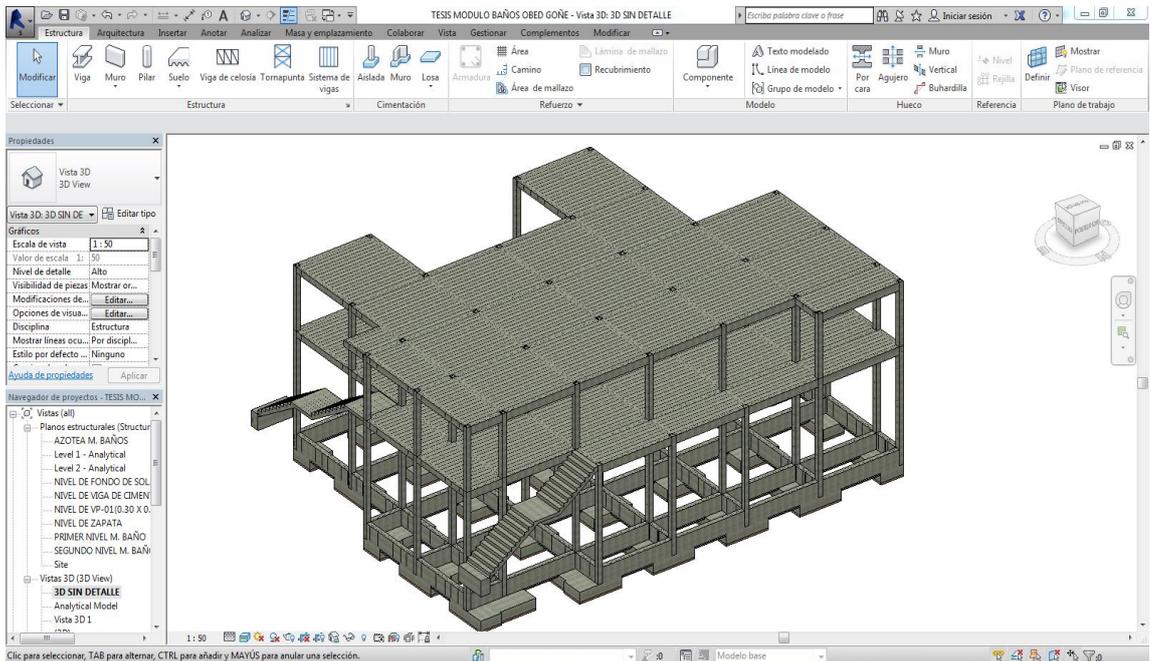


FOTO N°05 Detalle que muestra la no necesidad de columnas para la escalera posterior.

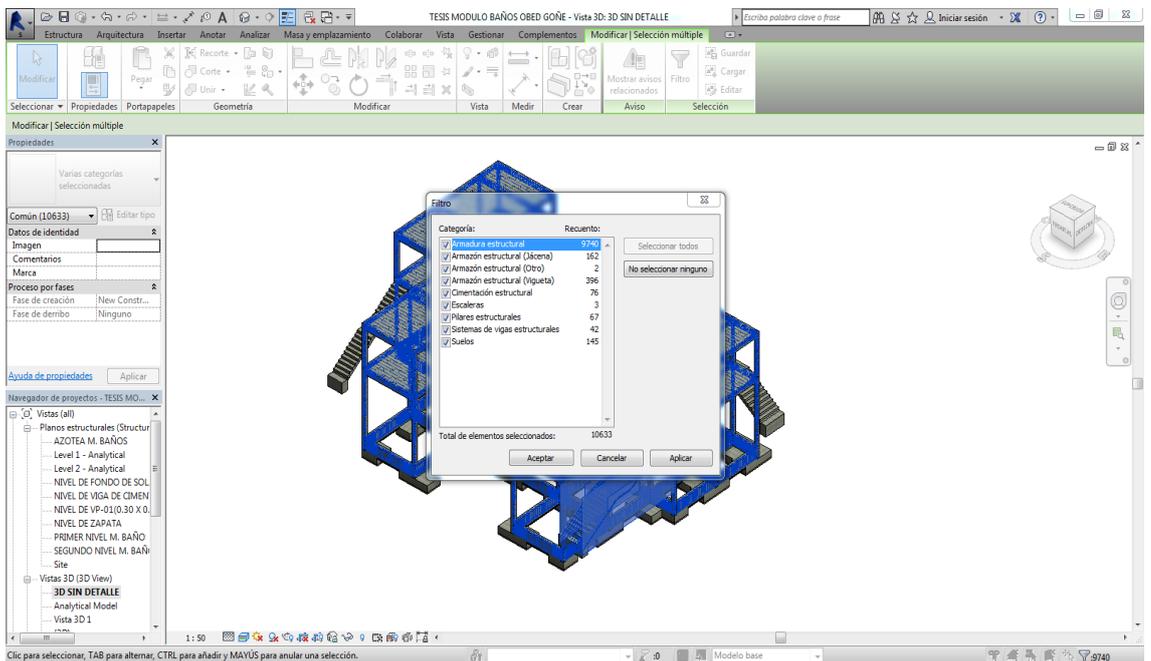


FOTO N°06 Modelo del módulo baños del polideportivo se puede seleccionar cualquier elemento para una mejor observación y detallar el elemento.

