

**METODOLOGÍA DE DISEÑO FUNDAMENTADO EN LA GESTIÓN BIM
(modelado de información de construcción) PARA LA FORMULACIÓN DE
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Estudiante:

LEONARDO ACUÑA GUASCA

CRISTIAN FELIPE CAMARGO SANTANA

UNIVERSIDAD LA GAN COLOMBIA

FACULTAD DE POSTGRADOS Y FORMACION CONTINUADA

ESPECIALIZACION EN GERENCIA

BOGOTÁ D.C

MARZO DE 2018

**METODOLOGÍA DE DISEÑO FUNDAMENTADO EN LA GESTIÓN BIM
(modelado de información de construcción) PARA LA FORMULACIÓN DE
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Estudiante:

LEONARDO ACUÑA GUASCA

CRISTIAN FELIPE CAMARGO SANTANA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
ESPECIALISTA EN GERENCIA**

Dra. LEIDY YOLANDA GONZALEZ

Dirigido por:

UNIVERSIDAD LA GAN COLOMBIA

FACULTAD DE POSTGRADOS Y FORMACION CONTINUADA

ESPECIALIZACION EN GERENCIA

BOGOTA D.C

MARZO DE 2018

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	6
1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	10
2. JUSTIFICACION	10
3. OBJETIVOS.....	13
3.1 GENERAL	13
3.2 ESPECÍFICOS	13
4- MARCO DE REFERENCIA	14
5. MARCO TEÓRICO	16
6. MARCO CONCEPTUAL	19
7. MARCO JURÍDICO.....	23
7.1 ESQUEMAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	23
7.2 NORMA SISMO RESISTENTE NSR – 10	23
7.3 RAS – 2000.....	24
7.4 RETIE	24
7.5 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS.....	24
7.6 RECOMENDACIONES DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE ARQUITECTOS PARA LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN	25
7.7 LISTA DE DOCUMENTOS Y PLANOS ENTREGABLES.....	25
7.7.1 Arquitectura.....	25
7.7.2 Ingeniería estructural	25
7.7.3 Ingeniería hidrosanitaria	25
7.7.4 Ingeniería Eléctrica.....	26
7.7.5 Presupuesto de Obra	26
8. METODOLOGIA	27
9. CAPITULO 1.....	27
9.1 LA INFORMATICA EN EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN.....	27
9.2 LOS CAD.....	27
9.3 CAD 3D	28
9.4 ARCHICAD	30
9.5 OPERACIÓN DEL ARCHICAD	32

9.6 AUTOCAD PROGRAMA TRADICIONAL	32
9.7 METODOLOGÍA BIM	34
9.8 IMPRESIÓN 3D Y EL IMPACTO QUE TIENE EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.....	35
10. CAPITULO 2.....	37
10.1 MODELO DE PRUEBA	37
10.2 PRELIMINARES.....	40
10.2.1 Visita de campo	40
10.2.2 Gestión documental	40
10.2.3 Acercamiento inicial con el promotor.....	40
10.3 DISEÑO ARQUITECTÓNICO	40
10.3.1 Gestión Conceptual	40
10.4 MODELO DE INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	41
10.4.1 Esquema Básico	41
10.4.2 Anteproyecto Arquitectónico.....	42
10.4.3 Proyecto Arquitectónico	43
10.5 CUANTIFICACIÓN DE ELEMENTOS.....	45
10.5.1 Cuadro de puertas	45
10.5.2 Cuadro de ventanas.....	45
10.5.3 Memoria de cantidades de muros	46
10.5.4 Memoria de cantidades de muebles	46
10.6 VISUALIZACIÓN ARQUITECTÓNICA	47
10.6.1 Modelo de ventas.....	47
10.6.2 Modelo constructivo	47
11. CAPITULO 3.....	48
11.1 METODOLOGIA DE DISEÑO CON METODOLOGIA CONVENCIONAL	48
11.2 ANALISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE DISEÑO CON METODOLOGIA DE DISEÑO BIM CON ENFOQUE GERENCIAL.....	50
11.2.1 Ventajas de planeación	50
11.2.2 Ventajas en ejecución	51
12. CONCLUSIONES.....	52
13. RECOMENDACIONES	53
14. INVESTIGACIONES FUTURAS.....	54
15. BIBLIOGRAFIA.....	55

TABLA DE GRÁFICOS

Ilustración 1 clasificación de defectos de diseño, Santiago de Chile (Alarcón y Mordones, 1998)	6
Ilustración 2 Cuadro comparativo de rendimientos para la elaboración de un proyecto. Fuente: Elaboración propia.	8
Ilustración 3 Vista de plano en planta y corte fuente: www.google.com	29
Ilustración 4 Esquema de aplicación de procedimientos a la metodología propuesta	38
Ilustración 5 Actores involucrados fuente: elaboración propia	39
Ilustración 6 Plano topográfico en la hoja de trabajo. Fuente: elaboración propia	41
Ilustración 7 Esquema básico implantado en la topografía del modelo fuente: elaboración propia	41
Ilustración 8 Esquema Básico Implantado en Google Earth	41
Ilustración 9 Esquema básico sobre modelo	41
Ilustración 10 Elaboración de modelo en corte	42
Ilustración 11 Elaboración de modelo en planta.	42
Ilustración 12 Modelo 3D proyecto arquitectónico	43
Ilustración 13 Modelo de instalaciones hidrosanitarias fuente: elaboración propia	44
Ilustración 14 Modelo de coordinación arquitectura y redes hidrosanitarias fuente: Elaboración propia	44
Ilustración 15 Cuadro de puertas fuente: elaboración propia	45
Ilustración 16 Cuadro de ventanas fuente: elaboración propia	45
Ilustración 17 Generación de listado cantidades de muros fuente: elaboración propia	46
Ilustración 18 Generación de listado de muebles fuente: elaboración propia	46
Ilustración 19 Utilización de la realidad aumentada BIM fuente: Tomada por el autor	47
Ilustración 20 Hypermodelo de información de la edificación en dispositivo móvil fuente: tomada por el autor	47
Ilustración 21 Maqueta de esquema básico elaborada en la metodología de diseño tradicional fuente: tomada por el autor	48
Ilustración 22 Esquema básico realizado a mano alzada fuente: tomada por el autor	48
Ilustración 23 Render de proyecto arquitectónico fuente: elaborado por el autor	49
Ilustración 24 Implantación arquitectónica proyecto de referencia fuente: elaborada por el autor	49
Ilustración 25 Proyecto arquitectónico de referencia fuente: elaborada por el autor	49
Ilustración 26 Gráfico conceptual del ciclo de vida de la edificación y la interacción con la metodología BIM Fuente: http://mbim.blogs.upv.es/	50
Ilustración 27 Gráfico comparativo de los rendimientos en la metodología BIM vs sistema tradicional	51

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Desde la gestión de proyectos que tiene una compañía de construcción existen problemas en la ejecución y diseño de una obra. Por lo que en la presente investigación solo estudiará los defectos de diseño que entorpecen la gestión de un proyecto.

Según estudios que se realizaron en Chile por parte de Alarcón y Mardones (1998) profesionales en el área, determinaron una clasificación de defectos de diseño.

