



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Metodología para la coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción para vivienda de mediana complejidad en Bogotá apoyado en medios digitales

Arq. Luis Alejandro Vela Oñate

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Artes – Escuela de Arquitectura y Urbanismo
Bogotá, D.C., Colombia
2016

Metodología para la coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción para vivienda de mediana complejidad en Bogotá apoyado en medios digitales

Arq. Luis Alejandro Vela Oñate

Tesis presentada como requisito parcial para optar el título de:
Magister en Construcción

Director:

MSc. Arq. Francisco Guillermo López Pérez

Línea de Investigación:

BIM – Modelado de información de construcción

Grupo de Investigación:

DAEA – Diseñadores de Ambientes de Enseñanza y Aprendizaje

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Artes – Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Bogotá, D.C., Colombia

2016

A Dios y a mi familia

Por el amor y el apoyo entregado incondicionalmente, por la infinita alegría que motiva mi ser, con la Fe que nos impulsa cada vez más a ser mejores personas, cólmanos Señor de tu gracia y tu gloria, de todo corazón os dedico.

Agradecimientos

Al grupo de investigación DAEA_ Diseñadores de Ambientes de Enseñanza y Aprendizaje y al profesor MSc. Arq. Francisco Guillermo López Pérez quién es su director, por la incondicional ayuda y asesoría especializada.

A la Maestría en Construcción de la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Colombia por el acompañamiento académico y los conocimientos aportados.

A los docentes, compañeros de las diferentes cohortes y demás personas que de una u otra manera participaron en la realización del presente trabajo.

RESUMEN

Los procesos tradicionales para la elaboración de diseños técnicos en proyectos de vivienda multifamiliar de mediana complejidad en Bogotá presentan deficiencias en la integración y coordinación de la información entre las diferentes disciplinas que participan en su preparación, generándose conflictos y por ende sobrecostos y atrasos que repercuten negativamente en procesos posteriores de ejecución en obra, entrega final y puesta en funcionamiento del mismo.

El presente trabajo de investigación desarrolla una metodología que facilita la coordinación de diseños técnicos a través del uso de herramientas digitales de modelado tridimensional, donde se verifica la integración entre los diferentes componentes arquitectónico, estructural y de instalaciones, estableciéndose procedimientos para la validación y consolidación de la información del mismo.

Palabras clave: integración del diseño, modelado 3D, gestión de información, proyecto de construcción, coordinación técnica.

ABSTRACT

Traditional processes for the preparation of technical designs in multifamily housing projects of medium complexity in Bogotá have deficiencies in the integration and coordination of information between the different disciplines involved in its production, generating conflicts and in consequence cost overruns and delays that adversely affect in construction execution processes, final delivery and operation of the project.

This research develops a methodology that facilitates the coordination of technical designs through the use of 3D digital modeling tools, where the integration is verified among different architectural, structural and installations components, establishing procedures for validation and consolidation of their information.

Keywords: integration of design, 3D modeling, information management, construction project, technical coordination.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1. Formulación del problema	5
1.1. Coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción	5
1.2. Causas y consecuencias de la falta de coordinación en diseños y estudios técnicos	7
1.3. Construcción de vivienda de mediana complejidad en Bogotá	11
1.4. Hipótesis.....	12
2. Justificación.....	13
3. Objetivos.....	15
3.1. Objetivo principal.....	15
3.2. Objetivos específicos	15
3.3. Metodología de la investigación	16
II. MARCO TEÓRICO.....	19
4. Estado del arte	19
4.1. Ámbito académico.....	19
4.1.1. Contexto internacional	19
4.1.2. Contexto nacional.....	21
4.1.3. Conclusiones ámbito académico.....	22

4.2.	Ámbito investigativo	23
4.2.1.	Contexto internacional	23
4.2.2.	Contexto nacional.....	25
4.2.3.	Conclusiones ámbito investigativo.....	26
5.	Bases teóricas.....	27
5.1.	Legislación y normativa.....	27
5.1.1.	Normas urbanísticas	27
5.1.2.	NSR10 – Norma Sismo Resistente 2010	28
5.1.3.	RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas y RETILAP – Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público	29
5.1.4.	Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá	29
5.1.5.	Conclusiones marco normativo.....	30
5.2.	Estándares y alianzas de colaboración para la gestión de información en proyectos de construcción.....	31
5.2.1.	COBIE – Construction Operations Building Information Exchange (Intercambio de información en operaciones de construcción de la edificación)	31
5.2.2.	PMBOK – Project Management Body Of Knowledge (Guía de fundamentos para la gestión de proyectos).....	32
5.2.3.	IPD –Integrate Project Delivery (<i>Integración total del proyecto</i>).....	33
5.2.4.	FIDE – Formato de Intercambio de Datos en la Edificación	34
5.2.5.	Guías para el desarrollo gráfico en diseños y estudios técnicos de proyectos de construcción.....	35
5.2.6.	Conclusiones organizaciones y formatos para la gestión de información en proyectos de construcción.....	36
5.3.	Herramientas digitales de representación y simulación - BIM	36
5.4.	Integración de sistemas de la edificación.....	39
5.5.	Modelos de gestión en la planificación de proyectos de construcción.....	41
5.5.1.	Lean Management	41
5.5.2.	Modelo estándar de la Gestión de Proyectos	43
5.5.3.	Conclusiones modelos de gestión en la planificación de proyectos de construcción.....	44
5.6.	Medios virtuales de comunicación y gestión de información	45
5.6.1.	LAN (Local Area Network)_ Red de área local	45
5.6.2.	Computación en la nube	46
5.6.3.	Conclusiones medios virtuales de comunicación y gestión de información.....	47

6.	Contexto profesional: Entrevistas y encuestas de percepción sobre procedimientos actuales empleados en la elaboración de diseños técnicos en proyectos arquitectónicos	49
6.1.	Entrevista a expertos	49
6.2.	Conclusiones entrevistas	56
6.3.	Aplicación encuesta de percepción	57
6.3.1.	Ficha técnica encuesta	57
6.3.2.	Objetivos de la encuesta	58
6.3.3.	Índice de preguntas.....	58
6.4.	Conclusiones encuestas	65
7.	Conceptos básicos.....	67
8.	Conclusiones marco teórico.....	71
III. METODOLOGÍA PARA LA COORDINACIÓN DE DISEÑOS TÉCNICOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN PARA VIVIENDA DE MEDIANA COMPLEJIDAD EN BOGOTÁ.....		73
9.	Desarrollo y aplicación de la metodología	73
9.1.	Preliminares	76
9.1.1.	Gestión de la información	80
9.1.2.	Estados del proceso.....	82
9.1.3.	Pautas de ingeniería conceptual	84
9.1.4.	Determinación de validadores para la identificación de conflictos	91
9.1.5.	Consolidación de la información en el transcurso del proceso de diseño	93
9.1.6.	Extracción información planimétrica del modelo	96
9.2.	Coordinación de diseños	101
9.2.1.	Fase I. Preparación planos de diseño para elaboración modelo 3D	101
9.2.2.	Fase II. Construcción y consolidación modelo 3D	106
9.3.	Aplicativo coordinación de diseños técnicos	111
9.3.1.	Componentes.....	111
9.3.2.	Verificación estados del proceso a partir de listas de chequeo	118
9.3.3.	Conclusiones.....	118

10.	Estudio de caso: Proyecto Edificio Multifamiliar en el barrio Bosque Calderón en Bogotá.....	119
10.1.	Generalidades del proyecto	119
10.2.	Matriz de verificación de conflictos	127
10.2.1.	Componentes.....	127
10.2.2.	Aspectos generales para la conformación de la base de datos	133
10.2.3.	Análisis de errores	134
10.2.4.	Costos adicionales.....	143
10.2.5.	Resultados	144
11.	Discusión.....	145
12.	Conclusiones.....	147
13.	Reflexiones y futuras investigaciones.....	149
	BIBLIOGRAFÍA	151
	ANEXO: GUÍA DE USUARIO	157

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Colapso Torre 6 Edificio Space en Medellín	6
Figura 1-2: Densificación de la vivienda vigencia 2015	11
Figura 1-3: Porcentaje de propiedad horizontal por sector vigencia 2015	12
Figura 4-1: Procedimiento de Planificación de la Ejecución del proyecto-BIM	20
Figura 5-1: Proceso desarrollo y consolidación de la información COBIE	31
Figura 5-2: Relación grupo de trabajos (izq). vs. áreas de conocimiento (der.)	32
Figura 5-3: Consolidación información diseño tradicional vs. integración del diseño.	33
Figura 5-4: Descripción modelo conceptual “Descriptor de la edificación”.	34
Figura 5-5: Fases documentación proyecto arquitectónico	35
Figura 5-6: Esquema gestión de información del proyecto metodología BIM.....	37
Figura 5-7: Simulación 3D cubierta Nido de Pájaros	38
Figura 5-8: Construcción cubierta Nido de Pájaros	38
Figura 5-9: Matriz de integración sistemas de la edificación	40
Figura 5-10: Relaciones sistemas de la edificación.....	40
Figura 5-11: Características del proyecto	43
Figura 5-12: Red LAN familiar con señal WIFI.....	45
Figura 5-13: Concepto de la sincronización de archivos en Dropbox	46
Figura 6-1: Estadística participación de profesionales en la encuesta sobre coordinación de diseños	58
Figura 6-2: Estadística etapas de vinculación de especialidades al proyecto	59
Figura 6-3: Estadística escenarios de diseño 2D y/o 3D	59
Figura 6-4: Estadística uso de software de diseño	61
Figura 6-5: Estadística uso de software para presupuesto y programación	61
Figura 6-6: Estadística cruce de información para la coordinación del diseño	62
Figura 6-7: Estadística medios y/o herramientas extracción información a partir del diseño	63

Figura 6-8: Estadística percepción en los procesos de coordinación de diseños.....	64
Figura 9-1: Diagrama de procesos desarrollo diseños técnicos.....	79
Figura 9-2: Gestión de archivos por carpetas	80
Figura 9-3: Gestión de archivos propuesto del proyecto	80
Figura 9-4: Sección activa planta piso tipo_ modelo 3D	96
Figura 9-5: Proyección cubierta_ modelo 3D	97
Figura 9-6: Proyección fachada_ modelo 3D	98
Figura 9-7: Sección activa corte_ modelo 3D	99
Figura 9-8: Sección activa planta estructural_ modelo 3D	100
Figura 9-9: Actividades Fase I_ Preparación planos de diseño elaboración modelo 3D.....	101
Figura 9-10: Ejemplo antelación posible distribución entrepiso respecto a ubicación aparato sanitario	102
Figura 9-11: Diferenciación elementos estructurales en plano arquitectónico.....	103
Figura 9-12: Detección de conflictos de salidas codos inodoros con estructura	103
Figura 9-13: Gestión de archivos y consolidación diseño arquitectura-estructura.....	104
Figura 9-14: Diseño instalaciones sobre plano arquitectura-estructura.....	105
Figura 9-15: Verificación aspectos a tener en cuenta en el diseño de instalaciones	105
Figura 9-16: Actividades Fase II_ Construcción y consolidación modelo 3D	106
Figura 9-17: Archivo de referenciación por nivel de piso.....	107
Figura 9-18: Archivo de referenciación por componente técnico	107
Figura 9-19: Visualización modelo 3D y capas de dibujo_ Archivo arquitectura-estructura.....	108
Figura 9-20: Modelado red eléctrica tomando como referencia archivo arquitectura-estructura 3D.....	108
Figura 9-21: Indicador capas de dibujo propias de la instalación y referencia externa .	109
Figura 9-22: Orden de coordinación componentes por espacios.....	110
Figura 9-23: Mapa de procesos CDT_ Coordinación de Diseños Técnicos	113
Figura 9-24: Formato actividades de edición_ Fase 1	114
Figura 9-25: Formato actividades de validación_ Fase 1	115
Figura 9-26: Formato actividades de edición_ Fase 2.....	116
Figura 9-27: Formato actividades de validación_ Fase 2	117
Figura 10-1: Planta de localización	120

Figura 10-2: Desplazamiento paramentación por diferencias en dimensiones del lote.	122
Figura 10-3: Adición eje auxiliar estructural.	122
Figura 10-4: No previsión disposición contadores de gas en hall comunal	123
Figura 10-5: Afectación parqueaderos por reorganización de cuartos técnicos	123
Figura 10-6: Afectación ducha por ductería	124
Figura 10-7: Ducha sin afectación.....	124
Figura 10-8: Depósitos debajo de rampa vehicular	124
Figura 10-9: Altura reducida depósito por estar debajo de rampa vehicular.....	124
Figura 10-10: Líneas tiempo realidad del proyecto vs. componente jurídico	125
Figura 10-11: Parqueaderos con altura sencilla sin posibilidad a duplicador.	126
Figura 10-12: Parqueaderos con altura y media para disposición de duplicadores	126
Figura 10-13: Cantidad de errores por cruce entre disciplina.....	134
Figura 10-14: Costo en millones de pesos de errores por cruce entre disciplinas	135
Figura 10-15: Atraso en días de errores por cruce entre disciplinas.....	135
Figura 10-16: Comparativo porcentajes de atraso, costo y errores por cruce entre disciplinas.....	136
Figura 10-17: Cantidad de errores por nivel de piso.....	137
Figura 10-18: Costo en millones de pesos de errores por nivel de piso	137
Figura 10-19: Atraso en días de errores por nivel de piso.....	138
Figura 10-20: Comparativo porcentajes de atraso, costo y errores por nivel de piso	138
Figura 10-21: Cantidad de errores por disciplina	139
Figura 10-22: Costo en millones de pesos de errores por disciplina.....	139
Figura 10-23: Atraso en días de errores por disciplina	140
Figura 10-24: Comparativo porcentajes de errores, costo y atraso por disciplina	140
Figura 10-25: Frecuencia de conflictos	141
Figura 10-26: Costo de conflictos	141
Figura 10-27: Atraso de conflictos.....	142
Figura 10-28: Comparativo porcentajes de cantidad, costo y atraso conflictos más frecuentes.....	142

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1: Descriptores e indicadores del problema de investigación	10
Tabla 5-1: Criterios y requerimientos en la evaluación de Integración de Sistemas.....	39
Tabla 9-1: Aspectos de diseño en procesos tradicionales vs. la metodología propuesta	75
Tabla 9-2: Fases y pasos metodología.....	76
Tabla 9-3: Lista estados del proceso.....	82
Tabla 9-4: Modelo acta de reunión	87
Tabla 9-5: Cuadro resumen identificación de conflictos.....	93
Tabla 9-6: Desarrollo y verificación información de instalaciones	94
Tabla 9-7: Secuencia comparación entre componentes por orden de relevancia	95
Tabla 9-8: Administración archivos de edición modelo 3D	106
Tabla 10-1: Discrepancia en el área de lote del proyecto	121
Tabla 10-2: Formato de resumen matriz verificación de conflictos.....	128
Tabla 10-3: Formato base de datos identificación de conflictos	129
Tabla 10-4: Formato descripción, tiempos y costos de conflictos	130
Tabla 10-5: Formato relación imágenes niveles y conflictos	131
Tabla 10-6: Formato relación costos y porcentajes de tiempo ítems presupuesto de obra	132

I. INTRODUCCIÓN

La planificación y gestión en la etapa de diseño de un proyecto de construcción se constituye en el punto de inicio y núcleo fundamental para el desarrollo del mismo. El desarrollo tradicional de los procesos de diseño y construcción de gran parte de los proyectos en la actualidad presentan deficiencias en el intercambio oportuno de la información entre las diferentes disciplinas relacionadas con el proyecto, que dan lugar a la generación de posteriores errores e inconsistencias que solo serán visibles, en su mayoría, en obra. Sumado a esto el rezago respecto a la implementación de nuevas tecnologías de coordinación del diseño, la implementación de procesos cada vez más especializados y complejos, las exigencias y estándares de calidad demandados por los clientes y el cumplimiento de la normatividad, hacen del proyecto un complejo sistema de gestión de información, donde todas las partes deben estar en completa interacción y relación entre sí. Por lo tanto estas partes no pueden verse como un componente aislado del sistema, todo lo contrario, tienen que involucrarse y retroalimentar el proyecto en todo momento.

Conceptos recientes como la computación en la nube la cual permite la conformación de una base de datos en la internet para la administración e intercambio de información entre varios PCs y dispositivos de datos móviles¹ han revolucionado la gestión y el intercambio de información a través de la asociación de bases de datos, donde la distancia y el tiempo no son limitantes, habiendo una interacción constante entre usuario e información desde cualquier lugar del mundo y durante todo el tiempo.

¹ <https://www.dropbox.com/about>, Concepto del servicio de computación en la nube.

Más allá de la mera representación de datos e información en planimetrías y demás documentación técnica, lo que se busca es la coordinación de las diferentes disciplinas implícitas en el mismo a través de la visualización, control y consolidación del diseño. Es esencial el uso de herramientas de modelado tridimensional no solo para la visualización general del proyecto sino también para la simulación de procesos que permitan detectar posibles errores o conflictos que puedan repercutir negativamente en fases posteriores de ejecución en obra y puesta en funcionamiento del mismo.

La parametrización de los diferentes componentes técnicos que conforman un proyecto de construcción permiten la consolidación de una completa base de datos dinámica, conformada y a la vez utilizada por las diferentes profesiones y áreas relacionadas con el proyecto. Complementando lo anterior, la caracterización de herramientas digitales y medios virtuales se hacen necesarios para el intercambio dinámico de la información, bajo un mismo lenguaje y por canales de comunicación apropiables para cada una de las disciplinas relacionadas con el proyecto.

Los modelos de simulación como componente básico y esencial para la generación de información del proyecto se constituyen en el escenario ideal para abordar de manera integral el diseño de la edificación. El uso de referencias externas implementado en programas como AutoCAD, permite dividir el trabajo entre los diferentes profesionales (arquitecto, estructural, eléctrico, hidráulico, otros) relacionados con el modelo, al igual que la actualización en tiempo real del diseño, eliminando la sobreposición, cruce y/o articulación de planos, como actualmente y en la mayoría de las veces se hace.

El diseño directo sobre el modelo de simulación permite una visualización más completa del proyecto, abriendo posibilidades para el desarrollo de estudios detallados del mismo a través del análisis y la simulación de múltiples factores, ya sean físicos, ambientales, usos y otros, los cuales repercuten directamente en el ciclo de vida de la edificación.

Para el presente trabajo se plantea el desarrollo de una metodología para la coordinación técnica de los componentes del diseño de un proyecto con la aplicación de medios digitales, que faciliten la gestión e intercambio de información entre el equipo de personas y profesionales relacionados con el mismo. Para este propósito es necesario la identificación y el análisis de sistemas de gestión de la información en la campo del diseño de proyectos de construcción, así mismo el establecimiento de parámetros de manejo de la información, en este caso, aplicado a proyectos de vivienda de mediana complejidad desarrollados en Bogotá.

Por último, a manera de práctica, se propone la aplicación de la metodología en mención a partir de la simulación de un proyecto típico de construcción, que permita evaluar las potenciales ventajas que este puede tener respecto a la implementación de métodos tradicionales empleados en la coordinación técnica del diseño de proyectos.

1. Formulación del problema

1.1. Coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción

La coordinación de diseños técnicos de un proyecto de construcción refiere al ordenamiento metódico² de los procedimientos de diseño de los componentes que lo conforman, obteniendo como producto final la información necesaria que permita la ejecución en obra, entrega, funcionamiento y vida útil del mismo.

A diferencia de otros sectores de la industria donde el desarrollo de productos y servicios es especializado, cíclico y constante, las actividades relacionadas al campo de la construcción se ejecutan conforme a las características particulares de cada proyecto³, siendo dispendioso el seguimiento de los procesos que se llevan a cabo los cuales permitan la identificación de problemas, para así mismo generar soluciones tendientes a su mejoramiento continuo.

La edificación caracterizada desde una concepción sistémica⁴ comprende la integración de un sin número de componentes los cuales están interrelacionados unos con otros, siendo necesario garantizar una correcta coordinación entre los mismos. Suplir las necesidades básicas de habitabilidad adecuándose a las condicionantes existentes del lugar se constituyen en la hoja de ruta para el desarrollo de los diseños y estudios técnicos del proyecto arquitectónico.

² (Del lat. *co*, por *cum*, con, y *ordinare*, ordenar), Disponer cosas metódicamente. Real Academia Española

³ Patiño, Gonzalo_ Planeamiento de un presupuesto de construcción, Pág. 114

⁴ Escorcía, Olavo_ Anatomía y fisiología de la edificación, Pág. 21

Con base en los diseños técnicos se planean los procedimientos y las actividades a ejecutar en obra, aportando información necesaria, oportuna y específica. Sin embargo se presenta con frecuencia la adición de tiempos en la programación y sobrecostos de construcción de muchos de los proyectos ya desarrollados y en proceso de obra, esto debido a la imprecisión y elevado porcentaje de incertidumbre de la información contenida en los diseños y estudios técnicos la cual no se concibe y se desarrolla como un todo integral, sino como la sumatoria de muchas partes generadas de manera aislada.

Figura 1-1: Colapso Torre 6 Edificio Space en Medellín



Fuente: www.rcnradio.com_ Octubre 14 de 2013

El desafortunado episodio del colapso de la Torre 6 del Edificio Space en Medellín en octubre de 2013 al igual que las fallas de construcción detectadas en otros conjuntos residenciales en diferentes ciudades del país, son un llamado de atención para que entidades públicas, agremiaciones y demás colectivo de profesionales relacionados con el desarrollo de proyectos de construcción hagan una exhaustiva revisión de las metodologías y procedimientos aplicados actualmente en este campo. Detrás de estas anomalías de construcción existe una sumatoria de errores, principalmente de tipo técnico y de supervisión en obra, sin embargo el mayor grado de responsabilidad abordado desde la perspectiva del desarrollo de cada una de las etapas del proyecto es sin duda la fase inicial que está relacionada con los diseños y estudios técnicos, ya que estos son la documentación base para su construcción.

1.2. Causas y consecuencias de la falta de coordinación en diseños y estudios técnicos

Los procesos relacionados con la planificación, gestión y desarrollo de proyectos de construcción de vivienda de mediana complejidad en Bogotá han venido llevándose a cabo de una manera tradicional y poco práctica, lo que ha desembocado en procedimientos irregulares, atrasos, sobrecostos, baja calidad, entre otros⁵ del proyecto terminado, esto debido en gran parte a las siguientes causas:

- Entes gubernativos como las curadurías urbanas y oficinas de planeación se remiten a la verificación puntual de elementos jurídicos, arquitectónicos y de ingeniería, limitándose este último a la revisión del estudio de suelos, planos estructurales y memorias de cálculo del proyecto, por ende no se solicita información técnica relacionada con otras especialidades como son la parte eléctrica e hidráulica, todos estos componentes fundamentales para el proyecto y más aún, para la coordinación de los mismos. La presentación de la información se hace a través de planos y documentación física los cuales no son suficientes para la visualización integral del proyecto, dificultándose su interpretación y cruce de la información entre sí. Es necesario analizar la validez y el verdadero significado de los documentos aportados, apoyándose en otros medios como tablas, modelados, simulaciones, cuadros conceptuales, etc.⁶

- Es limitado el control ejercido por las autoridades sobre la correcta aplicación de las licencias de urbanismo y construcción en Bogotá. Las alcaldías menores como entidades de control y vigilancia⁷ realizan inspecciones a obras donde se verifican aspectos como la altura en pisos, aislamientos, cumplimiento de horarios de trabajo en obra y demás documentación que acredite la legalidad de la misma. Sin embargo otros aspectos relacionados con el cumplimiento de cuadros de áreas privadas y comunes, distribución de espacios y dimensiones de los mismos, y demás especificaciones técnicas

⁵ Arango, Gilberto_ Seminario Taller Gerencia de Proyectos de vivienda de Interés Social, La calidad de la vivienda, Pág. 11.

⁶ Formato de revisión e información de proyecto_ Resolución 1002 del 25 de mayo de 2010, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

⁷ Acuerdo 133 de 2009, Medidas para la convivencia vecinal y seguridad de las obras de urbanismo en Bogotá, D.C.

reglamentadas por la NSR10, no son verificados por ningún ente de control, dando lugar a la alteración arbitraria por parte del promotor y el constructor de los diferentes diseños previamente aprobados vs. los ejecutados en obra.

- La limitada relación entre la ingeniería y la arquitectura presente tanto en las universidades como en las diferentes agremiaciones, sumado a la falta de organización y estructuración de programas académicos de pregrado relacionados con el campo de la construcción han venido restringiendo el intercambio y desarrollo de conocimiento enfocados a la coordinación y gestión integral de la totalidad de los temas y componentes que conforman y atañen al desarrollo integral de un proyecto constructivo. De las cinco mejores universidades en Colombia que ofertan programas relacionados con la construcción⁸, ninguna presenta asignaturas del núcleo básico comunes entre la ingeniería y la arquitectura. Esta posibilidad se limita a contadas materias electivas u optativas.

- Los modelos de subcontratación basados en la delegación a otras empresas y/o personas la ejecución de servicios materiales e inmateriales⁹ demanda de un mayor control en los procesos para la coordinación del diseño y estudios técnicos. En lo que respecta al diseño planimétrico como tal, la subcontratación arranca en la parte inferior con los dibujantes y/o digitadores los cuales transcriben los diseños planteados por el correspondiente profesional de cada disciplina donde el pago de sus servicios se hace generalmente por tiempo trabajado. Luego siguen los profesionales de cada disciplina los cuales tienen a cargo la elaboración de los estudios y diseños técnicos propios de su área cancelándose sus servicios por la entrega global de los mismos. Finalmente la empresa o persona a cargo de la totalidad de los diseños y estudios técnicos revisan los mismos entregándose éstos al constructor o promotor quien ejecutará la construcción. Surgen muchas dificultades de tipo logístico en estos modelos de contratación ya que no se enfocan al verdadero propósito que es la coordinación integral de los diseños y estudios técnicos del proyecto constructivo.

⁸ <http://www.universidad.edu.co>, El observatorio de la universidad colombiana, ranking ECAES.

⁹ Moncada M. y Monsalvo Y._ Implicaciones laborales del Outsourcing, Tesis de Pregrado en Derecho, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá_ 2000. Pág. 25.

- Es deficiente la comunicación entre los profesionales que intervienen en el desarrollo de un proyecto constructivo dado a las condiciones normativas, del mercado y administrativas que no dan la oportunidad de trabajar una coordinación de manera adecuada y en tiempo real, habiendo poca interacción entre las diferentes disciplinas implícitas en el proyecto, donde *arquitectos y proyectistas técnicos trabajan por su cuenta* (Puyana, 1982).

- Recientes estrategias de financiamiento y comportamiento del mercado inmobiliario para la adquisición de vivienda nueva financiada través de la figura de la preventa han replanteado la forma de desarrollo de un proyecto de vivienda multifamiliar, donde el modelo del fideicomiso transfiere un bien inmueble y recursos a un determinado fondo de inversiones que servirá como garante que asegura los recursos para ejecución del proyecto una vez éste haya llegado al punto de equilibrio¹⁰. El aporte del terreno, así como los recursos para el desarrollo de los diseños, promoción y ventas, y de más estrategias comerciales que permitan alcanzar el punto de equilibrio son responsabilidad exclusiva de los promotores del proyecto. La figura de la preventa donde los interesados en adquirir un bien inmueble compran sobre planos, muchas veces no está respaldada por la elaboración completa de los diseños y estudios técnicos, generándose incertidumbre en la posterior coordinación y posibles incidencias que puedan tener en los diseños ofrecidos a los clientes, que pueden conllevar a sobrecostos y retrasos en el cronograma de ejecución en obra.

- Dada a la cultura de trabajo de los diseñadores de la construcción en Colombia donde el cruce y cotejo de la información del diseño aduce a la superposición de planos, ya sean físicos o en medio magnético, elaborados de manera independiente y por aparte¹¹, son susceptibles a la no correspondencia entre los mismos y por ende a la generación de conflictos, incurriendo en retrasos para la toma de decisiones y desarrollo de consecuentes actividades.

¹⁰ <http://www.fondospichincha.com>, Fondos Pichincha, definición de fideicomiso inmobiliario.

¹¹ Puyana, Germán_ Control Integral de la Construcción, Pág. 168

- La revisión de planos de diseño y el rediseño demandan de muchas horas de trabajo y personal profesional, haciendo que la elaboración de un diseño se rehaga y se pase varias veces, generándose desgastes y poca eficiencia en estos procesos, incidiendo en los costos de honorarios causados por la ejecución de esta actividad¹². Conforme a la normatividad vigente NSR10, es pertinente también que los planos cumplan con las necesidades y determinantes de diseño, especificaciones técnicas, reglamentación y demás criterios establecidos para el proyecto¹³.

Tabla 1-1: Descriptores e indicadores del problema de investigación

Problema	Descriptor	Indicador
Falta de coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción para vivienda de mediana complejidad en Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> - Limitada verificación y control por parte de curadurías y oficinas de planeación. - Poca relación entre las ramas de la ingeniería y arquitectura. - Deficiente comunicación entre los profesionales de las diferentes disciplinas. - Irregularidades en la contratación de diseños y estudios técnicos. - Dependencia de los diseños y estudios técnicos del comportamiento del mercado inmobiliario. - Técnicas poco eficientes de cruce y verificación de correspondencia de la información. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en planos de diseño aprobados por curaduría frente a los ejecutados en obra. - Formación incompleta de los profesionales de las diferentes disciplinas relacionadas el desarrollo de proyectos de construcción. - Conflictos de interpretación y falta de coordinación de los diseños y estudios técnicos. - Incumplimiento, retrasos y sobrecostos en la entrega de diseños y estudios técnicos. - Discontinuidad y cambios en los diseños. - Generación de conflictos y retraso en la programación y toma de decisiones. - Reelaboración repetida de planos de diseño.

Fuente: Propia

Las anteriores causas tienden a variar de manera negativa la capacidad de producción del trabajo dentro del proceso de diseño del proyecto, habiendo una notoria disminución del porcentaje de trabajo productivo en cuanto a que se ven perjudicados los tiempos de entrega, haciéndose más extensos y por consiguiente incrementándose sus costos de gestión. Por otro lado es necesaria en la coordinación técnica del diseño en proyectos de construcción con la estructuración de esquemas de trabajo contributivo tendientes a agilizar la gestión y el intercambio de la información entre las diferentes disciplinas. Son renuentes los casos donde cada uno de los especialistas no aportan desde un principio

¹² Patiño, Gonzalo_ Planeamiento de un presupuesto de construcción, Pág. 115

¹³ Puyana, Germán_ Control Integral de la Construcción, Pág. 28.

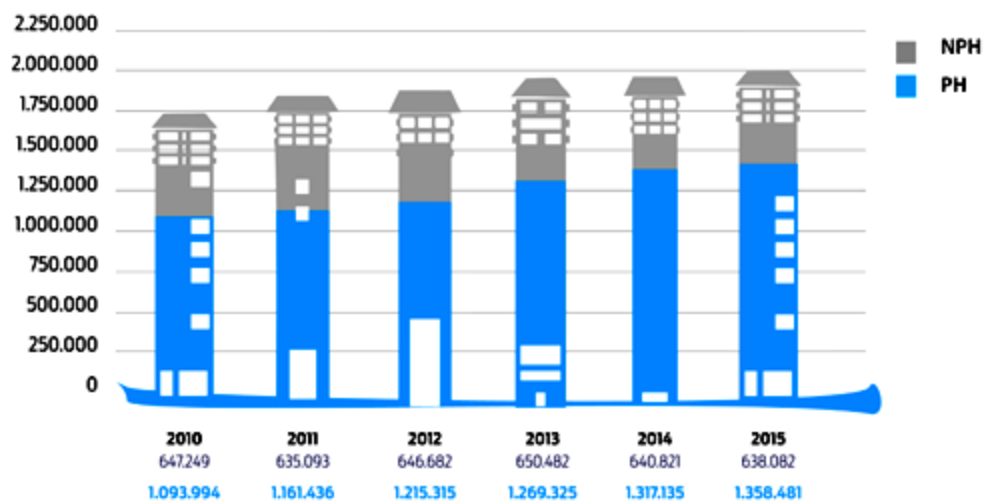
soluciones integrales, no solamente propias del campo sino también colectivas, ya sea por pertinencia y/o competencia profesional, concentrando toda la coordinación y gestión del diseño técnico en cabeza del arquitecto proyectista.

1.3. Construcción de vivienda de mediana complejidad en Bogotá

El déficit de vivienda y el crecimiento del número de hogares vs. el encarecimiento de la tierra urbanizable en Bogotá han estimulado el incremento del valor de la tierra y de los predios en la ciudad avocada a la densificación, donde más del 80% de la vivienda que actualmente se construye en la capital del país corresponde a vivienda tipología apartamento¹⁴.

Es así que sobre los predios actuales con clase de construcción de vivienda unifamiliar se están desarrollando proyectos de vivienda multifamiliar de mediana complejidad (área de construcción entre 500 m² a 5000 m²)¹⁵, comportamiento que seguirá en aumento conforme a la situación actual del mercado inmobiliario y de la normativa urbana recientemente expedida¹⁶.

Figura 1-2: Densificación de la vivienda vigencia 2015



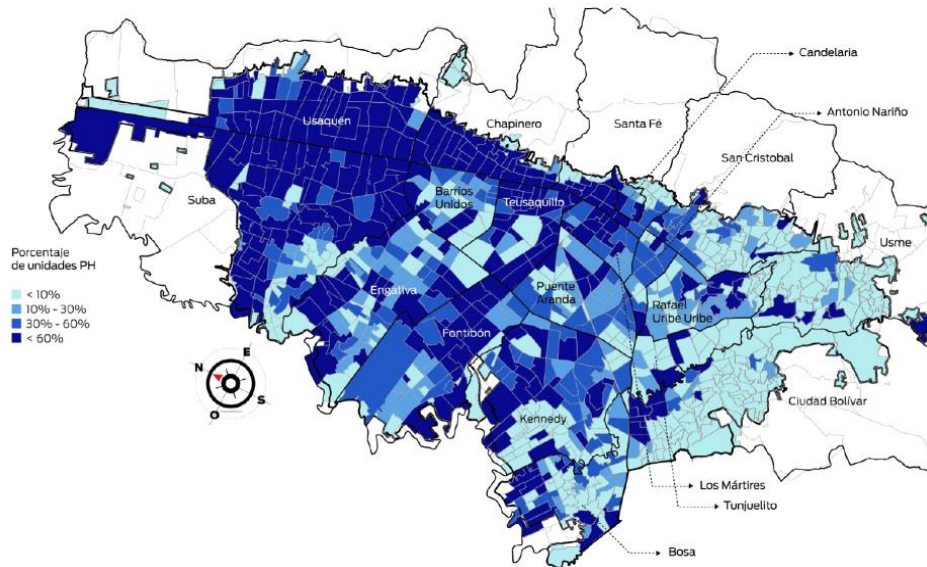
Fuente: UAECD_ Resultados Censo Inmobiliario de Bogotá 2015

¹⁴DANE, Estadísticas de licencias de construcción en Bogotá, informe septiembre de 2015.

¹⁵ Decreto 1469 de 2010, sobre la expedición de licencias urbanísticas y otras disposiciones.

¹⁶ Entrevista del diario El Tiempo a Gustavo Adolfo Marulanda, director de la UAECD.

Figura 1-3: Porcentaje de propiedad horizontal por sector vigencia 2015



Fuente: UAECD_ Resultados Censo Inmobiliario de Bogotá 2015

1.4. Hipótesis

El desarrollo y la ejecución de una metodología para la coordinación técnica del diseño en proyectos de vivienda buscan mejorar la interacción entre los diferentes sistemas técnicos que lo componen, reduciendo al mínimo los posibles errores que este pueda presentar en su construcción y puesta en funcionamiento. La aplicación de herramientas digitales permite vincular e intercambiar la información entrante y saliente del proyecto de construcción de manera más eficiente y compartida entre los diferentes profesionales del proyecto. La introducción de sistemas de gestión de la información del proyecto clasificada y parametrizada del diseño permiten una mejor toma de decisiones respecto a los procedimientos a desarrollar durante la fase de ejecución en obra. La concepción del diseño desde el modelado tridimensional permite una visualización integral del proyecto apoyado en el estudio detallado de las diferentes conexiones generadas entre los subsistemas técnicos del mismo. Los procesos de coordinación, validación y consolidación de la información del proyecto permiten una optimización de tiempo y recursos demandados durante las fases de diseño y ejecución en obra. Estos procesos de análisis de la información incrementan el trabajo productivo de diseño, reduciendo porcentajes de trabajo contributivo relacionados con el cruce, verificación de conflictos y reelaboración de planos.

2. Justificación

Son varios los aspectos y consideraciones que giran en torno a los temas tratados en la presente investigación. El principal tiene que ver con la importancia que se le debe dar a la coordinación de diseños técnicos en los procesos para el desarrollo de proyectos arquitectónicos. Los diseños si bien se constituyen en la información fundamental para las fases posteriores de construcción y puesta en funcionamiento de la edificación, no pueden limitarse a una entrega dispersa de planos e informes técnicos uno sobre otro, donde cada especialista entrega su producto por aparte, sin tenerse en cuenta la articulación y la correspondencia de la totalidad de la información, que en últimas es lo que determinará en gran medida la eficiencia y la calidad de los diferentes componentes técnicos del proyecto, durante las etapas posteriores de construcción y puesta en funcionamiento.

Se hace necesario el desarrollo de metodologías para la coordinación de diseños técnicos que facilite la revisión y coordinación de los mismos, donde es pertinente considerar que un proyecto arquitectónico presenta características y aspectos particulares que lo hacen único entre los demás, y que los factores que giran en torno a su diseño y desarrollo deben facilitar los mecanismos y medios para garantizar la calidad en los procesos y de los productos derivados de éstos.

La implementación de metodologías para la coordinación de diseños varía dependiendo del tipo de empresa que promueve y desarrolla el proyecto. Las grandes compañías por lo general cuentan con departamentos especializados en gestión y control de la información de diseño, lo que les permite, teniendo en cuenta otro tipo de factores de tipo organizacional y económico, liderar la construcción de cualquier tipo de proyecto, diferente en el caso del pequeño constructor los cuales emplean, en su mayoría, metodologías

tradicionales de diseño donde no es posible garantizar un adecuado proceso y prever controles que permita garantizar la coordinación y calidad de los mismos.

El empleo de herramientas digitales con plataforma BIM presentan un sin número de ventajas y oportunidades para la optimización y calidad de los procesos, sin embargo el uso de software BIM y no BIM por sí solos no garantizan la coordinación entre los componentes técnicos del proyecto, donde es necesario el desarrollo y la implementación de metodologías que aborden aspectos de gestión e integración de la información de diseño.

La metodología propuesta en el presente documento se constituye en una excelente alternativa para la elaboración y coordinación de diseños, de fácil implementación con programas BIM y no BIM, adaptable también para el control de actividades en etapas posteriores durante la ejecución en obra.

3. Objetivos

3.1. Objetivo principal

Desarrollar una metodología para la coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción para vivienda multifamiliar de mediana complejidad en Bogotá a través del uso de medios digitales con el fin de mejorar la gestión e interacción de la información entre profesionales y la optimización de tiempos y recursos en fases posteriores de construcción y puesta en funcionamiento del proyecto.

3.2. Objetivos específicos

- Analizar las metodologías aplicadas al desarrollo de diseños técnicos de proyectos de construcción planteados por diferentes organizaciones y en trabajos de investigación a fin de establecer lineamientos encaminados a validar la información del proyecto.

- Estudiar el panorama actual de los procesos de diseño y su incidencia en la etapa de ejecución en obra con el propósito de detectar fallas que repercutan negativamente en la coordinación integral de la información del proyecto.

- Establecer una matriz de procedimientos de diseño encaminada a la aplicación de herramientas de modelado 3D que relacione los componentes técnicos y pasos que faciliten la gestión en la coordinación de diseños técnicos de una edificación.

- Implementar la metodología en un proyecto de construcción real estimando su efectividad en tiempo y recursos en comparación con procedimientos que se llevan a cabo en la actualidad.

3.3. Metodología de la investigación

Objetivo 1: Analizar las metodologías aplicadas al desarrollo de diseños técnicos de proyectos de construcción planteados por diferentes organizaciones y en trabajos de investigación a fin de establecer lineamientos encaminados a validar la información del proyecto.

Indicadores:

- Consulta en organismos internacionales (FIDE –*Formato de Intercambio de Datos en la Edificación*-, PMI –*Project Management Institute*-, IPD –*Integrate Project Delivery*-, BIM –*Building Information Modeling*-) para la identificación de protocolos relacionados con la gestión de la información en la etapa de diseño del proyecto de construcción.
- Revisión de trabajos académicos (tesis y artículos de investigación) que desarrollen temas sobre gestión de la información apoyado en herramientas digitales aplicado en el diseño de proyectos de construcción.
- Conclusiones

Objetivo 2: Estudiar el panorama actual de los procesos de diseño y su incidencia en la etapa de ejecución en obra con el propósito de detectar fallas que repercutan negativamente en la coordinación integral de la información del proyecto.

Indicadores:

- Consulta del marco normativo vigente aplicado al diseño de edificaciones. (*NSR10, RETIE, NTC, código de construcción de Bogotá, normativa urbana, y marco jurídico en general*)
- Desarrollo de entrevistas y encuestas a profesionales con el fin de establecer y analizar procedimientos y deficiencias que se presenten respecto a la gestión de diseños y estudios técnicos de proyectos de construcción.
- Conclusiones

Objetivo 3: Establecer una matriz de procedimientos de diseño encaminada a la aplicación de herramientas de modelado 3D que relacione los componentes técnicos y pasos que faciliten la gestión en la coordinación de diseños técnicos de una edificación.

Indicadores:

- Análisis de las fases de obtención y transformación de información durante el proceso de desarrollo de los diseños técnicos del proyecto.
- Identificación de herramientas digitales para la representación técnica, importación, exportación y vinculación de la información del modelo 3D con aplicaciones complementarias.
- Desarrollo de procedimientos para la gestión de la información del diseño 2D y 3D.
- Conclusiones

Objetivo 4: Implementar la metodología en un proyecto de construcción real estimando su efectividad en tiempo y recursos en comparación con procedimientos que se llevan a cabo en la actualidad.

Indicadores:

- Escogencia de un proyecto real como estudio de caso para el análisis de la coordinación del diseño y evaluación de resultados en tiempo y costos.
- Desarrollo de pruebas para la simulación y ajuste a los procedimientos de diseño propuestos en la metodología.
- Conclusiones

II. MARCO TEÓRICO

4. Estado del arte

4.1. Ámbito académico

4.1.1. Contexto internacional

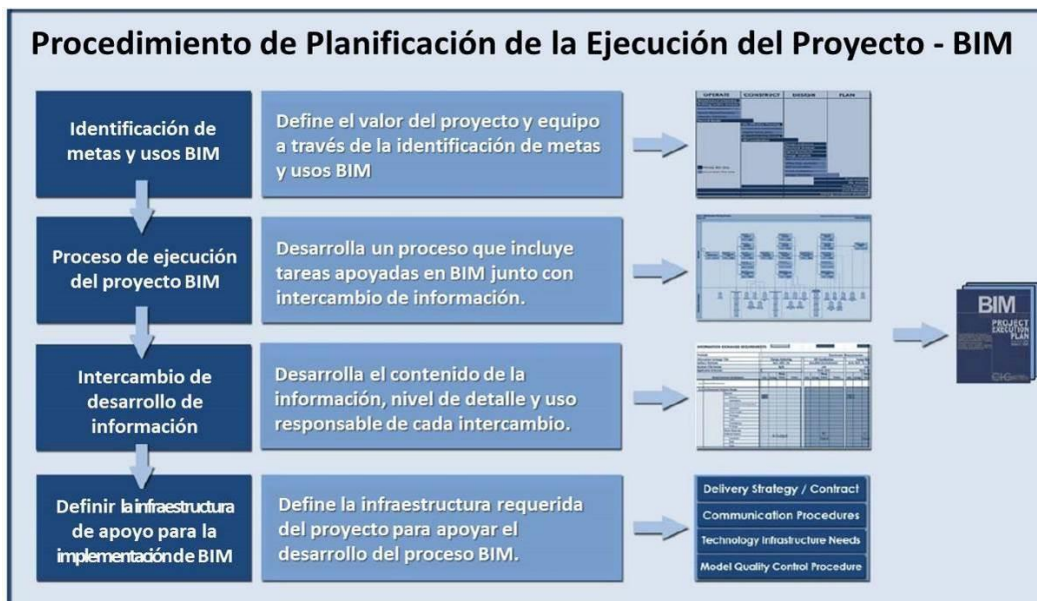
En el contexto académico internacional, la filosofía BIM ha permitido abordar de una manera más completa y razonable los diferentes procesos que se llevan a cabo en un proyecto de construcción, constituyéndose en una herramienta fundamental para la enseñanza de estos temas. En la mayoría de trabajos académicos, el BIM se ha aplicado en la retroalimentación para la comprensión de diferentes procesos constructivos, abordándose desde una escala macro, hasta llegar al grado de detalle de la materialidad. De igual forma, la constante comparación entre diferentes software BIM y CAD convencional, ha permitido la clasificación de herramientas digitales en cuanto a la capacidad de generación y gestión de información del diseño. Se destacan artículos de investigación de la Universidad de Stanford, como el que se titula *“Enseñanza en la gestión de un proyecto de construcción con soporte BIM: Experiencias y lecciones aprendidas”*¹⁷ en donde se simulan diversas situaciones y problemas de dirección de proyectos de forma muy aproximada a la realidad.

¹⁷ Peterson, Hartmann, Fruchter, Fischer, artículo de investigación de ScienceDirect – Automation in Construction

En Norteamérica, la Universidad Estatal de Pensilvania (*The Pennsylvania State University*) representada por el grupo de investigación CIC (*Computer Integrated Construction*) han desarrollado la Guía de Planificación de la Ejecución del Proyecto – BIM¹⁸. A pesar de que el BIM parte del concepto del Modelado de Información de Construcción, el surgimiento de nuevos software BIM especializados de manera puntual en cada disciplina relacionada con el campo de la construcción, han venido generando dificultades en el intercambio de la información, surgiendo la necesidad de crear metodologías que garanticen una verdadera integración entre los componentes técnicos que conforman el proyecto.

Los procedimientos de planeación y desarrollo del proyecto BIM planteados en la guía retoman los principios que constituyen un proyecto de construcción haciendo énfasis en la identificación de metas y usos, procesos de ejecución, gestión en el intercambio de información y la infraestructura requerida para que se puedan llevar a cabo dichos procesos.

Figura 4-1: Procedimiento de Planificación de la Ejecución del proyecto-BIM
 Título original. “The BIM Execution Planning Procedure”



Fuente: BIM Project Execution Planning Guide, pág. 3

¹⁸ The Computer Integrated Construction Research Group , Título original: “BIM – Project Execution Planning Guide”, Universidad Estatal de Pensilvania, versión 2.0., 2010

A nivel latinoamericano se destaca Brasil en la investigación sobre herramientas digitales, resaltándose el trabajo de investigación titulado *“Una contribución en la coordinación del proyecto en la construcción de edificios: estudio de las dependencias del proceso”*¹⁹ de la Universidad de Minas Gerais, donde la autora se enfoca en los procesos que relacionan los diferentes componentes que conforman la edificación, aplicando principios de organizacionales y de planeación.

4.1.2. Contexto nacional

De las 30 Universidades con Facultades de Arquitectura en Colombia, sólo 10 presentan programas de Postgrado con temáticas relacionadas con el desarrollo y la gerencia de proyectos de construcción²⁰. La Universidad Nacional de Colombia es pionera en el desarrollo de este tipo de temas, instruidos tanto a nivel de pregrado, con la materia electiva Medios Digitales en la Construcción²¹, cómo a nivel de postgrado, en la Maestría en Construcción, con el módulo de BIM del seminario de especialización²².

Se destacan tesis como la de Arq. Liliana Sánchez con la propuesta del MDC – Modelado Digital Constructivo-²³ la cual propone una metodología para el modelado y el análisis de la secuencia constructiva de una edificación, identificando y clasificando actividades repetitivas de las actividades o puntos críticos que pudiesen demandar una mayor atención por parte del constructor, así mismo la del Ing. Antonio Suárez que plantea en el trabajo de tesis el desarrollo de una metodología para la identificación de conflictos y gestión en procesos constructivos utilizando el software Navisworks, implementando principios de constructividad y de integración de sistemas.

¹⁹ Cruz, Andrea_ Una contribución a la coordinación del proyecto, en la construcción de edificios, Tesis de Postgrado de la Maestría en Construcción Civil de la Universidad Federal de Minas Gerais.

²⁰ ACFA – Asociación Colombiana de Facultades de Arquitectura.

²¹ Materia electiva de Pregrado en Arquitectura_ UNAL.

²² Seminario de especialización de la Maestría en Construcción_ UNAL.

²³ Sánchez, Liliana_ MDC – Modelado Digital Constructivo, Tesis de Postgrado de la Maestría en Construcción de la UNAL.

De igual manera se desarrollan en la Universidad de Los Andes, trabajos de investigación relacionados con la propuesta de modelos computacionales para la simulación de procesos constructivos como MOCSPROC²⁴ y Sisplan²⁵ los cuales proponen metodologías para la gestión de actividades en obra que permiten la optimización de recursos y la disminución en tiempos de ejecución.

En la facultad de ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana se han desarrollado trabajos de investigación en BIM e implementación de modelos de simulación de procesos en el campo de la construcción. Tesis como la de los Ing. A. Mojica y D. Valencia que lleva por título "*Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá*" proponen nuevas alternativas que optimizan el uso de recursos y tiempo demandado en el compendio de actividades asociadas a un proyecto de construcción, siendo válida la metodología por medio de la comparación y verificación de resultados respecto a la manera como se llevan a cabo dichas actividades en la actualidad.

4.1.3. Conclusiones ámbito académico

A pesar de que en el desarrollo de una edificación, como se ha venido reiterando, participan muchas disciplinas, en especial ingenieros de varios ramos, falta una mayor vinculación entre los diferentes programas curriculares que aborden temáticas de procesos transversales de coordinación e integración de componentes técnicos de un proyecto de construcción.

La implementación de medios digitales como modelado 3D y BIM demuestran ser herramientas efectivas para la comprensión de los diferentes componentes de la edificación, al igual que la simulación de las actividades de construcción que ésta comprende.

²⁴ Granados J, Modelo computacional de simulación de procesos constructivos MOCSPROC

²⁵ Córdoba J, Simulación digital de procesos constructivos "Sisplan".

4.2. Ámbito investigativo

4.2.1. Contexto internacional

- *Project Management Institute (P.M.I.)*
“Instituto para la Dirección de Proyectos”.