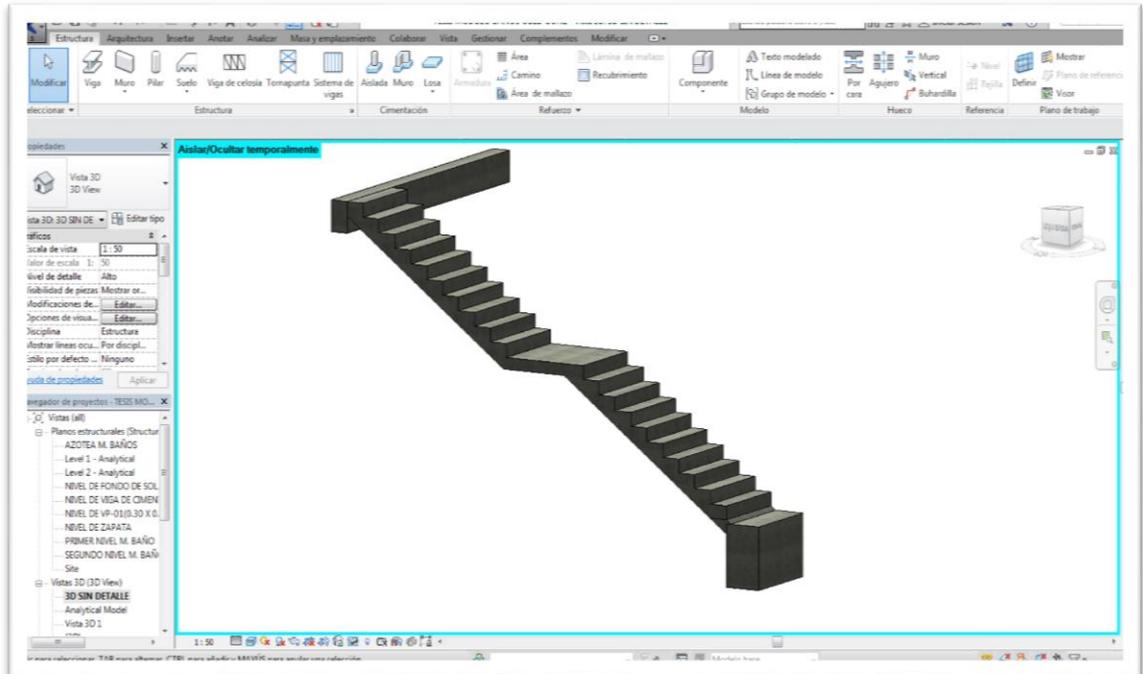


FOTO N°07 Escalera N° 2 apoyo en viga

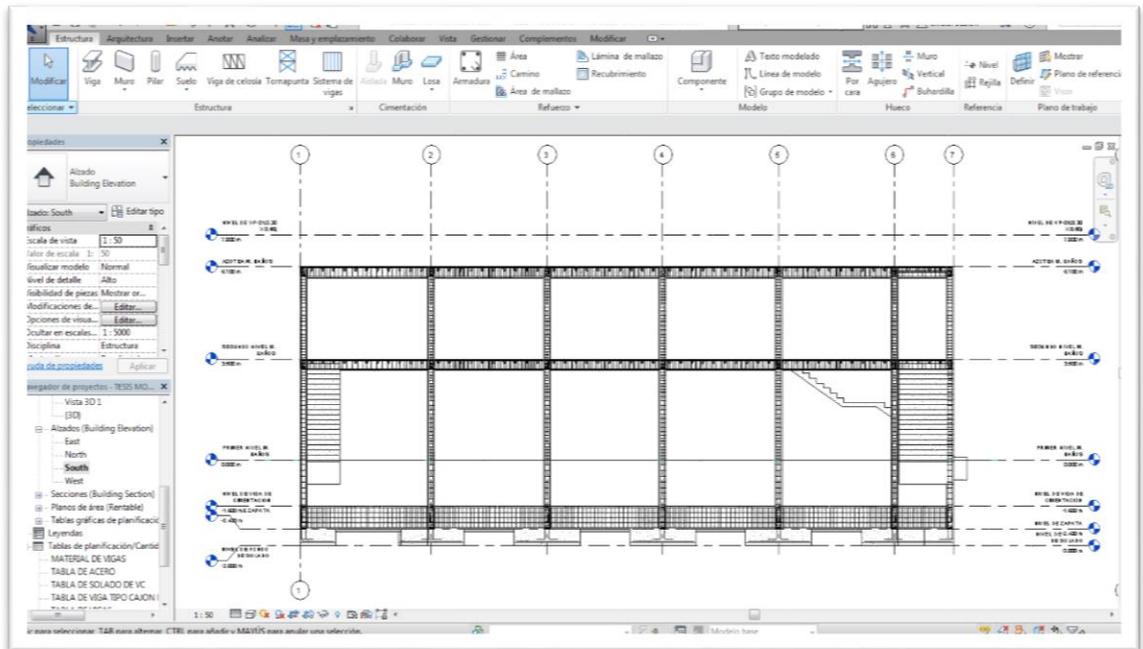


FOTO N°08 El desarrollo se facilita con los niveles

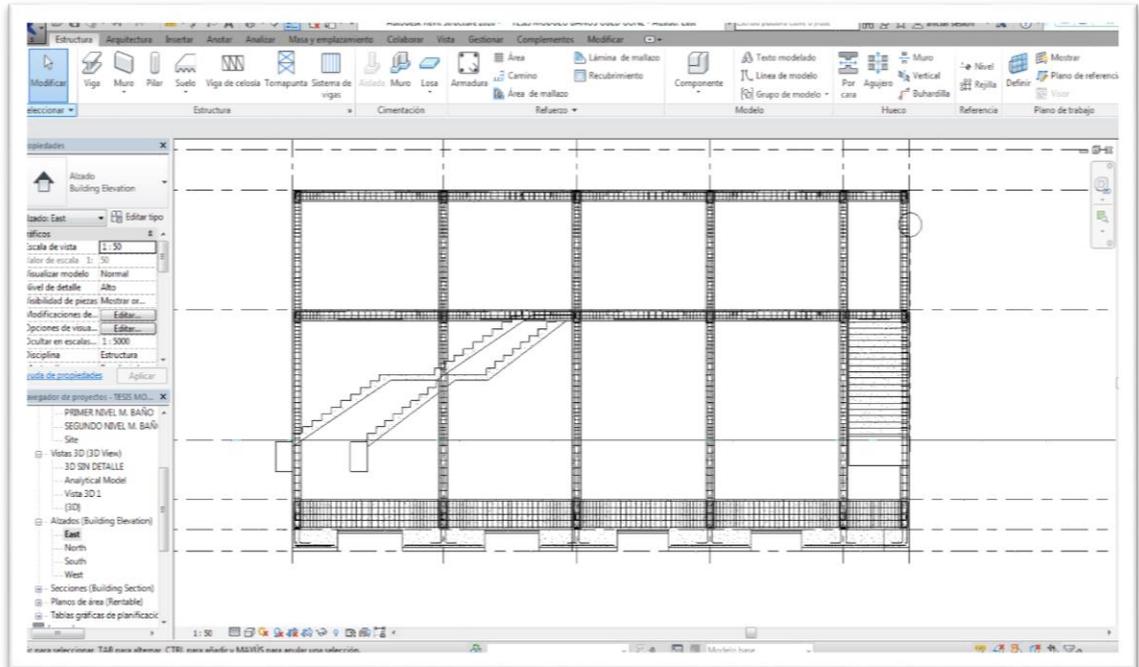


FOTO N°09 El desarrollo se facilita con las elevaciones.