N°	DEFECTOS DE DISEÑO	%
1	Escaso detalle de los elementos estructurales	13.97
2	Falta de planos detallados de arquitectura	12.78
3	Incompatibilidad entre las diferentes especialidades	11.59
4	Cruce de información incorrecto con estructuras.	8.17
5	Falta de definición de elementos de arquitectura.	6.54
6	Modificaciones en los planos de estructura	6.39
7	Falta de dimensiones de arquitectura.	6.24
8	Falta de identif. y ubicación de los elementos de arq.	5.65
9	Materiales de acabados que requieren muestras.	4.75
10	Problemas con los ejes.	4.46
11	Defectos de diseño en el desagüe	4.16
12	Cruce de información incorrecto con arquitectura.	3.12
13	Cambios de diseño de propietario.	3.12
14	Defectos de diseño eléctrico.	2.97
15	Se entregan tarde los planos de arquitectura.	1.93
16	Defectos en los diseños A.C	1.49
17	Problemas con los equipos eléctricos.	0.89
18	Estructura de los equipos.	0.59
19	Problemas con los materiales en el mercado.	0.45
20	Convención de símbolos.	0.45
21	Defectos en los diseños de gas.	0.30
TOTAL		100%

Ilustración 1 clasificación de defectos de diseño, Santiago de Chile (Alarcón y Mardones, 1998)

En la construcción existen distintas disciplinas que intervienen en la etapa de estudios y diseños, por lo que se expone a varios errores operativos y se puede reflejar estos defectos en la Figura N°1 en la posición número 3.

Para enterarse más acerca de la problemática que puede surgir en el proceso de diseños y estudios de edificaciones es necesario y de suma importancia conocer tal proceso grosso modo. El proceso de estudios y diseños para la construcción de edificaciones se inicia con la realización del diseño arquitectónico obedeciendo a criterios normativos, funcionales,

estéticos y técnicos de acuerdo a las necesidades expresas por el cliente, luego se realiza el diseño estructural debidamente modelado y calculado que surge a partir de los diseños arquitectónicos, aplicando las normativas existentes como lo es la NSR – 10 que es una norma cuyo objeto radica en la sismo-resistencia, es decir, que cuando ocurra un evento sísmico la estructura soporte y resista todos los esfuerzos que se puedan desencadenar de dicho evento natural, cabe resaltar que la resistencia de la edificación se puede ver afectada cuando pueda ocurrir un evento más caótico y crítico sin embargo la probabilidad de ocurrir estas catástrofes es muy baja. Por último se realiza el diseño de instalaciones hidrosanitarias, eléctricas y especiales según sea el requerimiento.

Teniendo en cuenta el proceso previamente mencionado que se lleva acabo para los estudios y diseños, un inconveniente que se puede identificar claramente y debido a los altos estándares de calidad que se exigen hoy en día en la integralidad de los proyectos de construcción y su construcción debe ser rigurosa y adecuada en los aspectos estéticos, funcionales y técnicos, la multidisciplinariedad es inminente y la falta de coordinación es una constante porque generalmente los especialistas en cada una de las disciplinas tienen perspectivas distintas a cerca del proyecto, este es el detonante de que errores en el diseño surjan, o en ocasiones se tarde más tiempo en el proceso de diseño por los reprocesos que puede generar esta variable en el ciclo de vida del proyecto.

Según el arquitecto Javier Garay constructor dedicado a obras de carácter público y privado desde hace más de una década son muy comunes los problemas de coordinación de diseños en las obras, este fenómeno se presenta por que los especialistas en las distintas disciplinas realizan sus diseños de manera independiente en archivos diferentes, es muy común para el en sus obras encontrar redes hidrosanitarias que se cruzan con las redes eléctricas o instalaciones generales que se cruzan con la estructura en zonas donde para el especialista estructural esta práctica es improbable lo que se termina solucionando en obra modificando el trazado, lo anterior genera en la obra retrasos, ítems no previstos, mayores y menores cantidades de obra, situación que se resume en sobre costos para el contratista y para el propietario, además de que altera el ciclo de vida del proyecto modificando el uso de recursos económicos y humanos.

En Bogotá existen alrededor de 26.000 empresas registradas finalizando 2016 con fines de construcción entre lo que comprende los respectivos diseños de cualquier construcción, de las cuales 143 son grandes empresas, 528 medianas empresas, 6.238 pequeñas empresas y cerca de 19.000 son microempresas (CCB, 2016).

En estas microempresas es muy común encontrar contratación de personal para los diseños con los que no cuentan con el conocimiento y la experiencia adecuada, por ejemplo cuando una microempresa es creada por un arquitecto y un contador, ellos tendrán que contratar el servicio por los diseños estructurales, eléctricos e hidrosanitarios. Teniendo en cuenta esto, esos diseños se hacen por separado, es decir el estructural que generalmente es un ingeniero civil recibe los planos arquitectónicos para poder diseñar la estructura (vigas, columnas y placas) y empieza a diseñar pero en otro formato y lo mismo pasa con los diseños eléctricos e hidrosanitarios y allí es donde se desatan errores resultantes de la interpretación independiente que puede tener cada especialista en el desarrollo de su disciplina al servicio del proyecto, esto generado por el trabajo segregado en archivos independientes y en escenarios de trabajo distantes, la falta de comunicación y organización en el momento de diseñar es muy común en el desarrollo de consultorías públicas.

CUADRO COMPARATIVO DE RENDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROYECTO PILOTO DE 1500 METROS CUADRADOS								
ITEM	METODOLOGIA TRADICIONAL	DURACIÓN	RECURSOS HUMANOS	RECURSOS TECNICOS	METODOLOGIA BIM	DURACIÓN	RECURSOS HUMANOS	RECURSOS TECNICOS
1	ESQUEMA BÁSICO	5	ARQUITECTO	MANO ALZADA O AUTOCAD	DISEÑO ARQUITECTÓNICO	2	ARQUITECTO	MODELADOR BIM
1.1	Render de composicion y volumetria	1	AUXILIAR	MODELADOR 3D		2	AUXILIAR/ARQUITECTO	
		6						
2	ANTEPROYECTO ARQUITECTONICO	5	ARQUITECTO	AUTOCAD		2	AUXILIAR/ARQUITECTO	
2.1	Render de materialidad	1	AUXILIAR	MODELADOR 3D		2		
		6						
3	PROYECTO ARQUITECTONICO	8	ARQUITECTO	AUTOCAD		4	AUXILIAR/ARQUITECTO	
3.1	Render finales del proyecto	5	AUXILIAR	MODELADOR 3D	DISEÑO ESTRUCTURAL	3	INGENIERO/AUXILIAR	MODELADOR BIM
3.2	Cantidades de obra	2	AUXILIAR	EXCEL				
		15				8		
4	PROYECTO ESTRUCTURAL	8	INGENIERO CIVIL	DCCAD - AUTOCAD	DISEÑO ELECTRICO	3	INGENIERO/AUXILIAR	MODELADOR BIM
4.1	Cantidades de obra	1	AUXILIAR	EXCEL				
		9			DISEÑO HIDROSANITARIO	4	INGENIERO/AUXILIAR	MODELADOR BIM
5	PROYECTO ELECTRICO	8	INGENIERO ELECTRICO	LUMIX - AUTOCAD		4	INGENIERO/AUXILIAR	MODELADOR BIM
5.1	Cantidades de obra	1	AUXILIAR	EXCEL				
		9				4		
6	PROYECTO HIDROSANITARIO	8	INGENIERO CIVIL	AUTOCAD				
6.1	Cantidades de obra	1	AUXILIAR	EXCEL				
		9				4		
		54				19		

Ilustración 2 Cuadro comparativo de rendimientos para la elaboración de un proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Una vez señalado lo anterior, esta propuesta se traza realizar una gráfica por la cual se tendrá un concepto más gerencial acerca de la metodología BIM versus el sistema tradicional de

diseño de construcciones civiles, abarcando dos variables importantes, costos y tiempo en los procesos operativos.