El PMI se constituye como una organización sin ánimo de lucro creada en 1969, el cual plantea metodologías para el desarrollo de proyectos ceñidos a estándares internacionales, con propuestas de formación a profesionales interesados en la gestión de proyectos, con certificaciones de calidad a los mismos²⁶. La retroalimentación constante del conocimiento gracias a la experiencia de sus miles de miembros presentes en varios países alrededor mundo ha permitido el desarrollo de guías y estándares como el PMBOK²⁷, encaminados a la planificación, organización y ejecución de proyectos.

- *International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC)*
“Asociación Internacional de Automatización y Robótica de la Construcción”.²⁸

Esta asociación conformada en junio de 1991 tiene como objetivo la promoción de la investigación y el desarrollo de temas relacionados con la automatización y robótica aplicados a la construcción. Con el desarrollo del primer simposio del IAARC titulado “*La robótica en la construcción*” celebrado en Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.A. en 1984, organizado por la Universidad de Carnegie-Mellon, plantea la necesidad de parametrizar y dar un orden a los diferentes procesos aplicados al campo de la construcción. En el evento el profesor Sangrey señala “*El alcance de las aplicaciones de la robótica se define ampliamente para abordar no sólo los sistemas mecánicos, sino también la construcción integrada por ordenador y bases de datos aplicados*”. Más que el propio concepto de tecnología plasmada en la automatización y la robótica, se caracteriza la organización de los procesos de manera parametrizada, donde se hace necesaria una planeación y cumplimiento de pasos similares a los presentados en un diagrama de flujos.

²⁶ Concepto del PMI, Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/>

²⁷ Guías y estándares establecidas por el PMI, <http://www.pmi.org/>

²⁸ http://www.iaarc.org/pe_about.htm#5

- *International Council for Research and Innovation in Building and Construction (C.I.B.)*
“Consejo Internacional para la Investigación e Innovación en la Construcción”.²⁹

Esta asociación constituida en 1953 con el apoyo de las Naciones Unidas tiene como principal objetivo fortalecer el intercambio de información entre diferentes institutos de investigación y personas expertas relacionadas con el sector de la construcción, haciéndose énfasis en temas de organización y gestión de proyectos, economía de las edificaciones, arquitectura, planeación urbana, aspectos sociales, entre otros. La conformación de comisiones, la publicación de artículos y el desarrollo de simposios alrededor del mundo han permitido conformar una robusta base de datos esencial para la innovación y el desarrollo tecnológico en esta industria.

- *Education and research in computer aided architectural design in Europe (eCAADe)*
*“Educación e investigación en el diseño arquitectónico asistido por computador en Europa”*³⁰

La asociación tiene como objetivo reunir y compartir todo el conocimiento relacionado con el diseño arquitectónico asistido por computador, que prácticamente hoy por hoy, se ha convertido en la mano derecha de todos los profesionales relacionados con los campos de la ingeniería y el diseño. Sin importar el tipo de software utilizado para la producción de información en el diseño de proyectos, surge la necesidad de establecer un lenguaje universal que facilite la interrelación y la migración de información entre los diferentes protagonistas que intervienen en el diseño. Sin pretender desarrollar el programa de diseño arquitectónico integral que acopie toda la información bajo una misma plataforma, es necesario implementar estrategias que permitan articular de una manera práctica y productiva el compendio de programas utilizados en el diseño arquitectónico.

²⁹ http://www.cibworld.nl/site/programme/priority_themes/revaluing_construction.html

³⁰ <http://www.ecaade.org/organisation/ijac.html>

- *Automation in Construction, Revista de la Editorial Científica ELSEVIER*³¹

La revista dentro las temáticas de investigación, publica artículos relacionados con el diseño asistido por computadora (modelado, sistemas de apoyo, parametrización, clasificación e intercambio de información), robótica y automatización (metrología, logística, inspección automatizada, demolición- rehabilitación) y sistemas de gestión de la información (redes e instalaciones), los anteriores enfocados en la planificación integral y ciclo de vida de una construcción, desde su concepción en el diseño, pasando por la gestión en la construcción y finalmente, su uso, mantenimiento y fin de vida útil de la misma.

4.2.2. Contexto nacional

- **Agremiaciones y Consejos Profesionales**

Se destacan agremiaciones como CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción) y la CCI (Cámara Colombiana de la Infraestructura). Por otra parte está la CPNAA (Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares) y la COPNIA (Consejo Profesional Nacional de Ingeniería) estos dos últimos como entes de control de las profesiones de la arquitectura e ingeniería respectivamente. Entre las gestiones y esfuerzos por promover el conocimiento y el mejoramiento de los diferentes procesos relacionados con desarrollo de proyectos de construcción, estas entidades colocan a disposición del usuario repositorios de información relacionados con normativas, guías técnicas, memorias de eventos, estadísticas y otros asociados al campo de la construcción. En los años 2004 y 2005 la Sociedad Colombiana de Arquitectos –SCA- ha publicado una serie de guías y documentaciones sobre práctica profesional que buscan ordenar y estandarizar la práctica profesional de la arquitectura en el país. En estas guías se aborda la gestión de la información del proyecto arquitectónico por medio de la organización de planos, administración de capas de dibujo en CAD, convenciones de dibujo, cuadros, simbología y notas, lo anterior basado en temáticas propuestas por el U.S. National CAD Standard versión 2.0. (Trujillo Jaramillo, 2004)

³¹ http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/523112/description#

▪ **Grupos de investigación**

Se resalta la labor adelantada por el Grupo de Investigación DAEA³² relacionada con el desarrollo de estudios y metodologías de enseñanza y aprendizaje a través de medios multimediales. Del compendio bibliográfico publicado por éste grupo, sobresale el artículo de investigación titulado “Propuesta metodológica para la coordinación técnica en proyectos arquitectónicos a través del modelado 3D de procesos de construcción: estudio de caso en vivienda popular” (López Pérez, Cubillos Vanegas, López, & Cortés Páez, 2011) en el cual se estudian los diversos factores que dificultan la coordinación en proyectos arquitectónicos en Colombia. A través del análisis del estudio de caso enfocado a una propuesta de viviendas VIS³³ se propone una metodología de coordinación partiendo del modelado 3D del proyecto, el cual permite la identificación de conflictos técnicos y por consiguiente la solución de los mismos entre los diseños de los diferentes componentes técnicos que lo conforman.

4.2.3. Conclusiones ámbito investigativo

Es cada vez mayor la brecha en los avances dados en temas de coordinación de proyectos y BIM entre el contexto internacional y nacional. A pesar de la diversificación de roles y el surgimiento de nuevas especialidades, la cooperación en el intercambio y la consolidación de la información en torno al proyecto sigue siendo la prioridad.

Con la incursión de la filosofía BIM en Colombia, se hace necesario que universidades y organizaciones gubernamentales lideren iniciativas para conformar comités de investigación y de promoción sobre estos temas, que permitan mejorar la coordinación entre los diferentes agentes y procesos. Más allá de los límites de competencia profesional establecidos en la normativa emitida por la CPNAA y la COPNIA, debe primar el interés por garantizar la calidad conjunta y la integración de componentes y procesos en torno al desarrollo de un proyecto de construcción.

³² Grupo de investigación de la UNAL adscrito a COLCIENCIAS.

³³ VIS_ Vivienda de Interés Social

5. Bases teóricas

5.1. Legislación y normativa

5.1.1. Normas urbanísticas

En Colombia con la expedición de la Ley 388 de 1997 se determinan los lineamientos para la constitución de Planes de Ordenamiento Territorial (POT), los cuales son desarrollados por cada uno de los municipios como unidad básica del territorio, en donde se consolida un marco jurídico para la aplicación de normas urbanísticas para el suelo urbano y de expansión.

Bogotá se destaca por tener una normativa de desarrollo urbano muy bien consolidada³⁴, estableciéndose parámetros de construcción y de usos en cada uno de los predios que la conforman, permitiéndose el uso residencial en todas las áreas de actividad de la ciudad. Adicionalmente se determinan lineamientos urbanos relacionados con la edificabilidad y volumetría de la edificación y lo relacionado con índices de ocupación, de construcción, alturas permitidas, tipologías edificatorias, dimensiones mínimas de antejardines, semisótanos, voladizos, subdivisión predial mínima y notas adicionales que complementen la misma.

³⁴ Decreto 159 de 2004.

5.1.2. NSR10 – Norma Sismo Resistente 2010

El desarrollo de esta norma, establecida mediante la Ley 400 de 1997, tiene como fin establecer criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas³⁵, que sean capaces de resistir a los embates de fuerzas sísmicas y otras naturales, al igual que a fuerzas derivadas del uso y el peso propio. Los diseños a los que se refiere la norma son aquellos que tienen que ver con la sismo resistencia de la edificación, que comprende a grandes rasgos el sistema estructural de la misma, de igual forma, se hace mención de algunos requerimientos de diseño de orden espacial explícitos en los títulos J y K, relacionados con el sistema de protección contra el fuego y medios de evacuación.

En el título I relacionado con la supervisión técnica, hace mención sobre la exigencia a los diseñadores del complemento o corrección de planos, cuando estos estén incompletos, indefinidos, o tengan omisiones o errores, al igual que el rechazo de partes de la estructura que no cumplan con los planos y especificaciones³⁶; relacionado con el control de planos, el cual consistirá en constatar la existencia de todas las indicaciones necesarias para poder realizar la construcción de una forma adecuada con los mismos y por último, referente al control de especificaciones en donde la construcción debe cumplir con las mismas consignadas en este reglamento y las particulares contenidas en los planos y documentación emitida por los diseñadores³⁷.

³⁵ Ley 400 de 1997_ Art. 1

³⁶ NSR10, Título I – I.2.3.1.(e) y (k)

³⁷ NSR10, Título I – I.2.4.2 y I.2.4.4

5.1.3. RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas y RETILAP – Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

El RETIE, elaborado por el Ministerio de Minas y Energías, se adopta por medio de la Resolución 180398 del 7 de abril de 2004, tiene como objeto establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico³⁸. El componente eléctrico como requisito esencial para el funcionamiento de una edificación se aborda en este reglamento desde la generación y transmisión de la energía, pasando por el proceso de transformación, hasta llegar hasta su distribución y uso final.

El RETILAP es adoptado a través de la Resolución 180540 de 2010 del Ministerio de Minas y Energías, hace referencia a todo el tema de iluminación, clasificándolo entre espacios interiores y alumbrado público. Es de gran importancia en la percepción visual de los espacios, así mismo necesario para llevar a cabo las actividades que en éstos se desarrollan.

5.1.4. Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá

Adoptado por medio del Acuerdo 20 de 1995, es un completo compendio de aspectos de diseño a tener en cuenta en el desarrollo de proyectos de construcción, los cuales van desde temas de urbanismo hasta el diseño y dimensionamiento de elementos arquitectónicos elementales. Las premisas de diseño se enfocan al uso y habitabilidad que debe brindar el espacio terminado a las personas, en aspectos como espacialidad, iluminación, confort térmico, acústica y calidad del aire. El capítulo D.3 referido a las instalaciones hidráulicas y sanitarias es uno de los escasos apartes que describe este sistema dentro del marco normativo en Bogotá. Contempla la relación de consumos por tipo de usos y por unidades sanitarias, dimensionamiento de tuberías, tanto de suministro como de desagüe y cantidades de aparatos sanitarios requeridos de acuerdo al uso.

³⁸ RETIE, Art. 1

5.1.5. Conclusiones marco normativo

A pesar de que hay una serie de reglamentos, normatividad y guías técnicas emitidas por las diferentes entidades gubernamentales en torno al desarrollo de proyectos arquitectónicos, éstas son entendidas y aplicadas de manera individual y aislada, sin tener en cuenta aspectos de coordinación entre las mismas. Se hace necesaria la conformación de comités técnicos, el establecimiento de procedimientos y la creación de plataformas digitales que faciliten y permitan garantizar, además del cumplimiento de las normas, la correcta integración de los componentes técnicos que conforman la edificación.

Las curadurías y demás autoridades municipales como entidades competentes para el estudio, trámite y expedición de las licencias de urbanización, parcelación, subdivisión y construcción³⁹ están en el deber de implementar dichos cambios y mejoras a fin de garantizar la calidad en los proyectos.

Plataformas virtuales de atención como la VUC – Ventanilla Única de la Construcción⁴⁰ se constituyen en iniciativas que contribuyen en temas de gestión para el desarrollo de proyectos, en éste caso puntual para la optimización de trámites de urbanismo y construcción.

Otros entes públicos complementarios como el ICONTEC y el Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares han emitido guías y documentos normativos de aplicación voluntaria⁴¹, que pueden aportar herramientas técnicas en el desarrollo de los diseños de un proyecto de construcción, donde se hace necesaria la difusión en universidades y gremios para el consenso y puntos de vista en lo que respecta a su implementación, mejoramiento y actualización continuas de las mismas.

³⁹ Decreto 1469 de 2010, Art. 3_ Competencia para la expedición de licencias urbanísticas.

⁴⁰ <https://www.habitatbogota.gov.co/ventanillaconstruccion/>

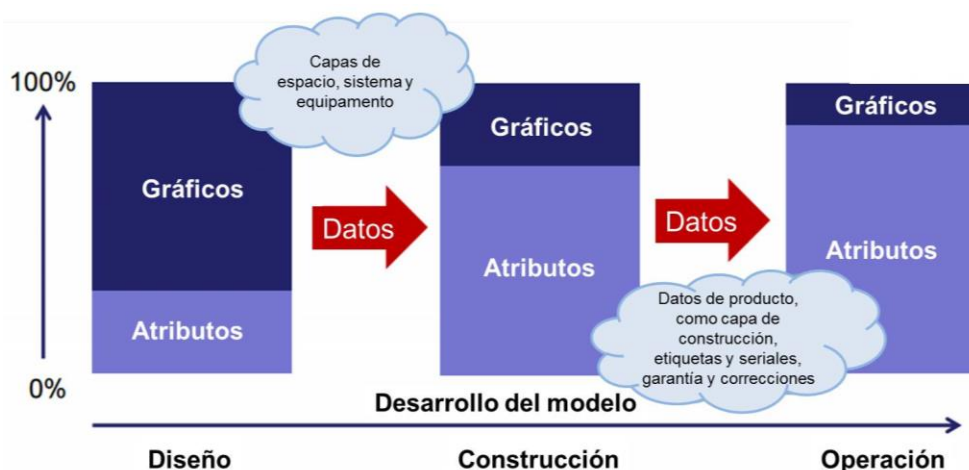
⁴¹ Definición de norma técnica dada por el ICONTEC_
<http://www.icontec.org.co/index.php?section=172>

5.2. Estándares y alianzas de colaboración para la gestión de información en proyectos de construcción

5.2.1. COBIE – Construction Operations Building Information Exchange (Intercambio de información en operaciones de construcción de la edificación)

El COBIE se constituye en un aplicativo que facilita la gestión de información en proyectos de construcción. Este modelo de gestión se crea en el año 2005 por el Operations Committee of the National Institute of Building Sciences (Comité de Operaciones del Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción) el cual contó con el apoyo de la NASA y la Oficina de la Casa Blanca de la U.S.A. Actualmente estos formatos han sido incorporados dentro de los estándares de proyectos emitidos por el NBIMS y establecidos como requisitos en el desarrollo de edificaciones públicas en el Reino Unido⁴².

Figura 5-1: Proceso desarrollo y consolidación de la información COBIE



Fuente: http://builders.org.uk/resources/nfb/000/323/905/Basics_of_COBie_Oct_13.pdf
 Presentación sobre fundamentos del COBIE (Basics of COBIE, NFB Training)

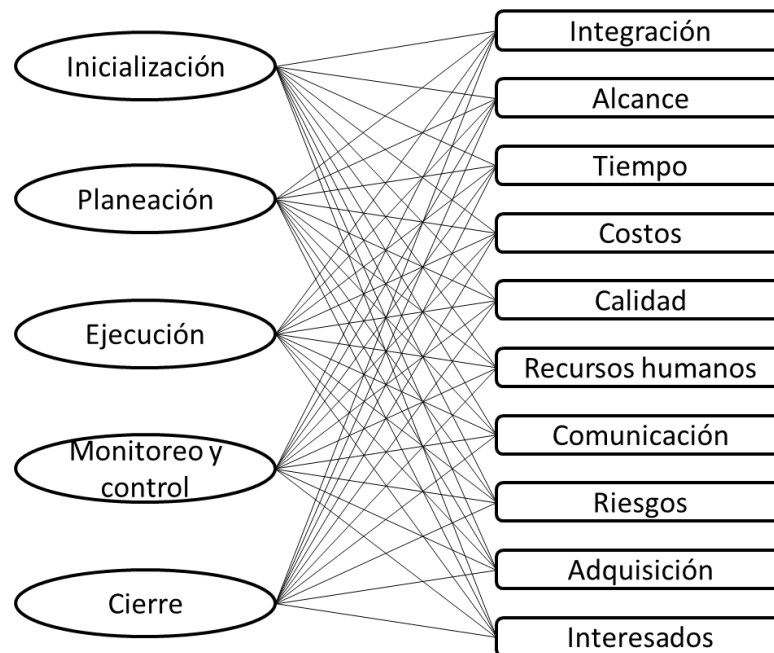
En la medida que la información gráfica, técnica y espacial se va consolidando en el modelo, ésta se complementa con especificaciones e información alfanumérica detallada.

⁴² http://www.nibs.org/?page=bsa_cobie

5.2.2. PMBOK – Project Management Body Of Knowledge (Guía de fundamentos para la gestión de proyectos)

El PMBOK es una guía de estándares establecidos por el PMI (Project Management Institute) enfocada a la gestión de proyectos, la cual establece 5 grupos de procesos y 9 áreas de conocimiento comunes a las actividades principales dadas en la mayoría de empresas en el mundo.

Figura 5-2: Relación grupo de trabajos (izq). vs. áreas de conocimiento (der.)



Fuente: Propia

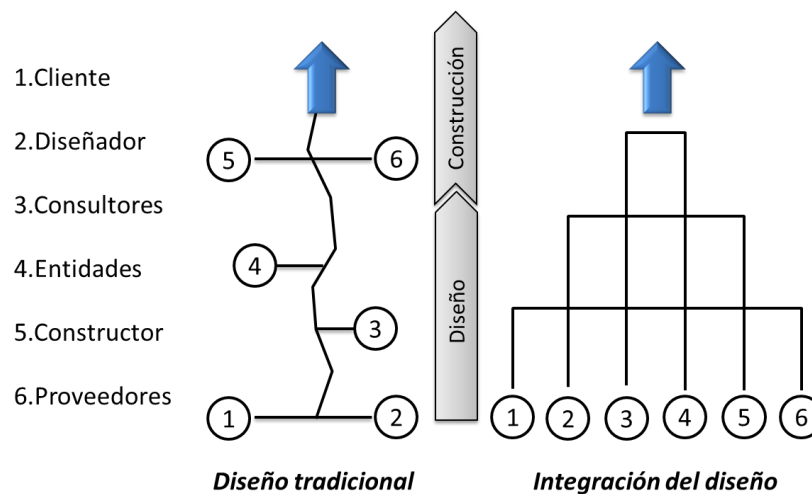
Para el caso de los proyectos de construcción, los procesos y áreas del conocimiento referenciados en la anterior ilustración deben ser especializados y ajustados a las necesidades particulares sucintas en cada proyecto, teniendo en cuenta que en éste se desarrollan infinidad de actividades que interrelacionan a los diferentes agentes partícipes del mismo⁴³.

⁴³ Merrit F, Ricketts J._ Manual del Ingeniero Civil, sec. 1.13

5.2.3. IPD –Integrate Project Delivery (*Integración total del proyecto*)

El IPD es una alianza de colaboración entre los diferentes agentes relacionados con el desarrollo de proyectos de construcción. Creado por la AIA – Instituto Americano de Arquitectos- en el año 2007, esta organización implementa metodologías y filosofías de producción industrial al campo de la construcción, como por ejemplo el Toyotismo y la construcción sin pérdidas⁴⁴. A raíz de la identificación de algunas problemáticas en el campo de la construcción relacionadas con la baja productividad, la generación de residuos, el aumento en los tiempos y costos de ejecución de obra, conflictos entre clientes, arquitectos y contratistas, entre las más importantes, surge la necesidad de hacer una retroalimentación de los procesos que se generan en torno al desarrollo y ejecución de un proyecto, planteándose estrategias relacionadas con el trabajo colaborativo⁴⁵.

Figura 5-3: Consolidación información diseño tradicional vs. integración del diseño.



Fuente: Propia

La actitud colaborativa entre el propietario, el diseñador y el constructor principal, al igual que la puesta en práctica de principios organizacionales, como son la confianza, el respeto, la innovación, la planificación, la participación, la toma de decisiones entre otras⁴⁶, darán como resultado el desarrollo de un proyecto más integral, con significativo valor agregado que lo diferenciará de aquellos que se han desarrollado a través de métodos tradicionales.

⁴⁴ Notas del Diplomado en Gerencia e Interventoría de Obra, UNAL.

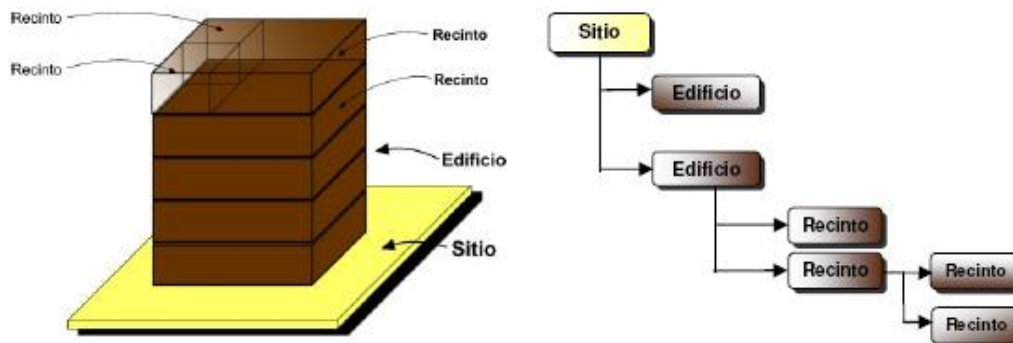
⁴⁵ Concepto del IPD, Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/>

⁴⁶ Guía IPD, AIA – The American Institute of Architects_ <http://www.aia.org>

5.2.4. FIDE – Formato de Intercambio de Datos en la Edificación

El FIDE como modelo de datos que facilita el intercambio de información de la edificación entre los diferentes agentes de la construcción⁴⁷ es un comité constituido por la Comisión de Calidad de la Edificación del gobierno de España, definiéndose la propuesta de naturaleza gubernamental. Este modelo aborda el proyecto arquitectónico en toda su totalidad, desde los sistemas y componentes principales que la conforman, hasta llegar al grado de detalle de las mismas, destacándose el énfasis y fortalecimiento de las relaciones entre los agentes del proyecto, en donde la información asociada al proyecto a lo largo de la vida útil del mismo es de uso colectivo.

Figura 5-4: Descripción modelo conceptual “Descriptor de la edificación”.



Fuente: www.fide.org.es

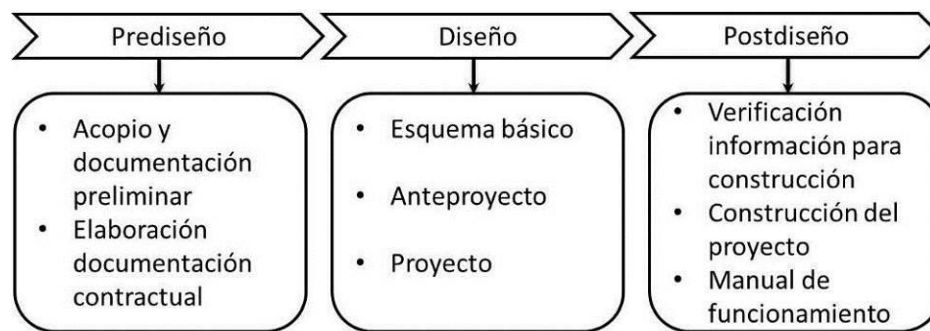
Más que un aplicativo o software, el FIDE propende la gestión integral del universo de información que puede generarse en la creación y el diseño de una edificación a través de niveles de jerarquización. La metodología de este modelo es aplicada inicialmente en el sector estatal, buscando un mayor control, uso eficiente de recursos y cumplimiento de la reglamentación vigente en España. A pesar de que el FIDE, desarrollado por iniciativa de varias entidades y agremiaciones de la construcción facilita la gestión e intercambio de distintas clases de bases de datos de una edificación, se hace necesario reflexionar sobre la asimilación e influencia que pueda tener esta metodología en cada uno de las personas u organizaciones relacionadas con la construcción, ya que al tratarse de un aplicativo, el aprendizaje y la implementación del mismo demanda grandes esfuerzos y políticas que reglamenten su uso.

⁴⁷ FIDE, <http://www.fide.org.es/>

5.2.5. Guías para el desarrollo gráfico en diseños y estudios técnicos de proyectos de construcción

El proyecto arquitectónico definido como el conjunto de planos, dibujos, esquemas y textos explicativos utilizados para plasmar, ya sea en papel, digitalmente, en maqueta o por otros medios de representación, el diseño de una edificación, antes de ser construida⁴⁸, se constituye en un proceso constitutivo y articulado de acopio y generación de información necesaria para la construcción del proyecto. Esta contempla las fases de prediseño, diseño y postdiseño⁴⁹, que de manera secuencial y complementaria hacen posible el desarrollo del mismo.

Figura 5-5: Fases documentación proyecto arquitectónico



Fuente: Abstracción fases de diseño (Trujillo, 2004)

El anterior esquema aplica para cualquier proyecto constructivo, sin importar los procedimientos utilizados para su desarrollo, ya sea de manera tradicional por medio de planimetrías y diseño 2D o con la implementación de modelos 3D de gestión de información contemporáneos, como BIM.

⁴⁸ Definición de proyecto arquitectónico, Wikipedia. <http://es.wikipedia.org>

⁴⁹ Trujillo, Sergio_ Documentaciones sobre práctica profesional, Alcance y etapas de referencia en los servicios profesionales de diseño arquitectónico.

5.2.6. Conclusiones organizaciones y formatos para la gestión de información en proyectos de construcción

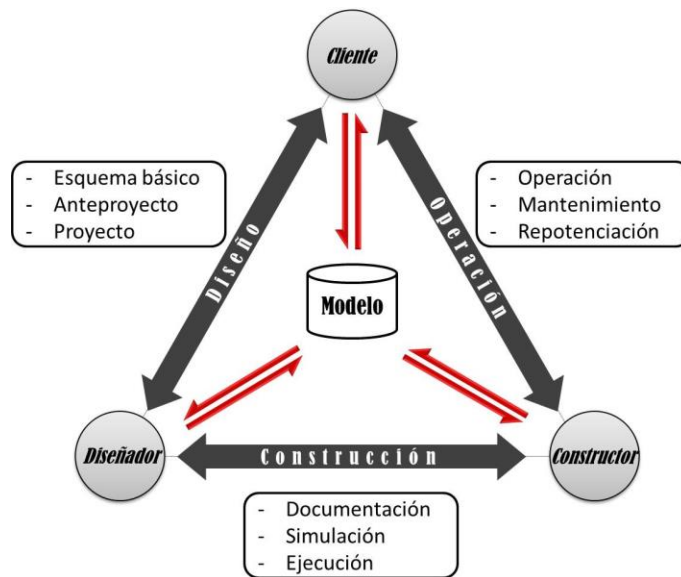
Iniciativas para la implementación de formatos estandarizados por diferentes organizaciones gubernamentales y agremiaciones han contribuido al mejoramiento de la gestión de información en proyectos de construcción, apropiando principios derivados del campo empresarial e industrial, acortando la brecha entre lo que se considera un desarrollo singular de un proyecto de construcción en contraste a la integración de procesos predecibles y estandarizados manejados en cualquier estructura organizacional de trabajo.

5.3. Herramientas digitales de representación y simulación - BIM

El BIM como metodología de diseño paramétrico desarrollado a partir de la simulación en un modelo tridimensional, aparte de generar la visualización geométrica real de cada uno de los elementos que conforman el proyecto, permite ligar a los mismos información descriptiva alfanumérica la cual se actualiza en tiempo real conforme a los cambios que vaya presentado el modelo tridimensional en mención⁵⁰.

Con la aplicación de metodologías BIM, partiendo del diseño tridimensional del proyecto y la simulación de procesos constructivos, constituidos en una gran plataforma de información, ha sido posible llevar a cabo la concepción y el desarrollo de proyectos de construcción a un nivel superior. En el mundo, el concepto BIM como es conocido hoy en día, es desarrollado en un artículo de investigación titulado Building Description System – “Sistema Constructivo Descriptivo” escrito por Charles M. Eastman de la Universidad de Carnegie-Mellon y publicado en el AIA Journal en 1975.

⁵⁰ Definición de BIM, Wikipedia. <http://es.wikipedia.org>

Figura 5-6: Esquema gestión de información del proyecto metodología BIM

Fuente: Propia

Gracias a un concepto racional y consiente enfocado a la planeación del proyecto desde el diseño, en términos de programación, simulación y pre-diagnóstico constructivo y funcional del mismo, la forma de abordar y de hacer proyectos es diferente, más acertada y predecible.

La reducción de incertidumbre en la ejecución de obra del proyecto con la simulación de modelados más cercanos a la realidad han permitido el desarrollo de infraestructuras de dimensiones y complejidades inimaginables, edificios más altos, puentes más largos, proyectos de construcción de vital importancia en diferentes contextos y escalas a nivel global⁵¹.

La firma multinacional suiza ARUP, especializada en la gestión de proyectos de construcción de grandes magnitudes, llevaron a cabo de una manera coordinada y bien lograda la gestión de la construcción del Estadio Nido de Pájaros y del Cubo del Agua, escenarios deportivos esenciales para el desarrollo de los Juegos Olímpicos de Beijing en

⁵¹ Eastman, Charles M._ Building Description System “Sistema Constructivo Descriptivo”, artículo de investigación publicado en el AIA Journal en 1975

el año 2008, donde se destaca el uso de programas paramétricos como CATIA, un software especializado para el diseño y cálculo estructural que apropia herramientas tecnológicas de ingeniería aeronáutica.

Figura 5-7: Simulación 3D cubierta Nido de Pájaros



Fuente: <http://mycatia5.blogspot.com>

Figura 5-8: Construcción cubierta Nido de Pájaros



Fuente: <http://mycatia5.blogspot.com>

Con base a la simulación del modelo e información arrojada del mismo se logró la optimización en los diferentes diseños técnicos y con ello la reducción de costos y tiempos de ejecución en obra.

5.4. Integración de sistemas de la edificación

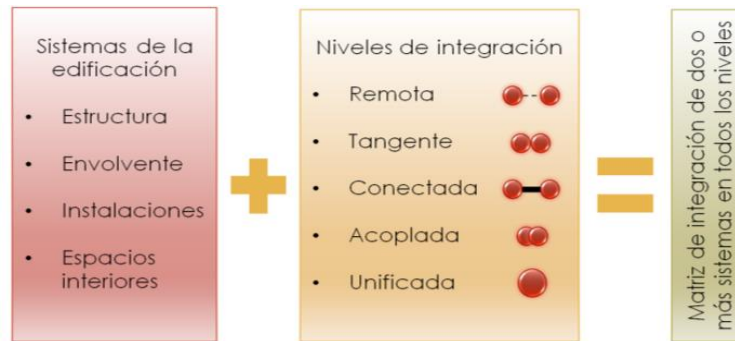
La integralidad del proyecto constructivo nace y se forja desde el diseño. Como un acto consciente⁵² solo es posible abordarla a través de un modelo de simulación el cual, además de permitir la visualización de los diferentes subsistemas que conforman la edificación, tiene en cuenta otra serie de factores que van enfocados al correcto funcionamiento de cada uno de los componentes y criterios de confort en cumplimiento a las necesidades sucintas por los usuarios que habitarán el proyecto.

Tabla 5-1: Criterios y requerimientos en la evaluación de Integración de Sistemas

Necesidades		Fisiológicas	Sicológicas	Sociales	Económicas
Requerimientos					
Específicos	Espacial	Ergonomía, accesibilidad, funcionalidad	Habitabilidad, belleza, calma, emoción, visualización	Distribución funcional	Conservación espacial
	Térmico	Temperatura ideal, sin cambios bruscos	Fitotectura, sensación de frescura, autocontrol	Mantener las costumbres	Conservación energética
	Calidad del aire	Aire puro, libre de enfermedades	Fitotectura, sin sensación de asfixia, naturalidad	Aislamiento del exterior, de ambientes viciados y de malos olores	Conservación energética
	Acústico	Aislamiento acústico, música de relajación, tono de voz adecuado	Tranquilidad, calma, emoción de vivir	Privacidad, comunicación	
	Visual	Iluminación apropiada, señalización, movilización	Orientación, alegría, calma, intimidad, espacioso, vivo	Visualización al exterior, luz del día, apropiación del espacio	Conservación energética
	Integración de la edificación	Protección contra incendio, estabilidad estructural, protección a los factores ambientales externos	Durabilidad, sensación de estabilidad, imagen	Estatus/apariencia, calidad de la construcción, imagen propia	Materialidad, mantenimiento
Generales		Confort fisiológico, salud, seguridad, funcionalidad, oportuno.	Confort mental y salud psicológica, seguridad, estética, iluminación	Privacidad Seguridad Interacción social Imagen / estatus	Conservación espacial, material, tiempo, energía, mantenimiento apropiado

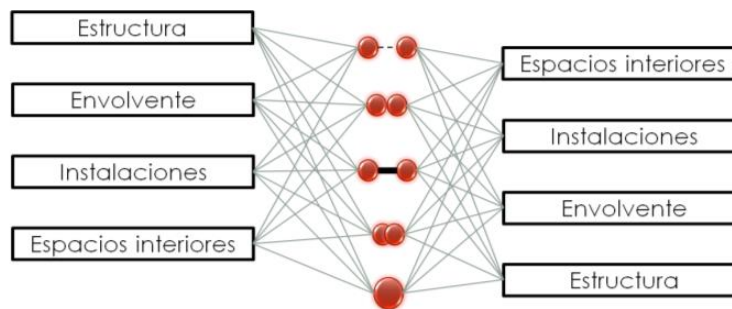
Fuente: Traducción seis requerimientos esenciales (Rush, 1986)

⁵²Rush, Richard_ The Building Systems Integration Handbook, Cap. 7, pág. 317

Figura 5-9: Matriz de integración sistemas de la edificación

Fuente: Abstracción metodología de integración (Rush, 1986)

La edificación se divide en cuatro grandes sistemas, que son la estructura, la envolvente, las instalaciones y los espacios interiores, estas presentan unas relaciones intrínsecas, categorizadas en cinco niveles de integración, que son remota, tangente, conectada, acoplada y unificada, la combinación de las anteriores genera una matriz de integración.

Figura 5-10: Relaciones sistemas de la edificación

Fuente: Propia

La importancia que tiene la integración de sistemas en la edificación radica en el modo de análisis y diseño de los mismos, donde se hace necesario abordarlo de una manera global, refiriéndonos al proyecto de construcción como un todo. En síntesis el objetivo principal que trae con sí el desarrollo de una edificación es el de satisfacer las necesidades de habitabilidad y confort de las personas, siendo necesario un análisis y evaluación de cómo se están llevando a cabo en la actualidad los diferentes procesos para la consecución del proyecto, si en verdad se piensa en el usuario final o sólo está el interés por cumplir con la entrega de un producto o servicio en específico, dejando de lado este aspecto tan importante como lo es la integralidad.

5.5. Modelos de gestión en la planificación de proyectos de construcción

5.5.1. Lean Management

El Lean Management se considera un sistema integrado de gestión que hace énfasis en la eliminación del desperdicio y en la mejora continua de las operaciones⁵³. Aplicado al diseño de proyectos de construcción, este se enfoca en la información significativa del mismo de fondo y forma, lo que quiere decir, que no se hace énfasis en la mera representación gráfica de los diseños para su entendimiento, si no que resalta el verdadero significado que llevan consigo y la información que éstas puedan aportar.

De igual forma el Lean Management se encamina al mejoramiento de la disposición e intercambio multidisciplinar de la información a través de un único modelo, para este caso referido a la nube computacional y representación tridimensional del modelo 3D.

Los principios resaltados por el Lean Management, como modelo de producción aplicados en organizaciones empresariales e industriales, también son replicables en el desarrollo del proceso de diseño.

Toyotismo ó JIT: Just In Time (Justo a tiempo)

Los diseños y estudios técnicos de un proyecto arquitectónico se desarrollan con la finalidad de llevar a cabo a satisfacción su construcción. No tiene sentido adelantarlos si no se van a ejecutar. Los estudios de factibilidad son necesarios para determinar la viabilidad del proyecto justificando la consecución de los diseños y estudios técnicos, previendo tiempos específicos de entrega de los mismos

⁵³ Notas del Seminario de Investigación II, Lean Management y Lean Construction, Maestría en Construcción_ Universidad Nacional de Colombia.

5S: Clasificación, orden, limpieza, normalización, disciplina-mejora continua.

Las etapas contempladas por las 5 “S” enfocadas en lograr lugares de trabajo mejor organizados son replicables en procesos de producción y gestión de información:

- Clasificación: filtro en la recepción de información dependiendo del grado de importancia y utilización en el desarrollo del proyecto.
- Orden: alimentación y organización del repositorio de información con el fin de ubicar archivos de manera rápida y efectiva.
- Limpieza: esta puede ser aplicable en las diferentes etapas y actividades relacionadas con la gestión de información y producción en el diseño, teniendo control sobre capas, bloques, referencias demás archivos de carácter temporal.
- Estandarización: es necesario ser rigurosos en la correcta clasificación de todo tipo de información siguiendo parámetros preestablecidos para el desarrollo del proyecto.
- Mejoramiento continuo: buscar estrategias que permitan hacer más eficiente el trabajo, obteniendo mayor productividad en las diferentes actividades del diseño, reduciendo tiempos y costos de operación.

Poka-yoke: mecanismo o práctica que garantiza que un error, una vez conocida su causa, nunca se vuelva a presentar. Son múltiples los errores que se cometen durante los procesos de diseño y estudios técnicos debido a la presión y errada planificación en los tiempos de entrega. Lo más preocupante es que vuelven a ser reincidentes en el desarrollo de posteriores proyectos. Los errores tanto de forma como de fondo deben ser reportados y estudiados en el momento en que se cometen y/o identifican.

TQM: Total Quality Management (Gestión total de la calidad). La calidad de los diseños y estudios técnicos hablan por sí solos de la estructura organizacional de la empresa y/o profesionales que los lleva a cabo. Es necesario especificar los términos de los contratos bajo el modelo outsourcing, propendiendo por un excelente ambiente de trabajo en equipo que garantice la calidad y el cumplimiento de los productos y servicios encargados por el cliente para beneficio de los agentes relacionados con el desarrollo del proyecto de construcción.

5.5.2. Modelo estándar de la Gestión de Proyectos

La gestión de proyectos⁵⁴ de construcción de vivienda multifamiliar de mediana complejidad en Bogotá se constituye en un gran sistema conformado por procesos y actores que interactúan entre sí con el propósito de lograr las metas y objetivos planeados para desarrollar y culminar a feliz término el proyecto propuesto desde un principio.

Figura 5-11: Características del proyecto



Fuente: Mg. Ing. Guillermo Ospina Varón

A pesar de que cada proyecto de construcción presenta sus propias particularidades y nunca es igual a otro por más similares que sean, debe consolidarse una línea de aprendizaje en aras de prever una mejor planeación del mismo, el cual permita la optimización de recursos y acorte los tiempos de entrega, garantizando la buena calidad del producto y cumpliendo con las expectativas planteadas para el desarrollo del mismo.

⁵⁴ Diplomado en gerencia e interventoría de obras, autoría y dirección del Mg. Ing. Guillermo Ospina Varón, Maestría en Construcción_ Universidad Nacional de Colombia.

5.5.3. Conclusiones modelos de gestión en la planificación de proyectos de construcción

Los modelos de producción propuestos por el Lean Management son completamente aplicables al desarrollo de diseños y estudios técnicos de proyectos de construcción de vivienda de mediana complejidad en Bogotá, ya que estos tienden a presentar características de diseño similares, preconfigurados de acuerdo a las normas urbanísticas y técnicas vigentes.

El proceso de planeación del proyecto, enfocado al desarrollo de diseños y estudios técnicos demanda de altos recursos en términos de tiempo y dinero, herramientas digitales recientes como son la nube computacional y software para el modelado en 3D permiten una mejor planificación del desarrollo y simulación del proyecto que, dependiendo de cómo se coordine la elaboración de los diseños y estudios técnicos entre los diferentes profesionales partícipes, comprometan tan solo los recursos estrictamente necesarios de acuerdo al correcto manejo y gestión de la información entrante y saliente entre los diferentes procesos y actores que conforman el proyecto.

El modelo de gestión planteado en la metodología del presente trabajo propone cambios positivos en la planificación del proyecto, no solamente en términos de la oportunidad y calidad del producto terminado, sino también de la optimización de las actividades de diseño llevadas a cabo por los diferentes profesionales relacionados con el proyecto donde se coordina, se valida y se consolida correctamente la información, reduciéndose la probabilidad de generación de cambios que puedan afectar el trabajo ya realizado.

5.6. Medios virtuales de comunicación y gestión de información

5.6.1. LAN (Local Area Network)_ Red de área local

La tecnología LAN permite la interconexión entre dos o más dispositivos. Este tipo de redes son muy utilizadas por empresas que gestionan diseños y estudios técnicos las cuales comparten grandes volúmenes de información, al igual que software y hardware.

Figura 5-12: Red LAN familiar con señal WIFI



Fuente: Propia

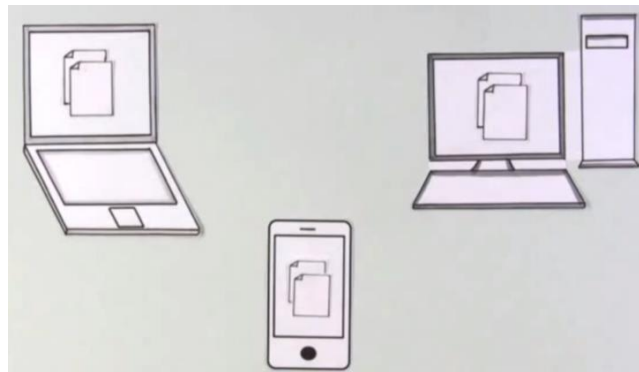
En la anterior ilustración se muestra la conformación de una red LAN donde se establece un equipo que hace las veces de servidor y administrador de la red el cual se conecta a un módem que por medio de señal WiFi puede establecer conexión con otros equipos, compartiendo unidades de bases de datos y periféricos como un dispositivo multifuncional. Este ejemplo de red presenta limitantes en cuanto al radio del área que abarca la señal WiFi y el número limitado de equipos que pueden tener conexión con la misma. Así mismo las bases de datos y periféricos a las cuales pueden tener acceso los usuarios conectados a la red dependen del equipo que administra la misma, siendo necesario que éste último esté permanentemente en funcionamiento.

5.6.2. Computación en la nube

La computación en la nube se constituye en una plataforma virtual mediante la cual se ofrece servicios de gestión de la información entre varias bases de datos conectadas al internet. Existen tres tipos de nubes: privada, pública e híbrida⁵⁵.

- La nube privada es aquella que financia la plataforma tecnológica con recursos propios de la empresa o compañía interesada, al igual que el funcionamiento y mantenimiento de la misma. Las bases de datos son de absoluto manejo de la compañía.
- La nube pública al igual que un servicio de telefonía móvil, vende al usuario capacidad de almacenamiento de información y conectividad con otras bases de datos dependiendo de las necesidades del usuario. El proveedor gestiona y soporta la plataforma tecnológica.
- La nube híbrida mezcla los anteriores conceptos, dependiendo del tipo de administración y gestión de la información manejada por la empresa o compañía.

Figura 5-13: Concepto de la sincronización de archivos en Dropbox



Fuente: <https://www.dropbox.com/>

La sincronización de archivos es la principal característica de la computación en la nube, permitiendo la portabilidad y consulta de los mismos en todo momento y lugar desde cualquier dispositivo que cuente con servicio de internet, así mismo facilita la administración de carpetas y archivos entre diferentes usuarios.

⁵⁵ Definición de Wikipedia. <http://es.wikipedia.org>

5.6.3. Conclusiones medios virtuales de comunicación y gestión de información

La computación en la nube se constituye en la plataforma ideal de trabajo para empresas que funcionan bajo el modelo outsourcing, donde se hace imprescindible establecer parámetros para la correcta administración y gestión de la información del proyecto de construcción por parte de los diferentes agentes relacionados al mismo.

Es necesario prever mecanismos alternativos que protejan la información del proyecto adicional a las ofrecidas por los proveedores informáticos y en los casos donde se produzcan cambios en el grupo de trabajo relacionado con el proyecto.

Tanto las redes LAN como la computación en la nube buscan la optimización del uso de software, hardware y almacenamiento de volúmenes de información, eliminando la redundancia de los mismos. En los casos donde haya duplicidad de archivos o conflictos entre usuarios, el sistema permitirá la creación de copias alternas del mismo archivo.

6. Contexto profesional: Entrevistas y encuestas de percepción sobre procedimientos actuales empleados en la elaboración de diseños técnicos en proyectos arquitectónicos

6.1. Entrevista a expertos

En una etapa preliminar del estudio se efectúan entrevistas de opinión a cuatro expertos en la materia, donde se hacen preguntas acordes con cada uno de los objetivos específicos planteados en el trabajo de investigación. A continuación se listan las preguntas con respuestas donde se resume a manera de consenso las múltiples opiniones dadas por estos profesionales.

Procedimientos para la gestión de la información

- ¿Emplean algún tipo de metodología o procedimientos para la gestión de la información en el diseño de proyectos de construcción de vivienda?

R/ De una u otra forma, todas las empresas que desarrollan diseños plantean a la medida de sus necesidades procedimientos para la gestión de la información, entendiéndose ésta última como la mejor manera de administrar la información entrante, su transformación en el proceso de diseño y la resultante o saliente, qué es con la cual se procede a la construcción del proyecto.

- ¿Cómo es la estructura organizacional relacionada con el área de diseño y qué otras dependencias están vinculadas con ésta?

R/ La estructura organizacional es variable de acuerdo al tamaño de la empresa y número y complejidad de los proyectos que ésta desarrolle al mismo tiempo. Casi todas las empresas manejan la figura de consultoría externa, siempre habiendo un arquitecto líder a la cabeza en cada proyecto.

- ¿Implementa Sistemas de Gestión de Calidad? ¿Qué les exige el ente certificador respecto a los procesos de diseño?

R/ Sólo empresas de gran tamaño, y en especial aquellas que contratan el diseño de grandes proyectos con entidades estatales y/o multinacionales, cuenta con certificaciones en Sistemas de Gestión de Calidad. Sin embargo lo anterior no quiere decir que el resto de las empresas dejen de tener sus propios métodos de gestión de calidad. Si bien se implementan sistemas de gestión aplicados a la coordinación técnica del diseño, la mayoría de las veces son simplemente formalismos, ya que no ayudan a una coordinación verdadera del proyecto.

Componentes técnicos, socio-económicos y jurídicos

- ¿Maneja el proceso de diseño por etapas: esquema básico, anteproyecto y proyecto?

R/ Todos respondieron afirmativamente a esta pregunta, sin embargo, se hace necesario delimitar y caracterizar bien cada etapa del proceso de diseño.

- ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de coordinación entre el diseño arquitectónico y los diseños técnicos complementarios?

R/ Todos concertaron en que hay una elaboración primero del diseño arquitectónico, con base a éste se desarrollan el resto de estudios y diseños técnicos. Se concluye de lo anterior que necesariamente para todo proyecto de construcción, el diseño arquitectónico es el eje articulador de todos los diseños y estudios técnicos.

- ¿Los planos e información (proyecto arquitectónico, estudio de suelos y estructural) que se presentan para el trámite de licencia de construcción en curaduría contemplan el desarrollo de diseños técnicos complementarios (hidrosanitarios, eléctricos, seguridad física, otros)?

R/ En este tema existen opiniones divididas, unos afirman que se desarrollan primero los diseños que estrictamente se solicitan para cualquier trámite ante la curaduría, y de llegar a haber modificaciones posteriores por parte de otros diseños técnicos complementarios que afecten el diseño original presentado, se acude al recurso de Modificación de la Licencia. Por otro lado, se afirma que en lo posible, los diseños presentados para llevar a cabo el trámite para la obtención de la licencia deben contemplar el desarrollo de todos los diseños técnicos, con el fin de evitar trámites adicionales como el mencionado anteriormente.

-¿Cuáles son las observaciones más recurrentes y comunes solicitadas en Actas de Observaciones expedidas por la Curaduría?

R/ En las actas de observaciones se especifican tres ítems:

Arquitectura: Es el ítem que más observaciones suele tener, la mayoría de estas son más de forma que de fondo, sin embargo es necesario poner atención a este tipo de errores, ya que la falta de información en planos conlleva a una equivocada interpretación de los mismos. El dibujo deficiente e incompleto no tiene por qué desgastar el proceso de diseño, debiéndose poner más atención a las observaciones de fondo, relacionadas con el cumplimiento de normativas y con la concordancia con los planos estructurales.

Ingeniería: Se presentan observaciones relacionadas con métodos de cálculo del diseño estructural y cumplimiento de la norma NSR10.

Jurídica: Las pocas observaciones hechas en éste ítem en su mayoría, tiene que ver con la titularidad y tenencia del predio y con la recopilación de documentación jurídica propia del proyecto.

Intercambio dinámico de la información del proyecto

- ¿Han presentado dificultades respecto al intercambio de información con otras empresas o profesionales de otras disciplinas? ¿Cuáles son los principales problemas y/o inconvenientes que se generan en la coordinación del diseño del Promotor principal del diseño hacia los Contratistas y viceversa?

R/ En todos los casos, sí se han presentado dificultades en el intercambio de información, tanto del Promotor hacia los Contratistas y viceversa. Los promotores se quejan de los contratistas porque estos últimos hacen llegar planos con información incompleta y fuera de los tiempos acordados; por el otro lado, los contratistas se quejan de los promotores por los tiempos apretados de entrega y de las modificaciones constantes habidas en el proyecto arquitectónico. Por ende es importante concertar una forma de coordinación para que no se presenten éste tipo de dificultades.

- ¿Qué medios y clases de archivo emplean para el intercambio de información?

R/ Todos aciertan con el uso de archivos generados en AutoCAD, plataforma Office y comunicación a través de e-mail. Es importante sacar al máximo provecho de estas herramientas de trabajo, conociendo a profundidad los programas empleados e implementando otro tipo de medios de comunicación, como videoconferencias (ej. Skype) y manejo remoto entre puntos de trabajos (Mikogo).

- ¿Desarrollan comités de diseño?

R/ Muy pocos desarrollan comités de diseño que involucran a todos o a la mayoría de los profesionales partícipes del proyecto al mismo tiempo, casi siempre todo se maneja a través del arquitecto líder de diseño.