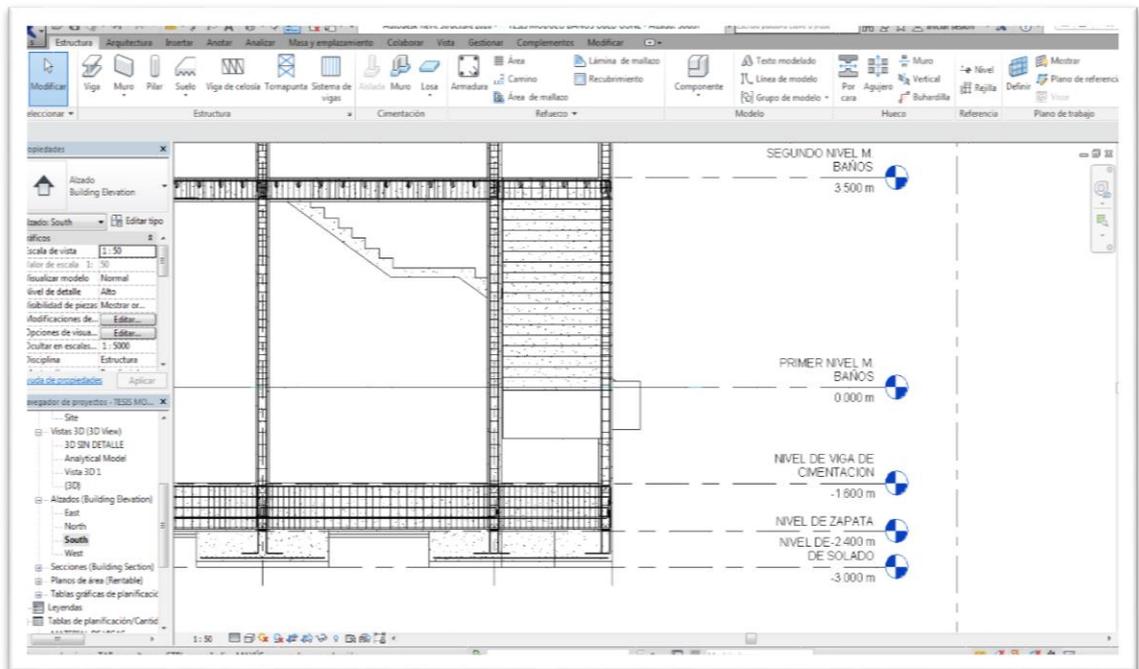
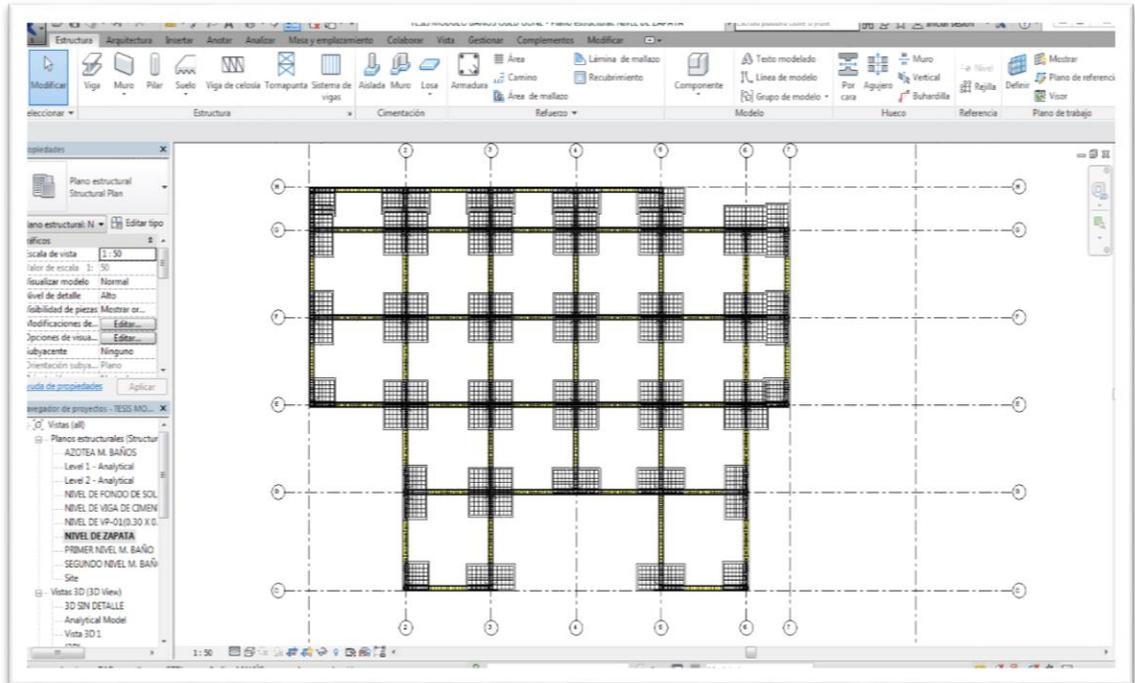
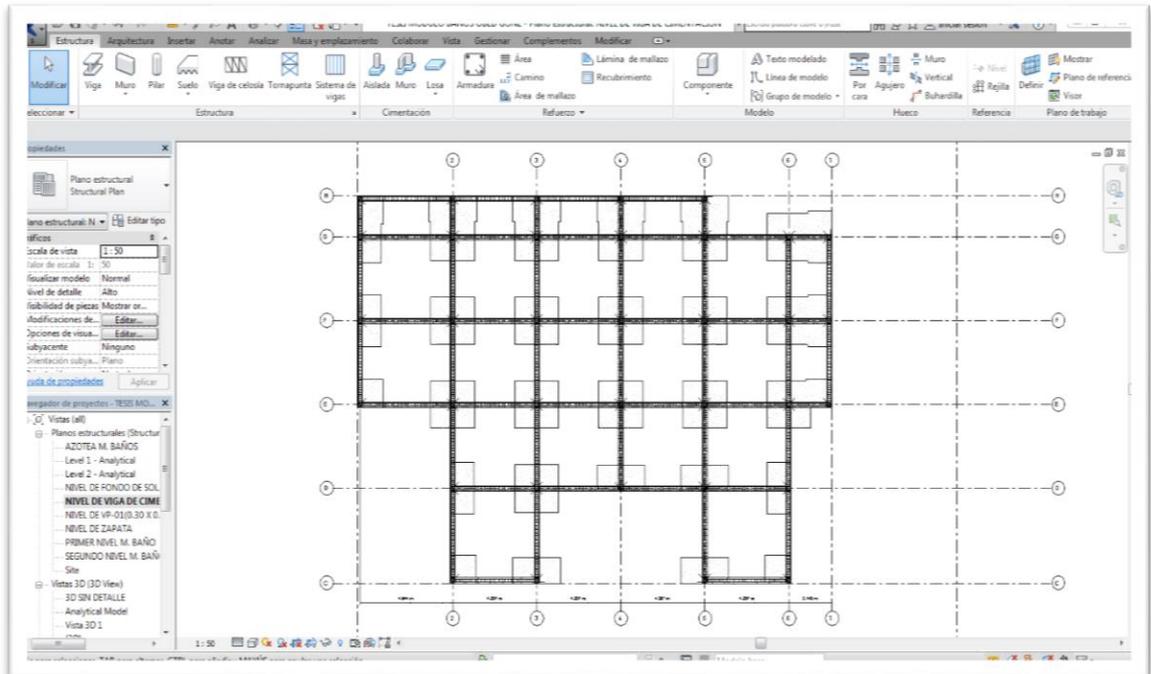