Se logran evidenciar los rendimientos promedio de las actividades que conlleva la realización de unos estudios y diseños, y su respectivo comparativo entre la realización de estos con la metodología tradicional o con la metodología BIM, Según el ingeniero Juan Carlos Cortes, ingeniero civil especialista en estructuras y con 12 años de experiencia en el área de la consultoría de estudios y diseños.

La tabla nos puede evidenciar una diferencia bastante notoria, lo cual se vería reflejado en el ciclo de vida del proyecto, es importante resaltar que los resultados obtenidos en cuanto a calidad del producto son mejores en el sistema de metodología BIM, esto debido a que se maneja toda la información en un solo software y es manipulada mediante un formato universal denominado .IFC el cual es compatible con todos los software BIM`x que intervienen en el desarrollo del proyecto en sus diferentes disciplinas.

Por otra parte cada disciplina que interviene en el diseño integral de una edificación (Ingeniería civil, arquitectura, ingeniería eléctrica, ingeniería hidráulica, etc.) tienen perspectivas distintas por lo que partiendo de ahí surgen problemáticas que afectan al diseño final, bien es cierto que en la actualidad para mitigar este problema se realizan los comités técnicos o mesas de trabajo que son escenarios en los que se expresan las dudas y se habla del proyecto desde cada una de las disciplinas involucradas logrando así mitigar esta problemática, pero viendo esta estrategia desde el punto de vista gerencial, este procedimiento repetitivo de manera constante en un proyecto aumentara gradualmente en uso de los recursos y prolongara el tiempo de ejecución, además de requerir espacios físicos adecuados para la correcta ejecución de estas mesas de trabajo.

Según sondeos en cámara y comercio de Bogotá, la mayoría de empresas que llevan a cabo estudios y diseños para entidades públicas y privadas son microempresas que enfocan sus desarrollos en la consultoría y carecen muchas veces de espacios físicos adecuados o infraestructura adecuada, lo cual imposibilita la realización de comités o mesas de trabajo con la frecuencia requerida.

1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las ventajas que representa el alcance de la utilización de una metodología BIM respecto al método tradicional en proyectos de diseño de obras?

2. JUSTIFICACION

En las empresas que en general tengan fines lucrativos, lo primordial es la satisfacción del cliente, en el caso de una compañía que su producto final sea un servicio como es el caso del diseño arquitectónico.

“la satisfacción está encaminada a la percepción que tenga el cliente del servicio que recibió. Por tal razón es necesario desarrollar sistemas de gestión basados en procesos que sean cuantificables, esto con el objeto de trabajar ordenadamente y así lograr mejoras continuas en el sistema. A dichas mejoras se le denominan optimización.”
(Arriaga, 2012, p. 15)

Por lo mencionado anteriormente es importante generar un modelo o metodología en las compañías de diseño arquitectónico con el fin de reducir costos y tiempo.

En el caso de la arquitectura el mismo sistema de medición y la escala se convirtieron en herramientas para lograr proyectar la construcción de edificaciones, pero con el pasar del tiempo ha sido la informática mediante la creación del computador y el uso de software como AutoCAD que simplificaron la tarea de elaboración de planos con modificaciones sin perder los avances logrados, en su momento fue un importante desarrollo en el proceso de diseño de una construcción, también aparecieron plataformas como Microsoft office que permitieron involucrar los presupuestos de obra y la programación en plataformas específicas como el EXCEL Y PROJECT, cada una de estas herramientas se abrieron paso en el mercado mediante la academia, las facultades de arquitectura que involucran estas herramientas en su pensum académico para implementar en los futuros profesionales arquitectos la mejora de habilidades mediante el uso de estas herramientas.

Al día de hoy estamos a puertas de una nueva era en las tecnologías informáticas al servicio de la arquitectura en los proyectos de construcción inicia con la planeación, estudio, diagnóstico y elaboración de los estudios y diseños.

El mundo tecnológico está en un constante cambio y es responsabilidad de cada profesional estar a la vanguardia, investigando nuevas formas de facilitar su entorno laboral, de no ser así, el ser obsoleto sería una gran amenaza.

Las herramientas tecnológicas son base de la investigación, por lo que en el presente trabajo se utilizará el software ARCHICAD 19, siendo esta una herramienta capaz de reducir tiempos de operación en la etapa de estudios y diseños, también aporta el concepto de integridad por lo que beneficia a todas las disciplinas que tienen que ver directamente con la elaboración de los estudios y diseños, siendo parte de la gran familia BIM, que se comunican con las de más especialidades mediante un formato universal como lo es el .IFC que le permitirá a cada uno de los especialistas recibir los modelos actualizados en su computadora en tiempo real.

Estos mecanismos informáticos son muy eficientes a la hora de ser aplicados en las empresas como estrategias para reducir recursos y tiempo, debido a que el sistema tradicional en el diseño de un proyecto residencial de 1500 metros cuadrados tarda alrededor de unos 54 días en su integridad teniendo en cuenta el diseño arquitectónico, diseño estructural, diseño eléctrico, diseño hidráulico, Presupuesto de obra y especificaciones técnicas de construcción, mientras que implementando la metodología de trabajo BIM (Modelado de información de construcción) puede tardar 19 días en el mismo desarrollo y garantizando una mayor eficiencia a la hora de ejecutar el proyecto, esto debido a que el margen de error a causa de la coordinación se reduce a más de un 50%. (Esto se puede evidenciar en la ilustración 1) En el desarrollo de los objetivos se elaborará un modelo de prueba para referenciar todas estas cifras de una manera más cercana y práctica.

Por lo anterior se deduce que las empresas de consultoría en cuanto a estudios y diseños se refiere estarán mejorando sus procesos operativos que a la vez mejoran la cantidad de proyectos que puedan estar dispuestas a trabajar, porque si se reduce el tiempo de entrega de estudios y diseños de un proyecto, se aumentara la disponibilidad de la empresa a trabajar con más proyectos, cabe resaltar que los proyectos tienen otras variables a tener en cuenta para que una empresa de consultoría los obtenga, variables como relaciones interpersonales, presupuesto del proyecto, calidad de los diseños, dichas variables son primordiales para ganar la licitación de un proyecto, pero este trabajo solo se enfocará en reducir el tiempo de realización de los diseños de proyectos constructivos.

Es muy importante mejorar la eficiencia de realizar los estudios y diseños porque con la nueva ola que trae consigo la impresora 3D todos los proyectos se fijaran más en los diseños que en la ejecución. Ya se están realizando trabajos de vivienda con estas impresoras por lo que las empresas competirán en cuanto a diseños y calidad de materiales.

Pero que no se trate de mejorar un proceso simplemente por mejorarlo sin tener un conocimiento de las consecuencias que traiga. Referenciando a Miguel Ángel Bautista la optimización de procesos tiene que tener otros factores:

“La incidencia que tenga frente a los demás procesos, su representatividad con relación al proyecto será el punto de partida que dimensione la acción de mejoramiento y por lo tanto lo que representa los resultados de la optimización” (Bautista M, 2007).

Es decir que el proceso que se optimice debe tener una relación directa con los demás procesos, que no sea una simple optimización sino analizar el nivel de impacto, si vale la pena o no apostar y enfocar todos los esfuerzos en esta optimización.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Formular una metodología de diseño que optimice los procesos operativos para una compañía, reduciendo costos y tiempos a partir de la gestión BIM (Building Information Modeling ó Modelado de la información de construcción).

3.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar una investigación teórica acerca de la incursión de la informática y la cibernética en el diseño para construcciones civiles.
- ✓ Elaborar un modelo de prueba utilizando la metodología BIM, teniendo en cuenta los elementos constructivos, y características del proyecto.
- ✓ Realizar un análisis comparativo del proceso operativo convencional del diseño de construcciones civiles frente al proceso implementado con metodología BIM.