Procedimientos para la interacción y generación de información

- ¿En qué parte de los diseños se presentan mayores conflictos y que alternativas y/o soluciones se prevén para los mismos?

R/ La gran mayoría coinciden en que los conflictos que se presenten en los diseños sólo serán evidentes durante la ejecución de la obra, afirmándose que en la mayoría de las veces no se consultan los diseños y no se siguen los mismos. La lectura de los diseños en obra presenta muchas dificultades.

- ¿Cómo efectúan y validan la integración de los diseños entre las diferentes disciplinas que intervienen en el proyecto?

R/ Se aborda el proyecto, por un lado, desde el ámbito arquitectónico hacia lo estructural y técnico, el proyecto arquitectónico prevé el diseño de alternativas estructurales, ductos y espacios para instalaciones técnicas. Por otro lado, los diseños estructurales y técnicos se incorporan al diseño arquitectónico, siempre y cuando estos cumplan con un predimensionamiento y normatividad propia de cada disciplina.

-¿Cómo abordan el tema de las modificaciones en los diseños?

R/ Surge cierta flexibilidad al comienzo de la elaboración de los diseños, más que todo cuando se presta una asesoría en la etapa de esquema básico. Sin embargo, de haber modificaciones por parte de los diseños técnicos, estos se fundamentan en la norma que

abarque cada disciplina. Así mismo, de haber cambios en el proyecto arquitectónico que impliquen modificaciones en los diseños técnicos, estos se cobran como un adicional al diseño original contratado. En este aspecto, es importante especificar muy bien los alcances y condiciones de los contratos que vinculen los servicios de diseño y asesoría con el proyecto de construcción.

- ¿Conoce la filosofía de diseño BIM (Building Information Modeling)?

R/ Pocos arquitectos conoce sobre este tema, precisamente se formula la pregunta en cuanto a indagar sobre la manera de diseñar a partir de un modelo tridimensional, concluyéndose que la mayoría de proyectos se diseña bidimensionalmente. El concepto de modelado del proyecto se desarrolla, dependiendo del tipo de proyecto y forma de trabajar de algunas firmas de arquitectos, a través de maquetas físicas de trabajo, y si ha de requerirse, se hace entrega de maquetas finales de presentación del proyecto. De igual forma se recurre a la presentación de renders, elaborados a partir del modelado tridimensional, donde el producto final se reduce a la edición de imágenes y videos, sin mostrarse las potencialidades implícitas del mismo modelo.

Simulación y verificación de la coordinación del diseño y estudios técnicos

- ¿Consideran ustedes que se debe establecer un líder de diseño por proyecto?

R/ Todos afirman que sí es necesario. Desde la concepción del proyecto se debe establecer un líder de diseño, sin embargo la participación de otras disciplinas se efectúa en la medida de las necesidades y requerimientos que el proyecto vaya generando en su desarrollo.

- Teniendo en cuenta al cliente como principal interesado y beneficiario del desarrollo del proyecto de vivienda, ¿Qué aspectos desde el ámbito del diseño en general creen ustedes son importantes para ofrecer un buen producto que satisfaga las necesidades del mismo?

R/ Al igual que la prestación de un servicio o producto, se busca la satisfacción del cliente, por un lado, de un buen diseño y de la percepción de los espacios terminados, por el otro lado, del acierto en los procesos de diseño y la buena ejecución del proyecto.

- ¿Cómo considera y en que porcentajes de importancia relacionan ustedes la planeación vs. la ejecución de un proyecto constructivo?

R/ Todos asignan porcentajes mayores (del 60% al 70%) a la planeación respecto a la ejecución de un proyecto constructivo. Se tiene una conciencia colectiva sobre la importancia que tiene la etapa de la planeación en el desarrollo del proyecto, sin embargo, siguen presentándose fallas, irregularidades e improvisación en la etapa de ejecución del proyecto, producto de una inadecuada planeación.

- ¿Qué tanto repercuten los diseños en el desarrollo constructivo del proyecto? ¿En qué medida la coordinación de los diseños y estudios técnicos son la clave para lograr un excelente proyecto de construcción que permita optimizar tiempos de ejecución y disminución de costos?

R/ Esta pregunta plantea muchas veces un escenario utópico, es indiscutible que el éxito de todo proyecto de construcción se basa en una buena planeación, desarrollada a través de la coordinación y de la completa información expuesta en documentación y planos constructivos.

6.2. Conclusiones entrevistas

Los procedimientos para la gestión de la información deben estar encaminados a la consolidación y actualización de bases de datos que permitan no solo tener acceso a repositorios sino también a estadísticas y trazabilidad de procedimientos a fin de no reincidir en fallas, implementándose mejoras continuas que optimicen las actividades de elaboración y coordinación de diseños.

Mejorar la calidad en los procesos y productos de diseño deben ser la prioridad de los profesionales y empresas dedicadas a éste campo que, independientemente de los requisitos solicitados por las diferentes entidades y clientes en particular, exige el desarrollo y la consolidación de una metodología de diseño eficiente y eficaz.

Se cree que el éxito para la coordinación de proyectos a nivel empresarial depende en gran medida de las cualidades y herramientas que pueda ofrecer un determinado software BIM. Sin embargo es importante resaltar que el software es tan solo un medio más para llegar a un resultado, el cómo se determina a través de una metodología consolidada de diseño que involucre una gestión integral y colectiva en los procesos.

Los diseñadores de las diferentes especialidades son conscientes de los problemas relacionados con los sobrecostos y atrasos en obra derivados de la incorrecta coordinación de diseños, y sin embargo persisten los conflictos y es poco o nada las acciones que se toman al respecto. Es menester que los profesionales enfoquen la elaboración de los diseños en función de la integración del proyecto como un todo.

6.3. Aplicación encuesta de percepción

Se efectúa una encuesta a múltiples profesionales relacionados con la elaboración de diseños y estudios técnicos de la construcción con el propósito de identificar la forma como llevan a cabo los diferentes procesos, métodos aplicados, opiniones y aspectos que les gustaría se mejorasen en la consecución de dichos procedimientos.

6.3.1. Ficha técnica encuesta

- Nombre del estudio: Encuesta sobre el panorama de la coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción para vivienda multifamiliar en Bogotá.
- Elaborado y aplicado por: Luis Alejandro Vela Oñate
- Grupo objetivo: Profesionales del campo del diseño y la construcción de proyectos arquitectónicos
- Tamaño de la muestra: 53 encuestas entregadas, 33 encuestas contestadas, 29 encuestas válidas.
- Técnica de recolección de datos: Por medio del aplicativo web encuestafacil.com, con cuestionario estructurado enviado por correo electrónico.
- Tipo de muestra: Muestreo aleatorio simple.
- Lugar y fecha de realización: Bogotá, D.C., del 20 de junio al 30 de junio de 2013.

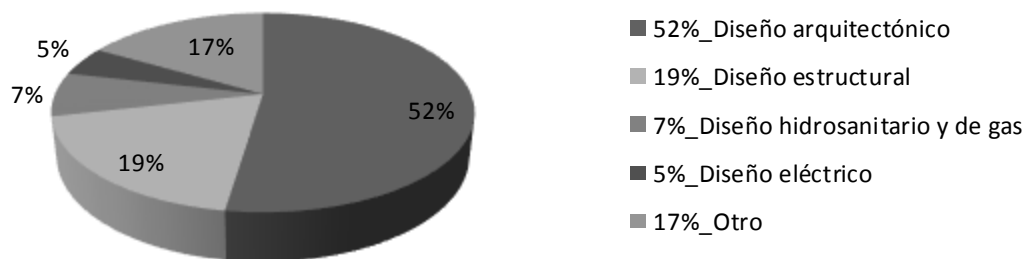
6.3.2. Objetivos de la encuesta

- Determinar la manera como se relacionan los diferentes profesionales y empresas del campo de la construcción en torno al desarrollo de los diseños y estudios técnicos de un proyecto arquitectónico.
- Delimitar los procedimientos de vinculación y los softwares empleados por parte de las diferentes disciplinas relacionadas con el proyecto arquitectónico.
- Identificar los puntos críticos e inconvenientes resultantes del proceso de intercambio de información entre las diferentes disciplinas del proyecto arquitectónico.

6.3.3. Índice de preguntas

1- La compañía o persona encuestada se especializa en:

Figura 6-1: Estadística participación de profesionales en la encuesta sobre coordinación de diseños

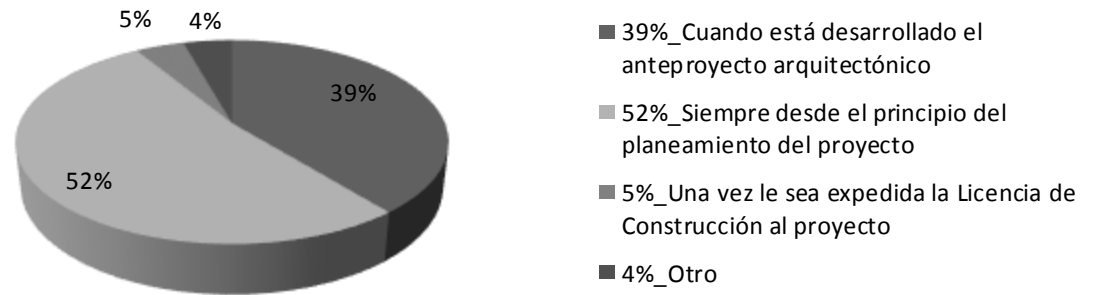


Fuente: Propia

A pesar de que se envió la invitación a participar en la encuesta a los diferentes profesionales de forma proporcional por especialidad, se presentó un mayor interés por la temática de parte de los arquitectos, lo anterior debido a que desde el diseño arquitectónico se articula y coordina la totalidad del proyecto.

2- Sólo si contestó alguna(s) de las cuatro últimas opciones de la anterior pregunta, favor indique(n) en qué etapa del diseño se vincula(n) al proyecto de construcción:

Figura 6-2: Estadística etapas de vinculación de especialidades al proyecto

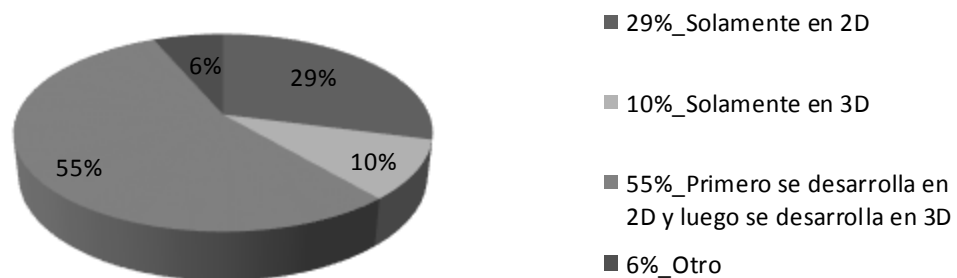


Fuente: Propia

En este punto solo se tuvo en cuenta las respuestas dadas por las disciplinas diferentes al diseño arquitectónico, donde el estudio de suelos y el diseño estructural se vinculan al proyecto de construcción siempre desde el principio del planteamiento del proyecto. Las únicas respuestas dadas por profesionales del diseño eléctrico e hidrosanitario y de gas presentan una posición indeterminada de la etapa de vinculación al proyecto de construcción.

3- El ambiente de diseño del proyecto lo desarrolla(n) en un escenario:

Figura 6-3: Estadística escenarios de diseño 2D y/o 3D



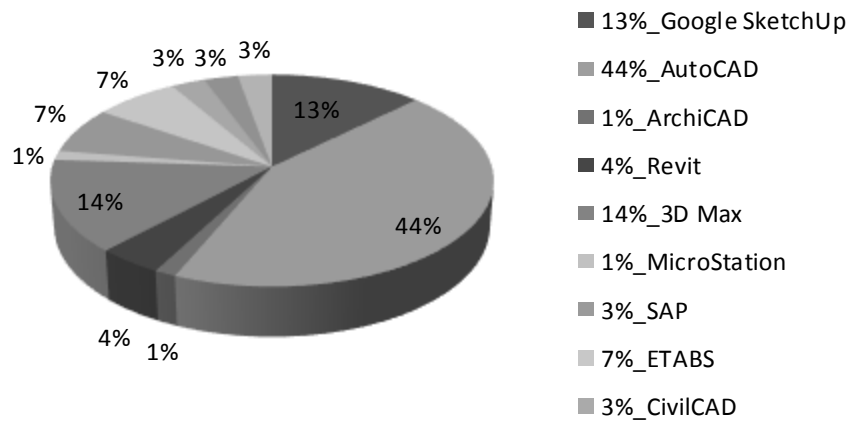
Fuente: Propia

Como complemento a los anteriores resultados, se presenta a continuación el análisis por componentes:

- El diseño arquitectónico se desarrolla primero en un escenario 2D y luego se pasa a 3D. Esta forma de desarrollar el diseño está condicionada por múltiples factores, ya sea por razones de procedimientos de diseño, por el tipo de software de diseño utilizado y/o por la forma de presentación final del diseño, que casi siempre es a través de planimetrías 2D; el 3D es utilizado para la visualización de espacios en la gran mayoría (renders) y contados los casos con el fin de visualizar la coordinación entre los diferentes subsistemas que conforman la edificación (envolvente, estructura, redes y espacios interiores).
- El diseño estructural se desarrolla en su mayoría en ambiente 3D, lo anterior debido a que la estructura del proyecto es abordada como un todo para el predimensionamiento de los elementos estructurales y la simulación de los diferentes esfuerzos a los cuales están sometidos de acuerdo a los métodos referidos por la NSR10. Sin embargo habría un retroceso en cuanto a la gestión y presentación final del resultado de estos diseños, ya que estos son presentados en planimetría 2D, eso quiere decir que del diseño 3D se transcribe la información a 2D.
- El diseño eléctrico se desarrolla en un escenario 2D, lo anterior debido a que se tienen más en cuenta la ubicación en planta de puntos eléctricos (iluminación y fuerza), de los equipos eléctricos principales (transformadores, celda, subestación) y recorridos de redes, esto debido a que se hacen cálculos presupuestales por punto instalado de manera global.
- El diseño hidrosanitario y de gas se desarrolla en un escenario 2D, por las mismas razones expuestas en el anterior punto sobre el diseño eléctrico. Se complementa el diseño con una isometría de suministro, la cual es construida a partir del 2D.

4- ¿Qué software y/o programa maneja(n) para la elaboración conceptual y planimétrica del proyecto?

Figura 6-4: Estadística uso de software de diseño

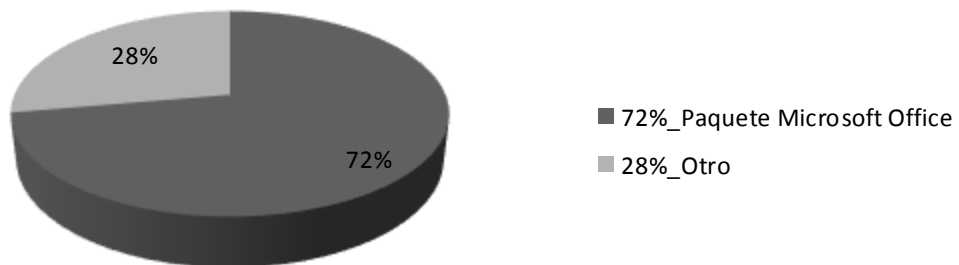


Fuente: Propia

La totalidad de los encuestados manejan para la elaboración conceptual y planimétrica del proyecto el software AutoCAD. Se evidencia la participación en menor proporción de otros software, pero en términos de la presentación final del diseño, el volumen grueso de información es manejado a través de archivos .DWG.

5- Para la elaboración de cantidades, presupuestos, especificaciones y programación ud.(s) utiliza(n) los programas:

Figura 6-5: Estadística uso de software para presupuesto y programación

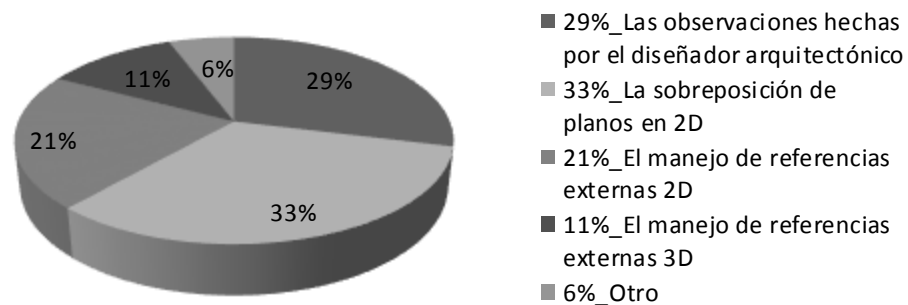


Fuente: Propia

El 72% de los encuestados afirmaron preferir el uso del software Microsoft Office para la elaboración de cantidades, presupuestos, especificaciones y programación. Se concluye que por la trayectoria, influencia y acogida que han tenido los programas Microsoft Office desde la implementación de sistemas operativos Windows en las computadoras hace más de 20 años, se ha constituido en una plataforma universal para la gestión de información alfanumérica. El resto de los encuestados afirman el uso de otro tipo de software especializado para la construcción como son Licita, Sigma, Presto, DI net y paquete Construdata.

6- Para la coordinación del diseño en el cruce de información planimétrica y/o modelado ud.(s) recurre(n) a:

Figura 6-6: Estadística cruce de información para la coordinación del diseño

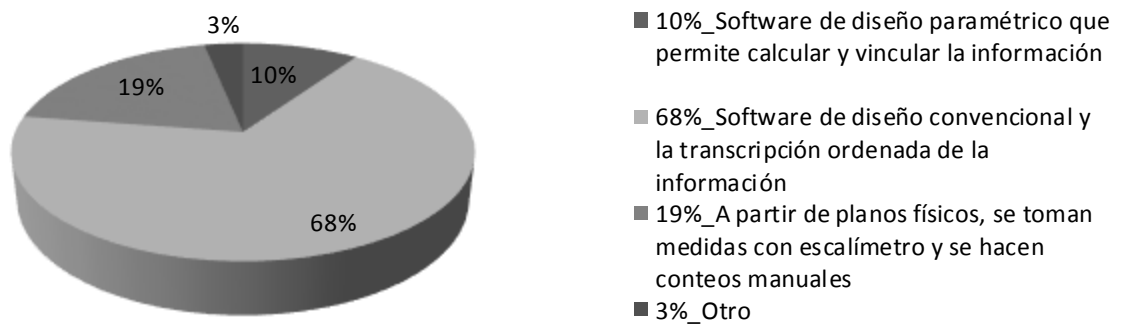


Fuente: Propia

El cruce de información planimétrica y/o modelado se presentan múltiples formas, en especial se recurre a la sobreposición de planos en 2D y a las observaciones hechas por el diseñador arquitectónico. Son escasos los procedimientos donde se emplean referencias externas. Esto último debido a que hasta ahora se ha venido implementado metodologías para el intercambio y gestión de la información en la nube computacional.

7- Respecto a la elaboración, abstracción e intercambio de información desarrollada en planimetrías y/o modelados, ¿Qué medios o herramientas utiliza para calcular cantidades, describir especificaciones y plantear una programación basándose en el diseño, para posteriormente entregar la información en hojas de cálculo, listados u otro tipo de documentación?

Figura 6-7: Estadística medios y/o herramientas extracción información a partir del diseño

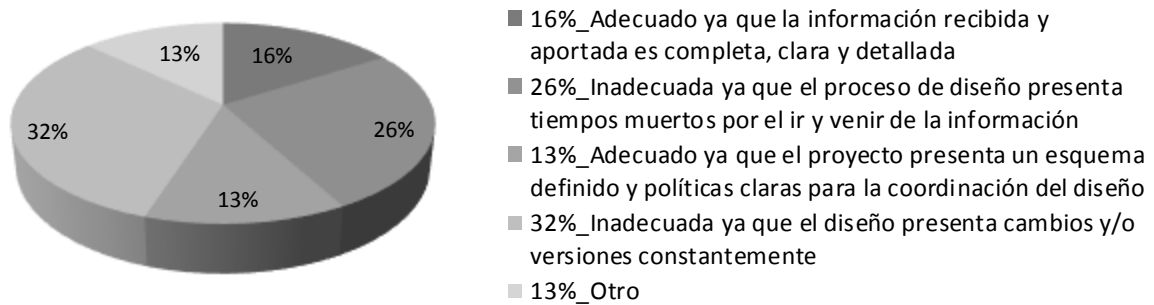


Fuente: Propia

El 68% de los encuestados efectúa cálculos de cantidades, describen especificaciones y plantean una programación con base al diseño a través de herramientas básicas de medida y conteo dados por el software de diseño convencional y la transcripción ordenada de la información a un documento u informe final. Sigue habiendo un umbral grande en cuanto a la vinculación de la información del diseño ya sea 2D ó 3D vs. la información alfanumérica, esto debido al incipiente manejo de software paramétrico que ligue dicha información.

8- Respecto al panorama de la coordinación general de los diseños que ha(n) desarrollado en los últimos proyectos de construcción, desde su enfoque usted piensa que el proceso ha sido:

Figura 6-8: Estadística percepción en los procesos de coordinación de diseños



Fuente: Propia

El 58% de los encuestados considera inadecuados los procesos actuales de coordinación general de los diseños desarrollados en los últimos proyectos de construcción. Esta clara inconformidad se expresa a título personal de parte de cada uno de los profesionales partícipes de dicha coordinación, debido a que en el proceso del diseño la participación de cada una de estas personas es limitada y donde necesariamente todas las disciplinas son dependientes entre sí.

9- ¿Qué le gustaría mejorar en los procesos de coordinación del diseño y que propondría para que estos fuesen más eficaces y oportunos?

A través de esta pregunta abierta se tomaron ideas e inquietudes de los encuestados, enfocados a los siguientes puntos:

- Coordinación de todos los profesionales desde el principio del desarrollo del proyecto.
- Parámetros y condiciones claras de diseño.
- Parametrización y actualización en tiempo real de la información.
- Cumplimiento y eficiencia en los tiempos de respuestas de las firmas diseñadoras por especialidad.
- Capacitación a los profesionales en el ámbito de la coordinación multidisciplinar.

6.4. Conclusiones encuestas

La gestión de los diseños y estudios técnicos de un proyecto en gran parte de empresas y profesionales se lleva cabo bajo el modelo outsourcing o de subcontratación, vinculando al mismo un grupo multidisciplinar de profesionales, encargados de cada uno de los sistemas que conforman la edificación. Los métodos más comunes para el intercambio de la información son el uso de dispositivos físicos como CDs, USBs, y otros, al igual que el manejo masivo del correo electrónico y documentación física. El desarrollo y la representación del diseño del proyecto se desarrolla en la mayoría de las veces en ambientes 2D a través del uso de programas como AutoCAD y otros complementarios como los contenidos en el paquete Office (Word, Excel, Project entre los más utilizados).

El diseño de los diferentes componentes del proyecto se aborda de una manera aislada, generando dificultades en la integración de los mismos, donde cada especialista desarrolla la parte del diseño que exclusivamente le compete, siendo necesaria la intervención de un profesional independiente que se encargue de la coordinación de los mismos.

El modelado tridimensional es empleado en la mayoría de veces para la edición de imágenes y videos fotorrealísticos (renders) de un proyecto, más no como un herramienta de coordinación técnica de información, en este aspecto, el ramo de la ingeniería civil aborda el concepto tridimensional, enfocado al diseño, cálculos y análisis estructural del proyecto constructivo, analizados a partir de modelos tridimensionales, empleando programas como SAP y ETABS⁵⁶. De lo anterior se deduce que, si bien varias disciplinas que constituyen el proyecto emplean herramientas digitales de modelado 3D para la elaboración de diseños y cálculos en particular, la mayoría de las veces estos modelos son archivados, sin pensarse en el potencial que pueden tener en el proyecto integrándose la información bajo un único modelo 3D.

⁵⁶ SAP y ETABS son aplicaciones del CSI – Computer&Structure, INC.

En los procesos de diseño sigue siendo alto el porcentaje de trabajo contributivo, ya que la coordinación como se viene llevando a cabo mediante el cruce de planos 2D demanda de mucho tiempo y gestión, en el sentido del ir y venir de la información, para su consolidación y aprobación final⁵⁷.

⁵⁷ Stephen, Jones_ How Building Information Modeling (BIM) is dramatically transforming the design, building and operation of projects, pág. 3

7. Conceptos básicos

- BIM: *Building Information Modeling* – Modelado de Información de Construcción, proceso de generación y gestión de datos del edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para reducir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción.
- Bloques: *“son archivos de biblioteca o librerías de dibujos usados como fuentes de información gráfica para más de un proyecto. Pueden ser archivos suministrados por proveedores de insumos fabricados industrialmente, detalles estándar de la oficina, cuadros, textos, bases de datos, símbolos, bloques de títulos, etc”*.(Trujillo Jaramillo, 2004)
- Canales de comunicación: medio de transmisión para el intercambio de información e interacción entre las diferentes disciplinas que conforman el proyecto.
- Capas: *“herramienta que permite la organización de la información del diseño de manera sistemática. La organización de los datos en capas permite que un solo archivo CAD contenga múltiples tipos de información gráfica sobre un proyecto y la capacidad de su uso de modo versátil”*.(Trujillo Jaramillo, 2004)
- Computación en la nube: *del inglés cloud computing, es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de Internet.* (Wikipedia)
- Construcción de media y media-alta complejidad: según el artículo 18 del Decreto 1469 de 2010, son las construcciones cuyas áreas están entre 500 m² a 5000 m².

- Constructividad: valoración del grado de efectividad y eficiencia del desarrollo constructivo de un proyecto arquitectónico proyectado desde la fase de diseño, teniendo en cuenta los siguientes criterios: simplicidad, normalización y comunicación.
- Disciplinas y especialidades: refiere a los componentes técnicos específicos que conforman un proyecto de construcción.
- Diseño y estudios técnicos: 1° fase del desarrollo de un proyecto constructivo donde se generan la información y las bases necesarias para su construcción.
- Estados del proceso: Clasificación por fases de las actividades y procesos asociados al desarrollo de un producto o servicio.
- Gestión de la información: conjunto de actividades encaminadas al manejo y coordinación de la información de un proyecto de construcción entre las diferentes disciplinas y personas que intervienen en este.
- Integralidad del diseño: condición y capacidad de coordinar en un mismo sistema los diferentes componentes que conforman un proyecto de construcción.
- Interoperabilidad del modelo: Capacidad de intercambio de información del modelo tridimensional entre un equipo de colaboradores.
- Metodología para la coordinación: conjunto de procedimientos necesarios encaminados para la lograr la coordinación entre partes.
- Modelo de gestión: esquema o marco de referencia para la administración de actividades y procedimientos de un sistema productivo.
- Modelación: procedimiento para la representación de un diseño en tres dimensiones a partir de planos bidimensionales y/o el desarrollo del diseño a partir del modelado 3D.

-
- Parametrización de procesos y actividades: generación y coordinación de información bajo parámetros preestablecidos en el desarrollo de procesos y actividades.

 - Repositorio de información: Sistema de base de datos para el manejo y clasificación de archivos y documentación entrante y saliente del proyecto.

 - Simulación: representación aproximada de la realidad de un hecho o proceso recreado a través de un modelo.

 - Sincronización: en la coordinación del diseño, es la transferencia y acoplamiento de información de cualquier tipo para actualización constante y progresiva del proyecto arquitectónico.

 - Sistema integrado: conjunto compuesto donde la totalidad de componentes se relacionan y apoyan entre sí.

 - Validador: alerta sobre un posible conflicto presente en un procedimiento o información susceptible de ser revisada y/o verificada.

8. Conclusiones marco teórico

Los procesos de diseño en proyectos de construcción en Colombia muestran bajos estándares de calidad por la irregular y deficiente coordinación que se presenta entre los diferentes agentes que participan en el mismo.

A pesar de que hay múltiples herramientas a nivel internacional para la gestión de la información y los diseños de un proyecto de construcción, tendrían dificultades para su aplicación en el contexto nacional, ya que no se cuentan con bases de datos que puedan aportar información al proyecto, y en caso de haberlas, presentarían restricciones para su libre acceso y consulta.

Es evidente la falta de iniciativas por parte de entidades públicas para llevar un verdadero control sobre los proyectos de construcción que se gestan durante la etapa de diseño y planeación de los mismos, remitiéndose principalmente a los alcances estipulados por el Decreto 1469 de 2010 que aborda el tema de aprobación de licencias urbanísticas, el cumplimiento de la normatividad urbana y la NSR10.

Son importantes los aportes hechos por organizaciones internacionales respecto a la conformación de alianzas de colaboración y creación de protocolos como el COBIE, FIDE, PMI e IDP en lo que respecta a temas de planeación, organización y gestión para el desarrollo de proyectos de construcción, los cuales se enfocan en la aplicación de filosofías y metodologías que abordan el proyecto en su totalidad.

En las facultades de ingeniería y arquitectura son escasos los escenarios y espacios académicos que permitan a estudiantes de diferentes disciplinas relacionadas con el proyecto interactuar en el diseño coordinado del mismo, de igual manera, el entender el verdadero significado y las potencialidades que pueden aportar diferentes aplicaciones y herramientas digitales, como el modelado 3D y/o el trabajo cooperativo en la nube computacional en el desarrollo de un proyecto de construcción.

Como aporte al desarrollo de la presente investigación, la coordinación de procesos y productos, bajo los principios de eficiencia, eficacia y calidad en un proyecto de construcción se constituye en un requisito fundamental que debe tenerse en cuenta por parte de las disciplinas relacionadas a éste campo.

El desarrollo de nuevas herramientas digitales y la estandarización de procesos hacen que la concepción de un proyecto de construcción deje de ser un procedimiento único, aislado y artesanal, vulnerable a toda clase de conflictos, a convertirse en un proceso 100% industrializado, globalizado y tecnificado, ceñido al seguimiento de metodologías de gestión que faciliten el seguimiento de actividades y garanticen la coordinación entre los diferentes componentes técnicos que lo conforman.

III. METODOLOGÍA PARA LA COORDINACIÓN DE DISEÑOS TÉCNICOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN PARA VIVIENDA DE MEDIANA COMPLEJIDAD EN BOGOTÁ

9. Desarrollo y aplicación de la metodología

Dentro del marco de la actualidad de los procesos de diseño que se dan en la mayoría de proyectos de construcción para vivienda de mediana complejidad en Bogotá, la metodología propuesta implementa procedimientos de optimización en lo que respecta a la edición, intercambio y verificación de la información de diseño, haciendo énfasis en los siguientes aspectos:

- Cantidad y calidad de la información entrante y saliente: la cantidad de información se asocia a los datos gráficos y alfanuméricos necesarios que un diseñador, ya sea el arquitecto o especialista de un componente técnico requiere para desarrollar su trabajo. La calidad se relaciona con la claridad del mensaje transmitido en el dato, que en términos gráficos significa la correcta georreferenciación y escala del dibujo.

- Edición de la información sobre una misma referencia del diseño: la información a editar o desarrollar se hace directamente sobre la información entrante, donde ésta última se constituye en una plantilla que no se copia, no se traslada, no se escala, ni se le efectúa modificación alguna.

- Control y cumplimiento en la asignación de actividades para la edición de información: en el proceso de edición, la información es trabajada exclusivamente por la persona relacionada con la actividad en particular. Los agentes responsables de suministrar y recibir la información entrante y saliente no pueden adelantar actividades de edición y cambios en el diseño si éstos no tienen la respectiva asignación dentro del proceso.

- Actividades de coordinación independientes de las actividades de edición: en el proceso de verificación se efectúa un chequeo de validadores respecto a la coordinación entre dos o más componentes. De presentarse cambios en el diseño, éstos deben trabajarse solamente en las actividades de edición y por el profesional encargado de atender las observaciones y corregir el diseño.

A diferencia de las actividades que en la actualidad se dan en torno a la etapa del diseño en la mayoría de éste tipo de proyectos, donde es común ver reprocesos y falta de coordinación, la metodología establece procedimientos y flujos de trabajo tendientes a la elaboración y consolidación coordinada de la información del proyecto a través de la construcción de un modelo 3D.

En lo que atañe al tema contractual, la definición de parámetros respecto a tiempos, tareas y productos en cada una de las actividades tanto de edición como de coordinación del proceso de diseño permite una mayor claridad para el establecimiento de obligaciones de los diferentes especialistas participantes del proyecto.

Tabla 9-1: Aspectos de diseño en procesos tradicionales vs. la metodología propuesta

Aspectos de diseño	Procesos tradicionales	Metodología propuesta
Desarrollo actividades de diseño	El arquitecto efectúa la entrega de planos sobre los cuales se desarrollan los demás diseños técnicos. Se presentan cambios en el diseño arquitectónico y por ende no correspondencia con las entregas de planos de diseños técnicos.	Durante las actividades de diseño de los componentes estructural y de instalaciones no se pueden efectuar simultáneamente trabajos de diseño arquitectónico.
Indicadores de diseño	Cada diseñador tiene su forma de abordar el diseño, manejo individual de escalas, georreferenciación, capas, presentación de varias plantas en un mismo archivo.	Los diseños se realizan bajo los parámetros establecidos para el proyecto. Se maneja una misma escala y georreferenciación. Las capas y el nombre de los archivos son los indicados para cada disciplina. Se desarrolla una planta por archivo a la vez.
Entrega y contenido de información	Se efectúa una sola entrega. En ésta se detalla la información con simbología, cotas, y demás especificaciones técnicas.	Se entrega la información por fases. En una primera entrega se presenta únicamente la información necesaria para construir el modelo 3D. Consolidado éste, se efectúa la entrega detalla en planos y estudios de los diferentes componentes técnicos.
Versiones de diseño	Es usual que el componente arquitectónico presenta muchas versiones de un diseño y así mismo los demás componentes técnicos.	No se manejan versiones de diseño. Se efectúan registro al control de cambios tanto en la fase I de coordinación 2D arquitectura y estructura, y la fase II de coordinación entre arquitectura-estructura e instalaciones.

Fuente: Propia

Como complemento a las estrategias de coordinación planteadas en la metodología, se hace necesaria la programación de comités para el control de avance y el acceso a la documentación preliminar y la generada en la elaboración de diseño del proyecto, para lo cual es necesario que se establezcan protocolos para la conformación y administración de bases de datos, gestión de información y comunicación entre los diferentes disciplinas que participan en el desarrollo del proyecto.

9.1. Preliminares

En éste aparte se trataran temas relacionados con la interfaz y las actividades complementarias a la metodología relacionada con la gestión y estados del proceso, pautas de ingeniería conceptual y estudios técnicos, determinación de validadores para identificación de conflictos y consolidación de ésta en el transcurso del proceso de diseño.

Tabla 9-2: Fases y pasos metodología

Metodología para la coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción para vivienda de mediana complejidad en Bogotá	
Fases	Pasos
Preparación planos de diseño para elaboración modelo 3D.	1- Elaboración planos diseño arquitectónico.
	2- Elaboración planos diseño estructural con base a los planos de diseño arquitectónico.
	3- Cruce, verificación, corrección y consolidación planos de diseño arquitectónico y estructural.
	4- Elaboración planos diseño de instalaciones con base a los planos de diseño arquitectónico y estructural.
Construcción y consolidación modelo 3D.	5- Modelado de manera integrada y unificada componentes arquitectónico – estructural con base a los planos de diseño arquitectónico y estructural.
	6- Modelado componente de instalaciones con base a los planos de diseño instalaciones y modelo 3D arquitectónico-estructural.
	7- Cruce, verificación, corrección y consolidación modelo 3D arquitectónico-estructural e instalaciones.

Fuente: Propia

Como se viene desarrollando en los procesos tradicionales, la metodología en las fases iniciales de prefactibilidad y factibilidad tiene en cuenta para la elaboración y coordinación de diseños información relacionada con normatividad urbana, esquema básico, pautas ingeniería conceptual y anexos técnicos adicionales como son el estudio de suelos y el levantamiento topográfico. Fases complementarias relacionadas con promoción y ventas, y trámites y licencias se desarrollan paralelamente con la elaboración y la coordinación de diseños, sin embargo en lo que respecta a la entrega de productos y documentación técnica final sólo se efectúa, siempre y cuando esté consolidada la información básica del modelo en lo que respecta a los componentes arquitectónico, estructural e instalaciones (eléctrica, sanitaria, hidráulica y gas).

- **Fases diagrama de procesos desarrollo diseños técnicos**

- Prefactibilidad: El propietario y/o promotor interesado en el desarrollo del proyecto debe tener la capacidad de liderar y gestionar una estructura organizacional, administrativa y financiera que garantice el cumplimiento de la programación, presupuestos, reglamentación y demás estándares de calidad en todas las etapas de desarrollo del mismo, desde la elaboración de los diseños y estudios técnicos hasta la entrega y puesta en funcionamiento de la edificación a los usuarios finales. Es muy importante conocer la realidad física y jurídica del predio donde se edificará el proyecto, presentando y garantizando correspondencia entre éstos. Adicional a la realidad del predio, el estudio de la norma urbana y otros aspectos socio-económicos del lugar de emplazamiento son necesarios para proyectar y conformar una propuesta de diseño, determinando la viabilidad económica del mismo.

- Factibilidad: Se desarrolla una primera aproximación técnica del proyecto donde se elabora un esquema básico arquitectónico sobre el cual un grupo multidisciplinar definirá pautas de ingeniería conceptual, que junto con la elaboración del levantamiento topográfico y el estudio de suelo, determinaran al detalle la viabilidad económica del mismo.

- Trámites y licencias: Conforme a lo descrito en el Art. 1 del Decreto 1469 de 2010, la licencia urbanística es la autorización otorgada por la secretaría de planeación municipal o curaduría urbana para desarrollar obras de urbanización y de construcción en todas sus modalidades en cumplimiento a lo adoptado en el POT, PEMP y demás disposiciones que expidan entidades gubernamentales, sobre el correcto uso y aprovechamiento del suelo al igual que el cumplimiento de la NSR10. A pesar de que las licencias pueden ser objeto de prórroga y modificaciones, cualquier trámite relacionado con este demandan de tiempo y dinero, los cuales se pueden obviar desarrollando desde un principio el proyecto de forma correcta, es decir, que los diseños y estudios técnicos necesarios para el trámite de la licencia de construcción y propiedad horizontal sean los definitivos. La licencia de construcción es el mecanismo jurídico que permite adelantar otro tipo de trámites (Financiación económica para el desarrollo del proyecto, conexión a redes de servicios

públicos, protocolización de escrituras públicas y/o documentos de titulación; y otras autorizaciones y/o licencias para efectuar trabajos de construcción) ante entidades de naturaleza privada y/o pública, ya sean bancos, empresas de servicios públicos u otros.

- Promoción y ventas⁵⁸: Las actividades relacionadas con la promoción y ventas tienen como objetivo dar a conocer el proyecto de vivienda al público a través de estrategias de Marketing que permitan entregar un producto de calidad y que cumpla con las expectativas de los compradores⁵⁹. En proyectos que recurren a la figura del fideicomiso, el promotor y la entidad fiduciaria constituyen un contrato de fiducia, donde el primero se encarga de comercializar el proyecto y el segundo de administrar e invertir los recursos aportados por los compradores por medio de la suscripción de una carta de instrucciones. Una vez sean cumplidas las condiciones estipuladas en el contrato de fiducia –punto de equilibrio, licencia de construcción y permiso de ventas-, la fiduciaria hará el desembolso de recursos económicos para que se puede llevar a cabo la construcción del proyecto⁶⁰.

- Coordinación de diseños: Como componente base de la metodología propuesta, en ésta se produce la información de diseño. En una primera etapa se preparan los planos de diseño para la elaboración del modelo 3D y posteriormente se construye y se consolida la información a través de éste.

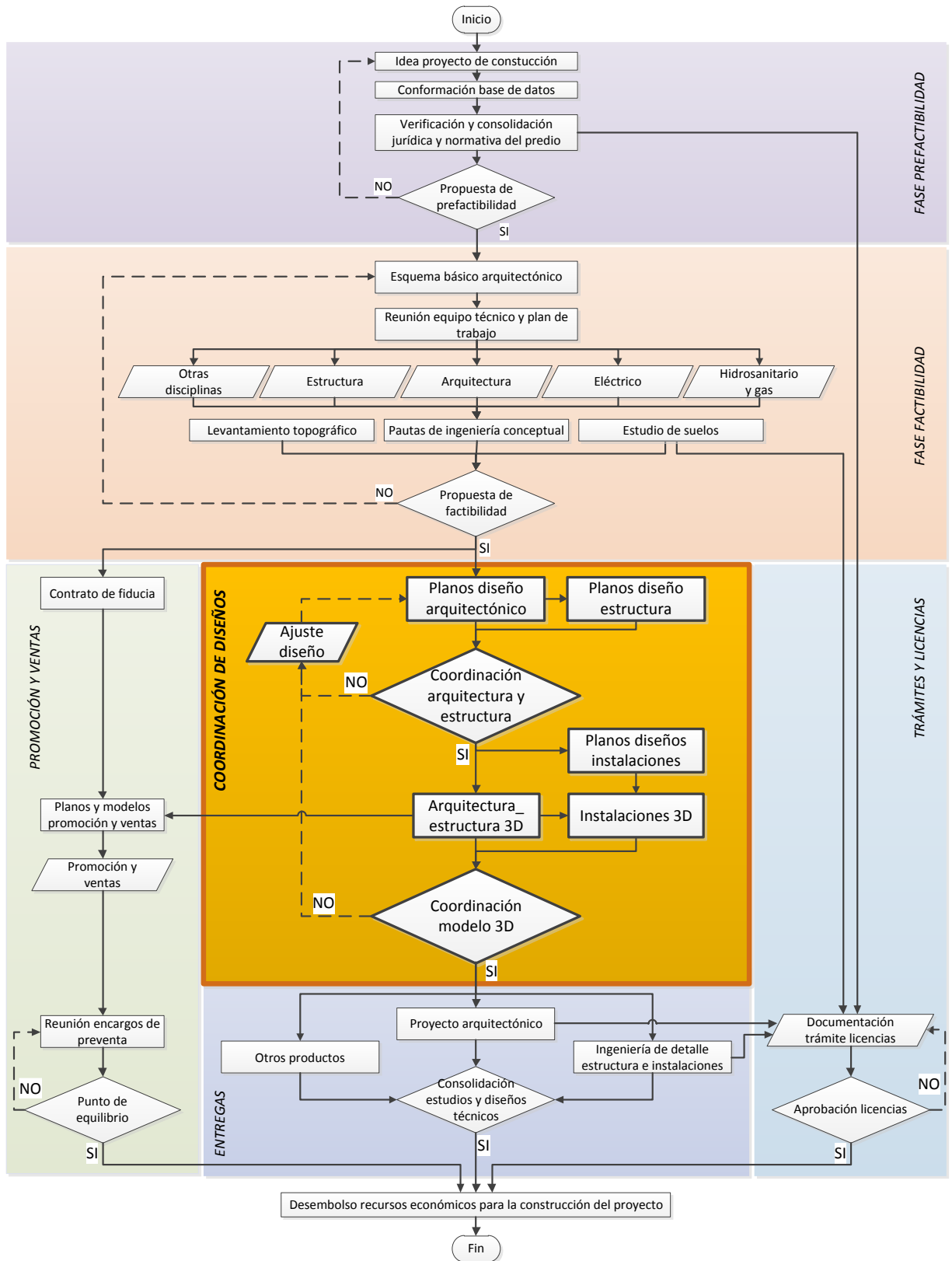
- Entregas: A partir de la extracción de información del modelo 3D se prepara la elaboración de planos y demás documentación técnica que se requiera, con la posibilidad de obtener otro tipo de productos alfanuméricos y multimediales del mismo.

⁵⁸ Aplica en proyectos de venta de unidades de vivienda y posterior conformación de Propiedad Horizontal.

⁵⁹ Marulanda, Lina. Manual de promoción y venta de un proyecto de vivienda, Pág. 11.

⁶⁰ La Fiducia Inmobiliaria en Colombia. Asociación de fiduciarias, programa de educación financiera.

Figura 9-1: Diagrama de procesos desarrollo diseños técnicos



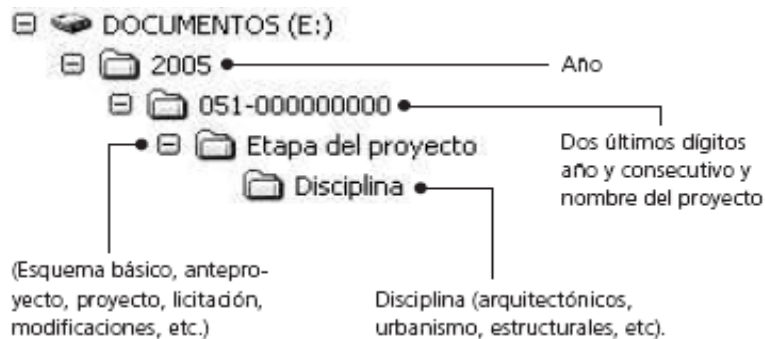
Fuente: Propia

9.1.1. Gestión de la información

▪ Administración de archivos

La administración de archivos de dibujo se hace a través de la designación de directorios y subdirectorios como se indica a continuación:

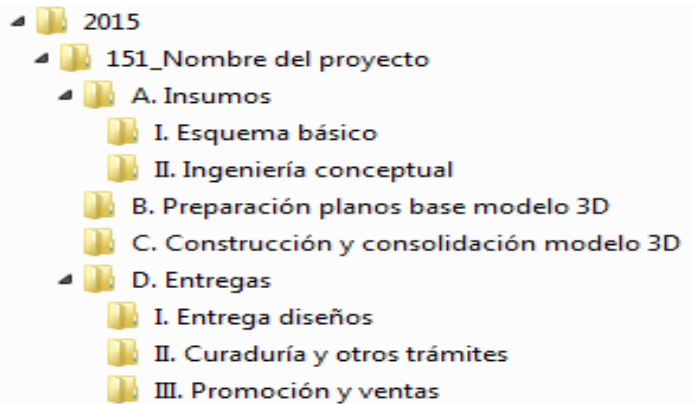
Figura 9-2: Gestión de archivos por carpetas



Fuente: Guía y estándares para el desarrollo gráfico del proyecto (Trujillo Jaramillo, 2004)

Estas guías y estándares plantean el desarrollo del proyecto a través de fases que son una secuencia lineal en el tiempo. Se propone la conformación de una base de datos, ya sea a través de la nube computacional y/o por medio de una red de datos local, que permita la consulta y el intercambio de archivos entre los diferentes profesionales relacionados con el proyecto, estableciéndose parámetros para la visualización y edición de la información.

Figura 9-3: Gestión de archivos propuesto del proyecto



Fuente: Propia

En la designación de archivos de diseño 2D y 3D se indica el componente técnico que contiene y el nivel de ubicación dentro del proyecto, organizados en las carpetas “Preparación planos base modelo 3D” y “Construcción y consolidación modelo 3D”.⁶¹

▪ **Indicaciones de dibujo en planos digitales .DWG**

Con el fin de facilitar el cruce de información entre planos digitales .DWG y de éstos con el modelo 3D, es importante que se tengan en cuenta las siguientes pautas de dibujo:

- Extensión de archivos de diseño: se debe emplear una única extensión de archivos que es -.dwg- año de versión 2010 o inferiores, ya que es necesario migrar la información de los planos al modelo 3D y viceversa. Con el fin de proteger la autoría de la información, algunos profesionales generan los planos con extensión -.pdf-, permitiendo solamente la visualización y reproducción de la información más no su edición, esta restricción dificulta la coordinación y cruce de información técnica entre un plano y otro.
- Escala: Debido a posibles diferencias en la configuración de software y/o modo de trabajar de algunos profesionales surgen inconsistencias relacionadas con las unidades métricas, generando diferencias de escala en el dibujo, por ende se recomienda configurar el software y trabajar el dibujo acorde con el sistema métrico escala 1:1, donde 1 equivale a 1 un metro.
- Georreferenciación: se presentan errores de georreferenciación cuando se copia el plano dentro de un mismo archivo, o cuando éste se copia entre archivos diferentes sin tener en cuenta la localización original del dibujo, referenciando el plano solo a través de la grilla de ejes. La georreferenciación del proyecto debe estar amarrada desde un principio a coordenadas reales⁶² ejes X y Y, evitando el traslado y la rotación del dibujo dentro del mismo archivo; las plantas adicionales deben trabajarse a partir de la copia del archivo original o copiando y pegándolo éste en coordenadas reales.

⁶¹ Ver tablas de abreviaturas en el Anexo Guía de usuario, Capítulo 1. Indicaciones previas y alcances de la metodología, pág. v a la ix.

⁶² Nivel arquitectónico base Eje Z = 0,0 aplicado en el desarrollo de las Fases 1 y 2 de la metodología propuesta. Para estudios complementarios el nivel arquitectónico base del modelo se homologa a la altitud real m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar).

- **Precisión:** en programas como AutoCAD cuando se trabaja el dibujo con los comandos “SNAPS” y “ORTO” desactivados, la precisión del dibujo se limita a la capacidad visual del delineante generando imprecisión en el trazo, el cual puede que no sea relevante si se trata de un ejercicio de delineación donde los planos del proyecto se impriman y se trabajen de forma física. La precisión del dibujo garantiza formas y dimensiones exactas, adicionalmente permite la creación de polígonos cerrados que facilitan el cálculo de áreas, perímetros y sumatoria de los mismos para el cómputo de cantidades.

- **Capas de dibujo:** Las capas nos permiten administrar la información contenida en el dibujo, clasificándola de muchas formas, de acuerdo a la disciplina a la cual hace parte y descripción básica del componente o información que quiere representar en el diseño. Cuando no se prevé una clasificación del dibujo por capas, éste tiende a volverse confuso y no permite la diferenciación y significado entre una línea y la otra.⁶³

9.1.2. Estados del proceso

Durante el desarrollo de los diseños y estudios técnicos, la creación y transformación de la información del proyecto se regula a través de estados que definen el nivel de avance en lo que respecta a la coordinación, validación y consolidación de la misma a lo largo del proceso de diseño. La información se gestiona desde y hacia el componente arquitectónico.

Tabla 9-3: Lista estados del proceso

Estado	Descripción
0	Estado inicial
1	Edición 2D
2	Salida 2D
3	Validación 2D con cambios
4	Validación 2D sin cambios
5	Modelado 3D
6	Salida 3D
7	Validación 3D con cambios
8	Validación 3D sin cambios

Fuente: Propia

⁶³ Ver tablas de abreviaturas en el Anexo Guía de usuario, Capítulo 1. Indicaciones previas y alcances de la metodología, pág. v a la ix.