FOTO N°10 Nivel de zapata



***FOTO N°11** Vista en planta del Nivel de zapata.*



***FOTO N°12** Vista en planta del Nivel de cimentación.*

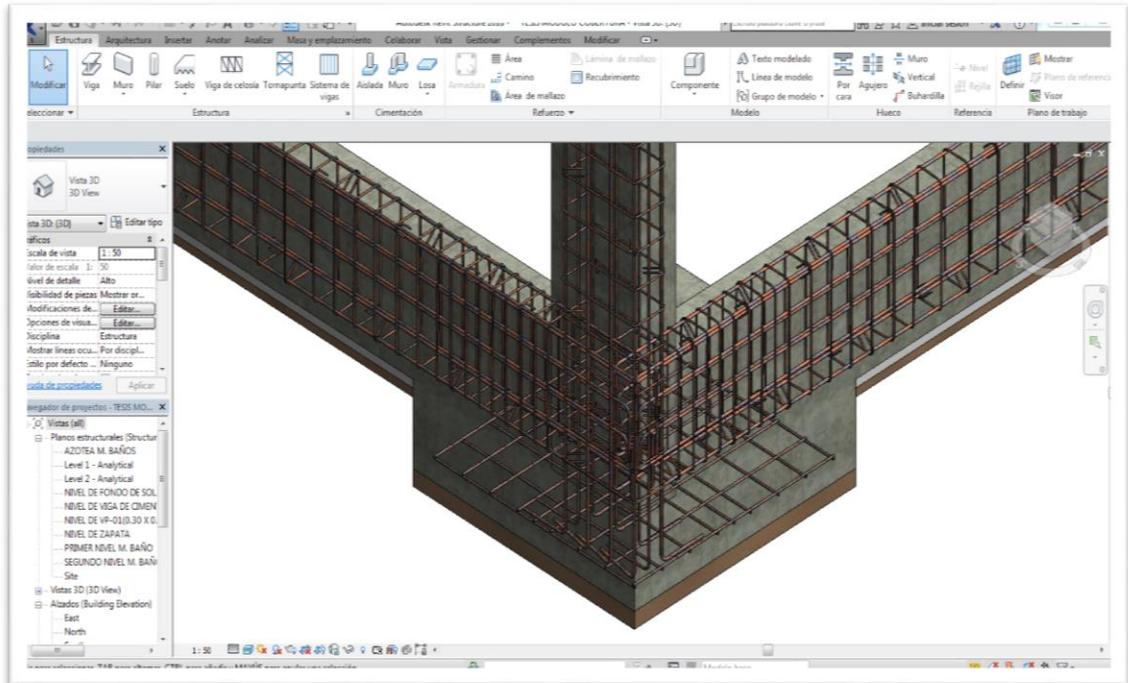


FOTO N°15 Visualización del detallado del refuerzo.