4- MARCO DE REFERENCIA

	INSTITUCIONALES	ACADEMICAS	PRENSA
	(Fundación laboral de la construcción, 2016) La más completa que hemos encontrado es la siguiente: BIM (Building Information Modeling) es una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos de edificación u obra civil a través de una maqueta digital. Esta maqueta digital conforma una gran base de datos que permite una mejor gestión, control y seguimiento de los elementos que forman parte del modelo durante todo el ciclo de vida de la misma. Y no es: Un software o varios programas informáticos o'algo' que se use sólo en edificación.	Tesis de maestría, universidad nacional: El BIM aparte de generar visualización real de la estructura permite ligar a la misma información descriptiva, la cual se puede actualizar en tiempo real conforme a los cambios vaya presentando el modelo en 3D.	Quien utiliza BIM (Building Information Modeling) para la planificación, el desarrollo o la construcción de un proyecto inmobiliario se convierte en Neo mirando el código fuente de Matriz. BIM no es solo la visualización en 3D, ni tampoco el conjunto de datos técnicos del edificio ni su geometría. Es un conjunto de instrumentos tecnológicos que permiten la visualización de datos, información y desarrollo de un proyecto inmobiliario. Algo así como la realidad aumentada aplicada a la totalidad de una construcción. (ABC, 2017)
	(Universidad Nacional, 2014) si los sistemas de diseño y construcción en Colombia, persisten en mantenerse en los sistemas CAD, la pérdida de competitividad será paulatina, ya que empresas con sistemas gerenciales de BIM procedentes de otras naciones, podrán competir con alta calidad y eficiencia financiera en comparación con empresas tradicionales del sector de la construcción. Ya en algunas ciudades de Colombia se encuentran empresas que ofrecen este tipo de sistemas y que cuentan con el apoyo técnico o financiero proveniente del exterior. Si bien la competencia es bienvenida en términos de exigencia para cualificar los sistemas productivos colombianos, también es cierto que si no se atiende al reto impuesto por la gerencia tecnológica informática, el sector de la construcción en Colombia será liderado en poco tiempo por empresas constructoras extranjeras. De hecho, las exigencias en términos de calidad y capacidad de contratación dejan actualmente a muchas empresas nacionales por fuera de la competencia. Lo anterior demuestra la importancia de fortalecer la labor gerencial en el sector de la construcción a partir de la consciencia de lo que la tecnología informática tiene para ofrecer en el siglo XXI.	Un modelo BIM, es un modelo único en 3D accesible a todos los agentes intervinientes en el proceso constructivo que incorpora toda la información relativa al proyecto, que queda almacenada en una única base de datos, pudiendo ser consultada y modificada en cualquier momento. Por tanto, la información es bidireccional, es posible extraerla, gestionarla y devolverla al modelo, siendo también por ello información multidisciplinar (Universidad Politécnica de Valencia, 2015)	Implantar la metodología de trabajo BIM –que genera y gestiona los datos de un proyecto de edificación o infraestructura desde el mismo momento en que empieza el proceso de diseño hasta el final– debería ser «obligatorio en el 100% de los casos y no solo para las grandes empresas, sino también y especialmente para las pymes (El norte de castilla, 2017)

	INSTITUCIONALES	ACADEMICAS	PRENSA
	Vives Azulejos y Gres es una de las primeras empresas cerámicas en España en proporcionar sus productos en modelo BIM, acrónimo de Building Information Modeling, una metodología de trabajo para gestionar proyectos de construcción de forma colaborativa entre todos los agentes que interfieren en el mismo. (Levante , 2017)	Los incipientes intentos por implementar estas metodologías en Colombia han sido escasos, unos con más éxito que otros debido a la falta de conocimiento y al prolongado tiempo que toma en la industria de la construcción lograr cambios radicales en sus procesos por el alto riesgo que se asume. En Colombia las herramientas BIM han sido empleadas en mayor grado para ejecución de trabajo arquitectónico en lo concerniente a la realización de renders y visualizaciones 3D. (Tesis de universidad javeriana, 2012)	El ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, ha trasladado el compromiso de su departamento para dar un impulso importante en el desarrollo e implantación de la metodología BIM (Building Information Modeling). BIM es una metodología de trabajo colaborativo que documenta todo el ciclo de vida de la edificación y las infraestructuras mediante el uso de herramientas informáticas.

5. MARCO TEÓRICO

En el desarrollo del trabajo se viene hablando de la optimización de los procesos como pilar fundamental desde la perspectiva gerencial para reducir costos y tiempo en procesos operativos en la etapa del diseño de obras de construcción. Por tal razón es importante reconocer que en la actualidad las organizaciones se encuentran inmersas en la competitividad del mercado, por tal motivo cada organización pretende tener éxito o al menos perdurar en la industria activamente alcanzando las metas y objetivos que se propongan.

Para ello se necesita un buen funcionamiento de la compañía, que todos las partes funcionen perfectamente y además de esto debe haber una muy buena gestión de las actividades que desarrolle la organización y los recursos que tengan comprendidos en dichas actividades. Un resultado eficiente se alcanza cuando las actividades y recursos se gestionan como un proceso (IAT, 2009)

¿Pero qué se entiende por proceso, si tanto se habla de optimizarlos?

Según la norma ISO 9000, 2005 un proceso es “un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”

Es decir que los resultados se pueden obtener de una manera más eficiente si en la relación o interacción de actividades que plantea la definición existe una transformación de una entrada a una nueva salida, tal transformación debe aportar un valor agregado a la compañía.

En el caso de la presente investigación un ejemplo cercano acerca de lo que se mencionó previamente sería cuando un cliente proporciona las especificaciones de una casa que él quiere (entrada) se le aplica un proceso de diseño con todas las variables comprendidas como son costos y tiempo para dar un producto, que sería el diseño final en planos de la casa que quiere (salida).

La finalidad de reunir las actividades para que conformen un proceso es un apoyo desde el punto de vista del gerente debido a que puede entrar a sacar sus propias conclusiones y reflexiones de los resultados que se estén dando de dichos procesos para así proceder a concentrar sus esfuerzos en el proceso e identificar las ventajas y desventajas que estén ocurriendo y si es rentable para la compañía seguir con el mismo proceso.

El propósito que tiene esta metodología BIM y que se ha planteado a lo largo de la investigación es reducir de manera significativa costos y tiempo en los procesos de diseño.

Conociendo los procesos, se puede identificar que actividades son aptos a la mejora y optimización. El uso apropiado de los recursos, la oportunidad en la consecución de los insumos, la calificación de la mano de obra son algunos de los aspectos vitales para definir las oportunidades de mejora de los procesos y de la eficacia en el alcance del proyecto. (Bautista, 2007, p.181)

Lo que se puede inferir es que si un gerente conoce bien las actividades que conforman los procesos que desarrolle su compañía y tiene en cuenta una serie de aspectos para poder identificar donde realizar una mejora y optimización.

Un proceso siempre tiene un inicio y un fin, por lo tanto esto claramente arroja que los procesos tienen un tiempo de duración, por lo que es de carácter importante gestionar esa programación de actividades para controlar de manera eficiente las duraciones de cada actividad.

Bautista (2007) afirma:

El trabajo de programación consiste en establecer la secuencia de los tiempos y recursos necesarios para el desarrollo del proyecto y su construcción. Instaura a partir de la definición y determinación de las actividades de un marco de referencia con base en la metodología de secuencias, tiempos e interrelaciones para desarrollar las actividades que componen la etapa de estudios y diseños o la etapa de construcción.