-
- Estado inicial: Versión inicial de la información de diseño en planos 2D presentada por los diferentes profesionales especialistas: arquitectura, estructura, instalaciones, otros.
 - Edición 2D: Elaboración de los diseños particulares de cada especialista con base a los planos arquitectónicos entregados por el diseñador líder. Durante este lapso de tiempo no puede haber modificaciones al diseño arquitectónico.
 - Salida 2D: Entrega de planimetría 2D estructura para el cruce y cotejo con el proyecto arquitectónico o de instalaciones para construcción del modelo 3D.
 - Validación 2D con cambios: Cruce de planos arquitectónicos y estructurales para identificación de conflictos y revisión de pautas dadas por el equipo de profesionales en la fase de ingeniería conceptual. Se notifica al(os) diseñador(es) la localización y descripción de conflictos, determinando acciones conjuntas para la corrección de los mismos.
 - Validación 2D sin cambios: Aprobación de la coordinación entre planos 2D arquitectónicos y estructurales. Se prepara los planos arquitectónicos base para los diseños de ingeniería básica de las demás disciplinas.
 - Modelado 3D: Construcción del modelo a partir de la información planimétrica 2D tanto del componente arquitectura-estructura, como de cada una de las instalaciones.
 - Salida 3D: Entrega modelado 3D para revisión coordinación componentes técnicos.
 - Validación 3D con cambios: Verificación coordinación espacial y revisión pautas de ingeniería conceptual de los componentes inscritos en el modelo. Se notifica al(os) diseñador(es) la localización y descripción de conflictos, determinando acciones conjuntas para la corrección de los mismos.
 - Validación 3D sin cambios: Aprobación de la coordinación del diseño en el modelo 3D. Se da por finalizado el proceso de coordinación haciéndose entrega del modelo 3D como producto final desde el cual se pueden generar planimetrías y demás información que se requiera para el desarrollo de fases posteriores del proyecto.

9.1.3. Pautas de ingeniería conceptual

Las pautas de ingeniería conceptual constituyen requerimientos mínimos y básicos establecidos por cada uno de los profesionales especializados en cada componente que conforman la edificación formulados con base a los planos arquitectónicos de esquema básico y demás condicionantes de la implantación y el contexto inherentes al proyecto los cuales deben tenerse en cuenta inicialmente en la elaboración del anteproyecto arquitectónico y luego conjuntamente en los diseños técnicos específicos de las demás disciplinas. Éstas no deben verse como una camisa de fuerza que restringe el diseño arquitectónico, al igual que otro tipo de lineamientos de diseño y demás factores propios del lugar de implantación, éstos también se constituyen en determinantes necesarios para el funcionamiento de la edificación.

Junto al profesional encargado de la coordinación, el equipo básico de profesionales necesario para el desarrollo de los diseños y estudios técnicos de este tipo de proyectos parte de los lineamientos exigidos por la Ley 400 de 1997⁶⁴ y demás instituciones encargadas de la expedición de licencias y permisos de conexión. Personas partícipes del proceso:

- Coordinador de diseños: arquitecto responsable del cruce y verificación de validadores de diseño en las actividades de coordinación. Debe tener habilidades para la elaboración de modelos 3D, la sobreposición de información entre varios componentes y lectura espacial 2D y 3D enfocada a la identificación de conflictos espaciales y los indicados en las pautas de ingeniería conceptual, la elaboración de informes producto de la verificación y coordinación colectiva entre el equipo de profesionales de diseño.

⁶⁴ Ley 400 de 1997_ Art. 4

Definición de profesionales relacionados en la Ley 400 de 1997

- Propietario: persona(s) natural(es) o persona jurídica dueña del predio y titular de la licencia de construcción.

- Diseñador arquitectónico: arquitecto con matrícula profesional responsable del diseño arquitectónico.

- Diseñador estructural: ingeniero civil con matrícula profesional especializado en estructuras o con experiencia mínima de 5 años en el diseño de estructuras responsable del diseño estructural.

- Diseñador de elementos no estructurales: ingeniero civil ó arquitecto con experiencia mínima de 3 años en el diseño de elementos no estructurales responsable de los diseños en mención.

- Ingeniero geotecnista: ingeniero civil especializado en geotecnia responsable del estudio de suelos.

- Constructor: ingeniero civil ó arquitecto responsable de la construcción del proyecto, puede ejercer funciones de consultor en el desarrollo de los diseños y estudios técnicos.

- Revisor(es) o interventor(es) de los diseños: profesional(es) opcional(es) ingeniero civil y/o arquitecto independiente(s) dispuestos por el propietario y encargados de la revisión de los diseños competentes para el cumplimiento de la NSR10, y verificación de concordancia del resto de diseños y estudios técnicos del proyecto.

Profesionales requeridos por las empresas de servicios públicos y para otros trámites

- Ingeniero topógrafo: profesional responsable de la información topográfica del predio.

- Ingeniero electricista: profesional responsable de los diseños eléctricos y de los trámites ante CODENSA para la conexión del servicio de energía del proyecto.

- Ingeniero hidráulico: ingeniero civil especializado en hidráulica responsable de los diseños hidráulicos, sanitarios y de gas, y de los trámites y permisos ante la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá –EAAB- para el suministro del servicio de agua potable y conexión con la red pública de alcantarillado de aguas lluvias y servidas, así mismo de los trámites ante Gas Natural para la conexión y suministro de este servicio al proyecto.

- Profesional especializado en propiedad horizontal: arquitecto, abogado u otro profesional especializado en propiedad horizontal responsable del desarrollo y aprobación de los planos de alinderamiento y del reglamento de propiedad horizontal.

- **Esquema básico arquitectónico**

El esquema básico arquitectónico es la primera representación de las ideas e intenciones del propietario y/o promotor sobre el proyecto, dentro de los parámetros dados por la normativa urbana ya establecidos. El esquema básico arquitectónico debe indicar la siguiente información:

- Área, linderos y pendiente del terreno.
- Número de pisos, altillo, semisótano y sótanos.
- Aislamientos y demás características de norma urbana.
- Área aproximada de construcción.
- Número de unidades y usos por piso(s).
- Sistema estructural propuesto y luces entre apoyos.

- **Reunión equipo técnico y plan de trabajo**

En ésta reunión de diseño multidisciplinar se analizan a partir de la propuesta de esquema básico arquitectónico, las características y necesidades del proyecto de tipo socio-económico, técnico y normativo que éste debe prever y cumplir, registrándose las pautas y recomendaciones de ingeniería conceptual aportados por cada uno de los profesionales en un documento escrito.

▪ **Pautas ingeniería conceptual estructura**

Los profesionales encargados del sistema estructural con base al análisis hecho al esquema básico arquitectónico del proyecto, localización y aplicación de la normativa técnica NSR10, harán las respectivas indicaciones de ingeniería conceptual, las cuales incluirán información relacionada con:

- Planteamiento y correcto acierto del sistema estructural.
- Definición del trabajo e interacción de las fuerzas que afectan la edificación, estableciéndose la dirección en que se dispondrán los elementos estructurales.
- Definición de luces máximas entre apoyos, longitud de voladizos y altura libre máxima en columnas y pantallas.
- Dimensionamiento aproximado de columnas, vigas, pantallas y espesor de placa.

▪ **Pautas ingeniería conceptual hidrosanitario y gas**

Los profesionales encargados del sistema hidrosanitario y de gas con base al análisis hecho al esquema básico arquitectónico del proyecto, localización, indicaciones técnicas dadas por la empresa de servicios públicos EAAB , Gas Natural SA y demás normativa que aplique, harán las respectivas indicaciones de ingeniería conceptual, las cuales incluirán información relacionada con:

- Referenciación de las redes hidráulicas, sanitarias y de gas circundantes al proyecto para indicación de puntos de conexión de acometida.
- Cálculo estimado del consumo general de agua del proyecto para predimensionamiento de tanque de almacenamiento subterráneo.
- Indicaciones sobre funcionamiento, localización, dimensionamiento, inspección y mantenimiento de cuartos técnicos, disposición de cuarto de bombas, totalizadores y medidores, estos últimos para suministro hidráulico y de gas.
- Pautas para disposición de ductos de redes sanitaria, hidráulica y de gas.
- Indicación del funcionamiento de la red contraincendios y los elementos más importantes a ser contemplados dentro del diseño del proyecto.

- **Pautas ingeniería conceptual eléctrico**

Los profesionales encargados del sistema eléctrico con base en el análisis hecho al esquema básico arquitectónico del proyecto, localización, correcta aplicación de las normas técnicas RETIE, RETILAP, RETIQ, y demás indicaciones técnicas dadas por la empresa de servicios públicos CODENSA, harán las respectivas indicaciones de ingeniería conceptual, las cuales incluirán información relacionada con:

- Referenciación de la red eléctrica circundante al proyecto para indicación de puntos de conexión de acometida.
- Indicaciones sobre funcionamiento, localización, dimensionamiento, inspección y mantenimiento de cuarto técnicos para la disposición de subestación eléctrica, celda, transformador, totalizadores, medidores, armarios técnicos, entre otros.
- Pautas para disposición de ductos para la red eléctrica.

- **Levantamiento topográfico**

Comprende el conocimiento cabal de las medidas, ángulos y elevaciones de un terreno⁶⁵. Éste se constituye en el primer documento técnico que georreferencia el predio en el contexto urbano. El promotor del proyecto aportará la información consignada en el certificado catastral para la ubicación del predio.

Se tomará como referencia para el desarrollo de los posteriores estudios la planimetría y demás información topográfica una vez sea expedido la certificación de cabida y linderos por la UAECD. En los casos donde la información jurídica del predio no corresponda con el levantamiento topográfico del mismo, es necesario gestionar una nueva escritura pública por concepto de rectificación de cabida y linderos. De haber cesión al espacio público y éste no se vea reflejado mediante escritura pública, es necesario gestionar el respectivo desenglobe con el DADEP.

⁶⁵ Patiño, Gonzalo_ Planeamiento de un presupuesto de construcción, Pág. 17

El profesional responsable del levantamiento topográfico no hará parte del grupo multidisciplinar que participará en el modelado del proyecto en la nube, ya que el producto aportado por el mismo no se constituye en una propuesta de diseño que deba ser coordinada junto con otras disciplinas. El producto final a entregar consistirá en un plano topográfico archivo DWG 2D georreferenciado⁶⁶ del predio junto con las memorias técnicas y carteras de levantamiento que soporten el mismo.

Para poder desarrollar el modelado del terreno se requiere que el levantamiento topográfico contenga referenciación de puntos con relación al eje de las vías circundantes, andenes, sardineles y mojones que delimiten los linderos del predio. Los puntos de base marcada se ubicarán en lugares estratégicos exteriores al predio, con buen campo visual y facilidad para la colocación de equipos de medición.

▪ Estudio de suelos

El estudio de suelos o geotécnico es el conjunto de actividades que comprende el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010). Para el desarrollo del estudio de suelos es necesario contar con la entrega de un plano de localización y la descripción del esquema básico del proyecto.

El profesional responsable de la elaboración del estudio de suelos atenderá las inquietudes que pudiesen surgir por parte del ingeniero estructural durante el desarrollo de los estudios y diseños técnicos, así como en el transcurso de la ejecución en obra, igualmente atender a los requerimientos para el aporte de documentación y correcciones consignadas en el acta de observaciones por parte de la curaduría durante el proceso de solicitud de la licencia de construcción.

⁶⁶ Sistema de coordenadas MAGNA SIRGAS Ciudad Bogotá.

9.1.4. Determinación de validadores para la identificación de conflictos

▪ Desarrollo y aplicación de validadores

Un validador es una alerta que identifica un posible conflicto dentro de una lista de procedimientos y/o ítems a evaluar. Se determinan dos tipos de validador, uno de tipo procedimental común a las actividades contributivas del diseño relacionado con la gestión de archivos y herramientas digitales del dibujo. El segundo tipo de validador está relacionado con el componente productivo del diseño dado por las pautas de ingeniería conceptual las cuales establecen requerimientos específicos de diseño acordes al proyecto que se esté desarrollando en particular.

a) Fase 1: Preparación planos de diseño para elaboración modelo 3D.

Validadores de tipo contributivo:

- Georreferenciación en plantas.
- Correspondencia en unidades de medida.
- Nivel de elementos del dibujo eje Z = 0.
- Orden y clasificación capas de dibujo.
- Empalme correcto de líneas en vértices.

Validadores de tipo productivo:

- Coinciden bordes de placa.
- Coincide localización y dimensiones de apoyos.
- Coinciden niveles y espesores de placa.
- Hay coordinación salidas puntos sanitarios (codos y sifones) con estructura.
- Hay coordinación salidas puntos eléctricos con estructura.
- Hay coordinación salidas puntos hidráulicos con estructura.
- Hay coordinación salidas puntos de gas con estructura.

b) Fase 2: Construcción y consolidación modelo 3D.

Validadores de tipo contributivo:

- Manejo correcto de archivos de referencia externa.
- Georreferenciación modelo en coordenadas reales.
- Corresponden unidades de medida.
- Clasificación y orden en capas de dibujo.

Validadores de tipo productivo:

- Correspondencia de puntos de salida con red instalaciones.
- Previsión suficiente de ductos, espacios para cuartos y elementos técnicos.
- Coordinación red eléctrica con arquitectura-estructura y otras redes.
- Coordinación red de desagües con arquitectura-estructura y otras redes.
- Coordinación red hidráulica con arquitectura-estructura y otras redes.
- Coordinación red de gas con arquitectura-estructura y otras redes.

▪ **Identificación de conflictos**

Un conflicto en un proyecto de construcción es la diferencia o discrepancia de un resultado proyectado respecto al obtenido. Se plantean tres posibles causas que pueden generar un conflicto:

Causa 1_ Omisión y/o desarrollo de procedimientos no contenidos en la metodología que alteren un resultado final proyectado: la metodología propuesta sugiere la ejecución de una serie de pasos para la obtención de un resultado final proyectado. El planteamiento de procesos alternos no contemplados en la presente metodología son válidos siempre y cuando garanticen el resultado final proyectado.

Causa 2_ Cambios repentinos y/o no consultados por el equipo de diseño en el esquema básico arquitectónico: debe preverse un control de cambios del proyecto en coordinación con el equipo de diseño. Tener un cambio en el diseño implica sobrecostos, atrasos y reprocesos que perjudican el desarrollo del proyecto.

Causa 3_ No cumplimiento de las pautas de ingeniería conceptual establecidas con base al esquema básico arquitectónico: los cambios en el esquema básico arquitectónico afectan las pautas de ingeniería conceptual. Estas pautas son formuladas por los profesionales de las diferentes disciplinas como insumo para sus diseños a fin de garantizar la coordinación integral en el proyecto.

Tabla 9-5: Cuadro resumen identificación de conflictos

Identificación de conflictos desde la coordinación		
Cuando	Donde	Como
Preparación planos de diseño para elaboración modelo 3D	Plantas por nivel	Cruce de plantas
Coordinación proyecto modelo 3D	Elementos horizontales. Elementos verticales. Recorrido de instalaciones.	Visualización del modelo 3D Identificación de elementos arquitectónicos, estructurales, ductos, tuberías y elementos de cada instalación. Relación en hojas de dimensiones, áreas y cantidades de ductos y tuberías.

Fuente: Propia

Los conflictos de diseño se identifican en las fases de coordinación, tanto en 2D como en el modelo 3D. Dependiendo del escenario, éstos se pueden identificar en planta por medio del cruce de planos, y en el modelo donde la facilidad de visualización permite una mejor verificación de los diferentes componentes del proyecto.

9.1.5. Consolidación de la información en el transcurso del proceso de diseño

Todos los componentes técnicos que conforman el proyecto se desarrollan con base en información alfanumérica y/o planimétrica preestablecida por consenso entre profesionales del proyecto. Por lo tanto es necesario garantizar la consolidación y calidad de la misma,

ya que de llegarse a presentar modificaciones no concertadas y/o malas interpretaciones en la información, los subsecuentes diseños presentarían un sin número de conflictos con afectaciones que van mucho más allá que el simple cambio o ajuste en los mismos.

Tabla 9-6: Desarrollo y verificación información de instalaciones

Desarrollo y verificación información de instalaciones		
Instalación	Información necesaria para diseño de instalaciones	Información de instalaciones a verificar en el modelo 3D
Red de desagües aguas negras y aguas lluvias	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación sifones de piso. - Ubicación de sanitarios, lavamanos, lavaplatos, lavadoras, lavaderos, tinas y pocetas. - Indicación ductos para red de desagües aguas negras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recorridos y accesorios tubería. - Indicación de sifones y codos desagües. - Ubicación de cajas y punto conexión red alcantarillado aguas negras y lluvias por aparte.
Red hidráulica y contraincendio	<ul style="list-style-type: none"> - Ductos para red hidráulica. - Ubicación de sanitarios, lavamanos lavaplatos, lavadoras, lavaderos, tinas, duchas y pocetas. - Lugar para contadores, acometida, tanque de agua y cuarto de bombas (estos dos últimos si aplica). - Lugar gabinetes y salida para conexión contraincendio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recorridos y accesorios tubería. - Puntos hidráulicos. - Localización contadores, acometida, tanque de agua y cuarto de bombas (estos dos últimos si aplica)
Red de gas	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación de gasodomésticos. - Lugar para contadores. - Ductos para red de gas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recorrido y accesorios tubería. - Puntos de salida gas. - Localización contadores, acometida, reguladores, otros.
Red eléctrica	<p>Anteproyecto arquitectónico indicando:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ductos para red eléctrica. - Lugar para cuartos técnicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recorridos y accesorios tubería. - Localización de contadores, acometida, gabinetes, celda, transformador, planta eléctrica. (estos 3 últimos si aplica)
Otras instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Ejes ortogonales y niveles en plantas 	

Fuente: Propia

En la medida que se va avanzando en desarrollo de los diferentes diseños del proyecto, la información del mismo se va consolidando. Factores relacionados con la aplicación de metodologías de diseño, trabajo en equipo y control permanente desde el principio en la coordinación de los anteriores son claves para la optimización de tiempos y recursos empleados para la elaboración y cotejo de los mismos, obteniéndose mayores índices de productividad y reducción en posibles cambios de diseño que pudiesen darse a causa de conflictos.

Tabla 9-7: Secuencia comparación entre componentes por orden de relevancia

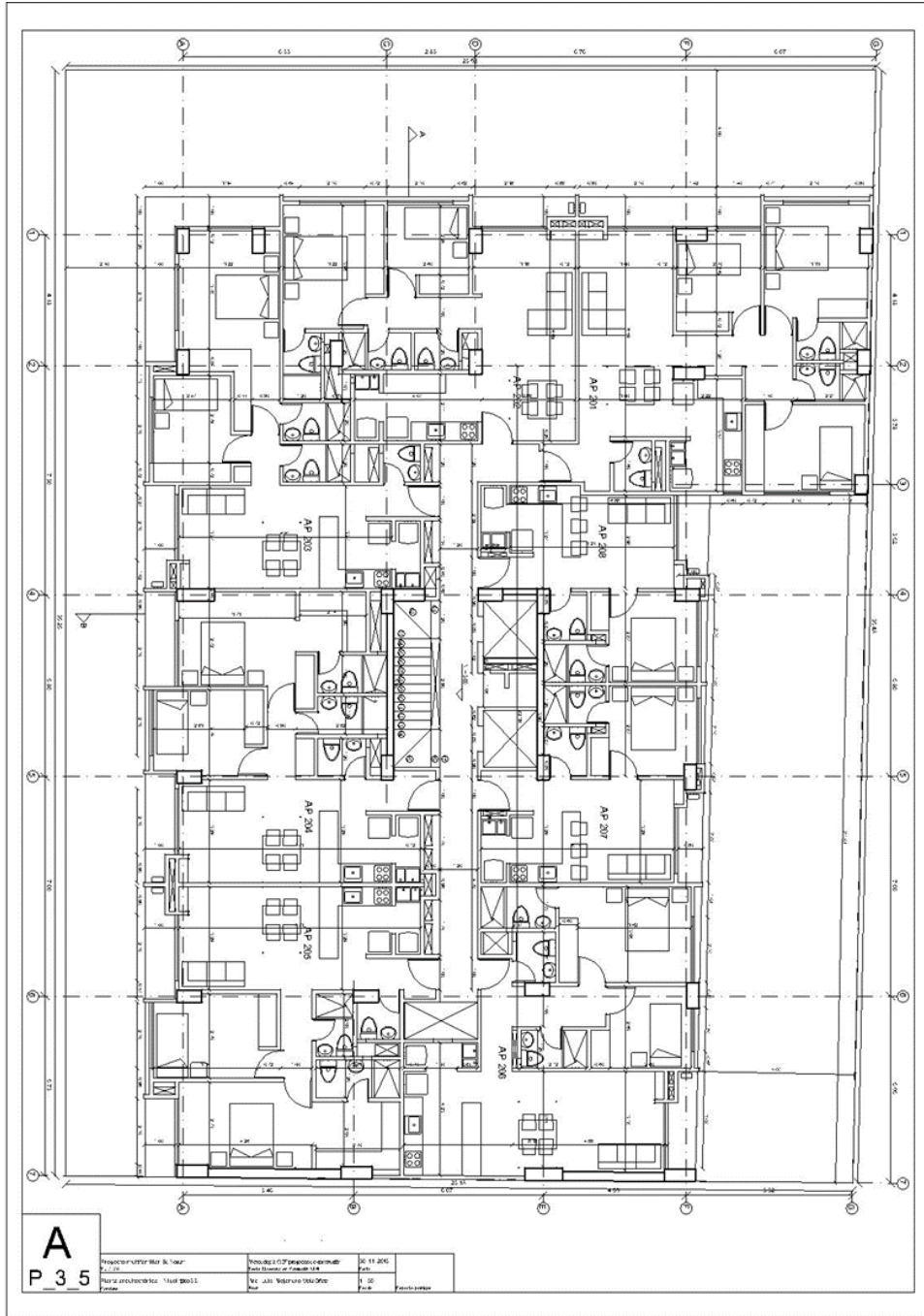
Secuencia comparación entre componentes por orden de relevancia				
	Componentes		Factores de relevancia espacial y técnica.	Localización sectores y/o puntos críticos
	1	2		
Fase 1. Preparación planos de diseño para elaboración modelo 3D				
1	Arquitectura	Estructura	Planos para modelado de referencia construcción y comparación instalaciones.	Dimensionamiento y localización de columnas y/o pantallas, bordes y altura de placa, escaleras y rampas y elementos no estructurales.
Fase 2. Coordinación proyecto modelo 3D				
1	Arquitectura -Estructura	Instalación eléctrica	Mayor cantidad y recorridos tubería.	De la acometida o subestación a tableros por unidad de vivienda y comunales.
2	Arquitectura -Estructura	Instalación sanitaria	Mayores diámetros de tubería.	Niveles de traslado horizontal de bajantes en pisos atípicos, piso 1 y parqueaderos, y ductos.
3	Arquitectura -Estructura	Instalación hidráulica	Ninguno	De la acometida o tanque de almacenamiento a los contadores por unidad de vivienda y comunales.
4	Arquitectura -Estructura	Instalación de gas	Ninguno	De la acometida a los contadores por unidad de vivienda y comunales.
5	Instalación eléctrica	Instalación sanitaria	Cruce por mayor cantidad tubería eléctrica y mayores diámetros sanitaria. Riesgo de corto eléctrico, deterioro por fugas red sanitaria.	Niveles de traslado horizontal de bajantes y tubería eléctrica en pisos atípicos, piso 1 y parqueaderos y ductos.
6	Instalación eléctrica	Instalación de gas	Cruce tubería. Riesgo de corto eléctrico y explosión por fugas tubería de gas.	Niveles de traslado horizontal tubería eléctrica y de gas en pisos atípicos, piso 1 y parqueaderos, y ductos.
7	Instalación eléctrica	Instalación hidráulica	Cruce tubería. Riesgo de corto eléctrico y deterioro tubería por fugas red hidráulica.	Niveles de traslado horizontal tubería eléctrica e hidráulica en pisos atípicos, piso 1 y parqueaderos, y ductos.
8	Instalación sanitaria	Instalación hidráulica	Cruce tubería. Riesgo deterioro tubería por fugas red sanitaria e hidráulica.	Niveles de traslado horizontal de bajantes y tubería hidráulica en pisos atípicos, piso 1 y parqueaderos y ductos.
9	Instalación sanitaria	Instalación de gas	Cruce tubería. Riesgo deterioro tubería por fugas red sanitaria.	Niveles de traslado horizontal de bajantes y tubería de gas en pisos atípicos, piso 1 y parqueaderos y ductos.
10	Instalación hidráulica	Instalación de gas	Cruce tubería. Riesgo deterioro tubería por fugas red hidráulica.	Niveles de traslado horizontal tubería hidráulica y de gas en pisos atípicos, piso 1 y parqueaderos, y ductos.

Fuente: Propia

9.1.6. Extracción información planimétrica del modelo

Al constituirse como una única base de datos de generación, almacenamiento y gestión de información, el modelo 3D, entre otras cosas, permite la salida de planos de diseño 2D.

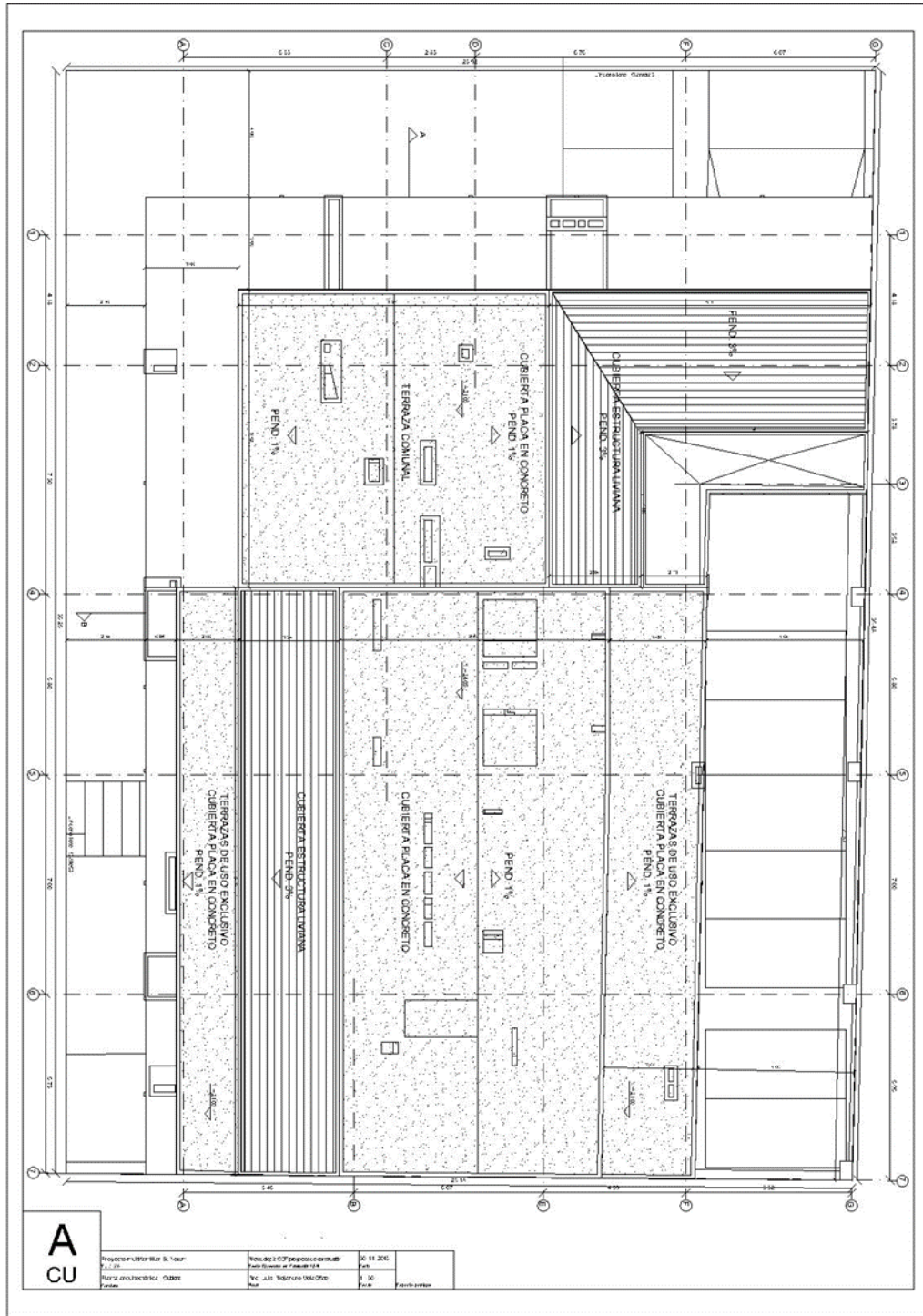
Figura 9-4: Sección activa planta piso tipo_ modelo 3D



Fuente: Propia

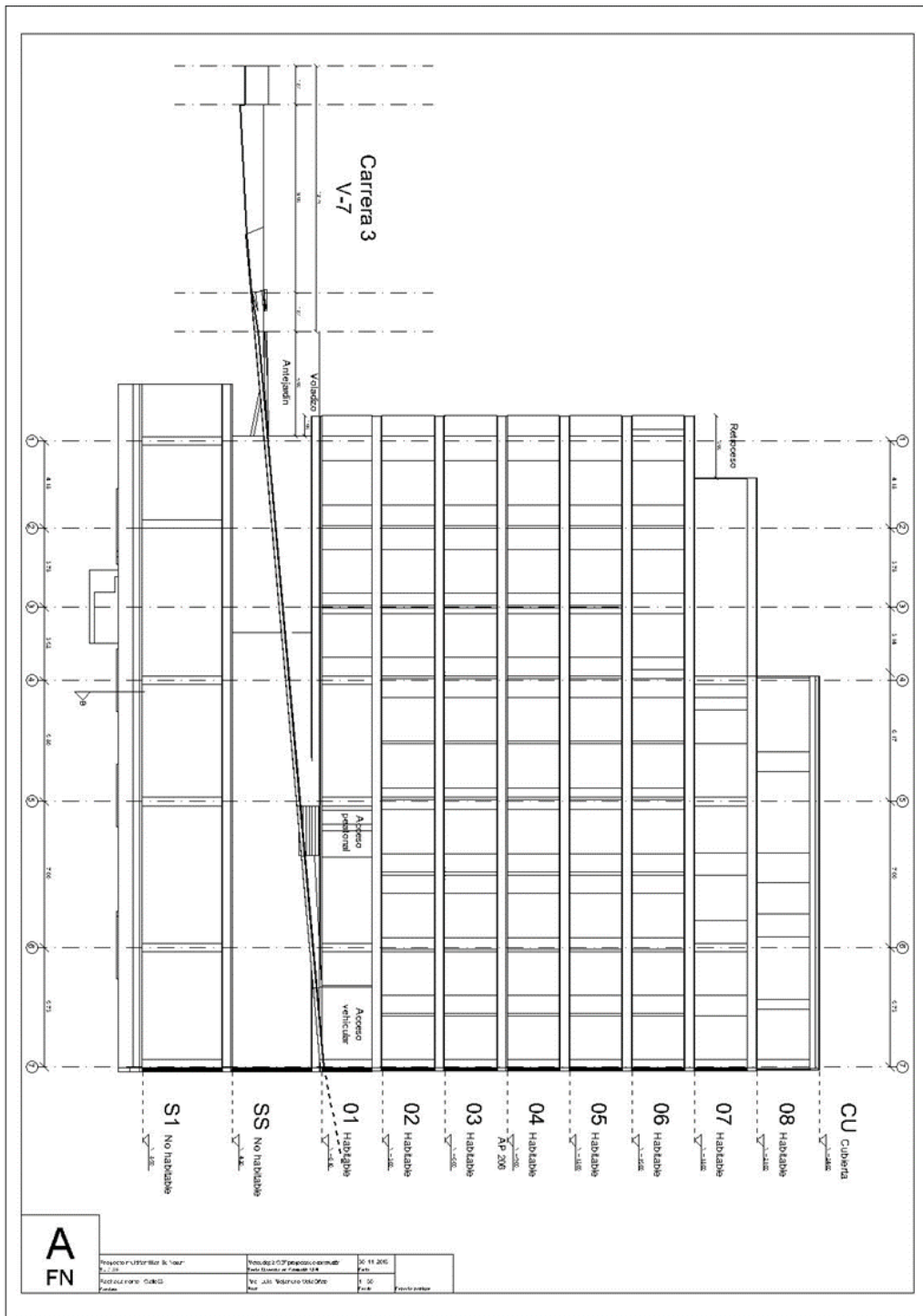
Por ejemplo, el software AutoCAD con la combinación de la herramienta de líneas de sección activa y el manejo de vistas en hojas de Presentación o Layout permite la visualización de planos de proyección, cortes y perspectivas tomadas a partir del modelo.

Figura 9-5: Proyección cubierta_ modelo 3D



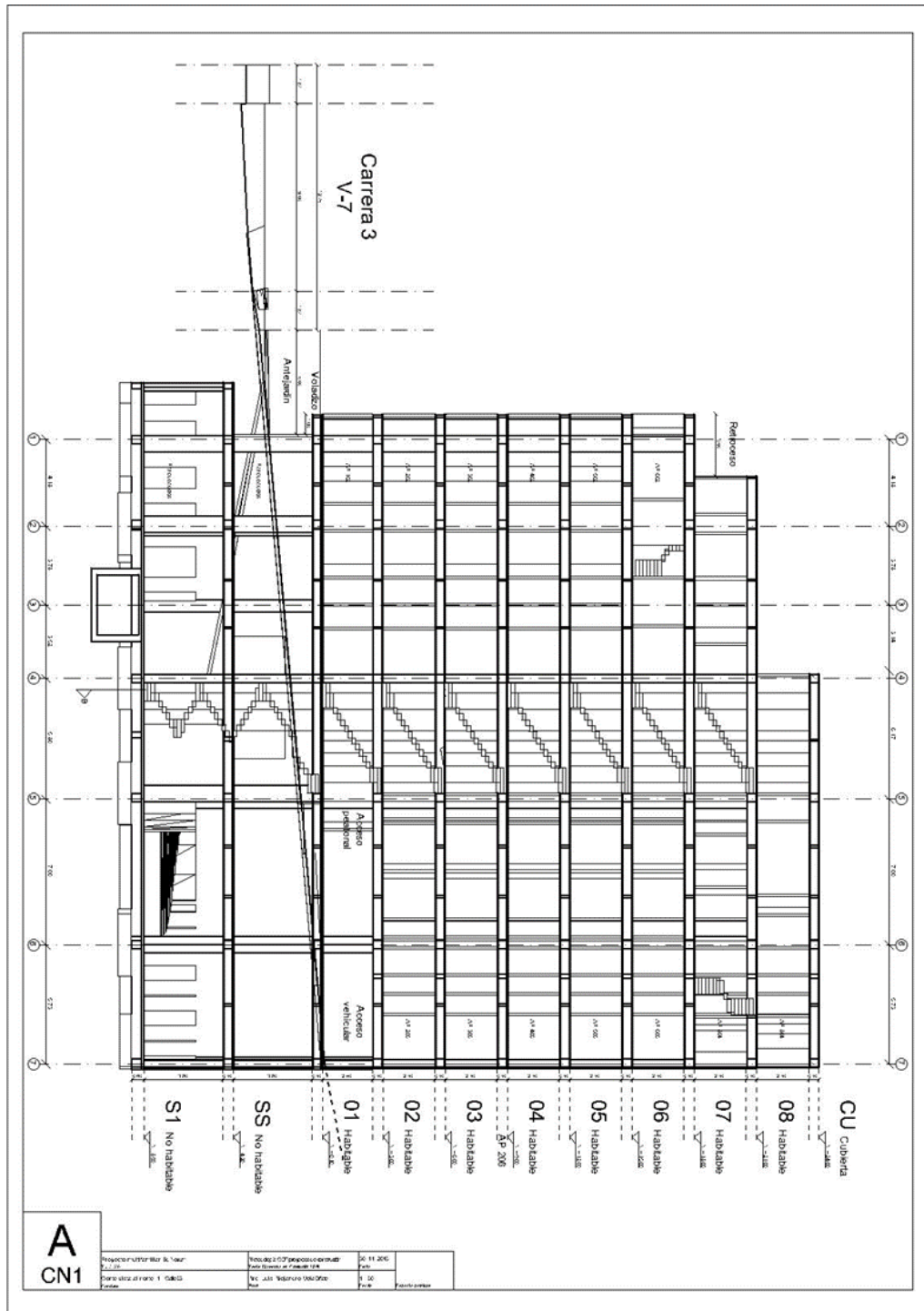
Fuente: Propia

Figura 9-6: Proyección fachada_ modelo 3D



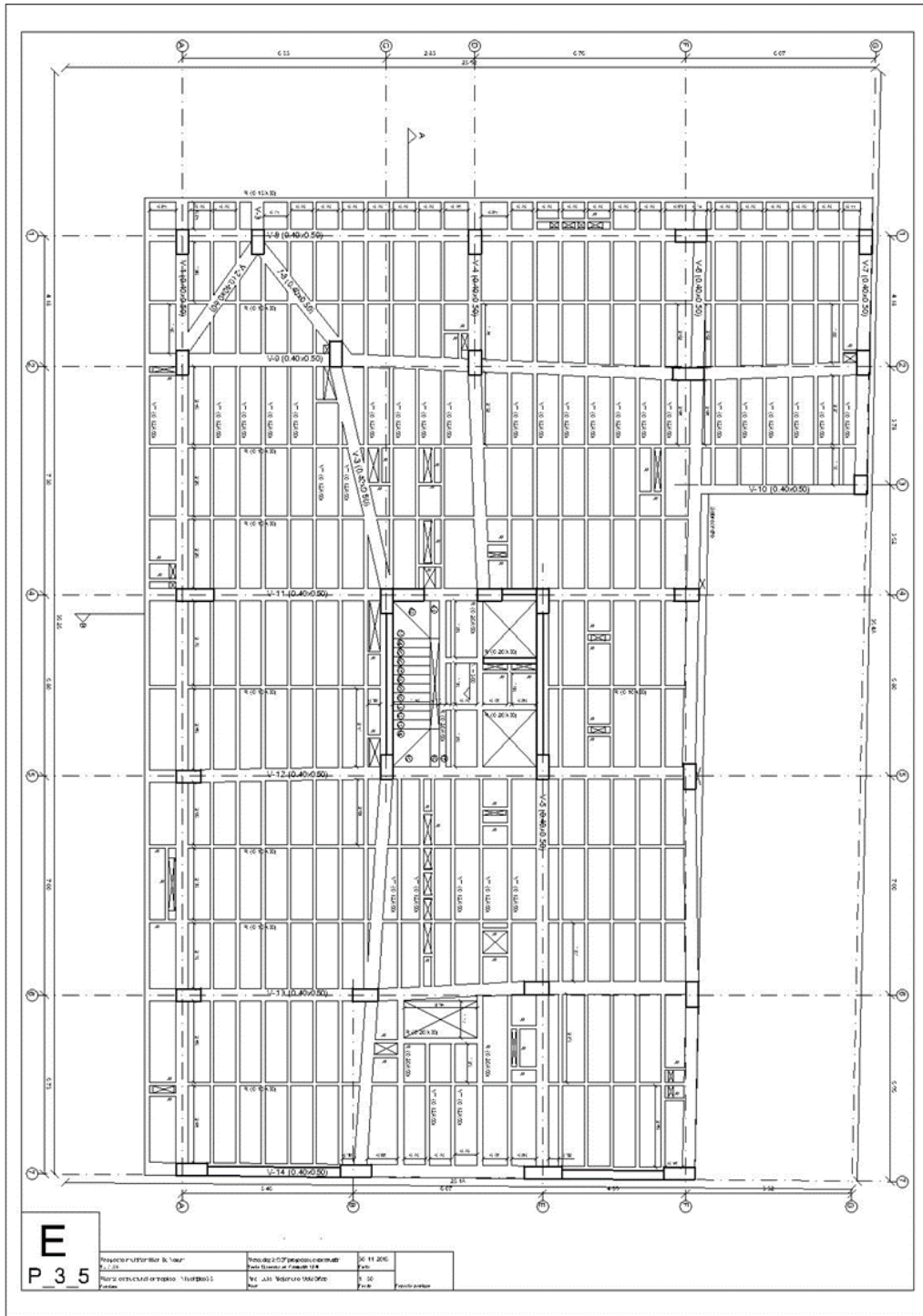
Fuente: Propia

Figura 9-7: Sección activa corte_modelo 3D



Fuente: Propia

Figura 9-8: Sección activa planta estructural_modelo 3D



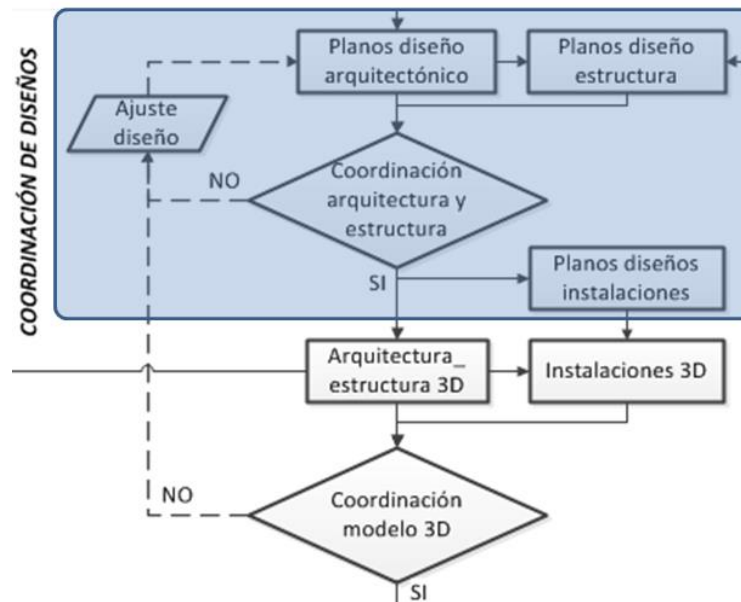
Fuente: Propia

9.2. Coordinación de diseños

9.2.1. Fase I. Preparación planos de diseño para elaboración modelo 3D

Los planos de diseño se constituyen en el insumo base para la elaboración del modelo 3D. A diferencia de los planos que se manejan en la mayoría de proyectos arquitectónicos, éstos se desarrollan exclusivamente en función a la construcción de dicho modelo, facilitando la coordinación entre los diferentes componentes técnicos y verificación de posibles conflictos que puedan generarse entre éstos.

Figura 9-9: Actividades Fase I_ Preparación planos de diseño elaboración modelo 3D



Fuente: Propia

Al definirse como planos de taller de diseño, la información contenida en éstos se sintetiza a la estrictamente necesaria, dejando a un lado aspectos de representación y expresión del dibujo relacionados con grosores y tipos de líneas, acotación, uso de convenciones y referencias textuales, formatos de rótulo, entre otros. En conclusión, cada punto y cada línea contendrán y transmitirán la información de diseño necesaria para la construcción del modelo y la coordinación del mismo.

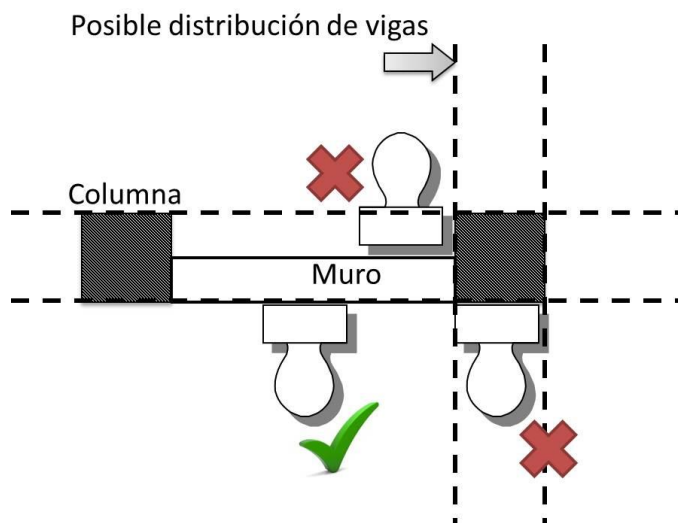
▪ Elaboración planos diseño arquitectónico

Los planos arquitectónicos son la base para la elaboración del resto de diseños técnicos; por ende éstos deben ser proyectados cumpliendo con los requerimientos exigidos por la normativa urbana y técnica, las intenciones de los promotores y las pautas de ingeniería conceptual. En el ambiente para la elaboración del diseño, es pertinente establecer desde un principio el área de trabajo en el software que facilite la elaboración y visualización tanto de planos, como del modelo 3D, y el intercambio y cruce de información entre los diferentes profesionales de cada especialidad.

- Georreferenciación en coordenadas exactas.
- Localización exacta de referencias externas.
- Intercambio y visualización directa del diseño.
- Clasificación y edición rápida de capas de dibujo.

Con relación a la funcionalidad y contenido de información del diseño, el arquitecto debe tener la capacidad intuitiva de visualizar, a manera de rayos X, no solo los elementos arquitectónicos sino también los demás componentes que están detrás de ese diseño, la interacción y coordinación de los mismos, y prever posibles conflictos que se puedan dar.

Figura 9-10: Ejemplo antelación posible distribución entrepiso respecto a ubicación aparato sanitario



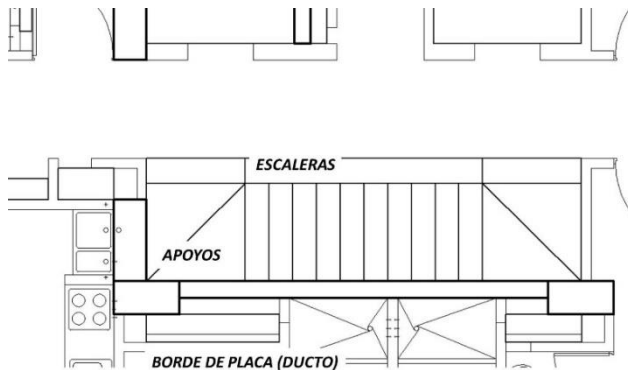
Fuente: Propia

▪ Elaboración planos diseño estructural con base a los planos de diseño arquitectónico

El ingeniero calculista es el primer cliente del arquitecto y tiene dos importantes tareas:

- Validar los elementos estructurales presentes en el diseño arquitectónico: La validación es una tarea de verificación de requisitos, en éste caso los descritos en las pautas de ingeniería conceptual, estudio de suelos, normtavidad y otros adicionales que el especialista considere pertinentes. Elementos como apoyos (columnas, muros estructurales y de contención), bordes de placa y, escaleras y rampas están presente en el diseño arquitectónico, por lo que no es necesario volverlos a redibujar en los planos estructurales.

Figura 9-11: Diferenciación elementos estructurales en plano arquitectónico



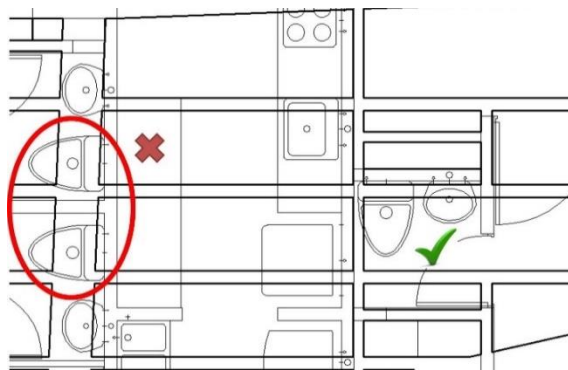
Revisión de elementos estructurales:

- ✓ Dimensiones y localización de apoyos.
- ✓ Luces entre apoyos.
- ✓ Bordes y espesor de placas.
- ✓ Altura libre de pisos.

Fuente: Propia

- Predimensionar y diseñar elementos estructurales que no se visualizan en el diseño arquitectónico: Son elementos que no se proyectan en los planos arquitectónicos como son la cimentación y la estructura de las placas de contrapiso, entrepiso y cubierta.

Figura 9-12: Detección de conflictos de salidas codos inodoros con estructura



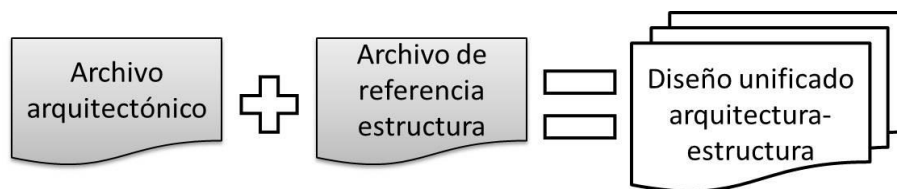
Fuente: Propia

A medida que el ingeniero especialista proyecta la estructura, en especial la de placas (vigas, viguetas, riostras), éste debe cerciorarse de que no se presenten cruces con salidas de sifones y codos sanitarios, y que se mantengan la ubicación y dimensiones de ductos propuestos en los planos arquitectónicos.

▪ **Cruce, verificación, corrección y consolidación planos de diseño arquitectónico y estructural**

Este paso como un alto en el proceso de diseño, se enfoca en el cruce, verificación, corrección y consolidación entre los planos de diseño arquitectónico y estructural, de aspectos relacionados con el cumplimiento de pautas de ingeniería conceptual, ajuste de ductos y otras modificaciones que sugiera el diseñador estructural.

Figura 9-13: Gestión de archivos y consolidación diseño arquitectura-estructura



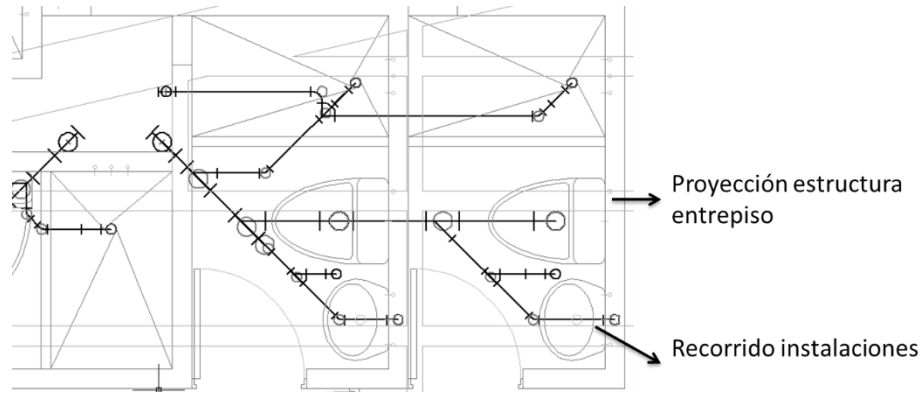
Fuente: Propia

Los diseños arquitectónicos y estructurales son la base para la elaboración de los diseños de instalaciones y por ende debe garantizarse el espacio suficiente para recorridos y áreas técnicas para su funcionamiento.

▪ **Elaboración planos diseño de instalaciones con base a los planos de diseño arquitectónico y estructural**

En las pautas de ingeniería conceptual se establecen alturas de recorrido de redes en placa, al igual que cantidad y dimensiones de ductos para recorridos verticales, previéndose espacios para la disposición de tableros, medidores, gabinetes, y demás cuartos técnicos en el diseño arquitectónico.