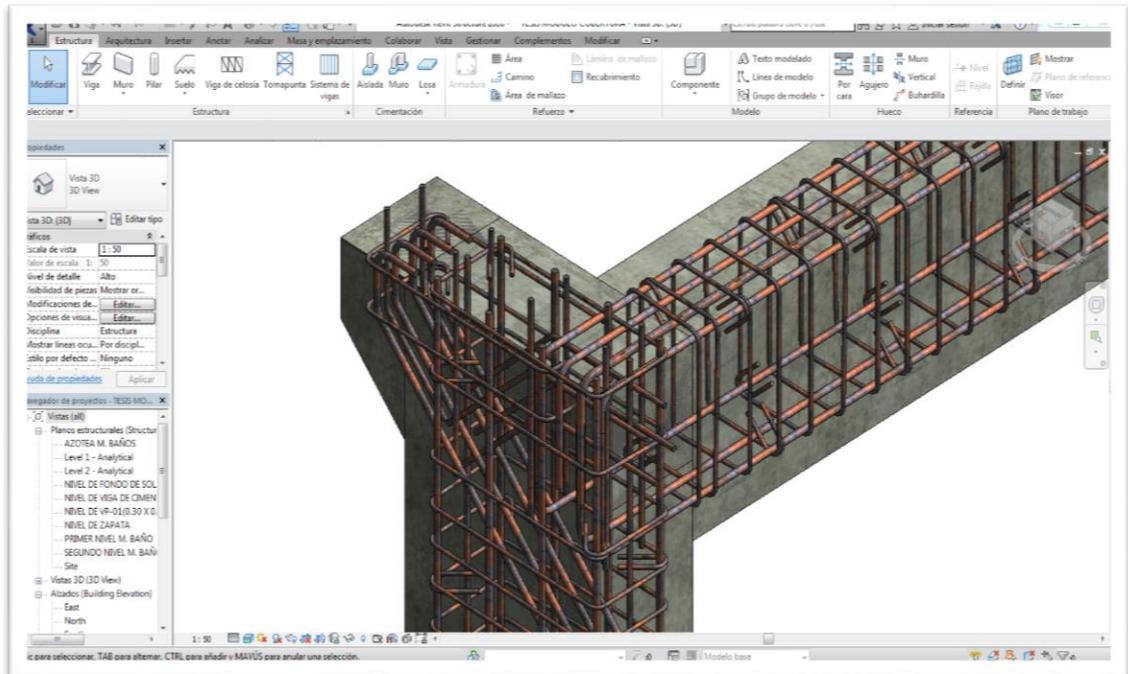


FOTO N°16 Detalle de apoyo fijo

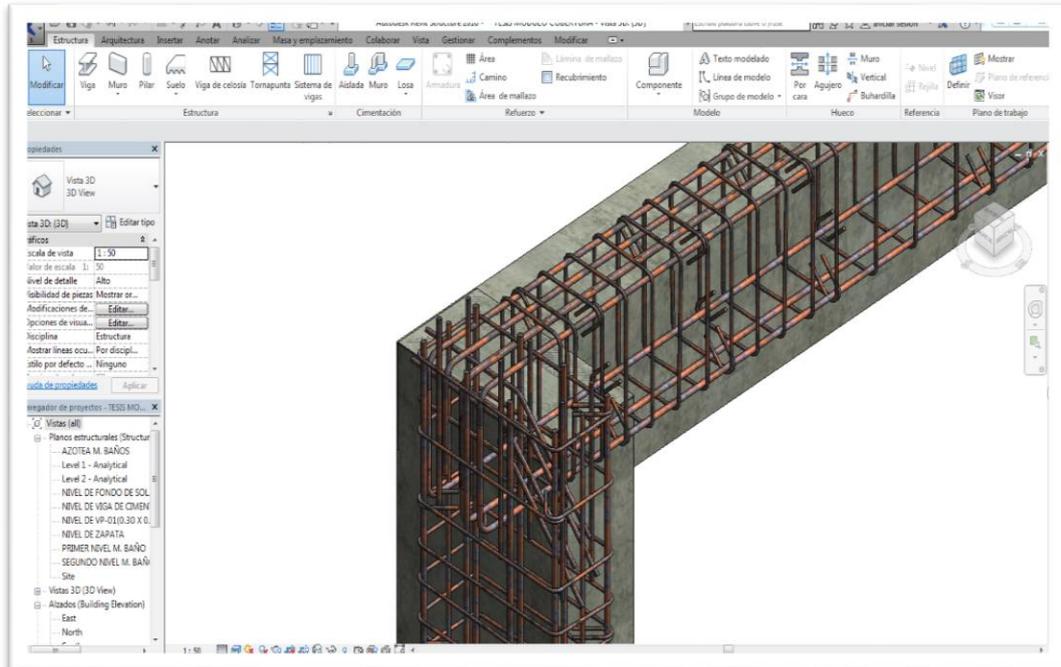


FOTO N°17 Detalle de apoyo móvil

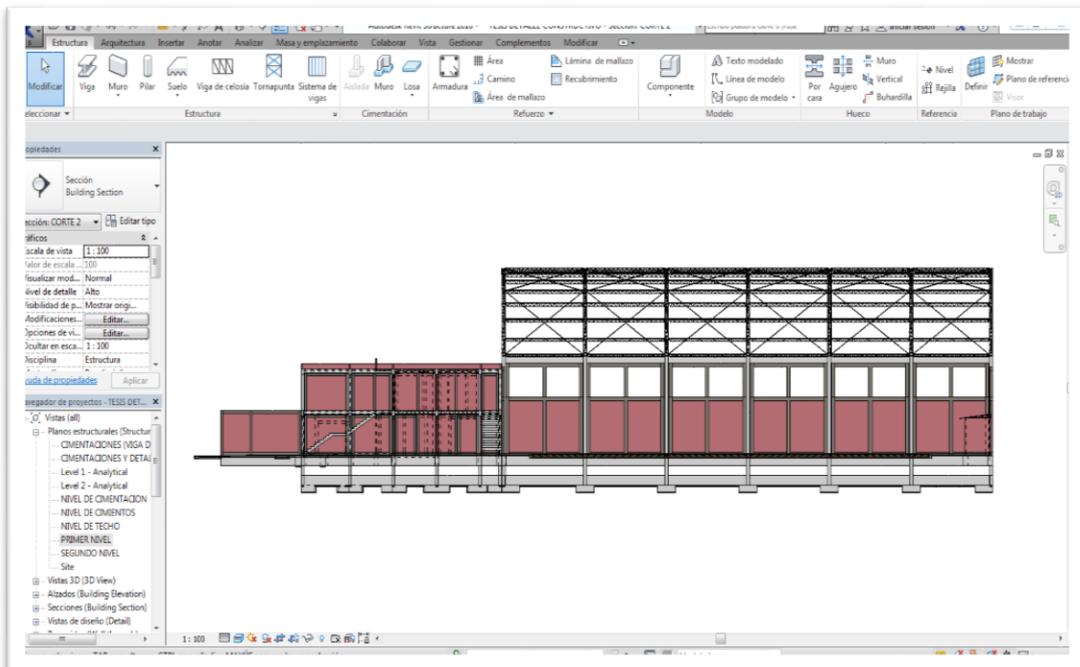
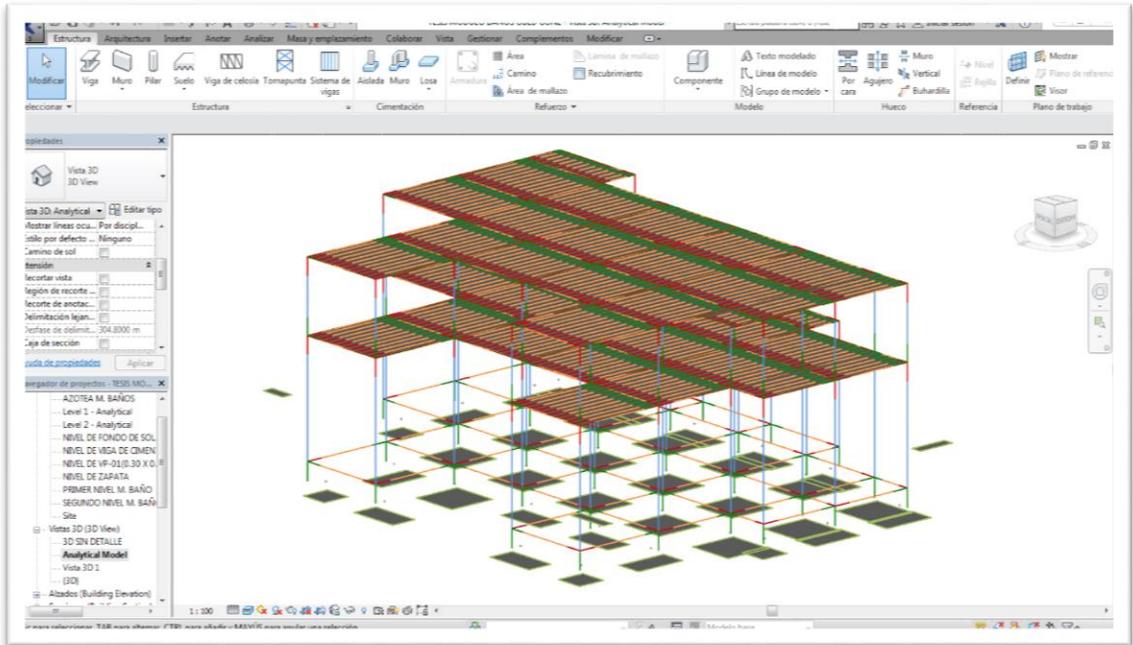
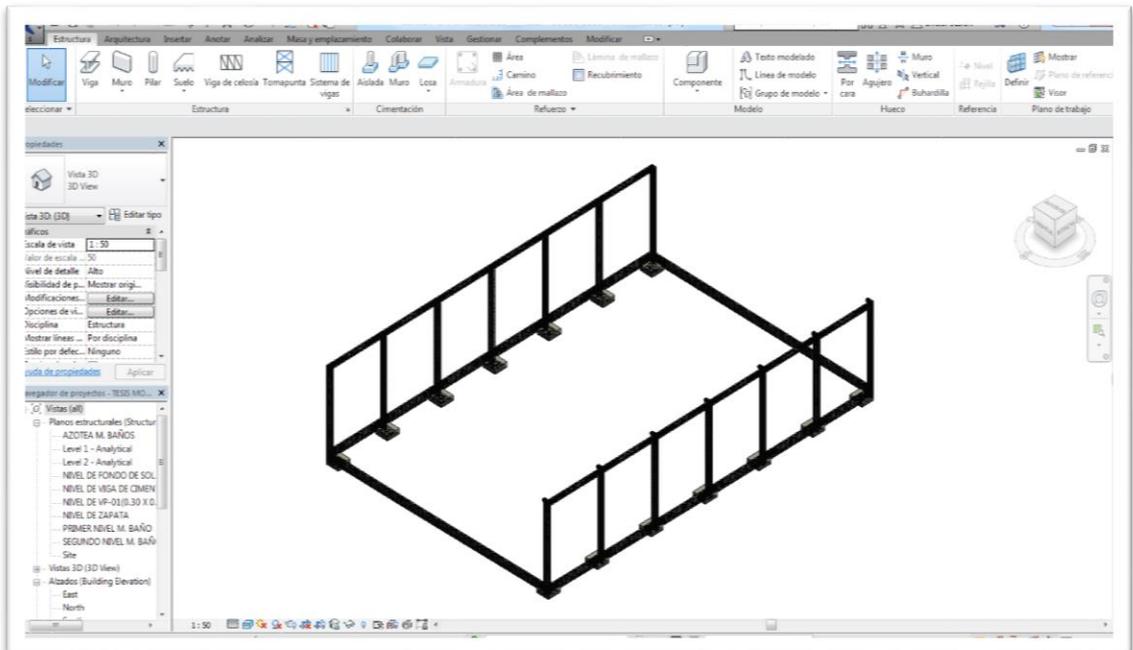