Por lo mencionado la programación en proyectos de construcción es vital para la gestión de proyectos, entendiendo que la programación es básicamente los tiempos y recursos que requiere una determinada actividad.

Para nadie es un secreto que las empresas buscan reducir costos operacionales para obtener más utilidades, es por esto que en este aspecto de reducción de costos es válido traer a colación un concepto muy conocido y muy hablado a nivel empresarial, y es la innovación.

Cuando se habla de innovación necesariamente no tiene que ser crear algo nuevo desde sus inicios, puede ser adaptar algo ya existente peor que nadie lo ha hecho para obtener mejores

resultados, es decir una empresa puede implementar un modelo muy poco usado que de pronto sea riesgoso pero que si se usa con especial cuidado y análisis puede tener beneficios como mayores utilidades, sin tener que crear un nuevo producto.

Haciendo referencia a Mauborgne y Chan Kim (2013) en su libro La Estrategia del océano azul, ellos plantean que las empresas tienen una incesante guerra por quien es el mejor y no quiere decir que este mal, pero a veces se enfocan demasiado en realizar estrategias para diferenciarse de su competidor que no analizan las consecuencias negativas que puedan traer, sin embargo nadie se empeña en buscar crear una nueva demanda, es decir que una empresa realice un producto para que cree un nuevo mercado, sin competidores, un océano azul.

Según Mauborgne y Chan Kim (2013):

El principio de explorar grupos estratégicos dentro de cada sector, que trata de buscar nuevas herramientas que mejoren la propuesta dentro de la misma industria que se encuentre una empresa con el fin de crear un océano azul, para ello es indispensable dejar de pensar en los competidores y pensar más en usar algo novedoso para fines específicos. (p.62)

Sencillamente lo que se pretende con el océano azul y todo el tema de la innovación mencionada previamente, para efectos de la presente investigación con la metodología BIM que es una herramienta novedosa puede permitir la reducción costos de manera significativa, en el desarrollo del capítulo dos se realizara un modelo implementando esta metodología para entrar más en detalle cómo afecta la reducción de costos en la etapa de diseño.

Asimismo desde el punto de vista comercial y del marketing la implementación de la metodología BIM brinda una perspectiva más sencilla para el cliente, debido a que maneja todos sus diseños en 3D por ejemplo en un proyecto de vivienda que es muy común, en una sala de ventas hasta que no se construya el apartamento modelo no se puede mostrar el producto terminado, solamente en planos que son hechos en 2D, siendo esto una difícil percepción para el cliente, en cambio la metodología BIM desde el inicio realiza los diseños en 3D por lo que cuando el cliente lo desee puede ver en tercera dimensión cómo va el apartamento. Es por esto que vale la pena arriesgarse a buscar ese océano azul que permita generar un crecimiento en una compañía.

6. MARCO CONCEPTUAL

Asolación: En la arquitectura el asoleamiento refiere a la necesidad de permitir el ingreso del sol en ambientes interiores o espacios exteriores donde se busque alcanzar el confort. Este es un concepto utilizado por la arquitectura bioclimática o bioclimatismo. (Rivero, 1992)

Calidad bioclimática: Se basa principalmente en la búsqueda del confort, el cual está relacionado directamente con la sensación de bienestar. En el confort influyen aspectos físicos que son constructivos (funcionamiento, durabilidad) y biofísicos (térmicos, acústicos, luminosos); aspectos psicológicos y culturales. En general se puede decir que el confort se busca a partir de aspectos físicos, psicológicos y culturales. (LOPEZ, 2003)

Diseño arquitectónico: Se define como diseño arquitectónico a la disciplina que tiene por objeto generar propuestas e ideas para la creación de espacios físicos enmarcado dentro de la arquitectura. Mediante por el cual se planifica el resultado final del edificio.

Diseño estructural: En este diseño se deben cumplir ciertos principios fundamentales a la hora de la ejecución del mismo, dichos principios son: seguridad, funcionalidad y economía. El diseño estructural básicamente es la ilustración de lo real al papel de elementos como (vigas, columnas, cimentación, etc.) en cuanto más preciso sea el modelo mayor es la confianza y seguridad que proporcionara la edificación.

Diseño de instalaciones eléctricas: Se le llama diseño de instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan, el diseño es muy importante debido a que el objetivo es dar distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente, además debe ser económica, flexible y de fácil acceso para efectos de mantenimientos. (Bratu y Campero, 1995)

Diseño de instalaciones hidrosanitarias: El diseño hidrosanitario es la ubicación más precisa y optima de la tubería que tiene por objeto retirar de forma segura las aguas negras y aguas lluvias de una edificación.

Eficiencia: Una persona eficiente realiza una actividad satisfactoriamente pero con un plus, el cual es hacerlo con la menor cantidad de recursos disponibles y es lo que se difiere de eficaz, una persona eficaz, realiza una actividad satisfactoriamente, no tiene en cuenta los recursos que utilizo en esta actividad.

Innovación: Este término entró en auge para el siglo XXI y se refiere a la creación o cambio que se introduce a una novedad, servicio, concepto o práctica en una empresa, sector, ciudad o país. Pero es tan importante que “América Latina, donde se registra una fuerte dependencia a las materias primas, existe un déficit histórico en innovación que limita los esfuerzos de diversificación y crecimiento económico.”(Botero, A. 2016. Latinoamérica necesita más innovación empresarial. Fecha de Consulta 11 Nov 2016, Disponible en CAF)

ISO 9000-2005: Las normas ISO 9000 fueron establecidas por la organización internacional de normalización (ISO) para dar respuesta a una necesidad de las organizaciones, la de precisar los requisitos que debería tener un sistema de gestión de calidad. La ISO 9000:2005 hace referencia a los “Sistemas de gestión de la calidad. Principios y vocabulario” (AEC, 2005)

Metodología: Rama de la lógica encargada del estudio de los distintos métodos para llegar al conocimiento crítico y reflexivo que pueda permitir la fundamentación de la ciencia. La metodología es demasiado importante como un elemento practico y fundamental en la investigación del conocimientos ya que nos proporciona cierta ayuda en la elaboración un proyecto investigativo y también nos facilita la búsqueda de información, existen más ventajas a la hora de implementar una metodología. (UAEH, 2012)

Multidisciplinariedad: Este concepto se refiere a las distintas disciplinas que pueden intervenir en un determinado campo o problema cada uno de estas disciplinas conservan sus propios métodos y sus propios criterios

Interdisciplinariedad: A diferencia de la multidisciplinariedad las disciplinas que están involucradas en una determinada actividad tienen una mezcla de las suposiciones y criterios, es decir una integración para dar un mejor resultado abarcando distintas disciplinas. (Boiero y Estrada, 2010)

Optimización: Simplemente la optimización como termino general es el proceso de hacer algo mejor. Teniendo una definición un poco más específica la optimización también consiste en el tratamiento de las variaciones de un concepto inicial y usar la información obtenida para mejorar la idea, es decir cuando una empresa aplica optimización a un proceso es porque ya ha tenido unos resultados que son el punto de partida para implementar una optimización, posterior a eso se comparan para ver si hubo una mejora. (Vásquez, 2012)

Presupuesto de obra: Es aquel presupuesto donde se descompone cada concepto de obra y los precios de cada elemento que constituye el precio unitario, se pueden estudiar y analizar tanto desde el punto de vista de su rendimiento, desperdicio y costo. Como su nombre lo indica muestra detalladamente el valor de cada unidad de obra y de los elementos que lo conforman. Este mecanismo es útil para realizar ajustes y buscar optimización desde el punto de vista de costos. (Beltrán 2011)

Procesos operativos: Primero se debe entender que un proceso, según la norma internacional ISO 9000:2000 “Cualquier actividad o conjunto de actividades, que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en resultados, puede considerarse un proceso”. Los procesos operativos son aquellos en los que los productos resultantes son recibidos por una

persona u organización externa a la organización. Constituyen la secuencia de valor añadido con que la organización satisface las necesidades de los clientes. (Arias, 2014).