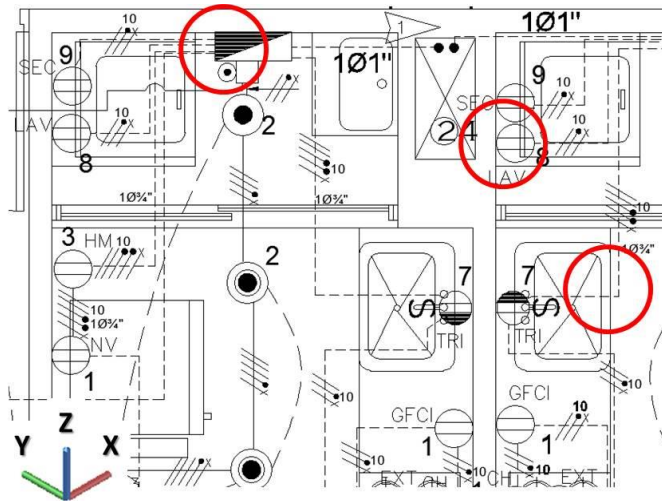
Figura 9-14: Diseño instalaciones sobre plano arquitectura-estructura



Fuente: Propia

Es necesario que los especialistas de las diferentes instalaciones a parte del cálculo para el predimensionamiento de redes, especifique con exactitud recorridos y puntos de salida georreferenciados al proyecto, lo anterior con el fin de tener una interpretación diáfana de la información, facilitando el proceso de modelado de la misma.

Figura 9-15: Verificación aspectos a tener en cuenta en el diseño de instalaciones



Verificación y georreferenciación exacta de:

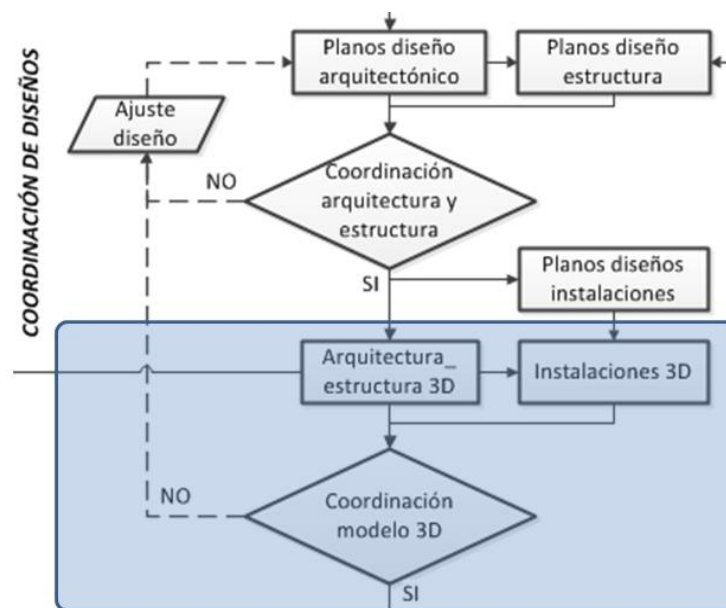
- ✓ Conexión redes con accesorios y cuartos técnicos
- ✓ Localización puntos de salida
- ✓ Curvas en ejes de recorrido
- ✓ Volumen espacial de ocupación y ubicación de accesorios y cuartos técnicos

Fuente: Propia

9.2.2. Fase II. Construcción y consolidación modelo 3D

A partir de los planos de diseño y la referenciación de alturas y niveles de piso se elabora el modelo 3D. Éste se constituye en la base de datos diseño más importante del proyecto, permitiendo, entre otras cosas, la visualización espacial de los diferentes componentes técnicos que lo conforman, el análisis de la coordinación entre los mismos, la extracción de información de diseño cartográfica y alfanumérica, la edición de imágenes y perspectivas para renders, el desarrollo de estudios adicionales, entre otros.

Figura 9-16: Actividades Fase II_ Construcción y consolidación modelo 3D



Fuente: Propia

El modelo maneja dos tipos de archivo:

- Archivos de edición de diseño: Cada componente del proyecto se modela en un archivo independiente por piso.

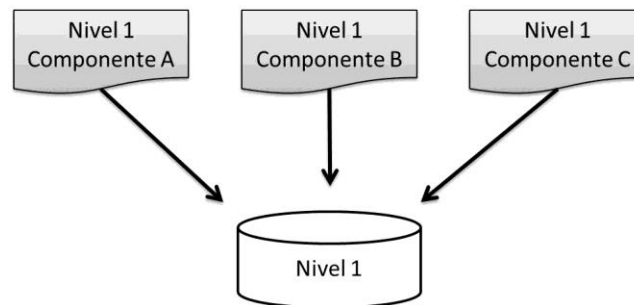
Tabla 9-8: Administración archivos de edición modelo 3D

	Sótano 1	Semisótano	Piso 1	Piso 2	Cubierta
Componente A	Archivo 1_S1	Archivo 1_SS	Archivo 1_1	Archivo 1_2	Archivo 1_CU
Componente B	Archivo 2_S1	Archivo 2_SS	Archivo 2_1	Archivo 2_2	Archivo 2_CU
Componente C	Archivo 3_S1	Archivo 3_SS	Archivo 3_1	Archivo 3_2	Archivo 3_CU
Componente D	Archivo 4_S1	Archivo 4_SS	Archivo 4_1	Archivo 4_2	Archivo 4_CU

Fuente: Propia

- Archivos para visualización conjunta y extracción de información: Éste archivo vincula a través de referencia externa los archivos de edición con el fin de visualizar la interacción de los componentes arquitectónico, estructural e instalaciones. De ésta se extrae información planimétrica como plantas, cortes y alzados.

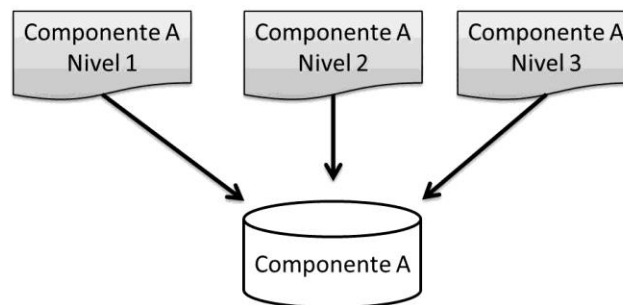
Figura 9-17: Archivo de referenciación por nivel de piso



Fuente: Propia

El modelado se constituye en un proceso de consolidación de diseño, ya que en la medida que éste se va desarrollando, necesariamente los errores y conflictos que se vayan detectando son corregidos instantáneamente, donde la construcción del mismo se hace en conjunto y siguiendo un orden.

Figura 9-18: Archivo de referenciación por componente técnico

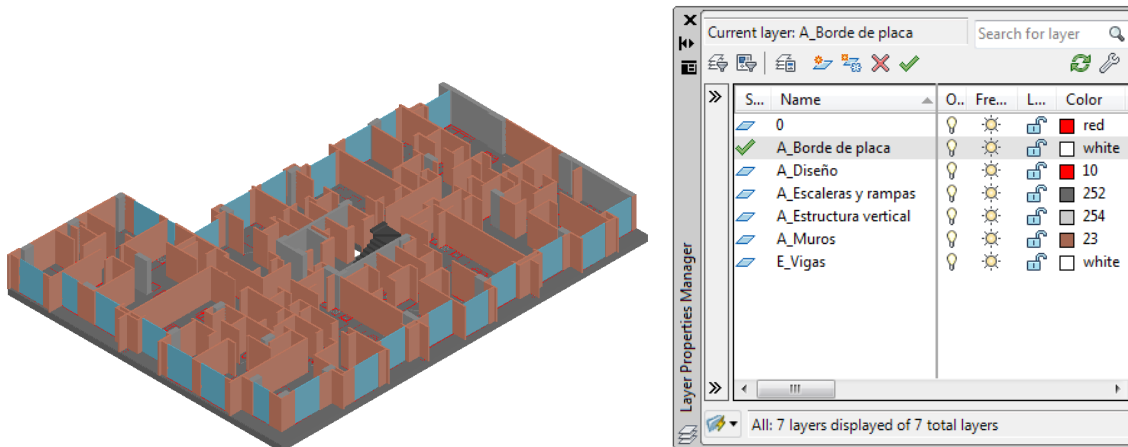


Fuente: Propia

- **Modelado de manera integrada y unificada componentes arquitectónico – estructural con base a los planos de diseño arquitectónico y estructural**

El modelado del proyecto al estar a cargo de un solo profesional, reduce las posibilidades a que se presenten discrepancias en la coordinación entre componentes, extra tiempos para revisiones y reprocesos en el diseño. Es así como se establece el modelado en conjunto del diseño arquitectónico y estructural, esto en cuanto a que comparten la mayoría de elementos verticales y horizontales que configuran el espacio.

Figura 9-19: Visualización modelo 3D y capas de dibujo_ Archivo arquitectura-estructura

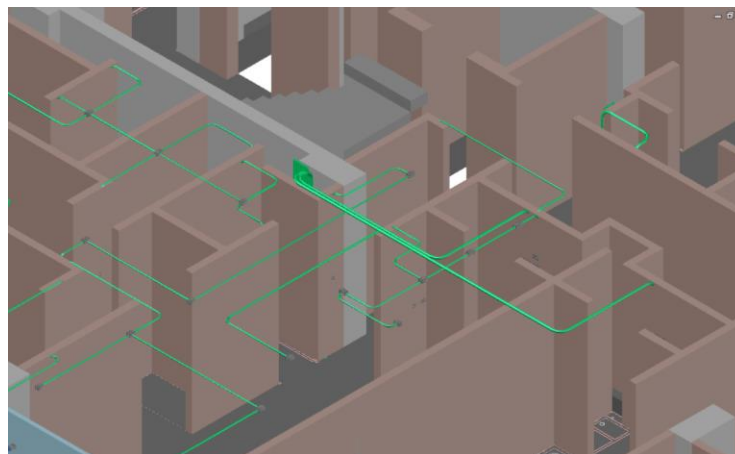


Fuente: Propia

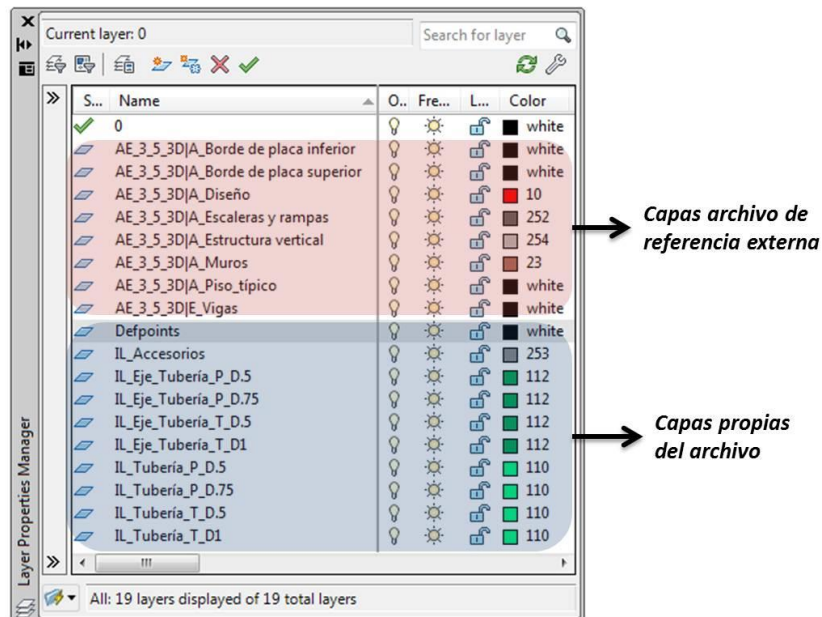
▪ **Modelado componente de instalaciones con base a los planos de diseño instalaciones y modelo 3D arquitectónico-estructural**

La construcción de redes a partir de la planimetría específica y el modelo 3D de arquitectura-estructura se facilita a tal punto que permite la detección progresiva de aparición de conflictos y su corrección inmediata en el transcurso del proceso de modelado. Dependiendo de la complejidad espacial y técnica de la red, se establece un orden para la construcción y cotejo de las mismas.

Figura 9-20: Modelado red eléctrica tomando como referencia archivo arquitectura-estructura 3D



Fuente: Propia

Figura 9-21: Indicador capas de dibujo propias de la instalación y referencia externa

Fuente: Propia

▪ Cruce, verificación, corrección y consolidación modelo 3D arquitectónico-estructural e instalaciones

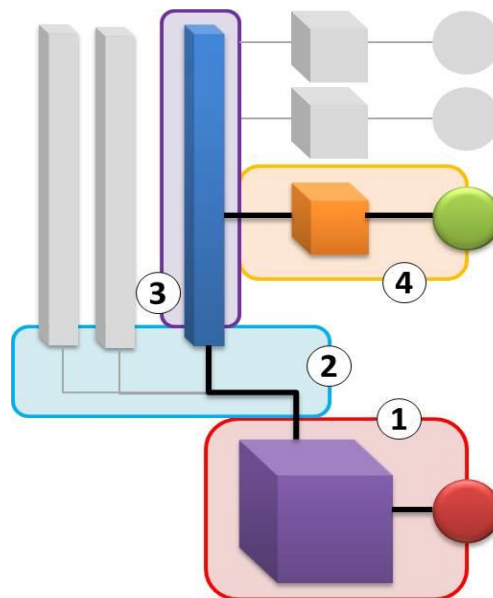
Una vez terminado el modelo, es necesario verificar la coordinación entre los componentes que lo conforman. Establecer un orden de chequeo por componente y por sitio permite dar prioridad en la búsqueda de soluciones a aquellos conflictos que más puedan afectar el desarrollo del proyecto. De acuerdo a los resultados arrojados en el estudio de caso, el orden de importancia de los componentes del modelo es el siguiente:

- 1°_ Arquitectura-estructura
- 2°_ Instalación eléctrica
- 3°_ Instalación sanitaria
- 4°_ Instalación hidráulica
- 5°_ Instalación de gas
- 6°_ Otras instalaciones

El modelo arquitectura-estructura se constituye en el escenario de referencia donde se verifican los lugares y recorridos técnicos de cada una de las instalaciones contenidas en la edificación. En ese sentido, el orden por espacios y tramos de verificación es el siguiente:

- 1- Acometidas y conexión con elementos técnicos principales en sótanos y/o primeros pisos (transformadores, subestación, cuartos de máquinas, etc).
- 2- Traslado de redes a ductos para la distribución a cada uno de los pisos.
- 3- Conexión de redes de los ductos a espacios de contadores y/o tableros.
- 4- Distribución interna en cada una de las unidades de vivienda y áreas comunes.

Figura 9-22: Orden de coordinación componentes por espacios



Fuente: Propia

Terminado el proceso de revisión y consolidación del diseño del modelo, se procede a la extracción de información base para la elaboración de documentación y productos a entregar.

9.3. Aplicativo coordinación de diseños técnicos⁶⁷

El aplicativo es una herramienta interactiva que sirve de guía para la coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción de vivienda de mediana complejidad en Bogotá. A partir de listas de chequeo se revisa, tanto en las actividades de edición como de coordinación, el cumplimiento de estándares de diseño y pautas de ingeniería conceptual, analizados y trabajados en el desarrollo de la metodología propuesta.

9.3.1. Componentes

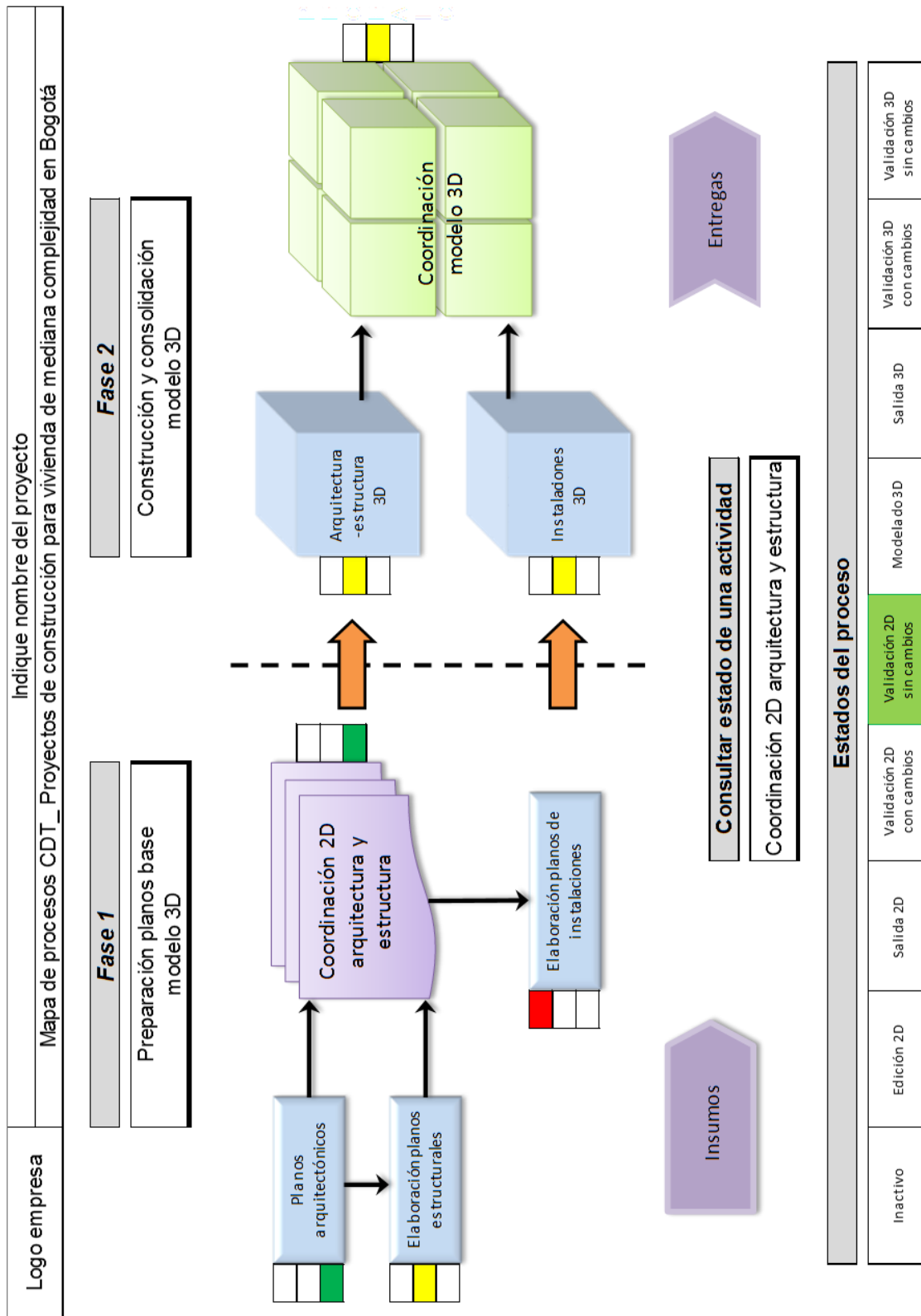
- Mapa de procesos CDT_ Coordinación de Diseños Técnicos: contiene el resumen de la secuencia de actividades ordenadas en dos grandes fases, preparación planos base modelo 3D y construcción y consolidación modelo 3D; éstas se vinculan a formatos ubicados dentro del mismo aplicativo y a archivos de diseño del proyecto. Un buscador que despliega las anteriores actividades en una lista de selección permite al usuario identificar en qué estado del proceso se encuentra la misma.

- Formato actividades de edición o modelado: éste se relaciona con la elaboración de planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones en Fase 1; modelado 3D arquitectura-estructura e instalaciones en Fase 2. Se hace una descripción general de la actividad, se relaciona la información entrante (insumos) e información saliente (productos), se verifica mediante una lista de chequeo el cumplimiento de indicadores a tener en cuenta durante la edición, y por último, el registro de observaciones, fecha y nombre del profesional encargado de la actividad.

⁶⁷ Ver Anexo Guía de Usuario

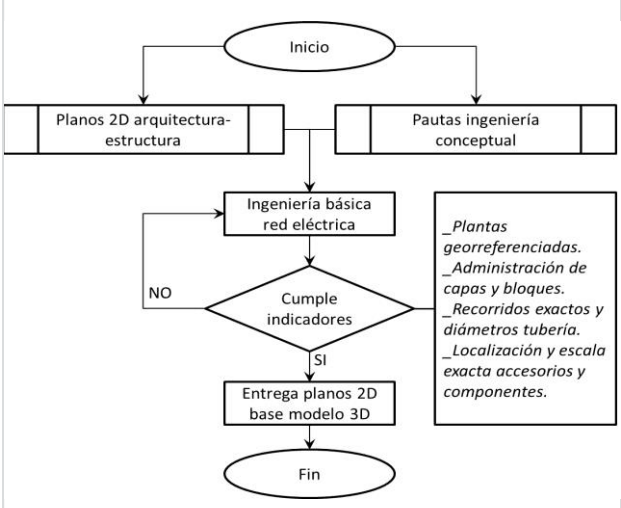
- Formato actividades de coordinación: La coordinación en la fase 1 se da entre planos arquitectónicos y estructurales, y la fase 2 se coteja en el modelo la totalidad de los componentes técnicos que el proyecto contemple. Al igual que en las actividades de edición, se hace una breve descripción, la indicación de pasos para efectuar el cruce y la verificación de la información, el registro en una lista de chequeo del cumplimiento de requisitos y pautas de ingeniería conceptual que debe cumplir el diseño y finalmente, observaciones, fecha y nombre del arquitecto encargado de la revisión.
- Base de datos instalaciones: ésta vincula información relacionada con instalaciones la cual se refleja en el formato de actividades de edición. Se contemplan las instalaciones más importantes como son la eléctrica, sanitaria, hidráulica y de gas, y la opción de incluir otro tipo de instalación o componente técnico.
- Lista de imágenes de validadores: ésta lista alimenta los formatos de actividades de coordinación y contiene un gráfico que explica el validador a revisar en el diseño. La cantidad de validadores depende de las consideraciones técnicas y pautas de ingeniería conceptual a evaluar, tanto en el cruce de planos arquitectónicos y estructurales cómo de componentes en el modelo 3D.

Figura 9-23: Mapa de procesos CDT_ Coordinación de Diseños Técnicos



Fuente: Propia

Figura 9-24: Formato actividades de edición_ Fase 1

Logo empresa	Indique nombre del proyecto			Fase 1										
	Formato actividades de edición planos de instalaciones			Estado										
	Asignación	Inicia	Duración	Finaliza										
	Ingeniero eléctrico	0	0	0										
Descripción		Seleccionar instalación		Eléctrica										
Comprende la visualización de los recorridos y diámetros de tubería, y localización y dimensiones de puntos de salida, accesorios y equipos que hagan parte integral de la red eléctrica. A pesar de que ésta maneja diámetros menores de tubería, presenta los mayores recorridos por metro lineal, por lo que es necesario prever la distribución de la misma.														
Información entrante														
_ Planos 2D arquitectura-estructura base diseño instalación eléctrica. _ Pautas ingeniería conceptual.														
Información a entregar														
_ Plantas 2D indicando recorridos y diámetros de tubería, localización de accesorios y tableros eléctricos.														
Indicadores	Cumple													
	SI	NO												
Presenta plantas típica y atípica por archivos independientes.	1		1	1	1									
Presenta plantas georreferenciadas.	1		1	1	1									
Referencia por capas diámetros tubería.	1		1	1	1									
Representa recorrido real de tubería.	1		1	1	1									
Ubica con exactitud accesorios y puntos de salida.	1		1	1	1									
Representa a escala real accesorios y puntos de salida.	1		1	1	1									
Ordena y clasifica por bloques y capas accesorios.	1		1	1	1									
El diseño se ajusta a las pautas de ingeniería conceptual.		1	1	1	1									
0														
0														
0														
0														
0														
0														
0														
0														
0														
0														
0														
Observaciones	0													
Referencias	0													
0														
0														
0														
Elaboró	0		Revisó	0										

Fuente: Propia

Figura 9-25: Formato actividades de validación_ Fase 1

Logo empresa	Indique nombre del proyecto			Fase 1	
	Formato actividades de coordinación 2D arquitectura-estructura			Validación 2D	
Asignación		Inicia	Duración	Finaliza	
Arquitecto				Sin cambios	
Descripción					
El cruce entre planos arquitectónicos y estructurales tiene como objetivo consolidar los diseños desarrollados hasta éste punto. Ésta información constituye la base para el desarrollo posterior de los planos de instalaciones.					
Pasos		Consultar imagen validador		Georreferenciación en plantas	
<p>_Cruce de plantas de diseño estructural con plantas arquitectónicas (referencia externa o pegado en coordenadas originales).</p> <p>_Revisión correspondencia de archivos y conservación de la información de diseño (georreferenciación, escala, unidades de medida, elementos del dibujo).</p> <p>_Revisión bordes de placa y localización de apoyos.</p> <p>_Ajuste ductos en placa diseño arquitectónico con base al diseño estructural.</p> <p>_Revisión puntos de salida instalación de desagües (sifones y codos) con relación a placas de contrapiso y entrepiso diseño estructural.</p>		<p>Imagen</p> <p>Plantas NO georreferenciadas vs Plantas georreferenciadas</p>			
Matriz Identificación de conflictos					
				Cumple	
Validadores				SI	NO
1	Georreferenciación en plantas			1	
2	Correspondencia en unidades de medida.			1	
3	Nivel de elementos del dibujo eje Z = 0.			1	
4	Orden y clasificación capas de dibujo.			1	
5	Empalme correcto de líneas en vértices.			1	
6	Coinciden bordes de placa.			1	
7	Coincide localización y dimensiones de apoyos.			1	
8	Coinciden niveles y espesores de placa.			1	
9	Hay coordinación salidas puntos sanitarios (codos y sifones) con estructura.			1	
10	Hay coordinación salidas puntos eléctricos con estructura.			1	
11	Hay coordinación salidas puntos hidráulicos con estructura.			1	
12	Hay coordinación salidas puntos de gas con estructura.			1	
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
Observaciones					
Referencias					
Elaboró				Fecha	

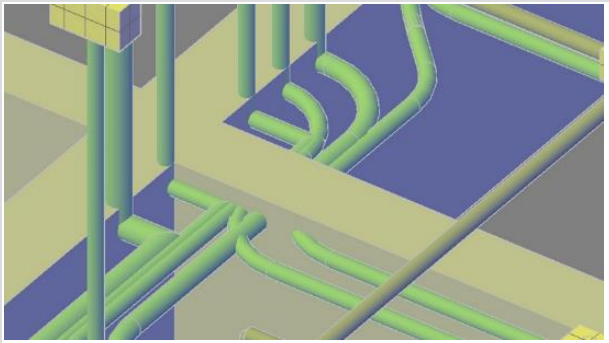
Fuente: Propia

Figura 9-26: Formato actividades de edición_ Fase 2

Logo empresa	Indique nombre del proyecto			Fase 2	
	Formato actividades de modelado 3D arquitectura-estructura			Estado	
Asignación	Inicia	Duración	Finaliza	Modelado_3D	
Arquitecto					
Descripción					
Se elabora el modelo 3D unificando los componentes arquitectónicos y estructurales, esto en cuanto a que comparten la mayoría de elementos de diseño vertical y horizontal que configuran el espacio. El modelo como contenedor de la información de diseño integra los demás componentes de instalaciones de manera unificada ya que éste se emplea como una plantilla de diseño.					
Información entrante					
_Plantas 2D arquitectónicas. _Plantas 2D estructurales. _Pautas ingeniería conceptual.	Insumos			Componentes	
	<pre> graph LR subgraph Insumos A[Pautas ingeniería conceptual] --> C B[Planos 2D Arquitectura] --> C D[Planos 2D Estructura] --> C end C((Modelado 3D arquitectura-estructura)) --> E[Placas] C --> F[Estructura vertical] C --> G[Elementos no estructurales y otros] E --> F F --> G </pre>				
Información a entregar					
_Modelo 3D arquitectura-estructura.					
				Cumple	
Validadores				SI	NO
Presenta referencias externas georreferenciadas.				1	
Clasifica por capas bordes de placa, estructura vertical y horizontal, y elementos arquitectónicos.					1
Se asignan colores a capas similares a los acabados reales de cada material.					1
Observaciones					
Referencias					
Elaboró				Fecha	

Fuente: Propia

Figura 9-27: Formato actividades de validación_ Fase 2

Logo empresa	Indique nombre del proyecto			Fase 2	
	Formato actividades de coordinación modelo 3D			Validación 2D	
Asignación		Inicia	Duración	Finaliza	
Arquitecto				Sin cambios	
Descripción					
Se revisa en el modelo 3D la coordinación entre las diferentes instalaciones con el componente arquitectura-estructura, verificándose recorridos y distribución de redes por ductos y en placas de entrepiso.					
Pasos		Consultar imagen validador	Cruce red eléctrica con arquitectura-estructura y otras		
_Orden de verificación instalaciones: 1* Eléctrico: acometida, transformador y subestación (si aplica), medidores, tableros y recorridos al interior de áreas comunes y apartamentos. 2* Sanitario: descarga alcantarillado, cajas de inspección, pozo eyector (si aplica), recorrido a ductos y conexión a ductos desde pisos inferiores hacia la cubierta. 3* Hidráulico: acometida, tanque de almacenamiento, cuarto de bombas (éstos dos últimos si aplican), medidores y recorridos al interior de áreas comunes y apartamentos. 4* Gas: acometida, medidores y recorridos al interior de áreas comunes y apartamentos. _Por recorridos se verifica en el siguiente orden: ingreso a niveles inferiores, traslado a ductos y conexión en cada piso hasta llegar a la cubierta.					
		Matriz_ Identificación de conflictos			
				Cumple	
Validadores				SI	NO
1 Manejo correcto de archivos de referencia externa.				1	
2 Georreferenciación modelo ejes X=0, Y=0, Z=0				1	
3 Corresponden unidades de medida.				1	
4 Clasificación y orden en capas de dibujo.				1	
5 Correspondencia de puntos de salida con red instalaciones.				1	
6 Previsión suficiente de ductos, espacios para cuartos y elementos técnicos.				1	
7 Coordinación red eléctrica con arquitectura-estructura y otras redes.				1	
8 Coordinación red de desagües con arquitectura-estructura y otras redes.				1	
9 Coordinación red hidráulica con arquitectura-estructura y otras redes.				1	
10 Coordinación red de gas con arquitectura-estructura y otras redes.				1	
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
Observaciones					
Referencias					
Elaboró		Revisó			

Fuente: Propia

9.3.2. Verificación estados del proceso a partir de listas de chequeo

Una de las falencias que presentan los procesos de diseño en la actualidad para el tipo de proyectos a los que se enfoca el presente trabajo de investigación es la poca gestión, seguimiento y revisión de planos. Las listas de chequeo son filtros del proceso que tienen como objetivo evaluar la forma de cómo se genera y el contenido en sí de la información del proyecto. Más allá de ser una simple forma, ésta verificación busca establecer estados del proceso, independientemente del avance y los resultados, lo que se busca es prever y corregir prácticas de diseño equivocadas que puedan generar conflictos. Desde los formatos de edición y coordinación, se tiene la posibilidad aparte de diligenciar una lista de chequeo, verificar el estado del proceso que también se refleja instantáneamente en el mapa de procesos.

9.3.3. Conclusiones

De nada sirve aplicar las listas de chequeo si éstas no se asocian directamente al proceso de diseño. La verificación, en primer lugar, debe darse de manera autónoma en cada profesional partícipe del diseño, donde éste se apropie del proceso y ejecute las actividades con sentido colectivo.

El aplicativo propuesto, independiente del enfoque en la coordinación de diseños, también puede implementarse en procesos de ejecución en obra y en otros campos. La adaptación del mismo en plataformas de programación más complejas permitiría la articulación y gestión de información en grandes volúmenes.

La condición planteada en el aplicativo de abordar el desarrollo de la actividad y la verificación en el cruce de variables tendiente a la prevención de conflictos desde la generación de la información, constituyen un valor agregado en el desarrollo colectivo e integral del proyecto.

10. Estudio de caso: Proyecto Edificio Multifamiliar en el barrio Bosque Calderón en Bogotá

Se valida la metodología propuesta a través de su aplicación en un estudio de caso, haciéndose mayor énfasis en la identificación de conflictos, determinándose sobrecostos, atrasos en la programación y otro tipo de consecuencias que de una u otra forma pueden repercutir negativamente en el desarrollo de proyecto de construcción a raíz de la no coordinación entre los componentes técnicos que lo constituyen.

10.1. Generalidades del proyecto

El proyecto multifamiliar esquinero ubicado en zona residencial sobre un terreno de pendiente media⁶⁸ (14° a 30°), inicialmente comprendía 4 predios que posteriormente se englobaron. De acuerdo a los estudios de prefactibilidad hechos en el año 2009 se determina la viabilidad económica del proyecto proponiendo inicialmente 40 unidades de vivienda, donde se logra optimizar las áreas privadas de venta ampliándose la propuesta a 47 unidades de vivienda en total, acorde con las normas urbanísticas de la zona, cumpliendo con índices de ocupación, índices de construcción, aislamientos, alturas, retrocesos, número de parqueos y zonas comunales. Se plantean 3 apartemos tipo y penthouses en los dos últimos pisos. Se proyectan parqueaderos, cuartos técnicos y zonas comunales en el sótano, semisótano y primer piso. Todos los pisos se comunican por un punto fijo de escaleras y dos ascensores.

⁶⁸ De acuerdo a la clasificación del manual técnico de la UAECD

Localización: Barrio Bosque Calderón, Bogotá, D.C.

Estrato socioeconómico: 4

Área en escrituras del lote: 903,6 m²

Área catastral de lote: 909,7 m²

Área real del lote: 948,95 m²

Área construida escrituras: 5860,96 m²

Área construida real: 5970 m² aprox.

Número de unidades de vivienda: 47

Número de parqueaderos privados: 49

Número de depósitos: 41

Número de pisos: un sótano, un semisótano y 8 pisos.

Tiempo de ejecución en obra: junio de 2011 a junio de 2013 (dos años)

Constitución reglamento de propiedad horizontal: octubre de 2012

Área privada construida⁶⁹: 3888,98 m²

Figura 10-1: Planta de localización



Fuente: Propia.

⁶⁹ El área privada construida incluye las unidades de vivienda, parqueaderos y depósitos

La estructura se diseña en pórticos en concreto con pantallas centrales y muros de contención contra el terreno. Se plantea la ubicación de ductos independientes solamente para redes eléctricas e hidrosanitarias, así mismo la localización de tanque de almacenamiento de agua, cuarto de bombas, planta eléctrica, celda y transformador en sótano y semisótano.

Posterior al englobe de los predios existentes donde se localiza el proyecto, se efectúa la rectificación de cabida y linderos protocolizada mediante escritura pública. Sin embargo las dimensiones y áreas citadas en dicho documento no corresponden con las indicadas en la manzana catastral y con las dimensiones reales del lote. Estas diferencias nunca fueron estudiadas y resueltas, presentándose posteriores problemas de diseño y construcción.

Tabla 10-1: Discrepancia en el área de lote del proyecto

	Escritura de rectificación cabida y linderos	Manzana catastral	Dimensiones reales del predio
Área del lote en m2	903,6	909,7	974,28
Fecha de verificación	Enero de 2007	Junio de 2009	Abril de 2011

Fuente: Propia

De acuerdo a las fechas de verificación del área del terreno se aprecia que el levantamiento topográfico hecho en abril de 2011 el terreno arrojaba cabida de área, linderos y niveles diferentes a la documentación legal en las fechas de iniciación de la obra, por ende fue necesario hacer una modificación drástica en los diseños, estudios técnicos, presupuestos y programación, lo que conllevó a retrasos y sobrecostos en la ejecución en obra.

La diferencia de niveles de terreno obligó al replanteo de accesos, rectificación de longitud y ángulos de pendiente en rampas vehiculares, incluso la alteración de andenes de espacio público en los perfiles viales.

Figura 10-2: Desplazamiento paramentación por diferencias en dimensiones del lote.



Fuente: Propia

Figura 10-3: Adición eje auxiliar estructural.



Fuente: Propia

El proyecto se ubica en la UPZ (Unidades de Planeación Zonal) No. 90 – Pardo Rubio, aplicándose la normativa urbana conforme al Decreto 159 de 2004. De acuerdo a las características topográficas del terreno en superficie inclinada y con el fin de llevar el proyecto al máximo índice de desarrollo en cuanto a volumetría y unidades de vivienda, el diseño planteó una línea imaginaria de cambio de alturas, la cual indicaba el número de pisos establecidos en la norma en relación a la cota de nivel del terreno.

Para la elaboración del esquema básico se tomó como base la cabida y linderos indicados en los documentos de titulación, sin haberse tenido en cuenta la discrepancia de las dimensiones del predio respecto al plano catastral y al estudio topográfico hecho en su momento.

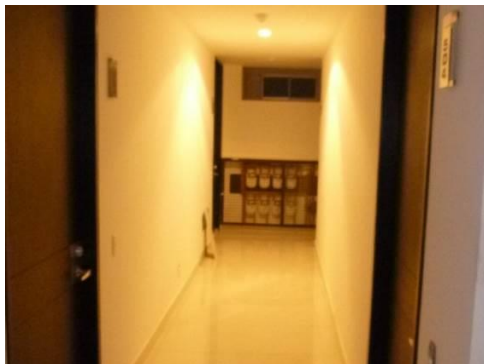
A pesar de que la empresa promotora ya contaba con un grupo multidisciplinar de profesionales y una forma de trabajo específica para el desarrollo de este tipo de proyectos, habían quedado pendientes por resolver algunos aspectos de tipo técnico, viéndose abocados a importantes modificaciones de última hora, en etapas avanzadas del diseño.

Algunos de los temas sin solucionarse en la fase de ingeniería conceptual, entre los más importantes fueron:

- Altura dentro de placa de entrepiso recorridos redes hidrosanitarias y eléctricas.
- Bajantes de aguas lluvias.
- Localización del cuarto de bombas respecto al tanque de almacenamiento subterráneo.
- Los espacios requeridos para el transformador, celda y subestación de energía.
- Localización de ductos para redes de gas.
- Localización de contadores de todas las redes.
- Remates de ductos en la placa de cubiertas.

Con el fin de dar solución a algunos de los inconvenientes anteriormente citados, se hace una revisión al diseño mediante el cruce de planos. Fue necesario plantear nuevas columnas de apoyo para reducir luces, desplazar otras para lograr las dimensiones mínimas en parqueaderos solicitadas en las actas de observaciones. El cambio en la disposición de columnas y vigas afectó la ubicación de ductos y pases para las tuberías de desagües de mayor diámetro. La reorganización de parqueaderos afectó la localización original de cuarto de bombas, planta eléctrica, celda y transformadores, a este último componente eléctrico dado su modificación también por razones de reglamentación de tipo técnico. Incluso cuando se dio inicio a la ejecución de la obra, no se contempló la disposición de los contadores y redes de suministro de gas.

Figura 10-4: No previsión disposición contadores de gas en hall comunal



Fuente: Propia

Figura 10-5: Afectación parqueaderos por reorganización de cuartos técnicos



Fuente: Propia

La consecución de cambios también afectó las dimensiones finales de cada uno de los espacios del proyecto. En las ilustraciones 10-6 se aprecia la afectación del espacio de la ducha por la incorrecta ubicación de un ducto, dificultando el acceso y el uso del mismo, contrario a la ilustración 10-7 donde se aprecia el espacio del baño sin aristas completamente libre.

Figura 10-6: Afectación ducha por ductería



Fuente: Propia

Figura 10-7: Ducha sin afectación



Fuente: Propia

Junto con el apartamento y el parqueadero se ofrece un pequeño depósito por cada unidad, sin embargo el diseño de éstos presentaron bastantes cambios los cuales se definieron en etapas avanzadas de obra. La falta de normatividad técnica referida a las dimensiones y características de este tipo de espacio sumado a las circunstancias aceleradas de ejecución del proyecto, obligaron a la disposición de algunos de estos espacios en sitios de difícil acceso como es debajo de la rampa vehicular, haciéndolos prácticamente inutilizables.

Figura 10-8: Depósitos debajo de rampa vehicular



Fuente: Propia

Figura 10-9: Altura reducida depósito por estar debajo de rampa vehicular

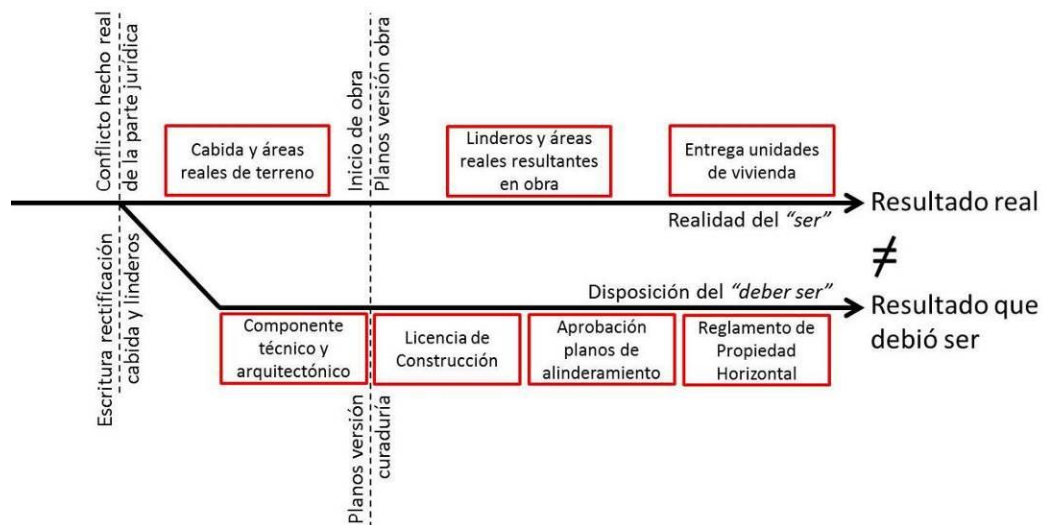


Fuente: Propia

Debido a las constantes modificaciones hechas al proyecto, éste contó en principio con una licencia de construcción expedida en junio de 2009, la cual fue modificada en el año 2011 y prorrogada en el año 2012. Según lo descrito en la ficha técnica (ver página 120), solo fue posible el inicio de obra en abril de 2011, casi dos años después de la aprobación de la licencia inicial, lo que conllevó a un sobre costo por el pago de impuestos y expensas por modificaciones y prórrogas.

A pesar de las inconsistencias presentadas en la cabida y linderos del lote (ver tabla 10-1), se siguió adelante con los trámites de la licencia de construcción con diseños que nunca correspondieron con lo edificado en obra, lo que en consecuencia generó una línea jurídica paralela a la realidad. En consecuencia el Reglamento de Propiedad Horizontal – RPH- redactado conforme a la interpretación basada en los planos de alindamiento no es el correspondiente con el proyecto real, donde los folios de matrícula abiertos con base a éste, serán interpretados solamente como cuerpo cierto de la propiedad, más no con los linderos y áreas que en éstos se describan⁷⁰.

Figura 10-10: Líneas tiempo realidad del proyecto vs. componente jurídico



Fuente: Propia

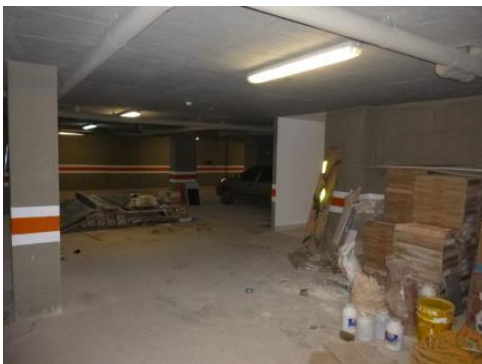
⁷⁰ Concepto tomado del Art. 42 de la Resolución 070 de 2011 expedida por el IGAC_ Efecto Jurídico de la Inscripción Catastral

En junio de 2008 se constituye la personería jurídica del proyecto a fin de que ésta adquiera responsabilidades y obligaciones específicas, cómo la gestión de recursos para el diseño y construcción, y constitución del reglamento de propiedad horizontal del mismo. Conformada la figura jurídica, se elaboran estrategias de promoción y ventas en conjunto con entidades fiduciarias. Una vez alcanzado el punto de equilibrio se protocoliza la – Constitución de fiducia mercantil- en abril de 2011, fecha en la cual se da inicio a la ejecución de trabajos en obra.

A pesar de que el proyecto obtuvo éxito en ventas dada la localización estratégica en la ciudad y variedad de tipologías de apartamentos ofertados, se entregaba una información equivocada a los clientes la cual no correspondía con la realidad de los diseños.

Se daba a conocer el área construida de los apartamentos, más no se especificaba su área privada, de igual forma estos se ofrecía con la posibilidad de tener hasta dos parqueaderos, bien fuese en superficie o mediante el uso de duplicadores, sin embargo una vez revisados los diseños, estos no cumplían con lo ofertado, entre otras por las continuas modificaciones a los mismos por diferentes razones de carácter técnico y/o jurídico.

Figura 10-11: Parqueaderos con altura sencilla sin posibilidad a duplicador.



Fuente: Propia

Figura 10-12: Parqueaderos con altura y media para disposición de duplicadores



Fuente: Propia

Así mismo se ofrece una altura libre para todas las unidades de vivienda de 2,85 mts, sin embargo en la revisión de los planos estructurales se constató que la altura de la viga que tiene la mayor luz es superior al espesor general del resto de la placa de entrepiso, habiendo irregularidad en la altura libre ofrecida. Los anteriores problemas fueron detectados en las actividades preliminares de obra.

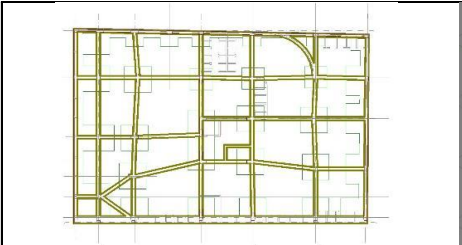
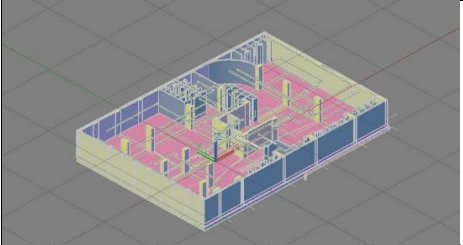
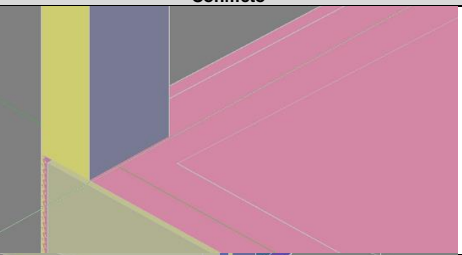
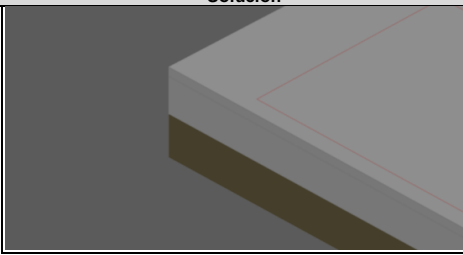
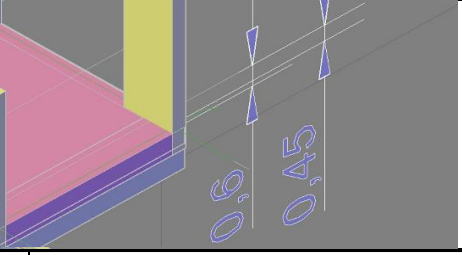
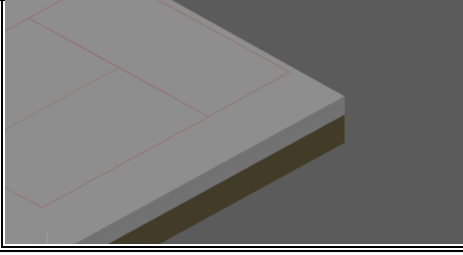
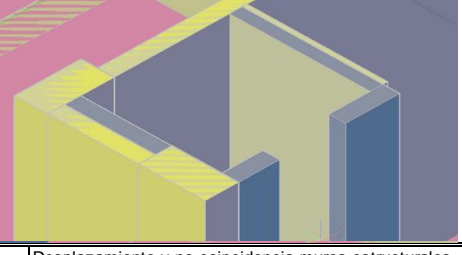
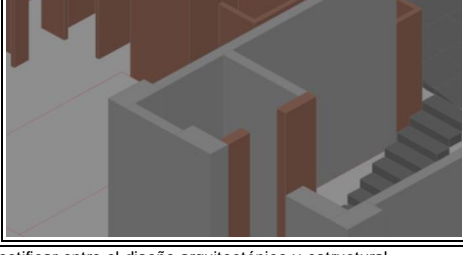
10.2. Matriz de verificación de conflictos

La matriz organiza a través de una base de datos los conflictos detectados visualmente producto de la comparación de los sistemas técnicos en el modelo 3D, éste último elaborado a partir de los planos finales del proyecto estudio de caso. Sumado a los sistemas técnicos y espaciales, se introducen a la matriz variables para determinar pérdidas en costo y tiempo a causa de conflictos técnicos en el proyecto.

10.2.1. Componentes

- Formato de resumen: contiene información general del proyecto, un resumen de sobrecostos y días de atraso total, una celda desplegable para la selección de los sistemas técnicos y nivel a visualizar. La anterior selección vincula al formato gráficos de planta e isometría de ubicación, resumen de los elementos a verificar y registro para 7 inconsistencias, donde se muestra en cada uno imágenes y descripción del conflicto y la solución, cantidad, valor unitario, valor total y vinculación de ítems del presupuesto y/o base de datos de la construcción.
- Bases de datos: se organiza la información en torno a lista desplegable que vincula la información tanto gráfica como alfanumérica al formato de resumen. Éste contiene fórmulas de búsqueda, celdas desplegables y validación de datos.