FOTO N°18 Modelo completo de estructuras del polideportivo



***FOTO N°19** Modelo Analítico del módulo baños del polideportivo.*



***FOTO N°20** Modelo del módulo Cobertura del polideportivo.*

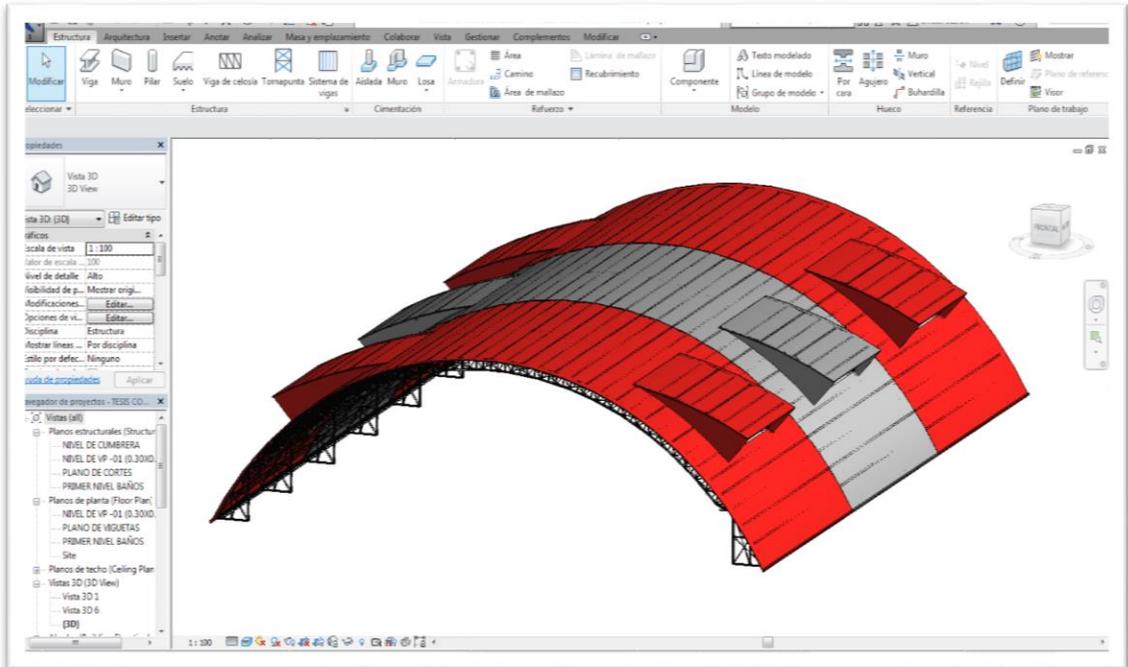


FOTO N°21 Modelo de la Cobertura del polideportivo.

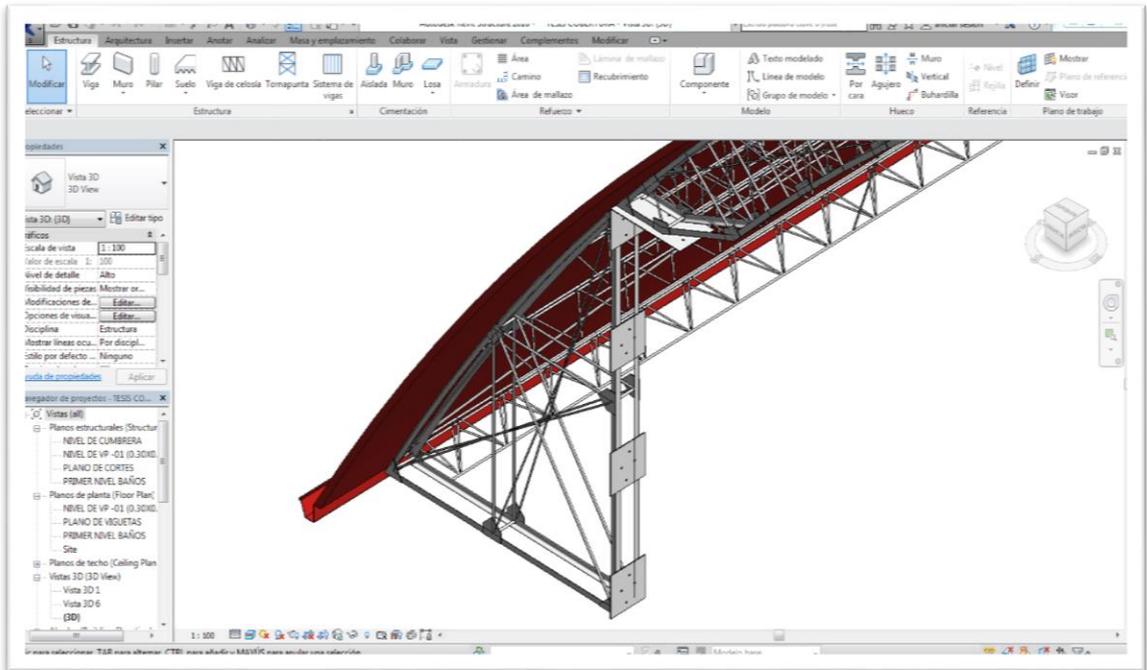


FOTO N°22 Detalle de cambio en la cobertura.