Render: El Render o renderización es el proceso de generar una imagen a partir de un modelo, se desarrolla con el fin de realizar un espacio 3D formado por estructuras poligonales, comportamiento de luces, texturas, materiales (agua, madera, metal, plástico, tela, etc.) y animación, elaborando una simulación de ambientes y estructuras físicas.

Rosa de los vientos: Es una herramienta de ubicación espacial y de navegación la cual permite a los marineros mostrarle la dirección de los ocho vientos principales. (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

Tecnologías informáticas: “En líneas generales podríamos decir que las nuevas tecnologías de la información y comunicación son las que giran en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; pero giran, no sólo de forma aislada, sino lo que es más significativo de manera interactiva e interconectadas, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas”. (Cabero, 1998 p.198)

7. MARCO JURÍDICO

La elaboración de estudios y diseños para edificaciones en Colombia se encuentra legislada por una serie de normas que enmarcan las construcciones en un modelo estándar que tenga en cuenta algunas características tales como calidad urbanística, sismo resistencia, calidad espacial, movilidad reducida.

Existen otros aspectos de carácter interdisciplinar que garantizan la integralidad de la edificación en el proceso constructivo y en la vida útil del mismo.

A continuación estará el listado de las normas que intervienen en el diseño y construcción de una edificación.

7.1 ESQUEMAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Son los que comúnmente llaman “plan de ordenamiento territorial (POT)”. Tomando como referencia la clasificación que proporciona el ministerio de vivienda (2017): De acuerdo con la población de cada municipio, la Ley 388 de 1997 definió el tipo de plan que se debe desarrollar: Plan de Ordenamiento Territorial (POT): Municipios con más de 100.000 habitantes Plan Básico de ordenamiento territorial (PBOT): Municipios entre 300.00 y 100.000 habitantes Esquema Básico de Ordenamiento Territorial (EOT): Municipios con menos de 30.000 habitantes.

7.2 NORMA SISMO RESISTENTE NSR – 10

Como se mencionó en el planteamiento del problema este es un aspecto que debe estar regido por la NSR-10 la cual se define como la Norma Sismo Resistente por sus siglas, encargada de regular las condiciones y especificaciones con las que se debe construir en Colombia con el objeto de brindar una respuesta más satisfactoria cuando suceda un fenómeno natural sísmico. (ACIS, 2008).

Cabe resaltar dos cosas importantes, el 10 que acompaña a las siglas (NSR-10) fue por el año 2010 año en que se ejecutó la norma actualizada y la norma se rige por la ley 1229 de

2008. La primera aparición de la norma fue regida por la ley 400 de 1997 expedida por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

7.3 RAS – 2000

Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico es lo que traduce RAS La resolución 0330 de 2017 expedida por el ministerio de vivienda ciudad y territorio. La resolución reglamenta los requisitos técnicos que deben cumplir en las etapas de diseño de construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. Aplica en el marco de la Ley 142 de 1994. (ACODAL, 2017)

7.4 RETIE

El Ministerio de Minas y Energía (2013) informa: Que el pasado 30 de agosto de 2013 se expidió la Resolución 90708 por la cual se expide el nuevo Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Adicionalmente, por medio de las Resoluciones 90907 de 2013, 90795 de 2014 y 40492 de 2015 se corrigen y aclaran algunos artículos del Anexo General del RETIE de la Resolución 90708 de 2013. En el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE se establecen los requisitos que garanticen los objetivos legítimos de protección contra los riesgos de origen eléctrico, para esto se han recopilado los preceptos esenciales que definen el ámbito de aplicación y las características básicas de las instalaciones eléctricas y algunos requisitos que pueden incidir en las relaciones entre las personas que interactúan con las instalaciones eléctricas o el servicio y los usuarios de la electricidad. Se espera que al aplicar tales preceptos con ética, conciencia y disciplina por todas las personas, que intervengan, los usuarios de los bienes y servicios relacionados con la electricidad, así como los que los ejecutan estén exentos de los riesgos de origen eléctrico.

7.5 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS

Las normas técnicas colombianas son elaboradas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones (ICONTEC), el cual es un organismo multinacional de carácter privado, sin ánimo de lucro, en el cual su función es incentivar la normalización, certificación, metrología y gestión de la calidad en Colombia. En el aspecto de normalización

el objetivo es promover, desarrollar y guiar la aplicación de normas técnicas Colombianas (NTC) siendo están un conjunto de reglas o especificaciones realizadas por acuerdo de las partes interesadas dando los lineamientos de la realización de un producto para que se pueda utilizar en distintos sitios. La norma técnica determina la calidad del producto y las características que debe tener (ICONTEC, 2017).

7.6 RECOMENDACIONES DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE ARQUITECTOS PARA LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Las normas anteriormente mencionadas exigen una serie de insumos entregables de cada una de las especialidades que participan en la elaboración de los diseños, presupuestos y especificaciones y cada una de ellas cuenta con unos requerimientos entregables a manera de planimetría y esquemas gráficos que permitan la correcta interpretación y proceso constructivo.

7.7 LISTA DE DOCUMENTOS Y PLANOS ENTREGABLES

En Colombia la legislación contractual y las políticas públicas para la ejecución de obras de infraestructura presentan unos requerimientos en cuanto a entregables que se pueden generalizar de la siguiente manera:

7.7.1 Arquitectura

- ✓ Plantas arquitectónicas
- ✓ Cortes arquitectónicos
- ✓ Fachadas arquitectónicas
- ✓ Detalles constructivos
- ✓ Render`s arquitectónicos
- ✓ Cuadros de áreas

7.7.2 Ingeniería estructural

- ✓ Plantas estructurales
- ✓ Despieces de vigas
- ✓ Despieces de columnas
- ✓ Cortes estructurales

7.7.3 Ingeniería hidrosanitaria

- ✓ Planta general de la red

- ✓ Planta de desagües
- ✓ Planta de suministro
- ✓ Plantas de baterías sanitarias
- ✓ Plantas de cocinas y otros
- ✓ Detalles constructivos

7.7.4 Ingeniería Eléctrica

- ✓ Planta general de la red
- ✓ Planta de tomas
- ✓ Planta de TV
- ✓ Planta de iluminación
- ✓ Detalles constructivos

7.7.5 Presupuesto de Obra

- ✓ Memorias de cantidades de obra
- ✓ Análisis de precios unitarios
- ✓ Especificaciones técnicas de construcción

8. METODOLOGIA

El presente trabajo consta de tres partes fundamentales, en primera instancia se realizará una búsqueda de información por fuentes secundarias de todo lo concerniente a la informática y cibernética que utiliza el diseño en la construcción, posterior a esto se elaborará un modelo utilizando la metodología BIM para un proyecto real, en este caso se realizara el ejercicio con un proyecto de un colegio realizado en el municipio de rio negro Antioquia, hecho por el CONSORCIO CONSULTRIAS INTEGRALES CCI que sirva de ejemplo para resaltar la funcionalidad de dicha metodología y por último se aplicará un estudio comparativo entre el sistema de diseño tradicional y el diseño hecho con la metodología BIM, para dar cuenta de los benéficos gerenciales que aporta esta optimización de procesos operativos para una empresa.