Tabla 10-2: Formato de resumen matriz verificación de conflictos

Logo empresa	Indique nombre del proyecto				
	Base de datos identificación de conflictos				
Total Costos Directos	Programación_Días		Total Sobrecosto	Días de atraso	Código
\$ 8,113,164,075	720		\$ 165,931,303	41.06	A S1 E
Componentes a verificar			Archivos		Nivel
A	Arquitectura	E	Estructura	A_S1	3D Nivel S1
					
Planta localización 2D			Identificación modelo 3D		
Resumen					
Verificación localización y dimensiones de apoyos verticales (columnas, muros estructurales y de contención), espesores y bordes de placa. Ubicación de parqueaderos, depósitos, cuarto de bombas y rampa vehicular.					
Conflicto			Solución		
					
01	Desplazamiento y no coincidencia borde de placa.		Rectificar entre el diseño arquitectónico y estructural correspondencia en bordes de placa.		
	Unidad	M3	Cantidad	V/Unit.	\$ 383,181
			10		
	V/Total		\$ 3,831,812	Items	2,12-2,20--2,1
					
02	Diferencia de altura espesor de placa.		Rectificar entre el diseño arquitectónico y estructural correspondencia en espesores de placa.		
	Unidad	M3	Cantidad	V/Unit.	\$ 246,146
			10		
	V/Total		\$ 2,461,459	Items	2,12-2,18-2,19-2,20-
					
03	Desplazamiento y no coincidencia muros estructurales.		Rectificar entre el diseño arquitectónico y estructural correspondencia en bordes de muros estructurales.		
	Unidad	M3	Cantidad	V/Unit.	\$ 490,000
			9		
	V/Total		\$ 4,410,000	Items	2,9-2,13--
Elaboró			Revisó		

Fuente: Propia

Tabla 10-3: Formato base de datos identificación de conflictos

CÓDIGO	COMPONENTE 1	NIVEL	COMPONENTE 2	ARCHIVO 2D	ARCHIVO 3D	RESUMEN	CÓDIGO	CONFLICTO 1	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	ATRASO	ITEMS DE OBRA	SOLUCIÓN
A_S1_E	Arquitectura	S1	Estructura	A_S1	3D_Nivel_S1	Verificación localización y c	47	Desplazamiento y no coincidenc	M3	10	\$ 383,181	\$ 3,831,812	0.2047	2.12-2,20-	Rectificar entre el diseño arquit
A_S5_E	Arquitectura	S5	Estructura	A_S5	3D_Nivel_S5	Verificación localización y c	50	Diferencia de altura espesor de	M3	10	\$ 246,146	\$ 2,461,459	0.0000	2.12-2,18-	Rectificar entre el diseño arquit
A_1_E	Arquitectura	A_1	Estructura	A_1	3D_Nivel_1	Verificación localización y c	51	Diferencia dimensiones de colum	M3	2	\$ 246,215	\$ 492,429	0.0000	2.10-2,18-	Rectificar entre el diseño arquit
A_2_6_E	Arquitectura	2_6	Estructura	A_2_6	3D_Nivel_2	Verificación localización y c	54	No correspondencia muros en d	UN	12	\$ 14,278	\$ 171,338	0.0000	4.1-5,2--	Rectificar diseño de muros respe
A_7_E	Arquitectura	7	Estructura	A_7	3D_Nivel_7	Verificación localización y c	47	Desplazamiento y no coincidenc	M3	10	\$ 383,181	\$ 3,831,812	0.2047	2.12-2,20-	Rectificar entre el diseño arquit
A_8_E	Arquitectura	8	Estructura	A_8	3D_Nivel_8	Verificación localización y c	33	Desplazamiento de bordes de m	M2	2	\$ 16,453	\$ 32,907	0.0000	4.1-4,2-5,1	Rectificar entre el diseño arquit
A_CU_E	Arquitectura	CU	Estructura	A_CU	3D_Nivel_CU	Verificación espesores y bo	50	Diferencia de altura espesor de	M3	10	\$ 246,146	\$ 2,461,459	0.0000	2.12-2,18-	Rectificar entre el diseño arquit
A_S1_RAL	Arquitectura	S1	Red aguas lluvias	A_S1	3D_Nivel_S1	Verificación tubería descol	16	Cruce irregular tubería aguas ll	UN	4	\$ 14,309	\$ 57,237	0.0000	8.11,1-8,11	Rediseñar y desplazar recorrid
A_SS_RAL	Arquitectura	SS	Red aguas lluvias	A_SS	3D_Nivel_SS	Verificación tubería descol	0		0	\$ 0	\$ 0	0.0000	0		
A_1_1_RAL	Arquitectura	1	Red aguas lluvias	A_1_1	3D_Nivel_1	Verificación recorridos tub	55	No se marca vacío ducto en plac	UN	1	\$ 246,077	\$ 246,077	0.0000	2.19-2,20-	Rectificar entre el diseño arquit
A_2_6_RAL	Arquitectura	2_6	Red aguas lluvias	A_2_6	3D_Nivel_2	Verificación recorridos tub	39	Desplazamiento tubería bajante	UN	1	\$ 10,364	\$ 10,364	0.0000	8.12,4----	Ajustar y desplazar tubería dent
A_7_RAL	Arquitectura	7	Red aguas lluvias	A_7	3D_Nivel_7	Verificación recorridos tub	39	Desplazamiento tubería bajante	UN	1	\$ 10,364	\$ 10,364	0.0000	8.12,4----	Ajustar y desplazar tubería dent
A_8_RAL	Arquitectura	8	Red aguas lluvias	A_8	3D_Nivel_8	Verificación recorridos tub	52	Desplazamiento tubería bajante	UN	10	\$ 246,146	\$ 2,461,459	0.0000	2.12-2,18-	Desarrollar diseños de detalle y
A_CU_RAN	Arquitectura	CU	Red aguas lluvias	A_CU	3D_Nivel_CU	Verificación sifones remate	0	Desplazamiento tubería red hid	UN	0	\$ 0	\$ 0	0.0000	0	
A_S1_RAN	Arquitectura	S1	Red aguas negras	A_S1	3D_Nivel_S1	Verificación ubicación de si	45	Desplazamiento tubería red hid	UN	4	\$ 14,309	\$ 57,237	0.0000	8.11,1-8,11	Establecer con el grupo interdisc
A_SS_RAN	Arquitectura	SS	Red aguas negras	A_SS	3D_Nivel_SS	Verificación ubicación de si	0	Desplazamiento tubería red hid	UN	4	\$ 0	\$ 0	0.0000	0	
A_1_1_RAN	Arquitectura	1	Red aguas negras	A_1_1	3D_Nivel_1	Verificación desagües apar	38	Desplazamiento tubería red hid	UN	4	\$ 19,217	\$ 76,868	0.0000	8.11,5----	Ajustar y desplazar tubería dent
A_2_6_RAN	Arquitectura	2_6	Red aguas negras	A_2_6	3D_Nivel_2	Verificación desagües apar	38	Desplazamiento tubería red hid	UN	3	\$ 19,217	\$ 57,651	0.0000	8.11,5----	Ajustar y desplazar tubería dent
A_7_RAN	Arquitectura	7	Red aguas negras	A_7	3D_Nivel_7	Verificación desagües apar	38	Desplazamiento tubería bajante	UN	4	\$ 19,217	\$ 76,868	0.0000	8.11,5----	Ajustar y desplazar tubería dent
A_8_RAN	Arquitectura	8	Red aguas negras	A_8	3D_Nivel_8	Verificación desagües apar	38	Desplazamiento tubería bajante	UN	5	\$ 19,217	\$ 96,085	0.0000	8.11,5----	Ajustar y desplazar tubería dent
A_S1_IH	Arquitectura	S1	Instalación hidral	A_S1	3D_Nivel_S1	Verificación puntos hidral	7	Cruce entre red tubería hidral	UN	2	\$ 6,261	\$ 12,522	0.0026	8.1-8,2,1	Establecer con el grupo interdisc
A_SS_IH	Arquitectura	SS	Instalación hidral	A_SS	3D_Nivel_SS	Verificación puntos hidral	46	Cruce irregular de cajas, tablero	UN	1	\$ 41,172	\$ 41,172	0.0215	5.6-7,1,3-7	Preveer espacios libres y/o nicho
A_1_1_IH	Arquitectura	1	Instalación hidral	A_1_1	3D_Nivel_1	Verificación puntos hidral	0	Desplazamiento tubería red hid	UN	2	\$ 10,491	\$ 20,981	0.0000	8.2,1-8,2,3	Establecer con el grupo interdisc

Fuente: Propia

- Listas: la matriz maneja tres listas principales, una relacionada con la descripción de conflictos, una segunda muestra los sistemas técnicos y ubicación por piso en el proyecto, y la tercera relaciona un índice de costos directos y/o precios por ítem de construcción.

Tabla 10-4: Formato descripción, tiempos y costos de conflictos

Indicador de conflictos	V/Item 3	Das	Item 4	V/Item 4	Das	Item 5	V/Item 5	Das	% Programación	Solución			
Cruce de codo y/o sifón de piso en vigas y viguetas.	\$ 45.000	1	0,04953	8,10,10	\$ 23.652	1	0,02603	8,13,2	\$ 26,147	1	0,02878	0,03914	Ajustar y desplazar circunferencia salida sifón de piso fuera de sección de
Cruce entre red tubería aguas lluvias.	\$ 19.217	1	0,02115	8,12,4	\$ 10.364	1	0,01141		\$ 0	0	0,00000	0,01367	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce entre red tubería aguas negras.	\$ 19.217	1	0,02115	8,11,6	\$ 10.364	1	0,01141		\$ 0	0	0,00000	0,01228	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce entre red tubería de gas.	\$ 20.140	1	0,02217	8,24,4	\$ 4.475	1	0,00493		\$ 0	0	0,00000	0,01185	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce entre red tubería eléctrica.	\$ 72.105	1	0,05953	7,1,9	\$ 32.533	1	0,02686	7,1,10	\$ 29.582	1	0,02442	0,03522	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce entre red tubería hidráulica.	\$ 943	1	0,00104	7,1,9	\$ 4.703	1	0,00518	8,7,4	\$ 1.189	1	0,00131	0,00689	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce irregular de cajas, tableros y/o contadores con muro.	\$ 125.673	1	0,10375	7,1,10	\$ 9.505	1	0,00785	8,15,9	\$ 19.500	1	0,02146	0,03389	Prever espacios libres y/o nichos exclusivos para cajas, tableros y/o conta
Cruce irregular de codos tuberías aguas negras en esquinas, uniones y	\$ 0	0	0,00000		\$ 0	0	0,00000		\$ 0	0	0,00000	0,00822	Ajustar y desplazar accesorios (vees, tees, codos) por fuera de sección de vi
Cruce irregular de codos tubería red hidráulica en esquinas, uniones	\$ 5.982	1	0,00658	7,1,13	\$ 8.765	1	0,00965	8,2,11	\$ 21.637	1	0,02381	0,01031	Ajustar y desplazar accesorios (vees, tees, codos) por fuera de sección de vi
Cruce irregular tubería aguas lluvias y/o negras en diagonal por vigas	\$ 13.242	1	0,01457	7,1,14	\$ 0	0	0,00000		\$ 0	0	0,00000	0,01575	Prever el cruce de tubería por la luz media en vigas y viguetas.
Cruce irregular tubería aguas lluvias y/o negras en esquinas, uniones y	\$ 8.849	1	0,00754	0	\$ 0	0	0,00000		\$ 0	0	0,00000	0,00739	Prever el cruce de tubería por la luz media en vigas y viguetas.
Cruce irregular tubería red hidráulica en esquinas, uniones y/o seccion	\$ 5.982	1	0,00658	7,2,3	\$ 8.765	1	0,00965	8,2,11	\$ 21.637	1	0,02381	0,01031	Prever el cruce de tubería por la luz media en vigas y viguetas.
Cruce irregular tubería aguas lluvias y/o negras por columnas y muros	\$ 13.242	1	0,01457		\$ 0	0	0,00000		\$ 0	0	0,00000	0,01575	Ajustar y desplazar tubería por fuera de sección de columnas y muros estru
Cruce irregular tubería red eléctrica por columnas y muros estructural	\$ 236.494	1	0,19324		\$ 0	0	0,00000		\$ 0	0	0,00000	0,07079	Ajustar y desplazar tubería por fuera de sección de columnas y muros estru
Cruce irregular tubería red hidráulica por columnas y muros estructural	\$ 8.765	1	0,00965	8,2,11	\$ 21.637	1	0,02381		\$ 0	0	0,00000	0,01160	Ajustar y desplazar tubería por fuera de sección de columnas y muros estru
Cruce irregular tubería aguas lluvias y/o negras por muro divisorio.	\$ 13.242	1	0,01457		\$ 0	0	0,00000		\$ 0	0	0,00000	0,01575	Rediseñar y desplazar recorridos de tubería por ductos.
Cruce irregular tubería red eléctrica por muro divisorio.	\$ 0	0	0,00000		\$ 0	0	0,00000		\$ 0	0	0,00000	0,02877	Rediseñar y desplazar recorridos de tubería por ductos.
Cruce irregular tubería red hidráulica por muro divisorio.	\$ 13.770	1	0,01516	8,4,3	\$ 20.020	1	0,02203		\$ 0	0	0,00000	0,01155	Rediseñar y desplazar recorridos de tubería por ductos.
Cruce múltiple de tuberías por vigas y viguetas.	\$ 14.654	1	0,01613	8,25,2	\$ 11.882	1	0,01308		\$ 0	0	0,00000	0,01478	Rediseñar y desplazar recorridos aumentando la distancia entre ejes de ca
Cruce tubería aguas lluvias con tubería de gas.	\$ 37.170	1	0,03069	7,1,10	\$ 29.582	1	0,02442	7,1,12	\$ 23.832	1	0,01968	0,01938	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce tubería aguas lluvias con tubería red eléctrica y/o datos.	\$ 19.217	1	0,02115	8,1,6	\$ 10.364	1	0,01141	7,1,3	\$ 37.170	1	0,03166	0,01596	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce tubería aguas negras con red eléctrica y/o de datos.	\$ 19.217	1	0,02115	8,1,6	\$ 10.364	1	0,01141	7,1,3	\$ 37.170	1	0,03166	0,01596	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce tubería aguas negras con tubería aguas lluvias.	\$ 13.242	1	0,01457	8,12,2	\$ 6.849	1	0,00754	8,12,11	\$ 34.107	1	0,03754	0,01524	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce tubería aguas negras con tubería de ventilación.	\$ 19.217	1	0,02115	8,13,1	\$ 8.491	1	0,00935	8,13,2	\$ 14.929	1	0,01943	0,01270	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce tubería aguas negras con tubería red hidráulica.	\$ 19.217	1	0,02115	8,2,1	\$ 9.469	1	0,00582	8,2,1	\$ 13.770	1	0,01516	0,01134	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y
Cruce tubería red hidráulica con cajas, tableros y/o contadores.	\$ 13.770	1	0,01516	8,4,3	\$ 20.020	1	0,02203		\$ 0	0	0,00000	0,01155	Establecer con el grupo interdisciplinario de profesionales los recorridos y

Fuente: Propia

Tabla 10-5: Formato relación imágenes niveles y conflictos

Conflicto 3					
Solución 2					
Conflicto 2					
Solución 1					
Conflicto 1					
Identificación modelo 3D					
Plata localización 2D					
COD	A_1LE	A_2SE	A_1LE	A_2SE	A_1LE

Fuente: Propia

Tabla 10-6: Formato relación costos y porcentajes de tiempo ítems presupuesto de obra

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Variación año 2015	V/Total histórico	V/Total año 2015	Días	% Programación	% Costo capítulo	% Costo V/Unit.	Equivalencia días
1	PRELIMINARES							36	0.05000			
1.1	Localización y reolanteo	M2	5,783.86	\$ 2,323	\$ 2,529	\$ 13,433,304	\$ 14,627,525			0.05251	0.00001	0.00033
1.2	Cerramiento en malla estibonada y tubo de 2"	M2	213.00	\$ 77,500	\$ 84,390	\$ 16,507,500	\$ 17,975,017			0.06452	0.00030	0.01091
1.3	Campamento en contahiner 2x5ml	GLB	3.00	\$ 7,500,000	\$ 8,166,750	\$ 22,500,000	\$ 24,500,250			0.08795	0.02932	1.05537
1.4	Demoliciones en concreto	M3	25.00	\$ 250,000	\$ 272,225	\$ 6,250,000	\$ 6,805,625			0.02443	0.00098	0.03518
1.5	Instalaciones provisionales Hidráulicas	GLB	1.00	\$ 12,000,000	\$ 13,066,800	\$ 12,000,000	\$ 13,066,800			0.04691	0.04691	1.68860
1.6	Instalación provisional de la enerzia	GLB	1.00	\$ 15,000,000	\$ 16,333,500	\$ 15,000,000	\$ 16,333,500			0.05863	0.05863	2.11075
1.7	Paseo servicio enerzia	MES	16.00	\$ 580,000	\$ 631,562	\$ 9,200,000	\$ 10,104,992			0.03627	0.00227	0.08162
1.8	Paseo servicio agua	MES	16.00	\$ 620,000	\$ 675,118	\$ 9,200,000	\$ 10,801,888			0.03878	0.00242	0.08724
1.9	Paseo servicio de telefono e internet	MES	24.00	\$ 140,000	\$ 152,446	\$ 3,360,000	\$ 3,658,704			0.01313	0.00055	0.01970
1.10	Excavación caisson base torregrua	M3	34.00	\$ 107,000	\$ 116,513	\$ 3,638,009	\$ 3,961,428			0.01422	0.00042	0.01506
1.11	Concreto Anillos caisson base torregrua	M3	15.00	\$ 546,564	\$ 595,154	\$ 8,198,460	\$ 8,927,303			0.03205	0.00214	0.07691
1.12	Concreto caisson fuste	m3	28.00	\$ 463,861	\$ 505,098	\$ 12,988,103	\$ 14,142,746			0.05077	0.00181	0.06527
1.13	Concreto base de torregrua	M3	9.00	\$ 463,861	\$ 505,098	\$ 4,174,747	\$ 4,545,883			0.01632	0.00181	0.06527
1.14	Acero de refuerzo de 5/8" y 3/4" para placa de	kl.	725.00	\$ 2,429	\$ 2,645	\$ 1,761,315	\$ 1,917,896			0.00688	0.00001	0.00034
1.15	Concreto para de elefante	M3	8.00	\$ 463,861	\$ 505,098	\$ 3,710,887	\$ 4,040,784			0.01451	0.00181	0.06527
1.16	Acero de refuerzo de 3/4" para caisson	KL.	622.00	\$ 2,429	\$ 2,645	\$ 1,511,087	\$ 1,645,422			0.00591	0.00001	0.00034
1.17	Instalación torregrua	GLB	1.00	\$ 14,000,000	\$ 15,244,600	\$ 14,000,000	\$ 15,244,600			0.05472	0.05472	1.97003
1.18	Alquiler de la torregrua	MES	16.00	\$ 6,100,000	\$ 6,642,290	\$ 97,600,000	\$ 106,276,640			0.38150	0.02384	0.85837
0	Total Capítulo					\$ 255,833,412	\$ 278,577,002					
2	CIMENTACION Y ESTRUCTURA							228	0.31667			
2.1	Filtro central en esoina de pescado	Ml	245.00	\$ 169,544	\$ 184,616	\$ 41,538,172	\$ 45,230,916			0.02199	0.00009	0.02047
2.2	Excavación mecánica cargue y retiro	M3	5,500.00	\$ 22,354	\$ 24,341	\$ 122,947,000	\$ 133,876,988			0.06510	0.00001	0.00270
2.3	Excavación Manual	M3	800.00	\$ 21,950	\$ 23,901	\$ 17,560,000	\$ 19,121,084			0.00930	0.00001	0.00265

Fuente: Propia

10.2.2. Aspectos generales para la conformación de la base de datos

El objeto de la matriz aparte de describir y cuantificar la cantidad de errores visualizados en el modelo 3D, permite el análisis real del impacto negativo que los conflictos pueden generar en el proyecto basado en el cálculo de costos y tiempos que trae con sí el reproceso por causa de los mismos.

Se conforma una lista de inconsistencias a partir del análisis del modelo, la cual puede ser modificada y complementada acorde con las particularidades del proyecto. Es importante mantener actualizada la base de datos respecto a los cambios que se hagan en las listas. Cada conflicto vincula uno o varios ítems del presupuesto de construcción, así mismo la programación de actividades de obra se relaciona a los capítulos y subcapítulos de dicho presupuesto.

Se calcula el tiempo que representa cada ítem en el proyecto, donde se vincula la programación por capítulos y subcapítulos, estableciendo los porcentajes que cada ítem suma dentro del costo, porcentaje que es multiplicado por la cantidad asignada dentro del presupuesto. El porcentaje final aplicado a la programación por capítulos y subcapítulos permite determinar la cantidad de días por ítem.

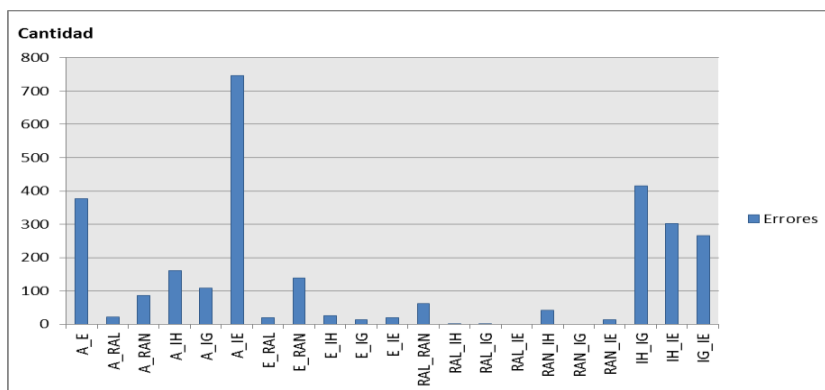
Cada conflicto puede relacionar desde uno hasta con 5 ítems del presupuesto. De haber más ítems vinculados a la inconsistencia, debe tenerse en cuenta aquellos que más costos representan dentro del presupuesto. Se hace un promedio de costos y tiempos por conflicto y finalmente se efectúa un cómputo para sacar el sobrecosto y los días de atraso total del proyecto dependiendo de la cantidad de errores que éste presente.

10.2.3. Análisis de errores⁷¹

- **Cruce entre disciplinas**

En todo el diseño del proyecto se identificaron 2818 conflictos, de los cuales 746 involucraban componentes arquitectónicos y eléctricos. Cabe mencionar también que las instalaciones eléctricas presentan una mayor cantidad de recorrido por metro lineal, aumentando la posibilidad de cruce con otros sistemas. Según lo observado en el proceso de modelado 3D del proyecto, lo anterior se debió a que no hubo previsión de espacios para cajas y tableros de la red eléctrica en el diseño arquitectónico, y a la no especificación de recorridos ni puntos de salida reales en planos de diseño eléctrico, generando confusión en la interpretación de los mismos.

Figura 10-13: Cantidad de errores por cruce entre disciplina

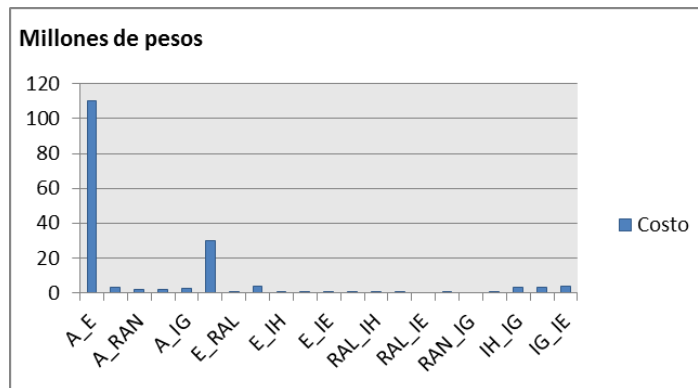


Fuente: Propia

Un segundo grupo de conflictos lo conforman los sistemas de suministro, incluida también la red eléctrica, para las cuales no se determinaron alturas específicas de los recorridos de cada una de éstas redes dentro de la placa de entpiso, que, según planos técnicos, se proyectan la gran mayoría por piso y los recorridos para alumbrado de la red eléctrica por techo, generando cruces inevitables entre las mismas.

⁷¹ Ver tablas de abreviaturas en el Anexo Guía de usuario, Capítulo 1. Indicaciones previas y alcances de la metodología, pág. v a la ix.

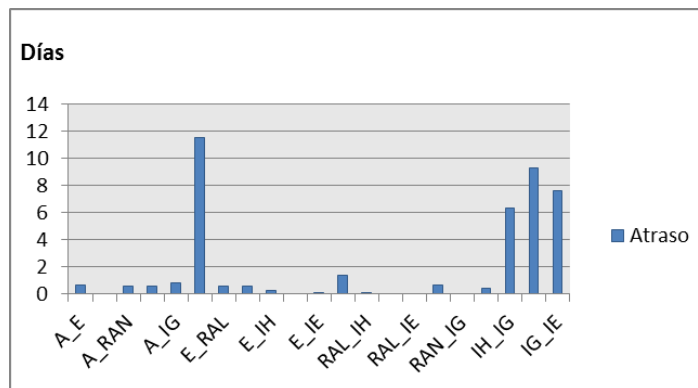
Figura 10-14: Costo en millones de pesos de errores por cruce entre disciplinas



Fuente: Propia

Los conflictos generados entre los componentes arquitectónico – estructural, sin tener en cuenta los otros sistemas, fueron los que más repercutieron negativamente en los costos directos del proyecto. Lo anterior se debió a las constantes modificaciones efectuadas al diseño, las cuales no fueron coordinadas en su momento, resaltándose que el ítem relacionado con la cimentación y la estructura representan más del 25% del presupuesto de obra.

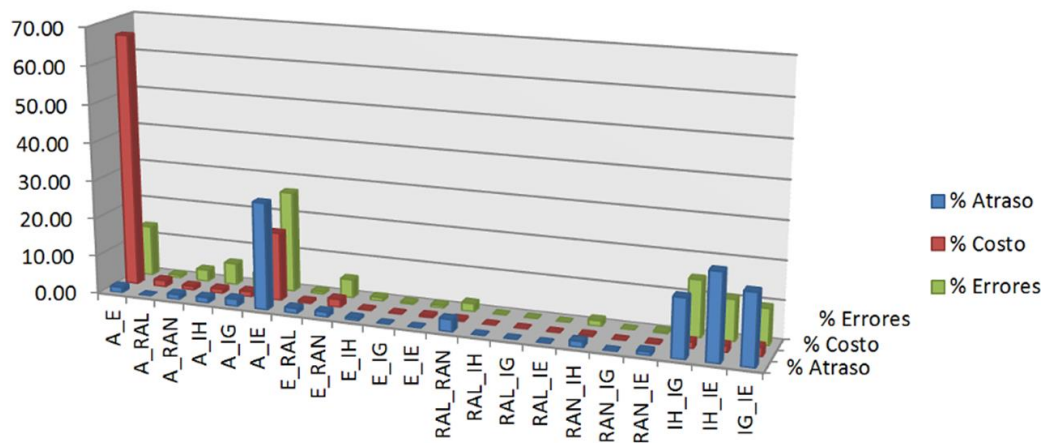
Figura 10-15: Atraso en días de errores por cruce entre disciplinas



Fuente: Propia

De acuerdo a la proyección de tiempos con base en el cronograma de construcción, los mayores atrasos que pueden repercutir negativamente en la ejecución de actividades en obra involucrarían en gran medida los componentes arquitectónico - eléctrico, hidráulico - gas, hidráulico –eléctrico y gas – eléctrico, habiendo una correlación entre la cantidad de errores vs. el tiempo de atraso en lo que respecta a las redes de suministro, en especial la eléctrica.

Figura 10-16: Comparativo porcentajes de atraso, costo y errores por cruce entre disciplinas



Fuente: Propia

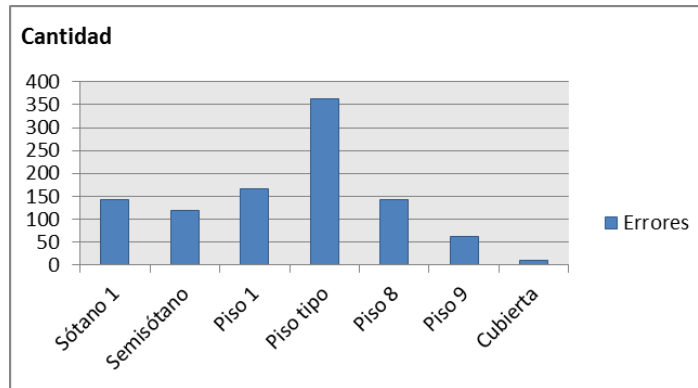
De acuerdo al cuadro comparativo de porcentajes de atraso, costo y errores, es necesario que se establezca parámetros espaciales para la distribución de redes, en especial las de suministro. No se registraron mayores conflictos en las redes de desagüe tanto de aguas negras como de aguas lluvias, ya que éstas, si bien tienen mayores diámetros de tubería respecto a las de suministro, presentan menores recorridos por metro lineal, así mismo se localizan a una altura media entre las tortas superior e inferior en el vacío del entrepiso, evitando así el cruce con otras redes.

En términos de costos, es pertinente mantener una estrecha coordinación entre los componentes arquitectónico y estructural, puesto que éstos representan más del 65% del presupuesto de obra.

▪ **Análisis por nivel de piso**

La visualización del modelo se lleva a cabo piso a piso, de acuerdo a la representación planimétrica con la cual se construyó el mismo. El número de errores está relacionado con la cantidad de metros lineales de redes presentes por nivel, en donde el piso tipo presenta un total de 362 errores, el más alto entre el resto de pisos, lo que significa que, a mayor densidad de redes en un piso, mayor probabilidad a que hayan más conflictos.

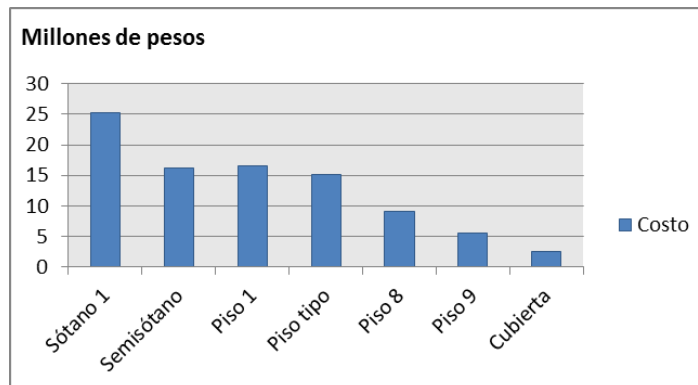
Figura 10-17: Cantidad de errores por nivel de piso



Fuente: Propia

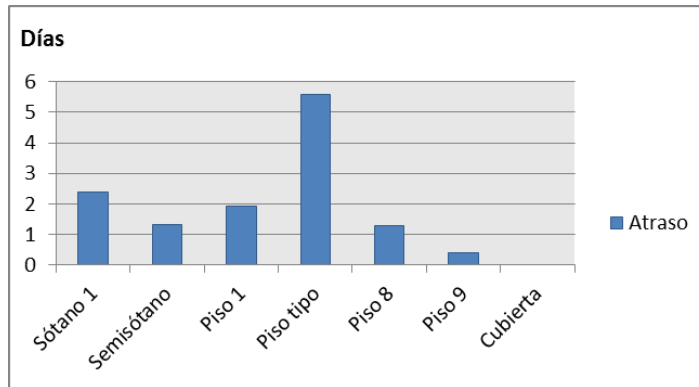
Los conflictos en el sótano 1 reflejan los mayores costos respecto al resto de pisos, esto debido a la afectación de la estructura que al representar más del 25% del presupuesto, automáticamente eleva dichos costos. De acuerdo con la figura 10-18 se puede inferir también que los costos por posibles conflictos mantienen una relación directa con la cantidad de metros cuadrados construidos por piso.

Figura 10-18: Costo en millones de pesos de errores por nivel de piso



Fuente: Propia

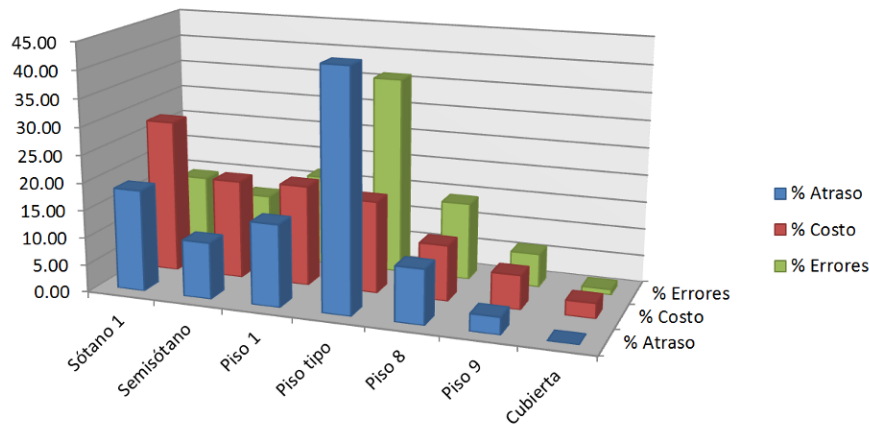
Figura 10-19: Atraso en días de errores por nivel de piso



Fuente: Propia

Se aprecia que la gráfica de atraso en el cronograma es directamente proporcional a la cantidad de errores presentes por cada piso, siendo el piso tipo el que más días de atraso refleja.

Figura 10-20: Comparativo porcentajes de atraso, costo y errores por nivel de piso



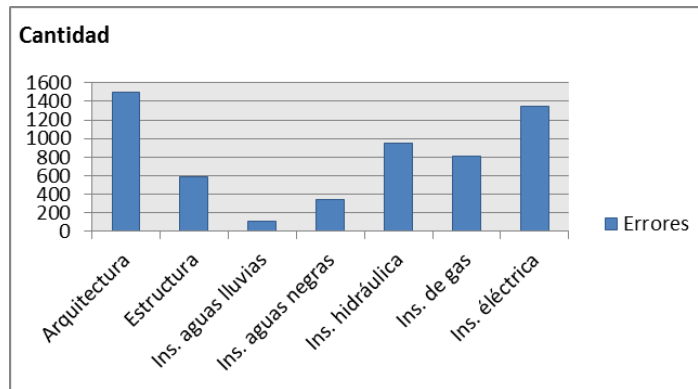
Fuente: Propia

Se concluye según la gráfica de porcentajes que el piso tipo, seguido del sótano 1 son los niveles que más influyen en el diseño general del proyecto. Lo anterior no quiere decir que se le reste importancia a los demás de pisos, ya que el verdadero objetivo para el desarrollo del proyecto debe consolidarse en torno a proceso de diseño integral y coordinado.

▪ **Análisis por disciplina**

Siguiendo un orden en los procesos de diseño, el componente arquitectónico se constituye en el eje generador y articulador del proyecto, en donde las demás disciplinas se desarrollan con base en el mismo diseño arquitectónico; por consiguiente éste se asocia con la mayoría de errores, seguido por el diseño de redes eléctricas, éste último debido a factores de complejidad y representación mencionados anteriormente en los análisis por cruce de disciplinas y por niveles.

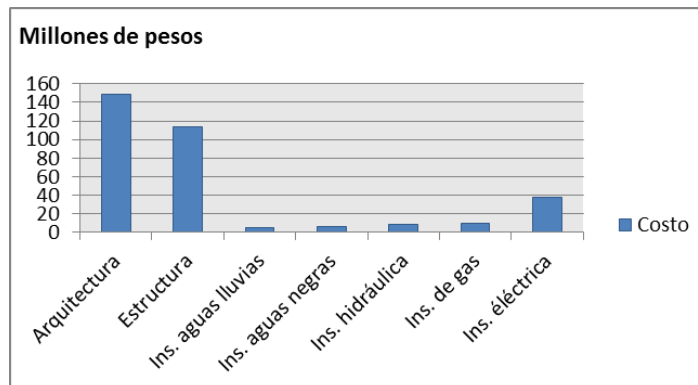
Figura 10-21: Cantidad de errores por disciplina



Fuente: Propia

Las disciplinas de arquitectura y estructura fueron las que más repercutieron económicamente en la totalidad de los sobrecostos del proyecto. Lo anterior se debe a dos factores, el primero de carácter espacial ya que la arquitectura y la estructura se relacionan con la mayoría de las instalaciones, y la segunda relacionada al gran porcentaje que ocupa ambas disciplinas en el presupuesto general de la obra.

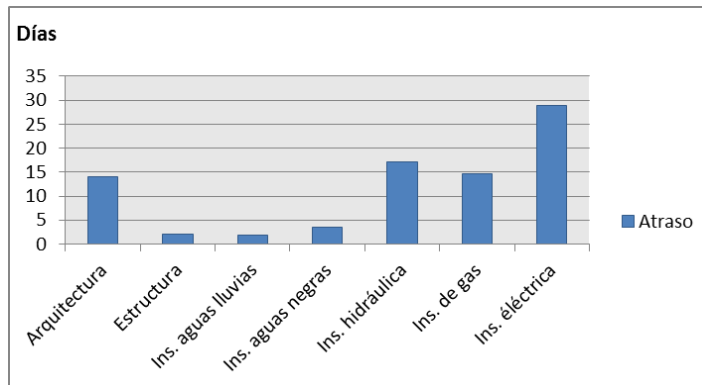
Figura 10-22: Costo en millones de pesos de errores por disciplina



Fuente: Propia

A pesar de que el componente eléctrico no supera en costo a los sistemas arquitectónico y estructural, la gran cantidad de conflictos que éste representa puede desembocar en importantes atrasos durante el tiempo de ejecución de la obra, aumentando las posibilidades a que hayan reprocesos y sobrecostos que puedan afectar el proyecto.

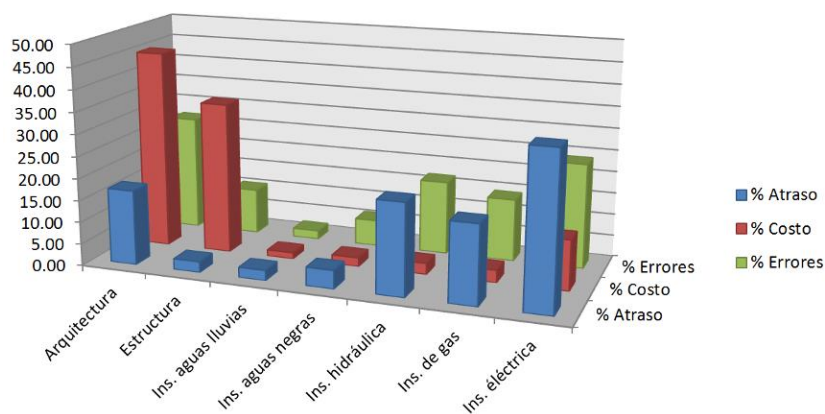
Figura 10-23: Atraso en días de errores por disciplina



Fuente: Propia

Según lo observado en la anterior gráfica donde se muestran pequeños porcentajes en los costos asociados a las redes de suministro y de desagüe, la cobertura y vinculación de los componentes arquitectónico y estructural con la totalidad del proyecto, genera un efecto de arrastre, siendo éstos dos últimos los que más se verían afectados en las etapas posteriores de ejecución en obra.

Figura 10-24: Comparativo porcentajes de errores, costo y atraso por disciplina

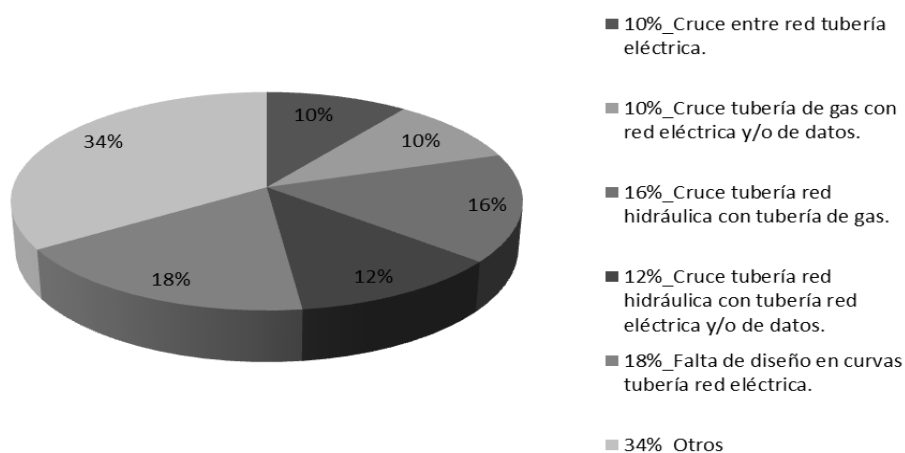


Fuente: Propia

▪ **Frecuencia de conflictos**

La mayoría de conflictos se asocia a la no especificación de radios de curvatura de tubería de la red eléctrica y a errores de cruces en tuberías de menor diámetro. El componente eléctrico no especifica con exactitud los puntos de salida y recorridos de la tubería en planos donde se insiste en representar gráficamente una curva en ángulo de 90°, siendo esto totalmente inconsistente. Los cruces en tuberías de menor diámetro se deben a la no coordinación entre las diferentes disciplinas respecto a ejes de altura de recorrido de las mismas por piso y techo.

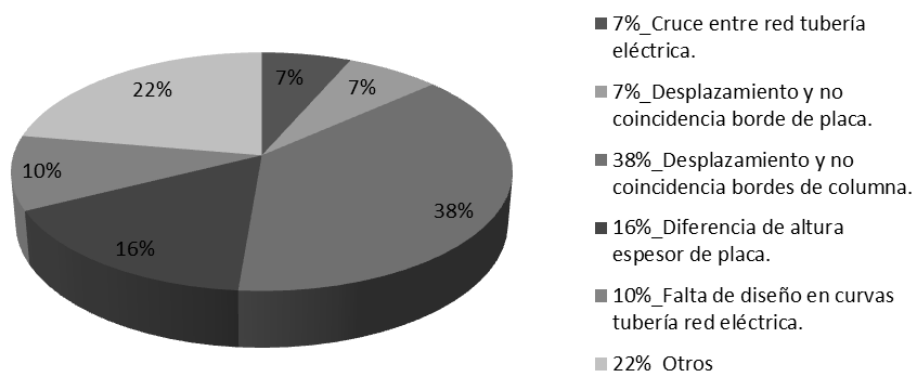
Figura 10-25: Frecuencia de conflictos



Fuente: Propia

El desplazamiento y la no coincidencia en bordes de columna seguida de la diferencia de altura en el espesor de placa al ser conflictos asociados a los componentes arquitectónico y estructural son los que más costos representan en el presupuesto.

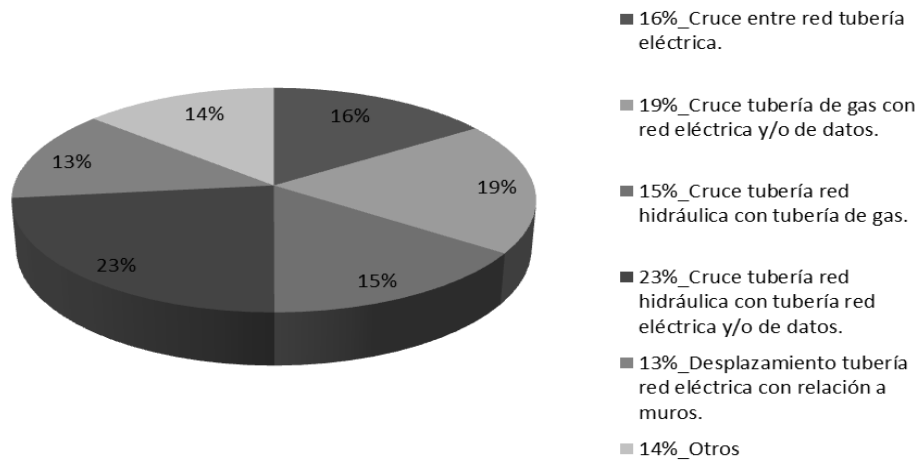
Figura 10-26: Costo de conflictos



Fuente: Propia

En términos de tiempo, en general los cruces entre tuberías de menor diámetro son los que más atrasos pueden representar en el cronograma del proyecto por la elevada cantidad de conflictos asociados a los mismos.

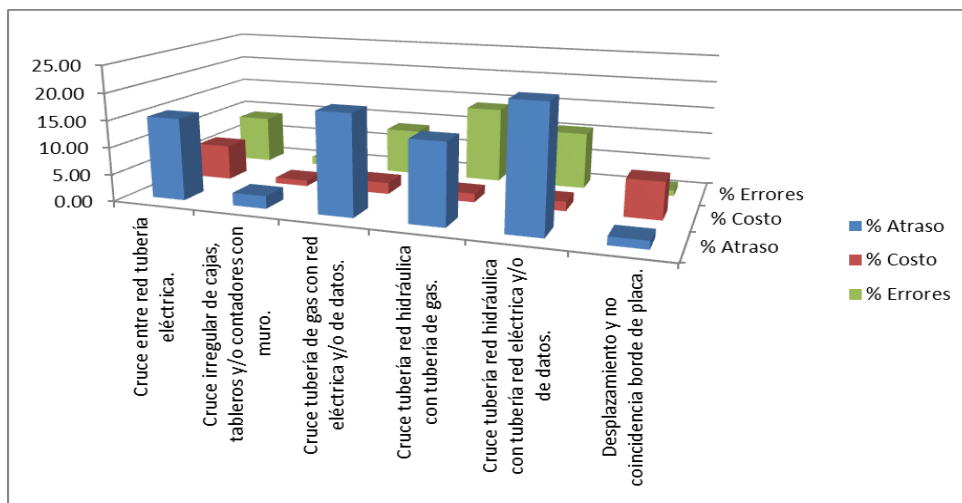
Figura 10-27: Atraso de conflictos



Fuente: Propia

El componente eléctrico está relacionado con 4 de los 6 conflictos más frecuentes identificados en el modelo 3D, siendo necesario replantear las metodologías actuales de representación de éste tipo de redes. Se identifica que el porcentaje de cantidad de errores es directamente proporcional al tiempo de atraso.

Figura 10-28: Comparativo porcentajes de cantidad, costo y atraso conflictos más frecuentes



Fuente: Propia

A pesar de que se identifica un porcentaje menor de errores asociados al desplazamiento y/o no coincidencia de bordes de placa, éstos representa un alto porcentaje en costos, requiriéndose de un mayor control para evitar su ocurrencia. Los errores del proyecto sobre la base de costos directos del proyecto generados son de \$165'931.303 pesos que representa el 2,04% de dichos costos⁷², así mismos un atraso de 41 días calendario equivalentes al 5,7% del cronograma general de la obra⁷³.

10.2.4. Costos adicionales

Otros costos adicionales ligados al análisis de errores del proyecto se relacionan a continuación:

- Costos indirectos: \$16'573.639 pesos (AIU del 10% sobre los costos directos de los errores).
- Modificación a la licencia de construcción: \$5'156.743 pesos⁷⁴ (Dec. 1469 de 2010, Art. 118 y 125).
- Rentabilidad sobre utilidades del proyecto: \$20'968.527 pesos (41 días calendario al 4% anual)⁷⁵

⁷² Costos directos a fecha de hoy son de \$8.113'164.075 pesos.

⁷³ Duración total de la obra fue de 24 meses.

⁷⁴ Decreto 1469 de 2010, artículos 118 y 125.

⁷⁵ Utilidad neta de \$4.666'776.000 pesos, equivalente al 25% de los ingresos.

10.2.5. Resultados

Los costos directos y adicionales derivados de los errores analizados suman un total de \$208'649.704 pesos (2,34% del presupuesto general de la obra⁷⁶). Éstos son recursos que dejan de percibir los promotores del proyecto. Así mismo existen factores intangibles derivados de estos errores relacionados con la calidad y el tiempo de las actividades de diseño y construcción, cantidad de desperdicios en obra, la entrega oportuna del proyecto, las postventas que puedan presentarse, entre los más importantes.

Con relación al proceso de diseño del proyecto, a raíz de la gran cantidad y las constantes modificaciones realizadas al diseño arquitectónico, las demás disciplinas, en especial las de instalaciones se abstuvieron de hacer cambios en sus propios diseños por lo que consideraban, con justa causa, que no habían diseños arquitectónicos definitivos.

La falta de información e inexactitud de los diseños derivaron en inconsistencias en cortes de obra para pago a contratistas, ya que éste último presentaba una cantidad ejecutada que no correspondía con la proyectada en el presupuesto, generándose conflictos entre las partes.

Las constantes modificaciones y la transmisión equivocada de información técnica a los asesores de venta, ofrecían un proyecto al comprador final que no correspondía con la realidad del mismo, generándose inconformidad por parte de éste último.

A pesar de que los gastos de postventas están aparadas por un seguro estipulado en el contrato de fiducia, la ocurrencia de éstas resultan incómodas para el propietario y/o residente del inmueble.

⁷⁶ Presupuesto general de la obra a fecha de hoy es de \$8.924'480.482 pesos.

11. Discusión

La metodología del presente documento propone la transición y la transformación de los procesos tradicionales de diseño presentes en el desarrollo de proyectos de construcción de vivienda de mediana complejidad en Bogotá, haciéndolos más eficientes a partir de una sencilla y adecuada coordinación de los componentes técnicos que los conforman, trayendo con sí beneficios en la disminución de costos en el presupuesto y reducción de tiempos en la programación previstos en los procesos de construcción en obra. Sin embargo se aclara que los alcances de ésta se limitan a la coordinación espacial y la verificación de pautas técnicas en el modelo, más no de la coordinación y calidad de las actividades y procesos constructivos desarrollados en obra.

El cambio en los procesos de diseño 2D en torno al modelo 3D deben efectuarse de manera paulatina, dándose a conocer las múltiples aplicaciones y ventajas que éste último brinda al consolidarse como un medio para la elaboración y administración de la información de diseño del proyecto mucho más eficiente y completo que el desarrollado de manera tradicional.

Los profesionales a cargo de la de la coordinación de diseños deben demostrar habilidades para el trabajo en equipo, estableciéndose parámetros y pautas para lograr una gestión integral de la información del proyecto desde y hacia el modelo 3D, ejerciendo control del desarrollo, la interoperabilidad y los cambios que éste presente.

Teniendo en cuenta que son limitados los tiempos para la elaboración de diseños, los profesionales y las empresas deben propender por el desarrollo de procesos que fortalezcan la integración entre los diferentes componentes técnicos que conforman el proyecto de construcción, a fin de evitar conflictos y reprocesos en el diseño que puedan afectar el mismo.

Actualmente empresas especializadas en software de diseño ofrecen programas paramétricos para la elaboración y coordinación de diseños, sin embargo los costos de adquisición y suscripción del producto, sumado al soporte técnico y manejo especializado de plataformas tecnológicas, hacen de éstas herramientas un servicio fuera del alcance de las personas y empresas dedicadas al desarrollo de éste tipo de proyectos, donde es necesaria la adaptabilidad y la realización de cambios en los procesos de diseño particulares de cada usuario. De igual forma la elevada inversión para la compra y manejo de éste tipo de programas dan pie a la comercialización ilegal de software pirata, trayendo con sí efectos negativos de tipo económico y social.

12. Conclusiones

El éxito para lograr el desarrollo práctico, integral y eficiente de un proyecto de construcción va de la mano con el trabajo cooperativo y coordinado entre las diferentes personas que participan en su elaboración. La metodología para la coordinación de diseños y estudios técnicos descrita en el presente trabajo propone una visión centralizada y conjunta del proyecto a partir de la consolidación del modelo 3D, que más allá de ser una mera representación espacial, se constituye en una completa y flexible base de datos de gestión de la información, permitiendo la interacción con otras aplicaciones, el análisis y la elaboración de estudios complementarios, y la generación de documentación actualizada. Ésta no se limita al uso de determinados tipos de software en específico, siendo posible su implementación a través del uso de herramientas BIM como no BIM.