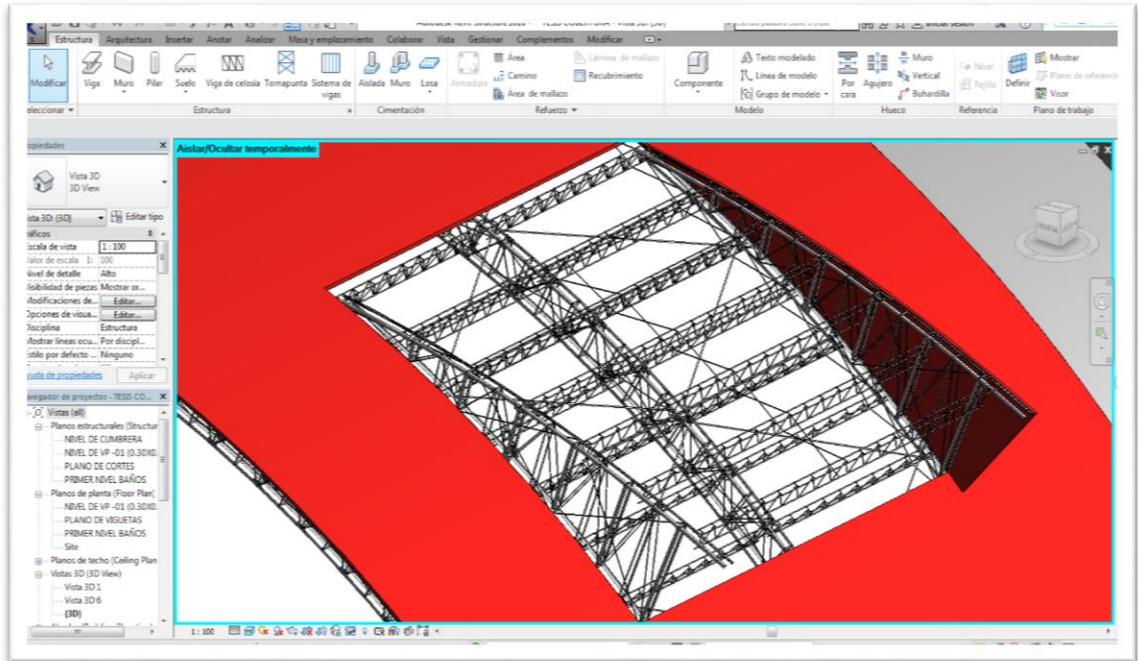


FOTO N°23 Detalle no considerado en el expediente.

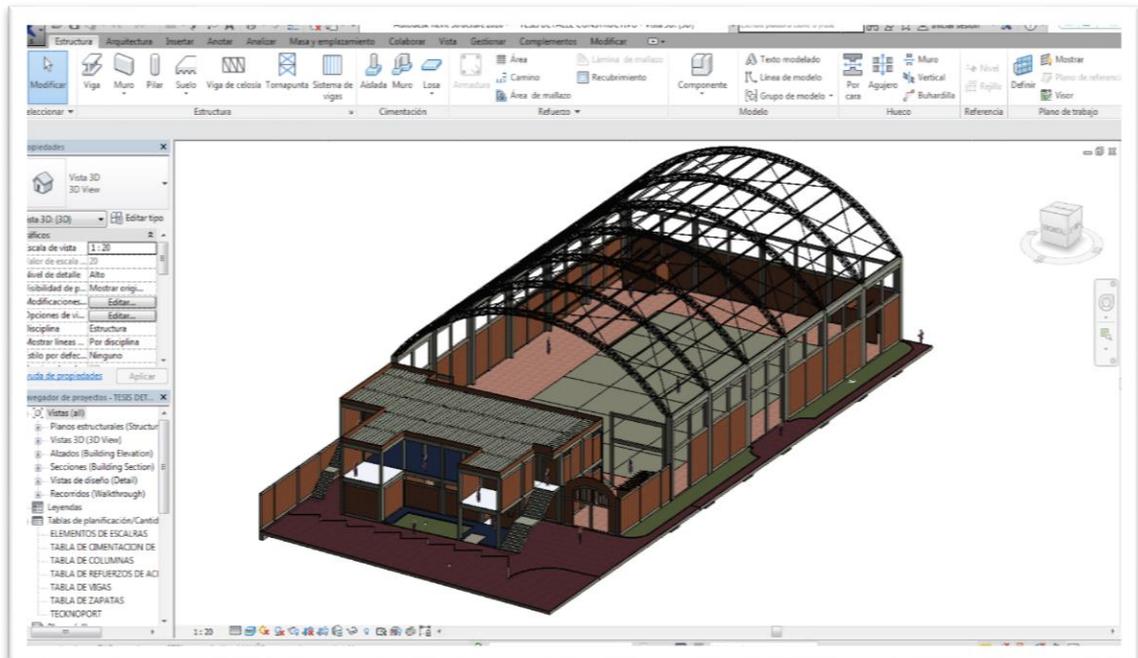
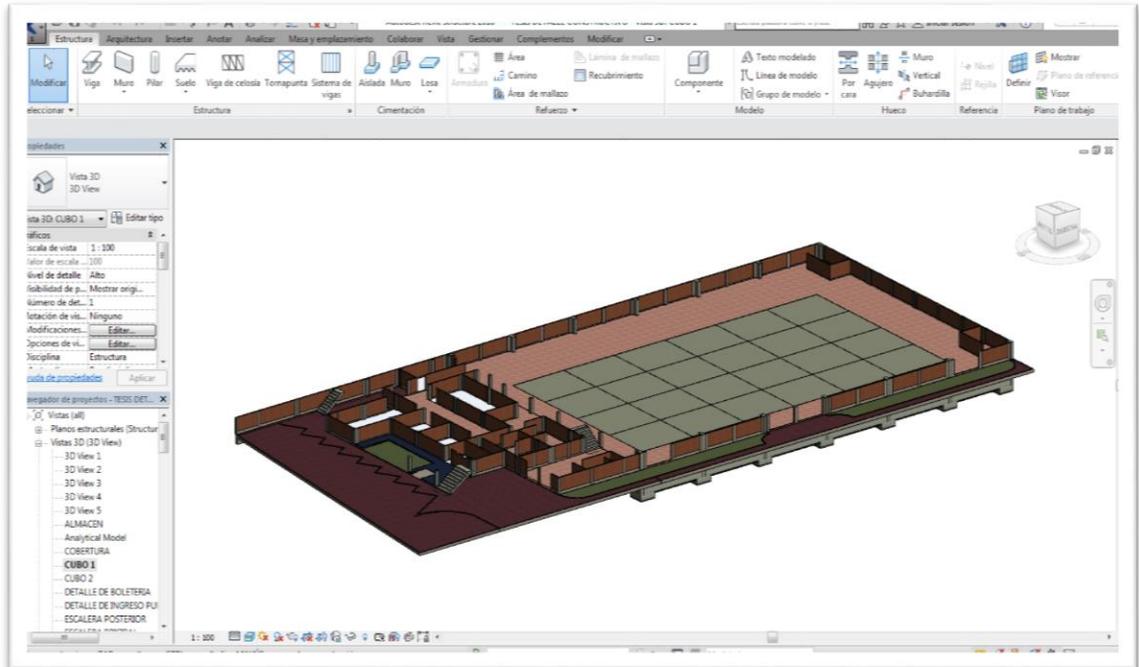
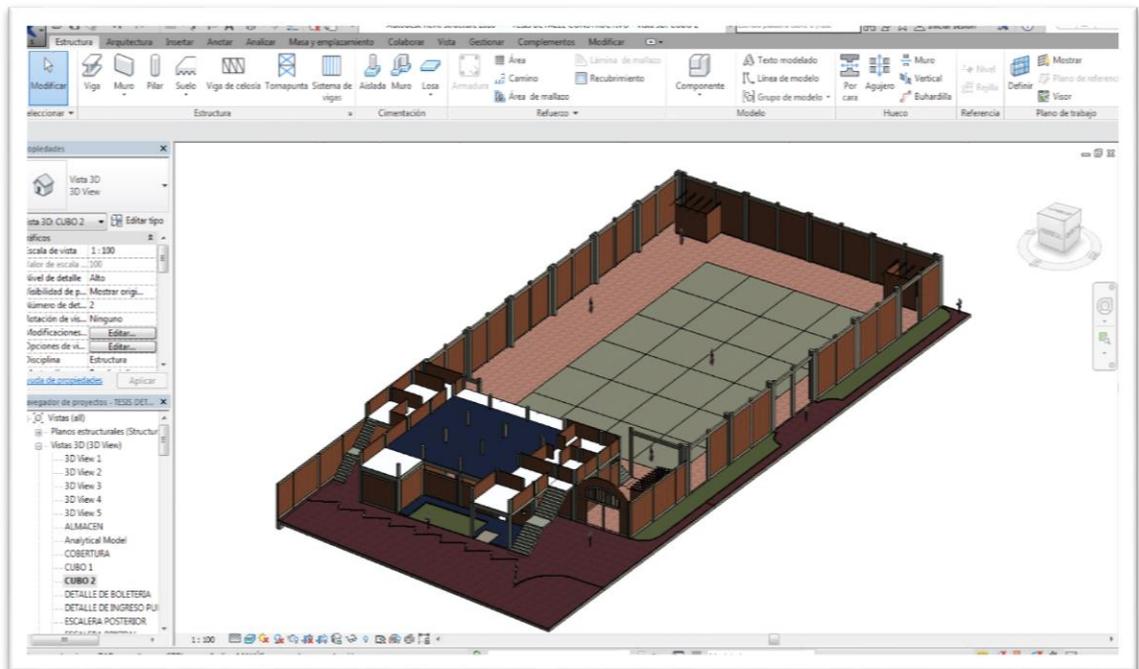