Cabe resaltar que en la última fase de la investigación el diseño tradicional y el diseño realizado con la metodología BIM serán diseños reales, aplicados a proyectos reales en Colombia, realizados por la empresa AGL CONSULTRIA S.A.S, esto con el fin de tener unos resultados más prácticos y cercanos al entorno laboral, para que las conclusiones que se realicen sean más precisas y coherentes con la realidad.

9. CAPITULO 1

9.1 LA INFORMATICA EN EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN

La tecnología para el desarrollo de softwares de diseño ha evolucionado bastante y esto ha ayudado enormemente optimizando recursos en la ejecución de procesos operativos, es por ello que se necesita saber cómo se ha venido adaptando y mejorando todo lo concerniente a la tecnología.

9.2 LOS CAD

En el sector de la construcción más específicamente en el campo del diseño de construcciones civiles, todo se crea a partir del diseño asistido por computadoras (CAD – Computer Aided Design), ¿pero de qué trata esto? Según un artículo de diseño asistido por ordenador de la Universidad de Granada (Torres J, 2015)

Los CAD son simplemente aplicación de la informática al diseño, en otras palabras, como una persona o empresa utiliza medios informáticos para el diseño, eso es un concepto a grandes rasgos, Una herramienta CAD es un sistema software que aborda la automatización global del proceso de diseño de un determinado tipo de ente. (pag.3)

El gran plus o éxito que tienen esos sistemas CAD, es la reducción de tiempo en los ciclos de exploración, por una razón simple, en un sistema CAD una persona puede modificar algo que haya quedado mal, o si de pronto el cliente quiso una modificación a última momento, esa modificación se va a ver inmediatamente, un símil que podría servir bastante sería el mismo Excel, allí en una fórmula de una simple suma si queremos cambiar un dato, el resultado final cambiara automáticamente en cuestión de milésimas de segundos.

En las empresas de consultoría de construcciones civiles es muy común encontrar softwares como AutoCAD, Revit, SAP 2000, etc. Son muchos los programas que permiten diseñar, pero en su especialidad, por ejemplo, el software SAP (Structural Analysis Program) o Programa de análisis estructural es un software aplicado al cálculo de estructuras para edificaciones, coliseos, cubiertas, etc.

Pero hay un software base, es decir un programa en el cual se hace el diseño gráfico de cualquier proyecto, para que se pueda exportar a otros software más específicos, como el del ejemplo previamente mencionado, este es AutoCAD, en él se hacen diseños, arquitectónicos, estructurales, eléctricos, hidrosanitarios, de carreteras, etc. Cabe resaltar que AutoCAD realiza diseños en 2D y 3D, generalmente los diseños 2D son usados por arquitectos e ingenieros donde pueden plasmar los planos de una edificación, vía, cubierta, etc. Pero también brinda la opción de 3D donde es utilizada para diseños de piezas industriales, mecánicas, o las mismas edificaciones, vías, etc.

El diseño 3D en esta industria de la construcción se utiliza más para una percepción comercial, es decir, para mostrar a los clientes como quedará su futura construcción.

9.3 CAD 3D

El CAD 3D o también se le puede llamar modelado geométrico se ha instalado o desarrollado en varios sectores precursores en donde surgió como método principal para posteriormente

saltar a otras áreas. Dichos sectores son áreas como la aeronáutica. Automovilística y naval (Monedero J, 2001, p119).

En la arquitectura este modelo geométrico por medios informáticos está avanzando a pasos agigantados, el crecimiento que se está teniendo y que se espera tener ha sido muy satisfactorio para la industria.

¿Por qué la arquitectura no era una industria pionera en este dibujo 3D o modelado geométrico? En el campo de la arquitectura e ingeniería civil los planos que se manejan son en dos dimensiones, a los cuales se les llaman planos en planta y planos en corte o alzado (Ver figura 2 – *Ejemplo vistas planta y corte*), son superficies planas a las cuales el cliente tiene que darle una perspectiva tridimensional de lo que le están mostrando en dos dimensiones, es por esta problemática que la incursión de los CAD 3D ha sido muy benéfica para el sector de la construcción más exactamente en la etapa de diseños.

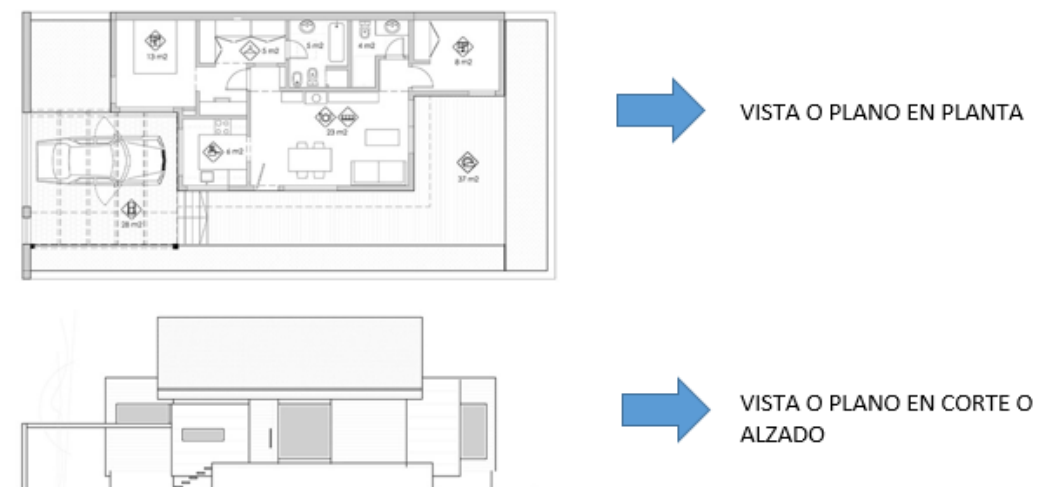


Ilustración 3 Vista de plano en planta y corte fuente: www.google.com

Según Monedero, J (2001):

Un modelado geométrico (CAD 3D) es el proceso que sigue el sistema un sistema informatizado para introducir, almacenar y modificar representaciones de objetos con la

suficiente precisión como para que puedan servir de base a su producción real en la ingeniería. (p.120)

Es una definición muy técnica que en otras palabras más comunes lo que se quiere decir es que es un proceso hecho por computadora donde se puede dibujar objetos y así mismo guardarlos y modificarlos con bastante precisión para que puedan servir de guía o prototipo para una construcción.

Abordando el tema comercial o desde el punto de vista gerencial un CAD 3D es como le muestro al cliente lo que quiere desde un prototipo digital, antes se hacía en dos dimensiones y el cliente tenía que hacerse la perspectiva de la realidad de la obra, por lo que los CAD 3D han facilitado este trabajo entregando un producto más estético y exacto de los requerimientos del cliente siendo esto una facilidad para la parte comercial de las construcciones en la etapa de diseño.

9.4 ARCHICAD

Para efectos del presente trabajo es importante conocer a cerca del software ARCHICAD 19 el cual será la herramienta a utilizar junto con la metodología BIM.

Como primera instancia es necesario conocer las bases del ARCHICAD, este software es un CAD que trabaja en tercera dimensión (3D). Cabe resaltar que previamente se ha especificado lo que se define por CAD y CAD 3D.

ARCHICAD fue desarrollado por la compañía GRAPHISOFT, su historia se remonta en 1982 se decide transformar la tecnología para el desarrollo del diseño de tuberías y ductos industriales en tercera dimensión (3D), esta decisión la toma el señor Gábor Bojár quien es su fundador, Bojár lo hizo con el objeto de que los arquitectos lograran visualizar y documentar simultáneamente sus diseños. Es decir aplicar un solo formato para que todos puedan ver y modificar lo que mejor convenga.