Las mejoras en las dinámicas y procesos actuales que se llevan a cabo en la elaboración de diseños y estudios técnicos aportados por éste trabajo de investigación facilitan la comunicación e intercambio de la información entrante y saliente, en cuanto a que ésta se enfoca en la construcción e integración del modelo, donde los productos y entregas se obtienen de una única fuente y no de manera aislada de cada componente por aparte.

El flujo expedito y controlado de información de diseño entre el proyecto y los profesionales basada en la calidad del dato facilita la vinculación, visualización y coordinación de ésta al modelo, anticipándose a la detección de posibles conflictos y/o inconsistencias con repercusiones negativas para el proyecto en etapas posteriores de construcción y puesta en funcionamiento.

Al permitir el modelo una mejor visualización del proyecto mucho más completa que la lograda a través de planos en personas externas e incluso sin tener relación alguna con el campo de la construcción, reduce la posibilidad a que sucedan cambios debidos a la incertidumbre por falta de detalle en el diseño, teniéndose una percepción diáfana y real del mismo.

La identificación y el análisis de conflictos realizado en el estudio de caso en comparación con la metodología desarrollada en el presente documento, concluyen que éste último logra la reducción de costos en el presupuesto y tiempos en la programación de obra, adicional a lo anterior el modelo 3D como objeto ordenador presenta un sin número de características y ventajas que generan valor agregado a cada una de las actividades relacionadas con el desarrollo, ejecución y puesta en funcionamiento del proyecto, logrando beneficios para promotores, clientes, diseñadores, consultores y constructores.

Como valor agregado de la metodología, la organización de actividades en flujos definidos de trabajo tanto de edición como de coordinación de la información facilita la comprensión de los diferentes procesos del diseño, pudiendo implementarse como una excelente herramienta pedagógica para la formación y la innovación de nuevos conocimientos asociados al desarrollo y la gestión de proyectos de construcción en la comunidad académica en universidades y centros de formación superior.

13. Reflexiones y futuras investigaciones

En el transcurso del desarrollo de la metodología para la coordinación de diseños, a parte de los resultados tangibles obtenidos derivados de su aplicación en el estudio de caso, la simulación y el control de los diferentes procesos que ésta comprendía siempre fueron necesarios, no solo para validar la mismas sino también para mejorar aspectos que se creían resueltos en el papel o que simplemente se daban como un hecho sin haberse aplicado.

A pesar de que existe una barrera muy marcada entre lo que se conoce como diseño paramétrico BIM vs. las metodologías tradicionales, los diferentes procesos y resultados obtenidos de la metodología propuesta demostraron que es posible desarrollar modelos y gestionar información en software de diseño no BIM como SketchUp y AutoCAD, donde el aprovechamiento de estos programas en gran medida también dependerá de la organización y actualización periódica de repositorios de información, con los cuales se pueden asociar constantemente datos alfanuméricos y cartográficos desde y hacia el modelo 3D.

La metodología deja las puertas abiertas para su potencial desarrollo y aplicación en la etapa de ejecución del proyecto y en otros campos del conocimiento que implique la gestión y validación de procesos. Es pertinente ahondar más en las diferentes herramientas gráficas y alfanuméricas que traen aplicativos tradicionales como AutoCAD y Excel, y otros con características hipermediales como los ofrecidos por Google, los cuales ofrecen un sin número de posibilidades para la administración de información, de fácil comprensión y al alcance de todas las personas.

Otros tipos de desarrollo pueden darse con la implementación de metodologías para la coordinación de procesos generados como App⁷⁷ llevando la gestión y validación a otro nivel. Por último, siempre será importante tener en cuenta que independiente del tipo de herramientas con que se cuente, la metodología siempre constituirá el alma en el desarrollo de cualquier proceso.

⁷⁷ App_ Aplicación para teléfonos móviles inteligentes.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. (2002). *POT_Plan de Ordenamiento Territorial*. Bogotá, D.C.

Arango, G. (2003). La calidad de la vivienda. *Seminario taller gerencia de proyectos de vivienda de interés social*, (pág. 14). Medellín.

ARUP. (2015). *arup*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2011, de <http://www.arup.com/>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *NSR10 - Norma Sismo Resistente 2010*. Bogotá, D.C.

Asofiduciarías. (s.f.). www.asofiduciarías.org.co. Recuperado el 12 de Abril de 2016, de <http://www.asofiduciarías.org.co/temas-relacionados>

Botero, L. F. (2008). *Construcción de edificaciones, aspectos administrativos*. Medellín: Universidad EAFIT.

Burstein, D., & Stasiowski, F. (1997). *Project Management*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.

Congreso de la República. (19 de Agosto de 1997). Ley 400 de 1997. Bogotá, D.C.

Córdoba Sarria, J. E. (2002). *Simulación digital de procesos constructivos*. Bogotá, D.C.: Universidad de Los Andes.

Cruz Sánchez, A. C. (2008). *Uma Contribuicao a Coordenacao de Projeto na Construcao de Edificios: estudo sobre as dependencias do proceso*. Belo Horizonte: Universidad de Minas Gerais.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). *dane*. Recuperado el 2 de Enero de 2014, de www.dane.gov.co

Dropbox. (2015). *Dropbox*. Recuperado el 13 de Junio de 2012, de <https://www.dropbox.com/about>

Eastman, C. M. (2008). *BIM Handbook*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Education and research in computer aided architectural design in Europe. (2015). *ecaade*. Recuperado el 20 de Octubre de 2011, de <http://ecaade.org/organisation/>

Elsevier. (2015). *elsevier*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2011, de <https://www.elsevier.com/about/company-information>

Escorcia Oyola, O. (2008). *Anatomía y fisiología de la edificación: Una manera de entender los edificios para su diseño y construcción*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Gallardo Eraso, R. H. (1999). *Modelación y simulación de procesos constructivos para el mejoramiento de la productividad*. Bogotá, D.C.: Universidad de Los Andes.

Gómez Acuña, J. C. (2007). *Enfoque analítico y sistémico hacia la coordinación técnica total en la arquitectura*. Bogotá, D.C.: Puntoaparte.

Granados Riveros, J. C. (2001). *Modelo computacional de simulación de procesos constructivos MOCSPROC*. Bogotá, D.C.: Universidad de Los Andes.

ICONTEC. Definición de Norma técnica(2016). *ICONTEC*. Recuperado el 06 de Junio de 2012, de www.icontec.org.co

International Association for Automation and Robotics in Construction. (2015). *iaarc*. Recuperado el 15 de Octubre de 2011, de http://www.iaarc.org/pe_about.htm

International Council for Building. (2015). *cibworld*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2011, de http://www.cibworld.nl/site/programme/priority_themes/revauling_construction.html

Linares Monsalve, O. (2011). *Propuesta para la definición de una ruta para la implementación de BIM en Colombia*. Bogotá, D.C.: Universidad de Los Andes.

López Blanco, D. M. (2011). *Metodología de diseño y coordinación técnica digital para proyectos de vivienda de interés prioritario*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

López Pérez, F. G., Cubillos Vanegas, S. I., López, D. M., & Cortés Páez, E. C. (2011). Methodological proposal for technical coordination in architectonic projects, a through to modelling 3D of building processes: study of case in housing popular. *ICERI 2011, 4th International Conference of Education, Research and Innovation*.

Marulanda Barahona, L. (2008). *Manual de promoción y ventas de un proyecto de vivienda*. Sabaneta: Institución Universitaria Ceipa.

Merritt, F., & Ricketts, J. (1997). *Manual integral para diseño y construcción*. Bogotá, D.C.: McGraw Hill.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (04 de Abril de 2010). Decreto 1469 de 2010. Bogotá, D.C.

Ministerio de Minas y Energía. (30 de Agosto de 2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas_ RETIE. Bogotá, D.C.

Mojica Arboleda, A., & Valencia Rivera, D. (2012). *Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá*. Bogotá, D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.

Moncada, M., & Monsalvo, Y. (2000). *Implicaciones laborales del Outsourcing*. Bogotá, D.C.: Pontifica Universidad Javeriana.

Patiño Ortiz, G. (2001). *Planeamiento de un presupuesto de construcción*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

progressiveae. (2015). *progressiveae*. Recuperado el 15 de Octubre de 2011, de <http://www.progressiveae.com/>

Puyana, G. (1982). *Control integral de la edificación*. Bogotá, D.C.: Bhandar Editores Ltda.

Rodríguez Ruíz, N. F. (2010). *Diseño de Edificio Multifamiliar en Cartagena de Indias aplicando metodología a partir de una simulación tridimensional*. Bogotá, D.C.

Rush, R. D. (1986). *The Building Systems Integration Handbook*. Toronto: John Wiley & Sons, Inc.

Sánchez Herrera, A. L. (2006). *MDC - Modelado Digital Constructivo*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Secretaria de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas, Ministerio de Fomento del Gobierno de España, Generalitat Valenciana y AIDICO. (s.f.). *FIDE*. Recuperado el 25 de Julio de 2011, de http://www.fide.org.es/index.php/descargas/cat_view/24-modelos-conceptuales/41-edificio

Stewart, A. (1990). *Constructividad*. Barcelona: Grupo Editorial CEAC.

Suarez Pirazán, J. (2013). *Coordinación técnica para construcciones de mediana complejidad asistida por herramientas digitales*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

The American Institute of Architects. (2016). *AIA*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2012, de www.aia.org

Trujillo Jaramillo, S. (2004). *Documentaciones sobre práctica profesional*. Bogotá, D.C.: La Imprenta Editores Ltda.

Wikipedia. Definición de PMI, IPD, BIM, proyecto arquitectónico y -cloud computing- (2016). *wikipedia*. Recuperado el 3 de Agosto de 2015, de es.wikipedia.org

ANEXO: GUÍA DE USUARIO

Metodología para la coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción para vivienda de mediana complejidad en Bogotá apoyado en medios digitales

Guía de usuario

Luis Alejandro Vela Oñate

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Artes – Escuela de Arquitectura y Urbanismo
Bogotá, D.C., Colombia
2016

Tabla de contenido

1. Indicaciones previas y alcances de la metodología	v
2. Aplicación de la metodología.....	x
2.1. Fase 1: Preparación planos de diseño para elaboración modelo 3D.....	x
Paso 1: Elaboración planos diseño arquitectónico.	x
Paso 2: Elaboración planos diseño estructural con base a los planos de diseño arquitectónico.....	xiv
Paso 3: Cruce, verificación, corrección y consolidación planos de diseño arquitectónico y estructural.....	xvi
Paso 4: Elaboración planos diseño de instalaciones con base a los planos de diseño arquitectónico y estructural.....	xix
2.2. Fase 2: Construcción y consolidación modelo 3D.....	xxiii
Paso 5: Modelado de manera integrada y unificada componentes arquitectónico – estructural con base a los planos de diseño arquitectónico y estructural.	xxiii
Paso 6: Modelado componente de instalaciones con base a los planos de diseño instalaciones y modelo 3D arquitectónico-estructural.....	xxvi
Paso 7: Cruce, verificación, corrección y consolidación modelo 3D arquitectónico-estructural e instalaciones.....	xxix
3. Interfaz y funcionamiento aplicativo coordinación de diseños técnicos	xxxi

1. Indicaciones previas y alcances de la metodología

La presente metodología tiene como objetivo gestionar procesos para la coordinación de diseños técnicos en proyectos de construcción para vivienda de mediana complejidad en Bogotá con base en la elaboración de un modelo 3D el cual nos permita verificar la correspondencia de los mismos y gestionar la información del proyecto en general. Sin el ánimo de desconocer la realidad de los procesos de diseño que se llevan a cabo para éste tipo de proyectos en la actualidad, la metodología propone la optimización de los mismos a través de la reducción, especificación de contenidos y control de tiempos en el flujo de información de diseño enfocada a la construcción del modelo 3D.

Como herramienta enfocada a la coordinación de diseños entorno a la construcción de un modelo tridimensional, la metodología se especializa en el contenido de la información de diseño 2D y 3D. La gestión de archivos y capas busca que cada punto y línea del proyecto hablen por sí solos, evitándose el uso de información alfanumérica dentro de los archivos de dibujo como especificaciones, indicaciones, cotas y textos en general. Dentro de la coordinación propuesta por la metodología, no se consideran aspectos de representación y de expresión del dibujo como tal (grosos y tipos de líneas, achurados) ya que éstos hacen parte de los productos que se derivan y/o extraen del modelo 3D. Antes de aplicar la presente metodología en el proyecto, tenga en cuenta los siguientes aspectos:

- Abreviaturas y códigos de identificación: Las abreviaturas por Letras y números agilizan la lectura y permiten un mejor control de la información contenida en archivos y capas.

Componente	Abreviatura	Aplicación fases	
		Planos base modelo 3D	Construcción modelo 3D
Arquitectónico	A	SI	NO
Arquitectura-estructura	AE	NO	SI
Estructural	E	SI	NO
Instalación sanitaria	IS	SI	SI
Instalación hidráulica	IH	SI	SI
Instalación de gas	IG	SI	SI
Instalación eléctrica	IE	SI	SI

Abreviaturas identificación componentes_ Fuente: Propia

Si es necesario incorporar otro tipo de componentes técnicos, se recomienda asignar una abreviatura diferente a las relacionadas en la anterior tabla.

Niveles arquitectónicos	Abreviatura
Sótano 1	S1
Semisótano	SS
Piso 1	1
Piso tipo 2 al 5 (Ej.)	2_5
Cubierta	CU

Abreviaturas niveles arquitectónicos
Fuente: Propia

Los niveles arquitectónicos se relacionan partiendo del piso inferior hacia la cubierta. Se utilizan las letras “SS” para indicar semisótano y la letra “S” para sótano, éste último se acompaña de un número para señalar la cantidad y nivel del sótano. Ej. “S2” significa sótano 2. Se señala el primer nivel con el número “1” y de forma consecutiva (2, 3, 4...) en la medida que se vayan referenciando los niveles hasta llegar a la cubierta, para ésta última empleamos la abreviatura “CU”. Para niveles típicos se relaciona los números de piso que presentan el mismo diseño, ya sea de manera consecutiva o intercalada como se muestra a continuación:

S1_4= Sótanos 1 al 4

3,5= Pisos 3 y 5

3_5= Pisos 3 al 5

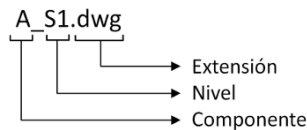
El guion abajo “_” indica un rango consecutivo de números. La coma “,” indica específicamente determinados números.

- Administración de archivos y capas de diseño: el aplicativo plantea a través de la administración de carpetas y subcarpetas una lista predeterminada de archivos de planos 2D a partir de los cuales se elabora el modelo 3D.

Componente	Nivel	Archivo	Capas de dibujo
Arquitectónico	Sótano 1	A_S1.dwg	A_Borde_placa
	Semisótano	A_SS.dwg	A_Diseño_arquitectónico
	Piso 1	A_1.dwg	A_Escaleras_rampas
	Piso tipo 2 al 5	A_2_5.dwg	A_Estructura_vertical
	Cubierta	E_CU.dwg	A_Muros A_Proyección_ductos
Estructural	Sótano 1	E_S1.dwg	E_Cimentación E_Entrepiso_contrapiso E_Proyección_estructura
	Semisótano	E_SS.dwg	
	Piso 1	E_1.dwg	
	Piso tipo 2 al 5	E_2_5.dwg	
	Cubierta	IS_CU.dwg	
Instalación sanitaria	Sótano 1	IS_S1.dwg	IS_Eje_Tubería_AL_D3 IS_Eje_Tubería_AN_D2 IS_Eje_Tubería_RE_D2 IS_Accesorios
	Semisótano	IS_SS.dwg	
	Piso 1	IS_1.dwg	
	Piso tipo 2 al 5	IS_2_5.dwg	
	Cubierta	IS_CU.dwg	
Instalación hidráulica	Sótano 1	IH_S1.dwg	IH_Eje_Tubería_AC_P_D.5 IH_Eje_Tubería_AC_T_D.5 IH_Eje_Tubería_AF_P_D.5 IH_Eje_Tubería_AF_T_D.5 IH_Accesorios
	Semisótano	IH_SS.dwg	
	Piso 1	IH_1.dwg	
	Piso tipo 2 al 5	IH_2_5.dwg	
Instalación de gas	Sótano 1	IG_S1.dwg	IG_Eje_Tubería_P_D.5 IG_Eje_Tubería_T_D.5 IG_Accesorios
	Semisótano	IG_SS.dwg	
	Piso 1	IG_1.dwg	
	Piso tipo 2 al 5	IG_2_5.dwg	
Instalación eléctrica	Sótano 1	IL_S1.dwg	IL_Eje_Tubería_P_D.5 IL_Eje_Tubería_T_D.5 IL_Accesorios
	Semisótano	IL_SS.dwg	
	Piso 1	IL_1.dwg	
	Piso tipo 2 al 5	IL_2_5.dwg	
	Cubierta	IL_CU.dwg	

Administración de archivos y capas de diseño_ Fuente: Propia

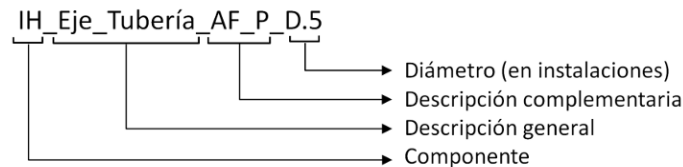
Los archivos descritos en la anterior tabla están ubicados en una misma carpeta, esto con el fin de garantizar la referenciación externa entre los mismos. Cada archivo tiene incorporadas las capas de dibujo específicas, presentando las unidades configuradas en metros, éstos están referenciados externamente entre sí, y por último, cada uno contiene una guía auxiliar vinculada al aplicativo en el layout.



Código para la identificación de archivos_ Fuente: Propia

Descripción capas de dibujo archivos 2D y 3D		
Componente	Capa de dibujo	Descripción
Arquitectónico	A_ Borde de placa	Indica la delimitación del borde de placa hacia la fachada y colindantes, y los vacíos al interior de ésta, como son escaleras, ascensores, ductos, y de ventilación e iluminación.
	A_ Diseño_arquitectónico	Comprende los elementos que describen el uso de cada uno de los espacios, referenciando la localización de aparatos sanitarios y electrodomésticos los cuales tendrán conexión con redes e instalaciones.
	A_ Escaleras_rampas	Se indican las diferencias de nivel respecto al nivel general de placa, ya sea escaleras, rampas u otro tipo de cambio de nivel.
	A_ Estructura_vertical	Comprende elementos estructurales verticales (columnas, muros pantalla y de contención).
	A_ Muros	Lo relacionado con muros divisorios y de fachada.
	A_ Proyección de ductos	Indica el vacío efectivo del recorrido de un ducto vertical.
Estructural	E_Cimentación	Indica el tipo de cimentación. (vigas corrida de cimentación, zapatas, caissons, pilotes)
	E_Entrepiso_contrapiso	Estructura de entepiso que resulta del diseño y cálculo estructural. (vigas, víguetas, riostras)
	E_Proyección_estructura	Comprende elementos no estructurales y otros (muros, dinteles, antepechos, remates, tanques)
Instalaciones en general	Eje_Tubería	Eje de recorrido tubería necesario para la visualización en planos 2D y construcción modelo 3D de la instalación.
	Tubería	Tubería modelada a partir de los ejes de recorrido.
	Accesorios	Punto de conexión, salida y/o terminación de la instalación (cajas, tableros, contadores, accesorios varios)

Descripción capas de dibujo archivos 2D y 3D_ Fuente: Propia



Código para la identificación de capas_ Fuente: Propia

El índice de capas propuesto tiene como objeto organizar la información de diseño y facilitar la construcción del modelo 3D. Para instalaciones se emplean abreviaturas adicionales que relacionan un subgrupo específico o recorrido espacial en particular.

Componentes y recorridos	Ítem	Abreviatura
Instalación sanitaria	Aguas lluvias	AL
	Aguas negras	AN
	Reventilación	RE
Instalación hidráulica	Agua fría	AF
	Agua caliente	AC
Recorridos para todas las instalaciones de suministro en general	Piso	P
	Techo	T

Abreviaturas para relacionar subgrupos_ Fuente: Propia

En instalaciones es necesario indicar en la capa el diámetro de la tubería en pulgadas, utilizando números y decimales.

Diámetros	Abreviatura
Ø 1/2"	D.5
Ø 3/4"	D.75
Ø 1"	D1
Ø 1 1/2"	D1.5
Ø 2"	D2
Ø 3"	D3
Ø 4"	D4

Abreviaturas para relacionar diámetros de tubería_ Fuente: Propia

A continuación se muestra algunos ejemplos de referenciación de capas para instalaciones:

IS_Eje_Tubería_AN_D2 = Eje tubería Ø 2" instalación sanitaria de aguas negras.

IH_Eje_Tubería_AF_T_D.5 = Eje tubería Ø 1/2" por techo instalación hidráulica de agua fría.

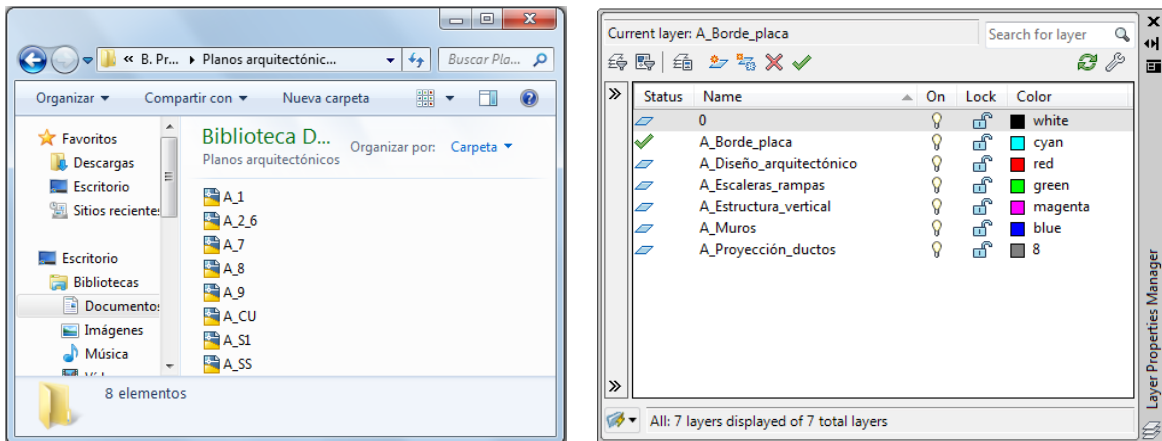
IL_Eje_Tubería_P_D.5 = Eje tubería Ø 1/2" por piso instalación eléctrica.

2. Aplicación de la metodología

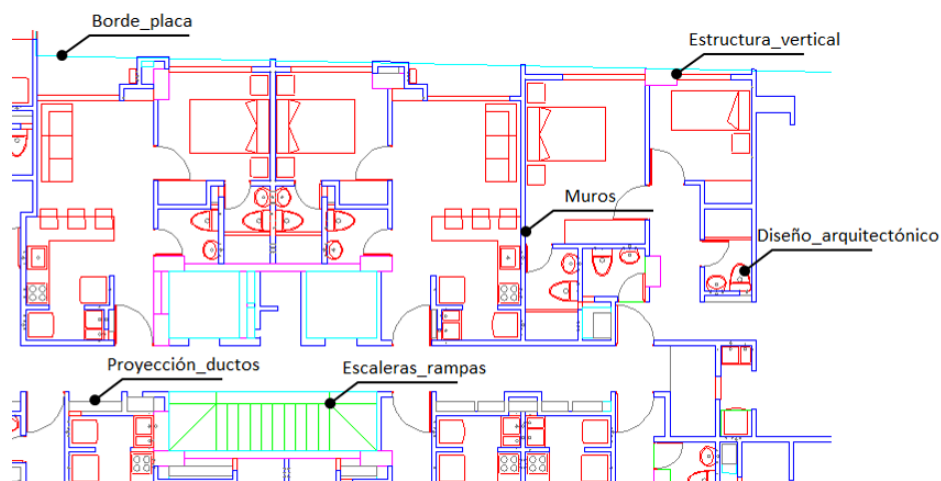
2.1. Fase 1: Preparación planos de diseño para elaboración modelo 3D

Paso 1: Elaboración planos diseño arquitectónico.

Los planos de diseño arquitectónico se identifican con la letra “A”; éstos son el insumo base para la elaboración de los diseños estructural y de instalaciones. Contiene diseños de bordes de placa, estructura vertical, muros, escaleras y rampas, elementos de diseño arquitectónico y proyección de ductos.

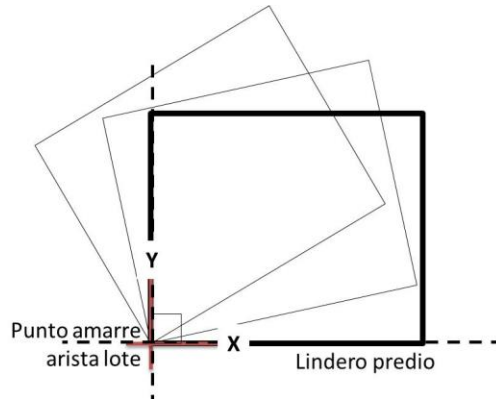


Índice de planos y capas de diseño componente arquitectónico_ Fuente: Propia



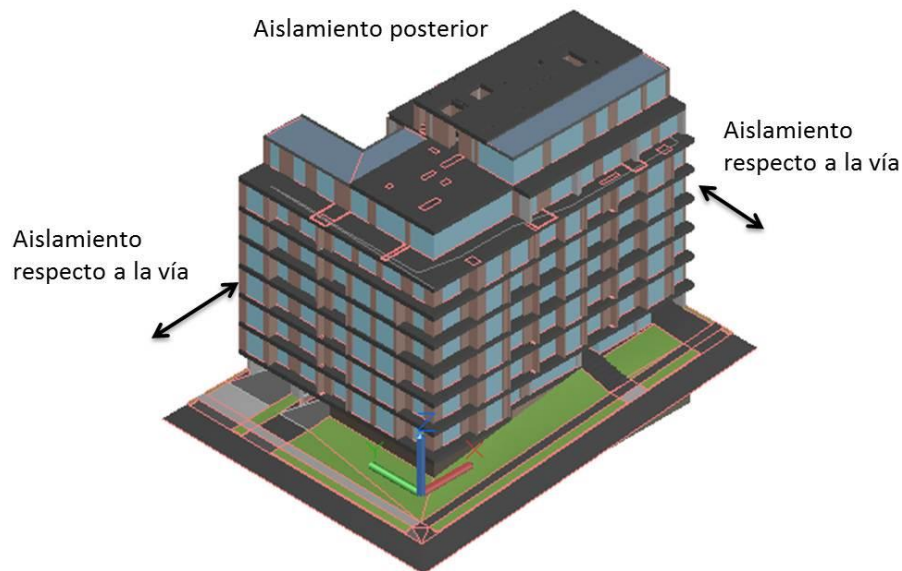
Indicación elementos de diseño planta arquitectónica_ Fuente: Propia

Inicialmente se establece el polígono de terreno con la cabida y linderos definitivos, el cual debe corresponder con la información descrita en la documentación jurídica, catastral y el levantamiento topográfico. Para la ubicación del polígono dentro del archivo de dibujo, se georreferencian en coordenadas reales, estableciendo ejes de construcción principales en lo posible con geometrías ortogonales.



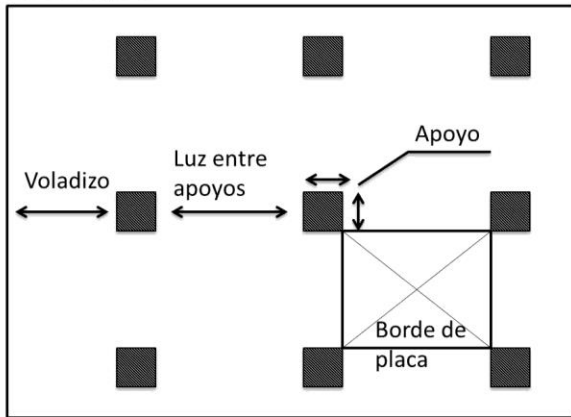
Georreferenciación y encuadre polígono del lote dentro del espacio de dibujo_ Fuente: Propia

Una vez establecido el lote en el dibujo, se determinan los paramentos de construcción, conformados por aislamientos a partir del perímetro del predio y su relación con la vía(s) de accesos y vecinos, de acuerdo a la norma urbana que aplique. Dentro del paramento de construcción se trazan los bordes de placa y la ubicación de apoyos (columnas y muros estructurales y/o de contención), teniendo en cuenta dimensiones de elementos, espesores de placa, luces entre apoyos y alturas libres en cada piso.

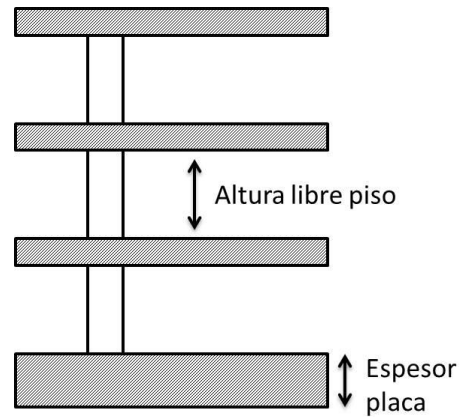


Determinación paramentos de construcción_ Fuente: Propia

Borde de placa

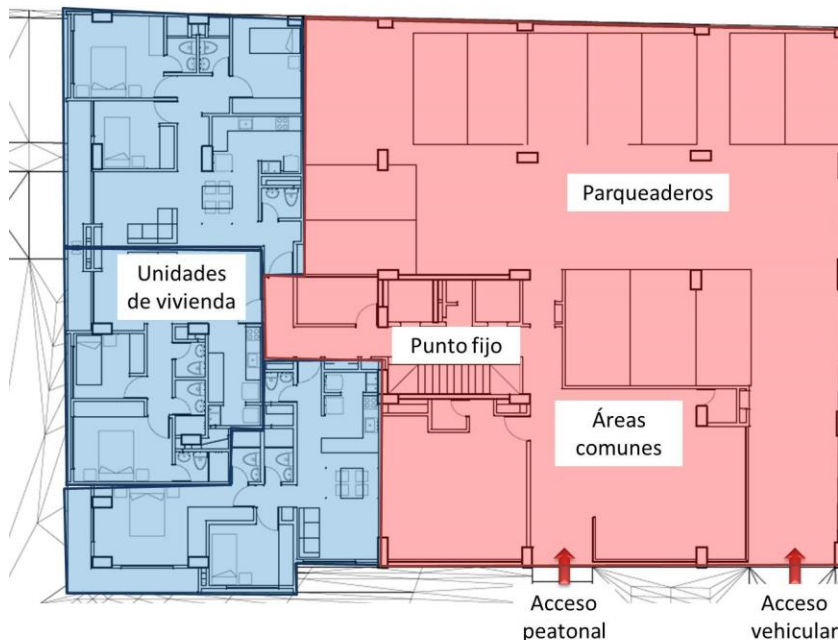


Indicación bordes de placa, luz entre apoyos y voladizo.
Fuente: Propia

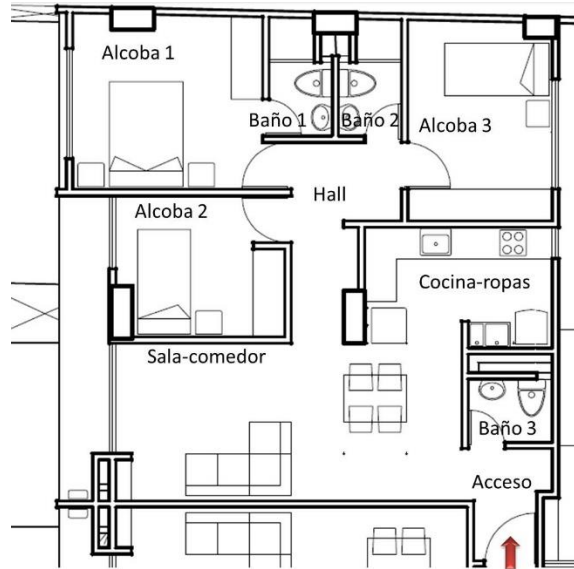


Indicación altura libre piso y espesor de placa
Fuente: Propia

De acuerdo a la distribución de áreas, tanto privadas y comunes, accesos, circulaciones y puntos fijos, se ubica junto con la estructura antes proyectada escaleras, rampas y/o vacíos para ascensores. Luego se configuran las áreas de unidades de vivienda, espacios interiores y áreas comunales con la ubicación de muros divisorios.

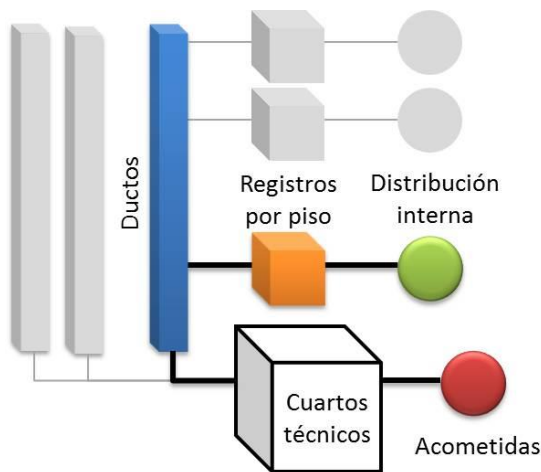


Ejemplo esquema distribución en planta áreas privadas y áreas comunes_ Fuente: Propia

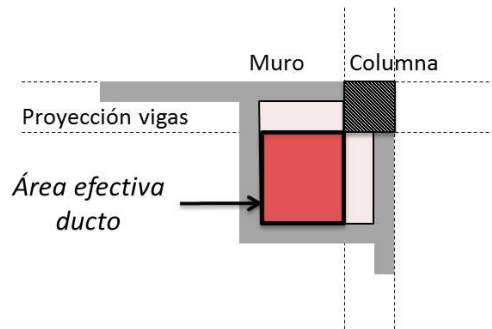


Ejemplo distribución interna unidad de vivienda_ Fuente: Propia

Se indica el uso de cada espacio y se proyecta el amoblamiento, especificando la ubicación de aparatos sanitarios, electrodomésticos y/o gasodomésticos con ejes y puntos de conexión a instalaciones. Finalmente, se proyectan ductos para recorridos de instalaciones siguiendo las pautas de ingeniería conceptual en lo que respecta a dimensiones de ductos, instalación(es) que contiene y conexión con cuartos técnicos. A pesar de que en ésta actividad no se manejan diseños estructurales, el arquitecto debe tener la capacidad de predeterminar los posibles ejes de vigas principales a fin de prever el área efectiva del vacío en ductos e intersecciones que se puedan dar con salidas de codos y sifones de la instalación sanitaria.



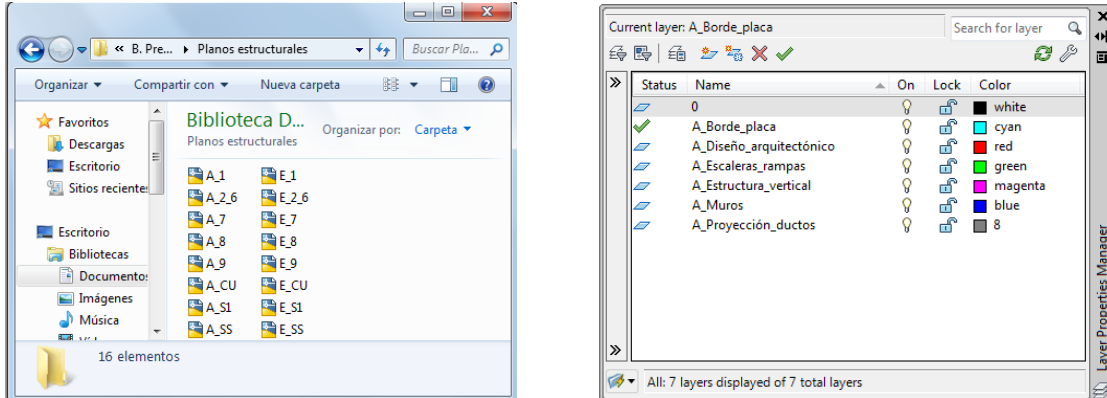
Esquema conexión y distribución general instalaciones_ Fuente: Propia



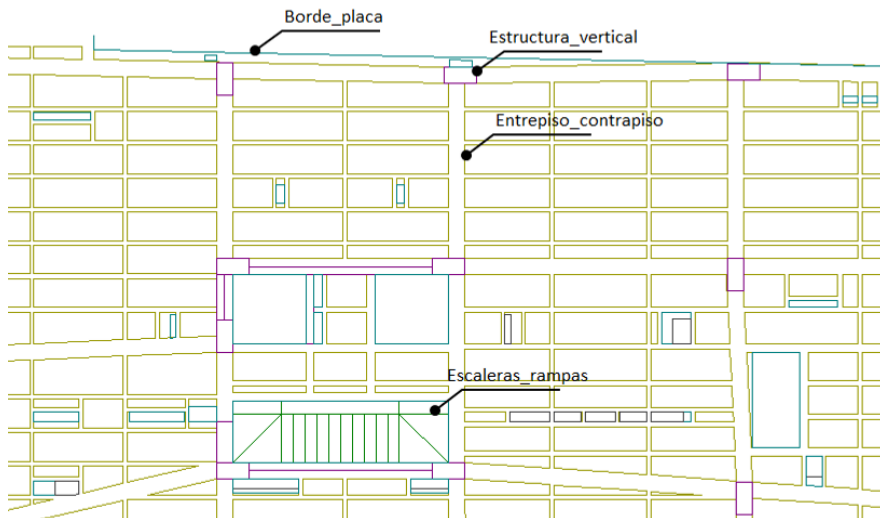
Área efectiva ducto vista en planta Fuente: Propia

Paso 2: Elaboración planos diseño estructural con base a los planos de diseño arquitectónico.

Los planos de diseño estructural se identifican con la letra “E”, los cuales se diseñan con base en los planos arquitectónicos. Adicional a las capas contenidas en los archivos arquitectónicos, se adicionan las que describen estructura de entrepiso, contrapiso y cimentación.



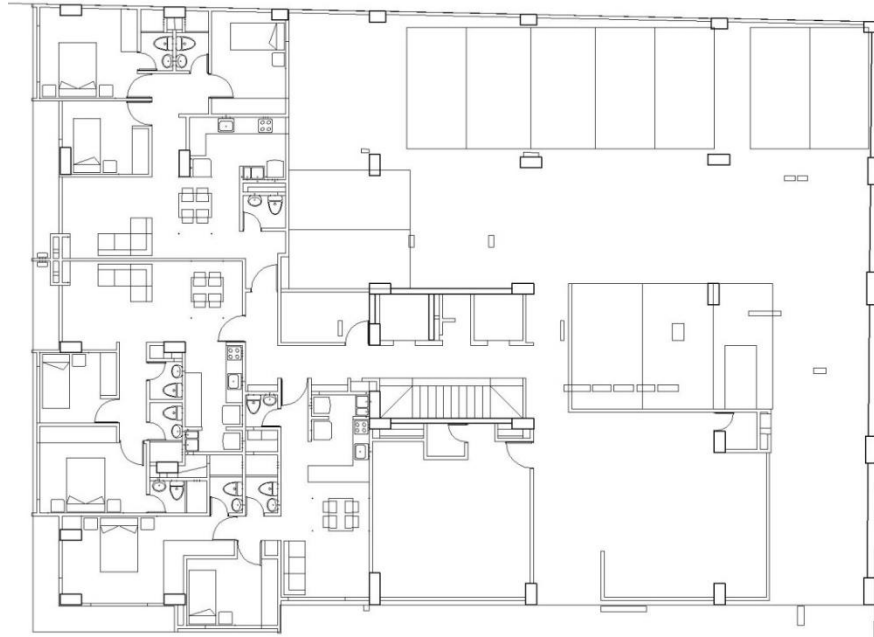
Índice de planos y capas de diseño componente estructural_ Fuente: Propia



Indicación elementos de diseño planta arquitectónica_ Fuente: Propia

Los diseños estructurales se elaboran con base a los planos arquitectónicos, las pautas de ingeniería conceptual, el estudio de suelos y normativa técnica que aplique. En un archivo independiente, se inserta como referencia externa el plano arquitectónico del nivel a trabajar y se valida la información relacionada con apoyos (columnas, muros

estructurales y de contención), borde de placa, escaleras y rampas; y complementa la misma con el diseño y predimensionamiento de la cimentación y la estructura en las placas de contrapiso, entrepiso y cubierta. De haber cambios o adiciones de elementos estructurales, éstos deben resaltarse en el plano de diseño, registrando la respectiva anotación.



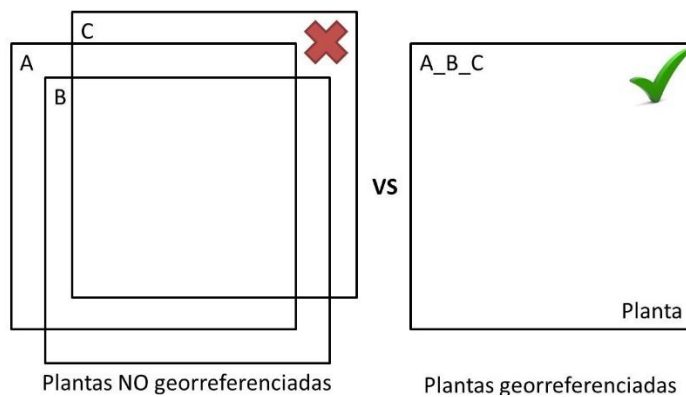
Verificación elementos estructurales en planta arquitectónica_ Fuente: Propia



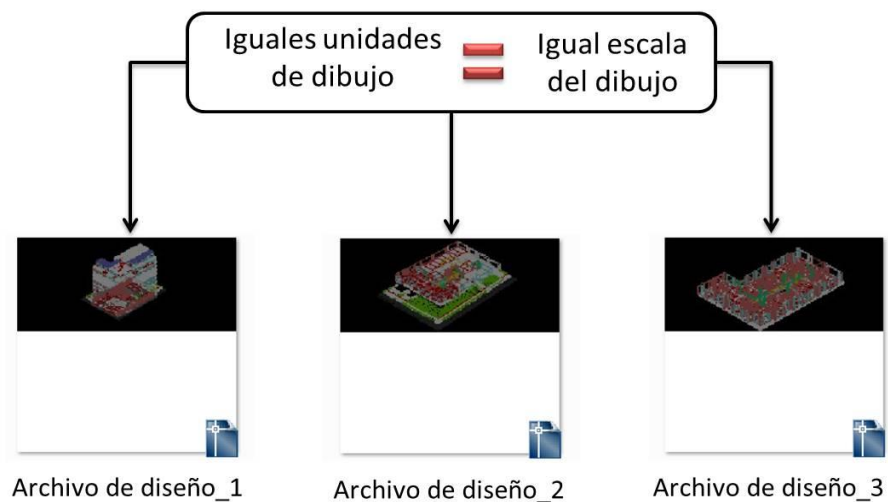
Diseño estructura placa entrepiso_Fuente: Propia

Paso 3: Cruce, verificación, corrección y consolidación planos de diseño arquitectónico y estructural.

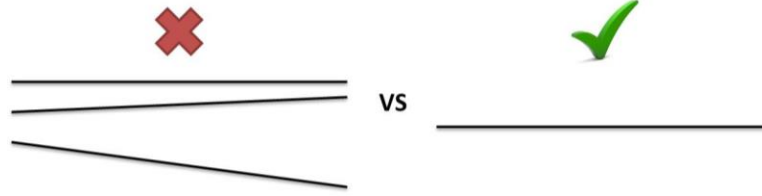
Una vez el ingeniero calculista valida y desarrolla el diseño estructural, éstos archivos de dibujo son revisados por el arquitecto. Se verifica si hay reporte de cambios y/o observaciones al diseño, de haberlos, éstos deben ser corregidos y/o conciliados en conjunto entre ambos diseñadores. Se hace un cruce de todos los archivos de diseño a través de referencia externa, se verifica correspondencia de archivos y conservación de la información (georreferenciación, escala, unidades de medida, elementos del dibujo).



Georreferenciación en plantas_ Fuente: Propia



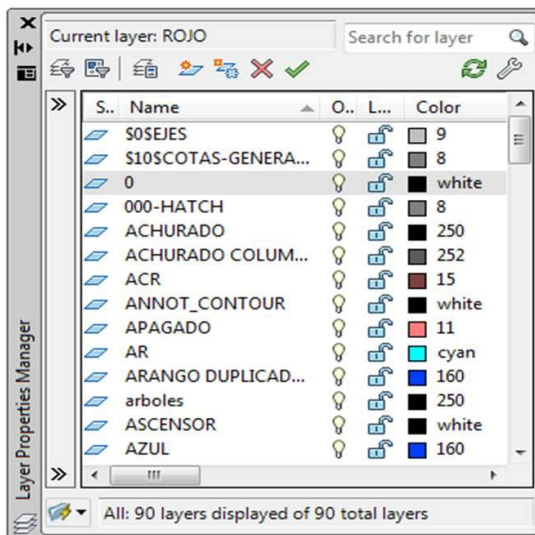
Correspondencia en unidades de medida_ Fuente: Propia



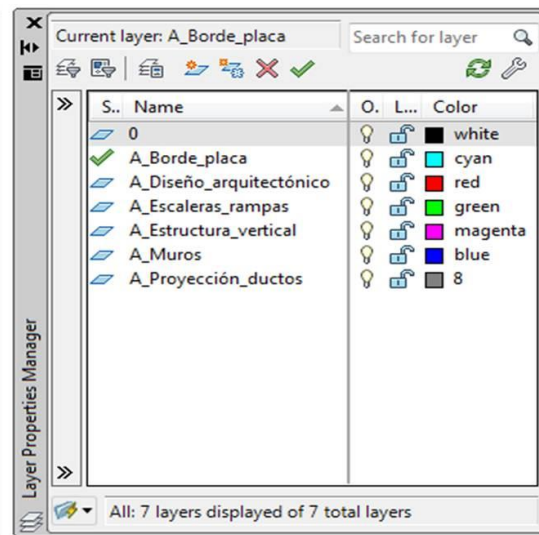
Elementos de dibujo en eje Z a alturas diferentes.

Elementos de dibujo a una misma altura nivel eje Z = 0

Alzado nivel de elementos planos de dibujo eje Z = 0_ Fuente: Propia

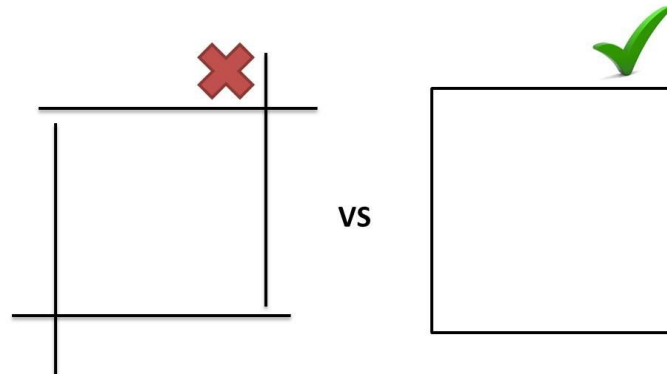


Cantidad excesiva y desorden en capas de dibujo



Cantidad necesaria y orden en capas de dibujo

Orden y clasificación capas de dibujo_ Fuente: Propia

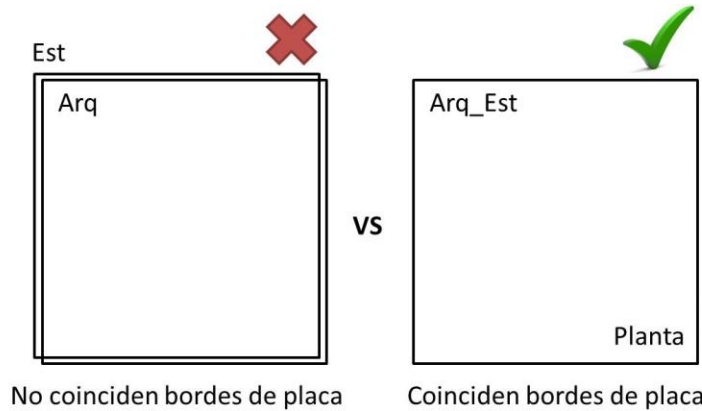


Empalme incorrecto de líneas

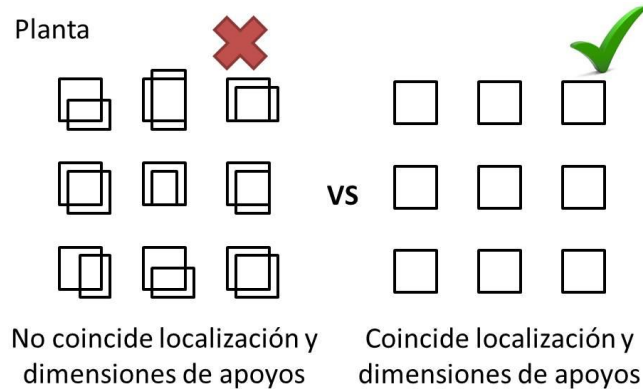
Empalme correcto de líneas

Empalme correcto de líneas en vértices_ Fuente: Propia

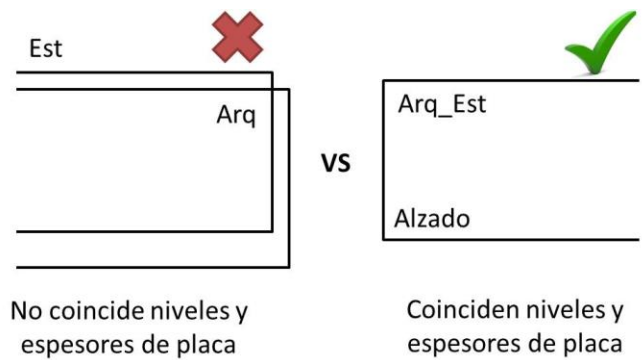
Hecha la revisión de correspondencia de archivos y conservación de la información de diseño, se efectúa la verificación de bordes de placa, localización y dimensiones de apoyos. Se efectúa el ajuste de ductos en la planta arquitectónica conforme al diseño estructural en placas.



Verificación correspondencia bordes de placa_ Fuente: Propia

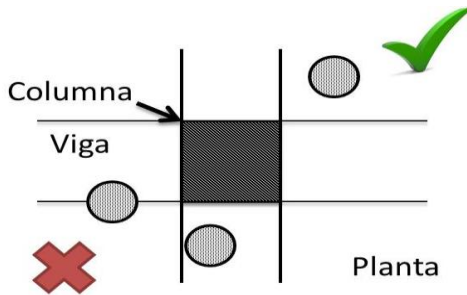


Verificación correspondencia localización y dimensiones de apoyos_ Fuente: Propia

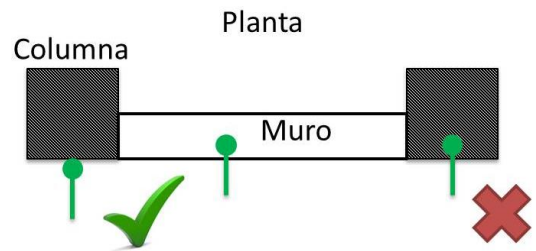


Verificación correspondencia niveles y espesores de placa_ Fuente: Propia

Finalmente se revisan puntos de codos y sifones de desagüe, y puntos de salida de las demás instalaciones con relación al diseño estructural.