FOTO N°24 Modelo del polideportivo para la obtención de detalles constructivos.



***FOTO N°25** Modelo del polideportivo primer piso.*



***FOTO N°26** Modelo del polideportivo segundo piso.*

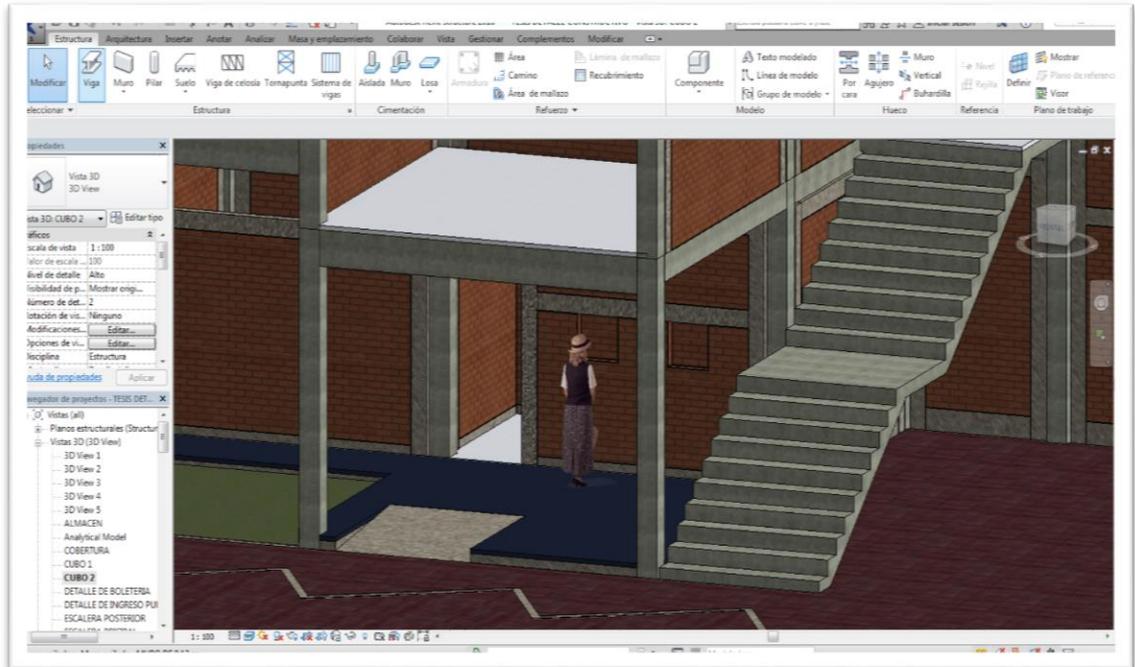


FOTO N°27 Modelo del polideportivo detalle de la boletería



**ANEXO 03 : PLANOS DE LA ESPECIALIDAD
DE ESTRUCTURAS DEL EXPEDIENTE
TÉCNICO DEL PROYECTO “CREACION DE UN
POLIDEPORTIVO EN EL DISTRITO DE PUERTO
INCA, PROVINCIA DE PUERTO INCA-
HUANUCO”**



**ANEXO 04 : PLANOS DE LA ESPECIALIDAD
DE ESTRUCTURAS COMO RESULTADO DE LA
CONSTRUCCIÓN VIRTUAL UTILIZANDO
TECNOLOGÍA BIM. DEL PROYECTO
“CREACION DE UN POLIDEPORTIVO EN EL
DISTRITO DE PUERTO INCA, PROVINCIA DE
PUERTO INCA-HUANUCO”**