Coordinación salida sifones y codos con estructura_ Fuente: Propia

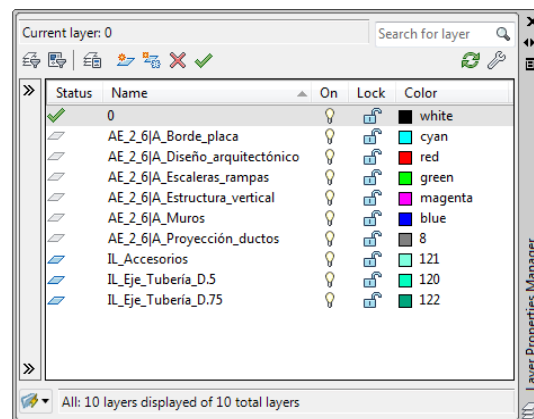
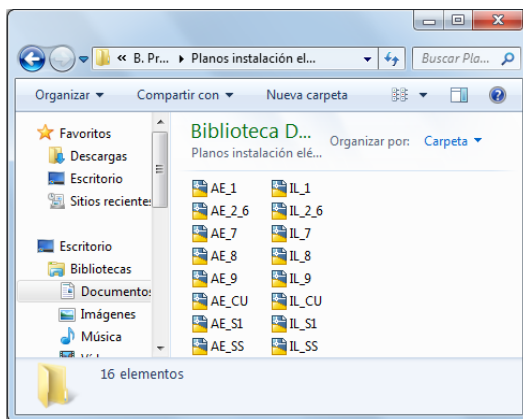


Coordinación salida puntos de instalaciones con apoyos_ Fuente: Propia

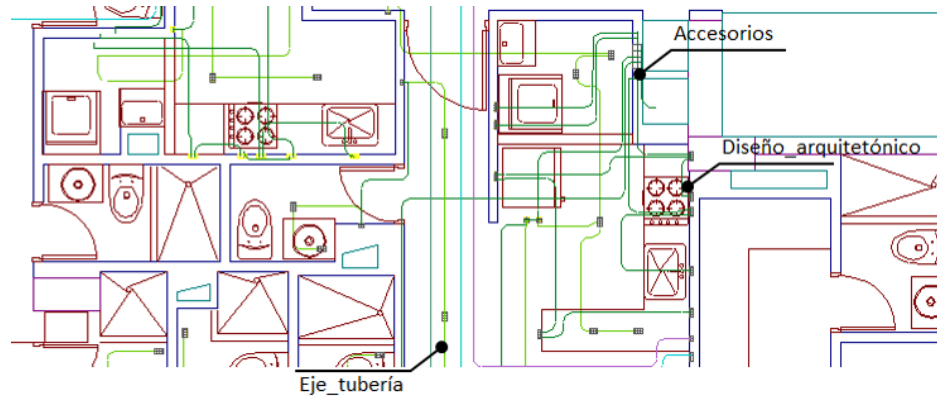
Paso 4: Elaboración planos diseño de instalaciones con base a los planos de diseño arquitectónico y estructural.

En un archivo independiente se inserta como referencia externa los planos arquitectónicos y estructurales, proyectándose el recorrido vertical y horizontal de redes, la ubicación de accesorios y espacios técnicos conforme a lo indicado en las pautas de ingeniería conceptual. Cualquier identificación de conflicto y/o cambio que haya que hacerse al diseño en general, debe indicarse en el plano, haciendo la respectiva observación.

Instalación eléctrica: identificado con las letras “IL”, se diseña con base en el componente arquitectónico. Contiene información de recorridos y diámetros de tubería por piso, techo y ductos; tableros, contadores y accesorios.

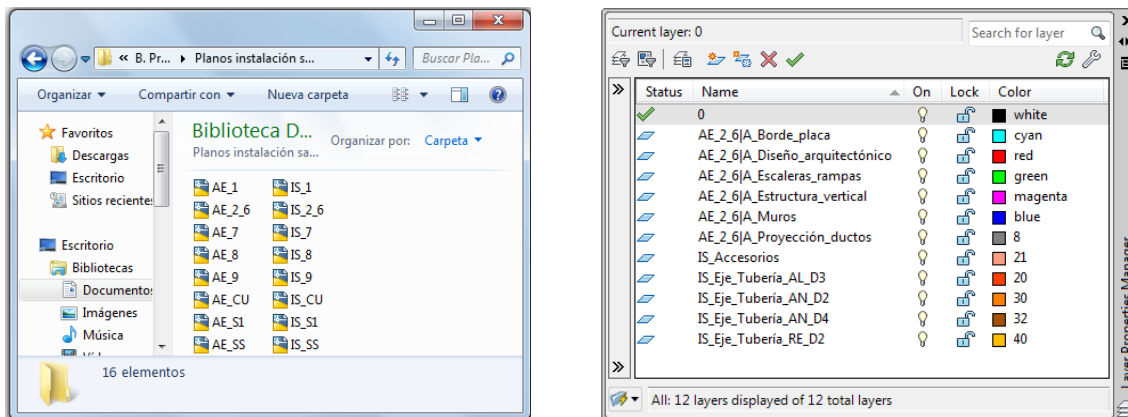


Índice de planos y capas de diseño instalación eléctrica_ Fuente: Propia

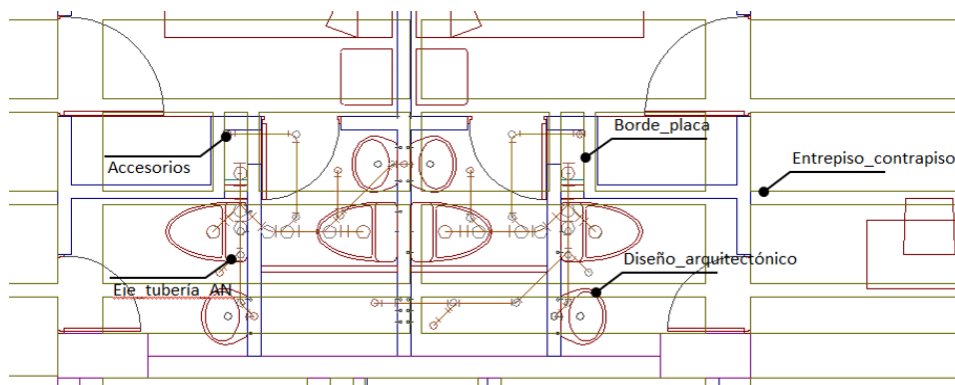


Indicación elementos de diseño instalación eléctrica_ Fuente: Propia

Instalación sanitaria: éste se identifica con las letras “IS” y se elabora con base en el componente arquitectónico. Contiene información de recorridos y diámetros de tubería dentro del entrapiso, descolgada y por ductos; cajas, contadores y accesorios.

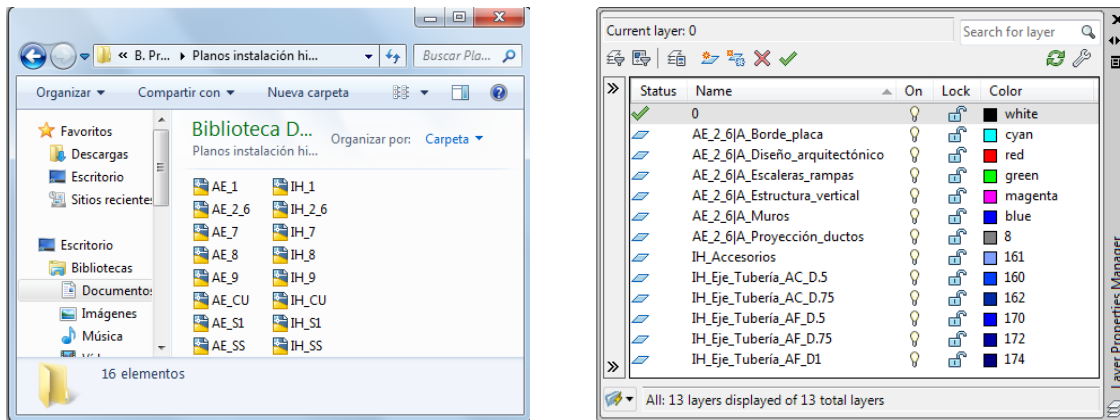


Índice de planos y capas de diseño instalación sanitaria_ Fuente: Propia

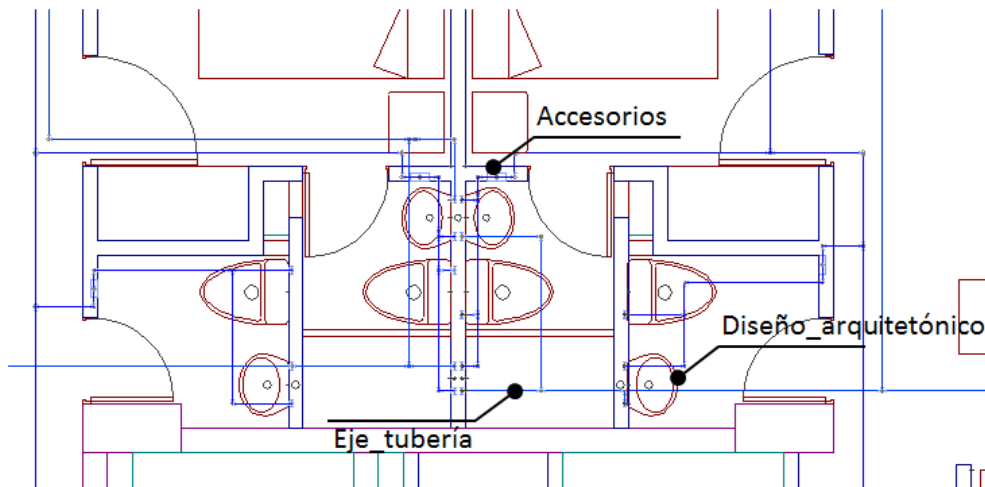


Indicación elementos de diseño instalación sanitaria_ Fuente: Propia

Instalación hidráulica: éste se identifica con las letras “IH” y se elabora con base en el componente arquitectónico. Contiene información de recorridos y diámetros de tubería por piso, techo y ductos; cajas, contadores y accesorios.

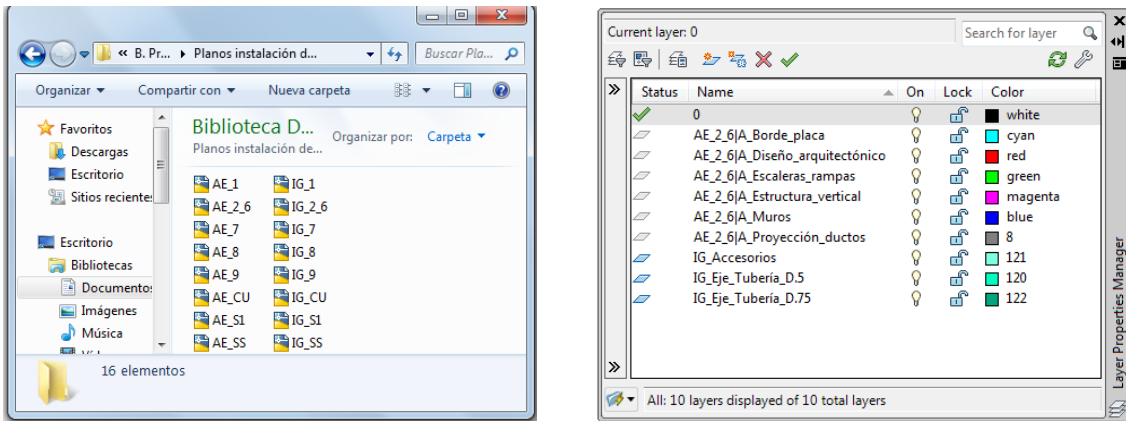


Índice de planos y capas de diseño instalación hidráulica_ Fuente: Propia

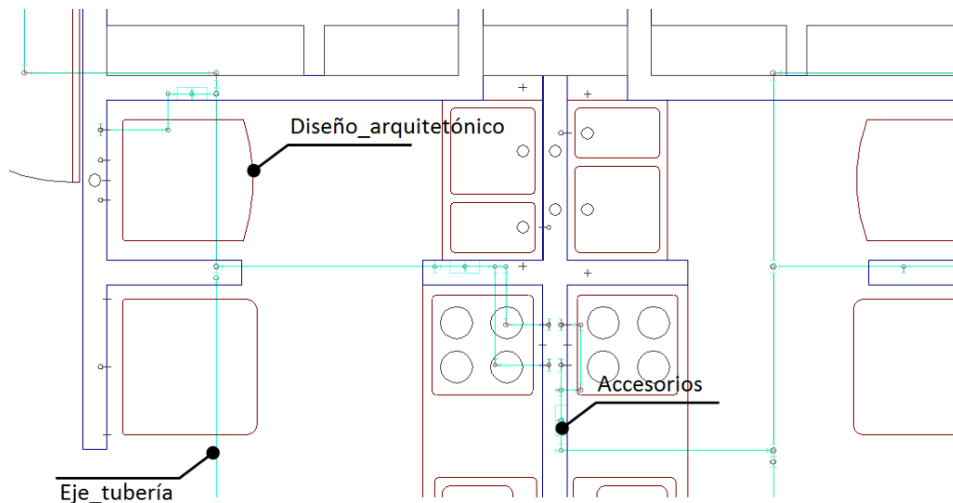


Indicación elementos de diseño instalación sanitaria_ Fuente: Propia

Instalación de gas: identificado con las letras “IG”, se diseña con base en el componente arquitectónico. Contiene información de recorridos y diámetros de tubería por piso, techo y ductos; cajas, contadores y accesorios.



Índice de planos y capas de diseño instalación de gas_ Fuente: Propia

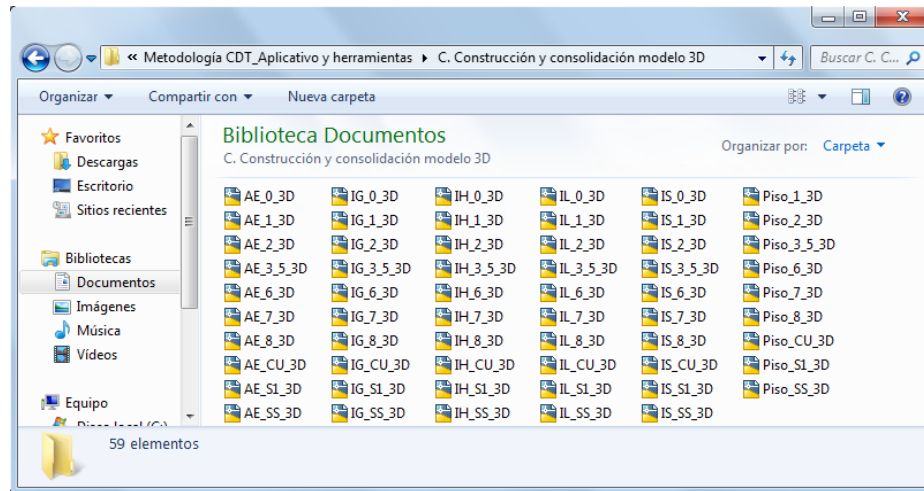


Indicación elementos de diseño instalación de gas_ Fuente: Propia

2.2. Fase 2: Construcción y consolidación modelo 3D.

Paso 5: Modelado de manera integrada y unificada componentes arquitectónico – estructural con base a los planos de diseño arquitectónico y estructural.

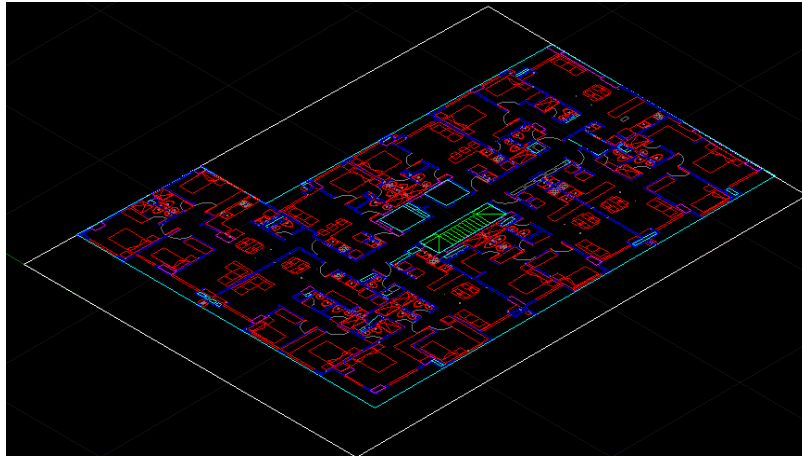
Se elabora de manera integrada y unificada el modelo tomando con referencia las plantas arquitectónicas y estructurales previamente coordinadas. Se manejan archivos y capas de dibujo identificados con las letras “AE”.



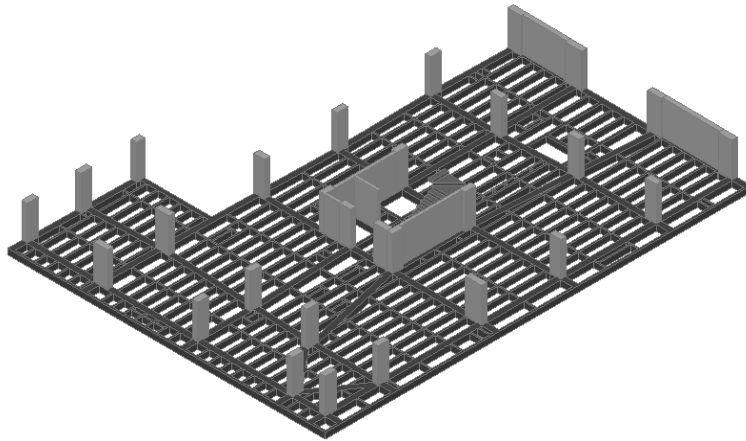
Visualización índice archivos modelo 3D_ Fuente: Propia

En un archivo aparte en vista isométrica se copian las capas de dibujo arquitectónicas y estructurales, posteriormente se ubican éstas en el eje Z en el nivel específico según el número del piso que corresponda respecto al nivel arquitectónico base¹ eje Z = 0,0, donde los planos que se traen al modelo desde un principio vienen referenciados a éste nivel. Se extruyen los elementos relacionados a cada capa preferiblemente en el siguiente orden: placa, apoyos, muros, escaleras, rampas y otros elementos. Elementos relacionados con puertas, ventanas, y mobiliario en general puede manejarse en 2D como bloque, siempre y cuando sea visible y esté localizado correctamente el nivel de piso. La altura de extrusión se maneja sin traslapo por placa y altura libre de piso a la vez. Por ejemplo, elementos estructurales como las columnas que van desde los pisos inferiores hasta las cubiertas deben extruirse en la altura libre por cada piso a la vez, sin incluir la altura o espesor de la placa, lo anterior con propósito de facilitar la visualización y manejo de placas y alturas libres piso a piso del modelo.

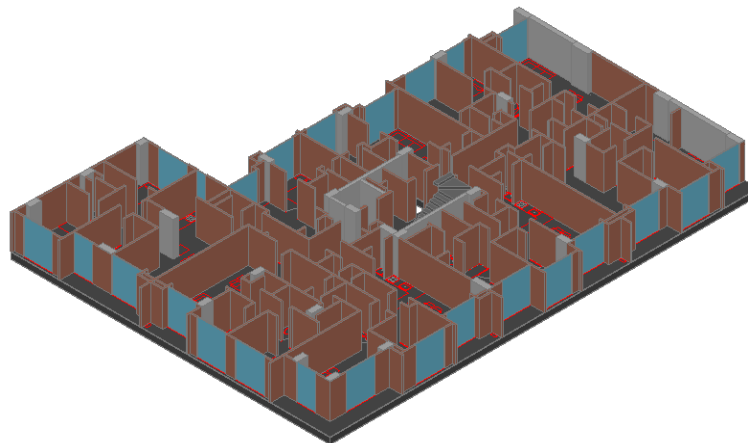
¹ Nivel arquitectónico base Eje Z = 0,0 aplicado en las Fases 1 y 2 de la metodología propuesta. Para estudios complementarios el nivel arquitectónico base del modelo se homologa a la altitud real m.s.n.m.



Vista isométrica plano arquitectura-estructura_ Fuente: Propia

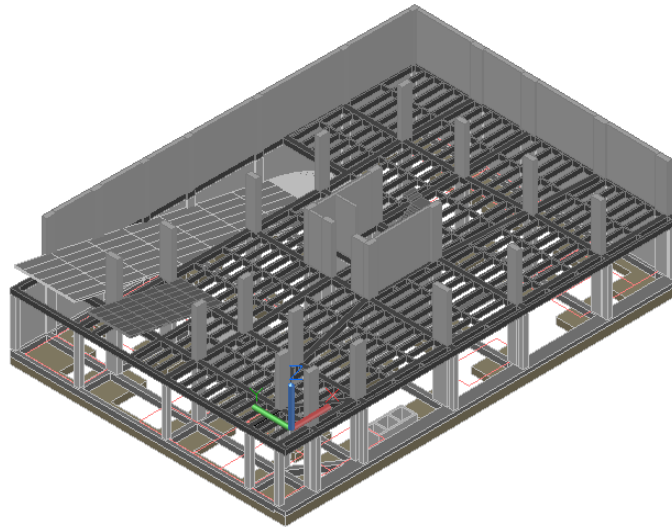


Vista isométrica extrusión componente estructural_ Fuente: Propia

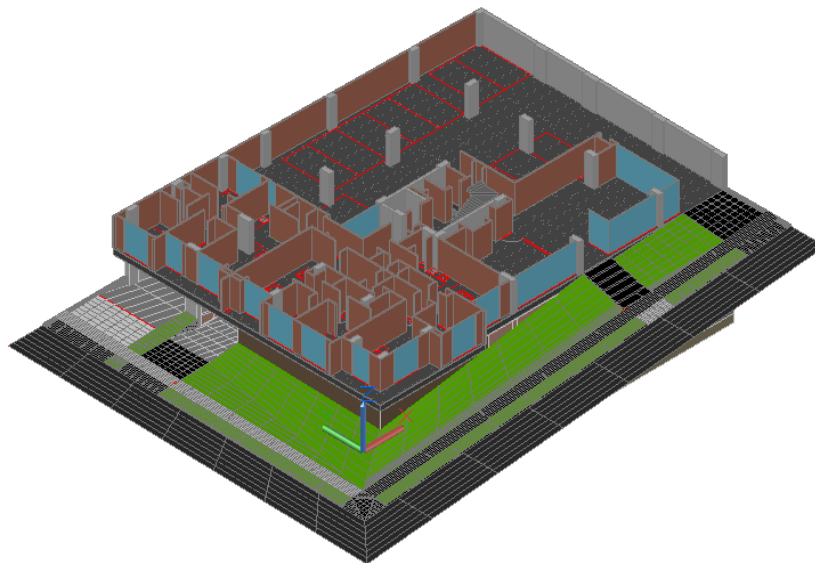


Vista isométrica extrusión componentes arquitectónico y estructural_ Fuente: Propia

Con el fin de verificar la continuidad y correspondencia de los elementos diseñados de un piso a otro, es pertinente desarrollar el modelo siempre arrancando de los pisos inferiores en orden consecutivo hasta llegar a la cubierta. De igual forma modelar el contexto inmediato del proyecto relacionado con andenes, vías de acceso y perfiles viales, teniéndose en cuenta puntos y cotas de nivel dados en el plano topográfico.



Vista isométrica semisótano y referenciación de sótano 1 para continuidad componentes de diseño_ Fuente: Propia

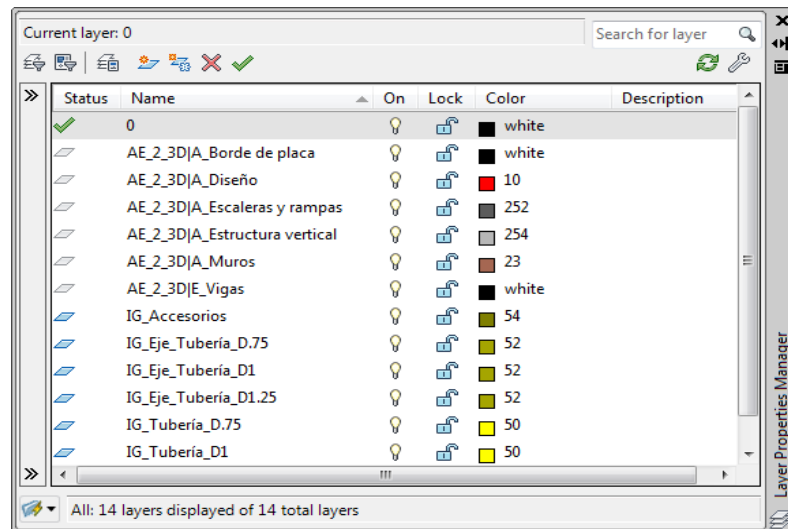


Vista isométrica primer nivel y relación con el contexto inmediato_ Fuente: Propia

El modelado de las placas, independiente del tipo de sistema estructural, debe efectuarse de tal forma que se garantice la visualización de la distribución de elementos estructurales al interior de la misma (vigas, viguetas, riostras).

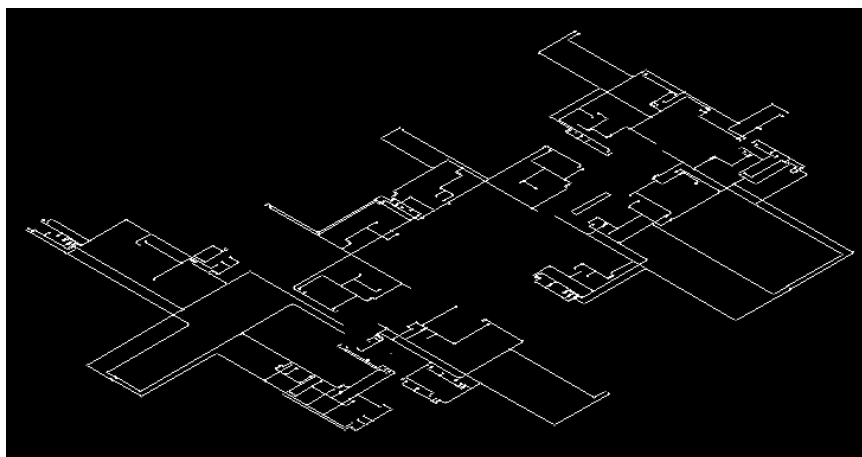
Paso 6: Modelado componente de instalaciones con base a los planos de diseño instalaciones y modelo 3D arquitectónico-estructural.

Las instalaciones se construyen utilizando los planos elaborados en la fase 1 de diseño y tomando como referencia externa el archivo arquitectura-estructura.



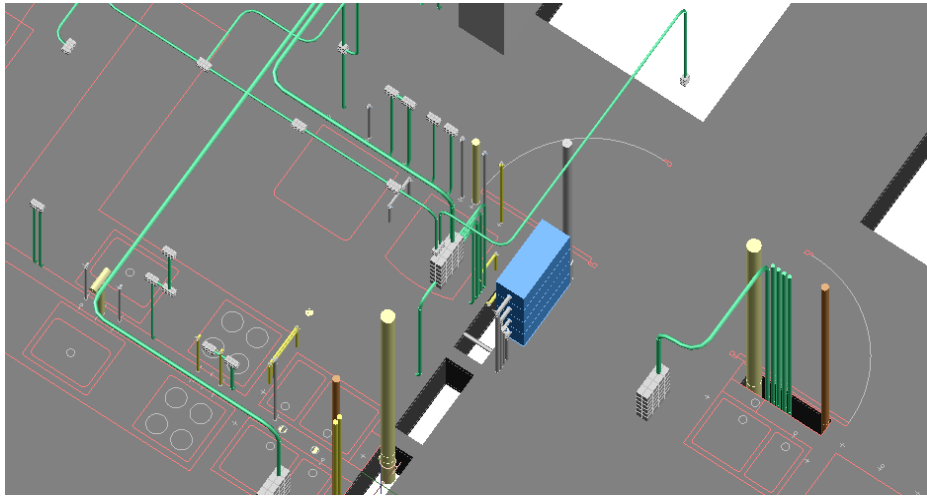
Capas instalaciones y referenciación diseño arquitectura-estructura_ Fuente: Propia

En un archivo independiente se importa los recorridos y ubicación de elementos técnicos en planta de la instalación a modelar, y el modelo arquitectura-estructura el cual nos facilitará la construcción de la misma, específicamente en la referenciación de alturas y recorrido de ejes de tubería.



Vista isométrica plano instalación hidráulica_ Fuente: Propia

Se ubica en el nivel del eje de recorrido de la tubería por piso y/o techo. Se localizan los ejes verticales que conectan los ejes de piso y/o techo con los diferentes puntos de salida, gran parte de éstos incrustados en muro. Las alturas tanto de los ejes de recorrido horizontal de la tubería como de los puntos de salida se especifican en las pautas de ingeniería conceptual. Se hace el empalme de los ángulos perpendiculares entre los ejes verticales y horizontales de la tubería con los radios de giro específicos para la tubería de cada instalación.



Vista axonométrica instalaciones
Fuente: Propia

Se representan mediante volúmenes los elementos y componentes de la instalación (cajas, tableros, registros, contadores, etc) vinculándose éstos a los ejes de recorrido de la tubería. Por último se extruye y/o modela la tubería con los diámetros especificados en el diseño de instalaciones. Para las distancias y dimensiones de los radios de giro de empalme, diámetros de tubería y volúmenes de ocupación de los elementos y componentes de cada instalación, se deben emplear normas, manuales y/o catálogos técnicos indicados por el especialista encargado del diseño de cada red en particular. Los ejes de recorrido horizontal por techo, a pesar que se desarrollan en la cara inferior de la placa del piso inmediatamente superior, estos hacen parte integral del nivel al que sirve.

Altura y diámetros de referencia ejes puntos de salida en muro instalaciones				
Instalación	Descripción	Diámetro exterior tubería		Altura respecto al piso
		mts	pulg.	mts
Sanitaria	Desagüe lavamanos Ø2"	0,06032	2,37	0,6
	Desagüe lavaplatos Ø2"	0,06032	2,37	0,6
	Desagüe lavadora Ø2"	0,06032	2,37	1,1
Hidráulica	Punto hidráulico agua fría y caliente lavamanos Ø1/2"	0,02134	0,84	0,6
	Punto hidráulico agua fría y caliente mezclador ducha Ø1/2"	0,02134	0,84	1,1
	Punto hidráulico ducha Ø1/2"	0,02134	0,84	2,1
	Punto hidráulico agua fría sanitario (siempre al costado izquierdo) Ø1/2"	0,02134	0,84	0,2
	Punto hidráulico agua fría y caliente lavaplatos Ø1/2"	0,02134	0,84	0,6
	Punto hidráulico agua fría y caliente lavadora Ø1/2"	0,02134	0,84	1,1
	Punto hidráulico agua fría lavadero Ø1/2"	0,02134	0,84	1,1
	Punto hidráulico agua fría nevera Ø1/2"	0,02134	0,84	0,6
	Punto hidráulico agua fría (entrada) y agua caliente (salida) calentador Ø3/4"	0,02667	1,05	1,25
	Punto hidráulico agua fría salida llave de piso Ø1/2"	0,02134	0,84	0,3
Gas	Punto de salida calentador Ø1/2"	0,02130	0,84	1,25
	Punto de salida estufa Ø1/2"	0,02130	0,84	0,6
	Punto de salida horno Ø1/2"	0,02130	0,84	0,6
	Punto de salida secadora Ø1/2"	0,02130	0,84	0,6
	Punto de salida chimenea Ø1/2"	0,02130	0,84	0,6
Eléctrica	Tomas baño Ø1/2"	0,02134	0,84	1,1
	Tomas general Ø1/2"	0,02134	0,84	0,35
	Tomas TV Ø1/2"	0,02134	0,84	1,5
	Tomas cocina general Ø1/2"	0,02134	0,84	1,1
	Tomas extractor Ø1/2"	0,02134	0,84	1,8
	Tomas chispero estufa Ø1/2"	0,02134	0,84	0,5
	Toma trifásica estufa Ø1/2"	0,02134	0,84	0,5
	Toma calentador	0,02134	0,84	1,1
Interruptores Ø1/2"	0,02134	0,84	1,1	

Altura y diámetros de referencia ejes puntos de salida en muro instalaciones_ Fuente: Propia

Paso 7: Cruce, verificación, corrección y consolidación modelo 3D arquitectónico-estructural e instalaciones.

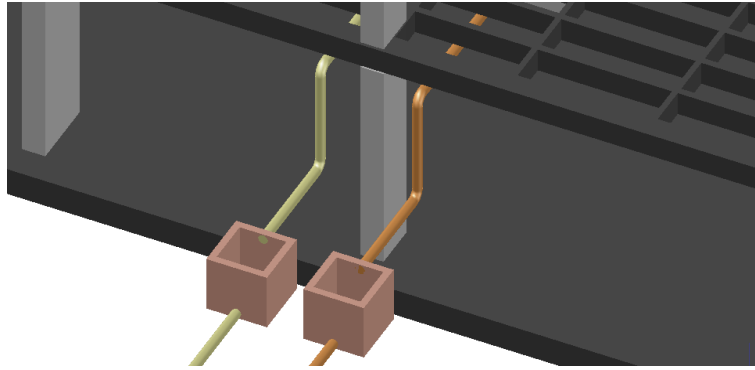
Se verifican los aspectos técnicos relacionados en el siguiente cuadro en el orden de arriba abajo y de izquierda a derecha:

Recorrido Instalación	Acometidas a cuartos técnicos	Traslado a ductos	Conexión ductos con niveles ó pisos.	Distribución interna unidades de vivienda y áreas comunes
Eléctrica	Conexión a transformadores, subestación y tablero de medidores en pisos inferiores.	Salida de medidores tubería por unidad y áreas comunes. Traslado a ductos para recorridos red eléctrica.	Conexión tubería de ductos a tableros eléctricos por unidad de vivienda y áreas comunes.	Salida tubería de tableros eléctricos y distribución por circuitos de fuerza e iluminación a puntos de salida en unidades de vivienda y áreas comunes.
Sanitaria	Conexión cajas de inspección y/o pozos eyectores con alcantarillado aguas negras y lluvias por aparte.	Traslado de bajantes de aguas negras y lluvias por aparte que vienen de ductos en pisos inferiores y conexión con cajas de inspección.	Conexión desagües de cada piso a las bajantes en ductos. Salida tubería de reventilación a cubierta.	Conexión de codos, sifones y/o cárcamos acopio aguas lluvias y negras por aparte a la red en cada piso.
Hidráulica	Conexión acometida con totalizadores, tanques de almacenamiento y cuarto de bombas.	Salida y/o traslado tubería a ductos para recorrido red hidráulica y red contraincendio (ésta última si aplica).	Conexión tubería de ductos a medidores por unidad de vivienda y áreas comunes.	Salida medidor y distribución interna a cocinas, baños y áreas húmedas. Conexión a calentador, salida y distribución red agua caliente.
Gas	Conexión acometida con centro de regulación y conexión a medidores.	Salida y traslado tubería a ductos para recorrido red de gas.	Conexión tubería ductos a válvulas y/o registros de corte por unidad de vivienda y áreas comunes.	Distribución interna tubería a cocina, calentador y chimenea (si aplica).
Otras	Según pautas técnicas dadas por el profesional especialista.			

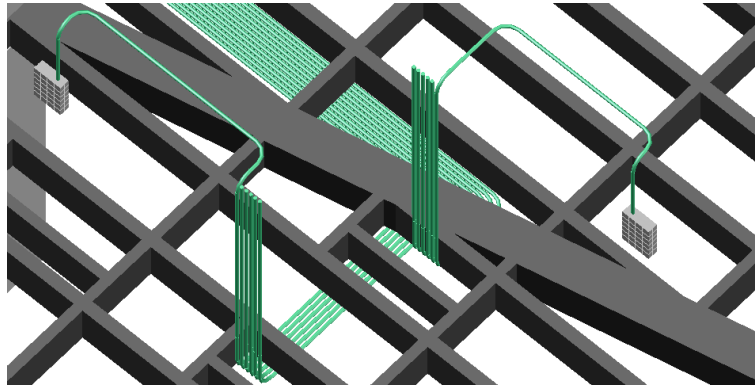
Cuadro verificación instalaciones y recorrido en el modelo 3D_ Fuente: Propia

Dependiendo de las particularidades de diseño de cada proyecto, se determinará el chequeo de otros aspectos técnicos relacionados con normatividad y/o los indicados por los profesionales especializados en cada red en particular.

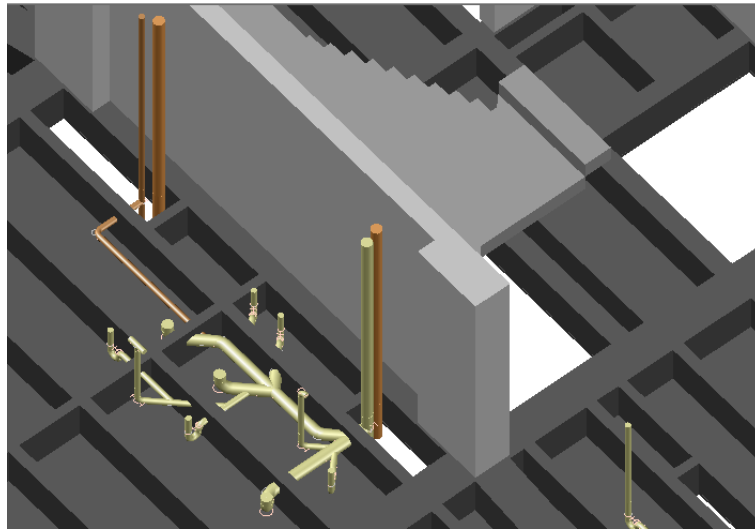
Verificada la coordinación integral del proyecto en donde no se reporten conflictos, se da por terminado el proceso de validación en el modelo.



Conexión redes aguas lluvias y aguas negras a cajas de inspección.
Fuente: Propia



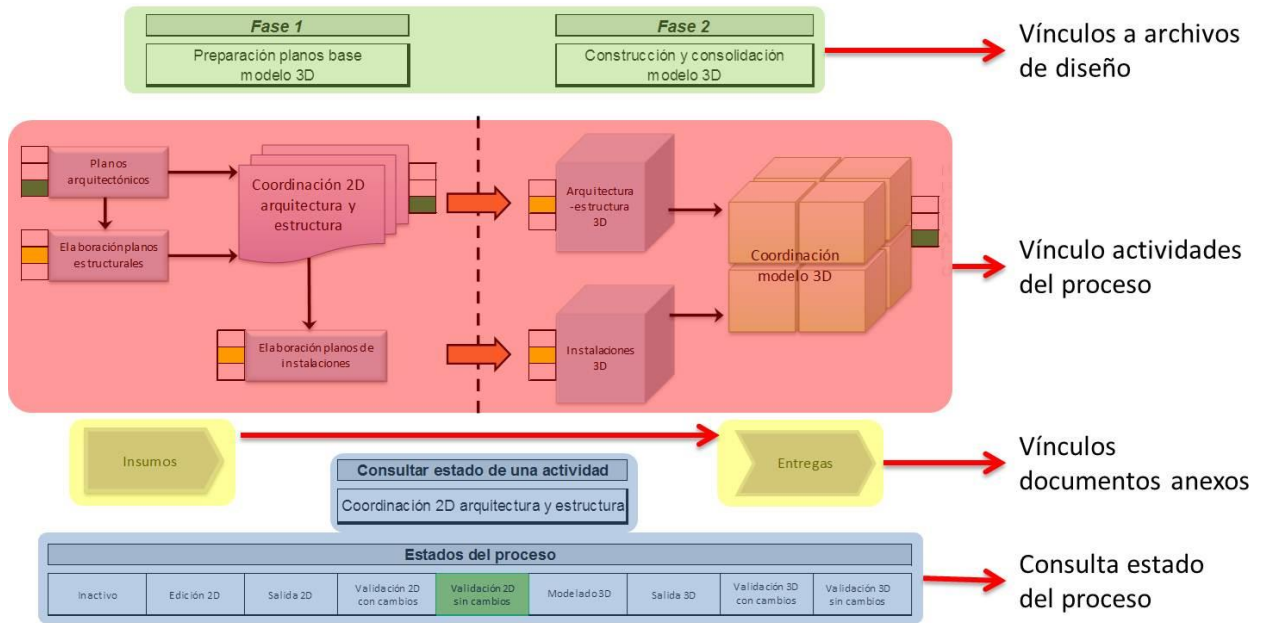
Traslado y conexión red eléctrica a ductos y a tableros unidad de vivienda
Fuente: Propia



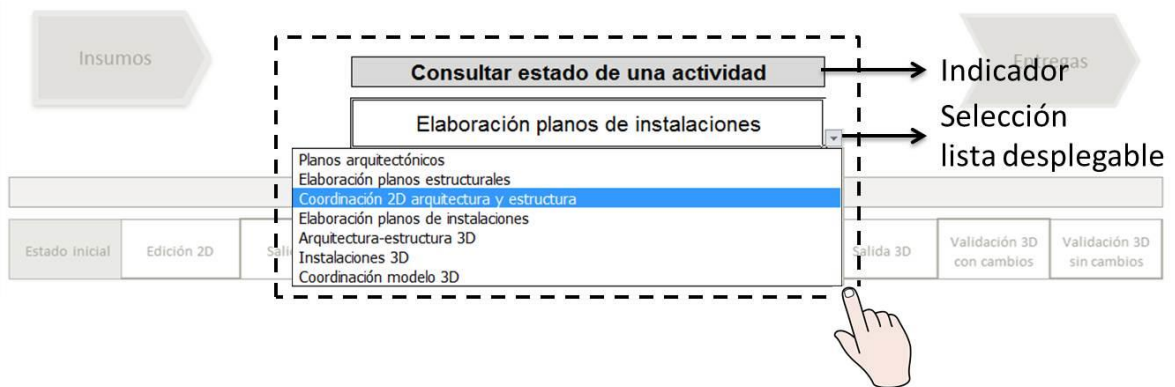
Conexión codos y sifones a bajantes aguas negras y reventilaciones.
Fuente: Propia

3. Interfaz y funcionamiento aplicativo coordinación de diseños técnicos

El aplicativo consta de un mapa de resumen para gestión de procesos, formatos de actividades de edición y de procedimientos de coordinación, y hojas auxiliares de información; los anteriores se vinculan entre sí a través de listas desplegables, validación de datos, hipervínculos, entre otras funciones.



Componentes mapa de procesos_ Fuente: Propia



Casillas de hipervínculos o listas desplegables_ Fuente: Propia

El empleo de las herramientas de lista desplegable y validación de datos permite la vinculación automática de información en formatos de resumen, y la señalización de celdas con colores en texto, bordes y relleno. Los estados del proceso de cada actividad se representan a través de los colores rojo, amarillo y verde. Éstos varían conforme a la validación registrada en las diferentes listas de chequeo.

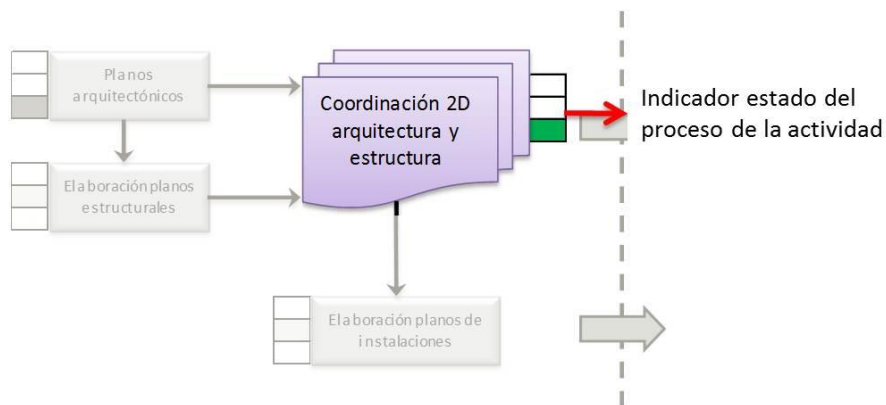
Color	Edición de diseño	Cruce y verificación información de diseño	Condiciones
Rojo	Inactivo	Inactivo	Registra "1" en No Cumple en todos los validadores
Amarillo	Edición 2D	Con cambios	Registra "1" en No Cumple en uno o más validadores
Verde	Salida 2D	Sin cambios	Registra "1" en SÍ Cumple en todos los validadores

Indicador de colores estado de la actividad._ Fuente: Propia

Indique nombre del proyecto				Fase 1	Resumen estado del proceso formato actividad
Formato actividades de edición planos arquitectónicos				Estado	
				Inactivo	
				Edición_2D	
Inicia	Duración	Finaliza		Salida_2D	

El diseño arquitectónico se constituye en el contenedor de la información del proyecto, esquema básico, el levantamiento topográfico y las pautas de ingeniería conceptual. Éstos son la base para la elaboración de los diseños estructurales y de instalaciones.

Resumen estado del proceso en formato de actividad_ Fuente: Propia



Indicar estado del proceso actividad de coordinación en el mapa de procesos_ Fuente: Propia

Los formatos de edición son aplicados en el transcurso del desarrollo de una actividad en particular relacionada al proceso de diseño en términos de producción de información.

Logo empresa	Indique nombre del proyecto			Fase 1
Formato actividades de edición planos arquitectónicos				Estado
Asignación	Inicia	Duración	Finaliza	Salida_2D
Arquitecto				

Información general del proyecto y resumen estado de la actividad

Descripción
La elaboración de planos de diseño arquitectónico se constituye en el contenedor de la información del proyecto, tomando como referente el esquema básico, el levantamiento topográfico y las pautas de ingeniería conceptual. Éstos planos son la base para la elaboración de los diseños estructurales y de instalaciones.

Información entrante
_ Planos 2D anteproyecto arquitectónico base diseño estructural.
_ Pautas ingeniería conceptual.
_ Levantamiento topográfico.

Información a entregar
_ Plantas 2D arquitectónicas.

Información y esquema de la actividad

Validadores	Cumple	
	SI	NO
Presenta plantas típica y atípica por archivos independientes.	1	
Presenta plantas georreferenciadas	1	
El diseño se ajusta a las indicaciones estructurales dadas en las pautas de ingeniería conceptual.	1	
El diseño prevé ductos y espacios técnicos red eléctrica de acuerdo a pautas de ingeniería conceptual.	1	
El diseño prevé ductos y espacios técnicos red sanitaria de acuerdo a pautas de ingeniería conceptual.	1	
El diseño prevé ductos y espacios técnicos red hidráulica de acuerdo a pautas de ingeniería conceptual.	1	
El diseño prevé ductos y espacios técnicos red de gas de acuerdo a pautas de ingeniería conceptual.	1	
El diseño prevé ductos y espacios técnicos otras redes de acuerdo a pautas de ingeniería conceptual.	1	
El diseño cumple con la reglamentación urbanística, NSR10 y otras normas que apliquen.	1	

Lista de chequeo validadores cumple /no cumple

Observaciones

Referencias

Elaboró: _____ Revisó: _____

Observaciones, referencias y visto bueno profesional

Secciones formato de edición_ Fuente: Propia

Indique nombre del proyecto				Fase 1
Formato actividades de edición planos de instalaciones				Estado
Asignación	Inicia	Duración	Finaliza	Edición_2D
Arquitecto	0	0	0	

Seleccionar instalación: Eléctrica


de los recorridos y diámetros de tubería, y localizan parte integral de la red eléctrica. A pesar de los recorridos por metro lineal, por lo que es necesario

Entrante

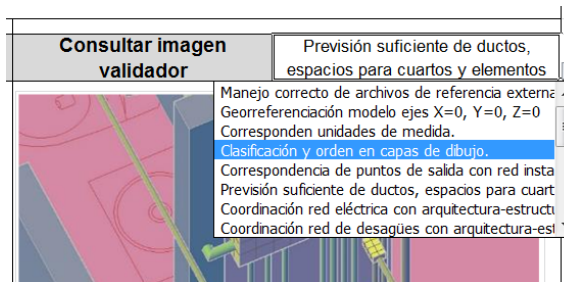
- Eléctrica
- Desagües
- Hidráulica
- Gas
- Otra_1
- Otra_2
- Otra_3

Lista desplegable selección instalación formato de edición_ Fuente: Propia

El formato de coordinación tiene como fin evaluar la coordinación a partir del cruce de información de diseño entre dos o más componentes técnicos del proyecto.

Logo empresa	Indique nombre del proyecto			Fase 2
Formato actividades de coordinación modelo 3D				Validación 2D
Asignación	Inicia	Duración	Finaliza	Sin cambios
Descripción Se revisa en el modelo 3D la coordinación entre las diferentes instalaciones con el componente arquitectura-estructura, verificándose recorridos y distribución de redes por ductos y en placas de entrepiso.				
Pasos _Orden de verificación instalaciones: 1* Eléctrico: acometida, transformador y subestación (si aplica), medidores, tableros y recorridos al interior de áreas comunes y apartamentos. 2* Sanitario: des carga alcantarillado, cajas de inspección, pozo eyector (si aplica), recorrido a ductos y conexión a ductos des de pisos inferiores hacia la cubierta 3* Hidráulico: acometida, tanque de almacenamiento, cuarto de bombas (éstos dos últimos si aplican), medidores y recorridos al interior de áreas con unes y apartamentos. 4* Gas: acometida, medidores y recorridos al interior de áreas con unes y apartamentos. _Por recorridos se verifica en el siguiente orden: ingreso a niveles inferiores, traslado a ductos y conexión en cada piso hasta llegar a la cubierta.		Consultar imagen validador	Previsión suficiente de ductos, espacios para cuartos y elementos	
				
		Matriz_ Identificación de conflictos		
Validadores				Cumple SI NO
1 Manejo correcto de archivos de referencia externa.				1
2 Georreferenciación modelo ejes X=0, Y=0, Z=0				1
3 Corresponden unidades de medida.				1
4 Clasificación y orden en capas de dibujo.				1
5 Correspondencia de puntos de salida con red instalaciones				1
6 Previsión suficiente de ductos, espacios para cuartos y elementos técnicos.				1
7 Coordinación red eléctrica con arquitectura-estructura y otras redes.				1
8 Coordinación red de desagües con arquitectura-estructura y otras redes.				1
9 Coordinación red hidráulica con arquitectura-estructura y otras redes.				1
10 Coordinación red de gas con arquitectura-estructura y otras redes.				1
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Observaciones				
Referencias				
Elaboró		Revisó		

Secciones formato de coordinación_ Fuente: Propia



Lista desplegable selección imagen validador_ Fuente: Propia