Con esto se da a la comercialización el Radar CH (Archicad 1.0) que en el año 1986 pasa a llamarse Archicad, como una alternativa al diseño en 2D pero enfocado al modelamiento 3D.

Las principales características que quiso implementar Bojár en su creación fueron: su desempeño que no requiere equipos costosos y la intuitividad de la solución. Se enfocó en esto porque Bojár creía en que el arquitecto se dedicaba a diseñar y no a convertirse en experto del software, esta premisa fue insertada gracias a la vinculación que tenía Gabór Bójar con Steve Jobs (fundador de Apple).

- Descripción del funcionamiento

En 1987 GRAPHISOFT insertó el concepto de Virtual Building que en día es a lo que más se asemeja BIM (Building Information Modeling – Modelado de la información de construcción). Lo que básicamente ofrece el Virtual Building es que el diseñador no cree los simples muros, vigas y columnas en 2D sino que tenga un ambiente totalmente digital en donde construya el edificio como un modelo real, es decir un modelo 3D inteligente y a inteligente se refiere porque desde este modelo se puede generar toda la documentación tradicional (vistas en planta, cortes y elevaciones) y además de esto un listado de los materiales que en las primeras fases de diseño permiten tener una cuantificación de los componentes y costos que tendrá el edificio, es decir las cantidades de obra y su costo correspondiente. (Gaspar y Turri, 2014)

Para tener un lenguaje más común lo que se plantea anteriormente con el concepto Virtual Building es cambiar lo que se hace en una maqueta por un modelo digital donde permite obtener más información del edificio que en una simple maqueta.

Como primer paso un modelo virtual o modelo BIM permite extraer y originar toda la documentación de un edificio, siendo esto un beneficio bastante importante porque conlleva a una reducción considerable en los tiempos de desarrollo y además de esto permite dicho beneficio en las modificaciones que se crean pertinentes realizar durante la ejecución del diseño. (Zapata, P. (2017). Conceptos fundamentales de ArchiCAD. [Blog] GRAPHISOFT. Disponible en: <http://blog.graphisoft.lat/conceptos-fundamentales-de-archicad/> [Accedido 30 Oct. 2017].)

Posteriormente después se puede agregar todo lo concerniente a materiales de construcción, compuestos, etc. Puede a su vez evaluar la viabilidad constructiva mediante la detección de interferencias o mala coordinación de especialidades (cita), es decir cuando haya una

multidisciplinaria en un proyecto de diseño, el programa ArchiCAD analiza los posibles errores que interfieren y entorpecen el diseño permitiendo solucionarlos con una plataforma que integre más las especialidades que intervienen en el diseño. (Zapata, 2017)

9.5 OPERACIÓN DEL ARCHICAD

Siendo breves y aplicando un lenguaje común, ArchiCAD opera basado en los siguientes conceptos:

- Los edificios se construyen nivel a nivel, es decir no se construye un solo piso y se repliega, esto debido a que en algunos proyectos la arquitectura de los niveles o pisos puede variar.
- En cada nivel se agregan muros, columnas, vigas, losas, escalera, etc. Todo lo referente a la estructura esencial de una edificación.
- Dentro de los muros se crean y se ubican las puertas y ventanas a petición del cliente y sobre las losas se ubica todo el inmobiliario que esta tendrá.

El objeto que tiene ArchiCAD es dejar obsoleta la idea de dar el primer acercamiento de un diseño en lápiz y papel, se iniciara por un diseño en planta digitalizado que será muy fácil ir modificando conforme avance el proyecto.

9.6 AUTOCAD PROGRAMA TRADICIONAL

Es muy importante tener en cuenta que AutoCAD es el programa líder en cuanto a diseño se refiere ya que la industria de la construcción gira entorno a este software, definiéndolo como el programa universal en el diseño para construcciones civiles.

AutoCAD lanzó su primera versión en 1982 siendo uno de los primeros programas lanzados por la empresa Autodesk con el fin de brindar a la persona herramientas tecnológicas para dibujar desde un simple tornillo hasta la complejidad de una edificación.

La larga trayectoria de AutoCAD lo trajo hasta la fecha con 31 versiones cada una trayendo al diseñador una gama de posibilidades más amplias de crear cada vez dibujos más complejos. Asimismo la industria de la construcción fue creciendo exponencialmente debido a estos avances tecnológicos, por ejemplo cuando no existían estos programas, todo se hacía

a mano por lo que un error representaba hacer un plano nuevamente, con la inclusión de esto solo se dirigía al archivo en el computador, se corregía el error y se imprimía nuevamente un proceso que mencionándolo así es obvio que genera un gran impacto positivo en la operatividad de los diseños.

Las herramientas básicas que utiliza un ingeniero, arquitecto u otro profesional en el diseño van desde puntos, líneas, arcos y polígonos con las cuales se pueden operar a través de una interfaz gráfica que en este caso lo ha venido siendo AutoCAD.

Para que se tenga una visión más general existen otros programas que se asemejan a la interfaz de AutoCAD un ejemplo es CorelDraw, es un programa que si bien su interfaz se parecen a la de AutoCAD tiene una particularidad y es que CorelDraw se utiliza más para ilustraciones profesionales es decir para imágenes como logotipos, que puedan tener relación directa por ejemplo con la publicidad.

Como todo programa computarizado tiene que generar un archivo al momento de ser guardado, para efectos de abrirlo después y hacerle modificaciones. Por lo tanto es muy importante conocer las extensiones¹ que utiliza AutoCAD. En el caso de AutoCAD se tiene varias:

- .DWG: es la que tiene cualquier tipo de dibujo
- .BAK: es una copia de seguridad que se crea automáticamente después de guardar un dibujo. Si el archivo original resulta dañado se puede cambiar la extensión .BAK por .DWG.
- .DWF: sus siglas en ingles son Drawing Web Formar lo que traduce dibujo en formato web, sirve para la visualización de dibujos en internet, estos ocupan poco espacio.
- .DXF: este formato fue el que hizo a AutoCAD universal en la industria de la construcción, debido a que es un formato que permite exportar e importar un dibujo a otros softwares de diseño por ejemplo existe un programa llamados SAP 2000 el cual sirve para analizar los comportamientos de estructuras bajo cargas de peso y hasta sísmicas, entonces el diseñador realiza por ejemplo una cubierta para un coliseo, el diseño básico lo hacen en AutoCAD pero donde se le ingresan las cargas para

¹ Una extensión sencillamente es el abreviado que esta después del punto en el nombre del archivo, por ejemplo la extensión de Excel es (.xls) la de Word es (.doc).

analizarlas y ver si la estructura soporta es en SAP 2000, entonces este archivo permite exportarlo muy fácilmente para que al abrirlo en SAP 2000 se vea tal y como se dibujó en AutoCAD. Es por esto que en la industria de la construcción todo gira en torno al AutoCAD porque el dibujo base se hace en él y de allí se exporta a otros softwares dependiendo de la especialidad a la cual se vaya a analizar, por ejemplo si se dibujó el plano de una represa se exportara a un software de diseño hidráulico.

Teniendo en cuenta como fue la incursión de la tecnología, de que trata y como funciona en esta industria es como se procede a darle un uso ya sea positivo o negativo dependiendo de cada individuo.

Por lo que a continuación se definirá el concepto básico en términos comunes de lo que trata la metodología BIM.

9.7 METODOLOGÍA BIM

Primero se va a definir un poco acerca de la metodología BIM también llamado el modelado de información de construcción (**BIM**, *Building Information Modeling*), es un proceso de generación y gestión de datos de un edificio utilizando software modelado de edificios en 3D y en tiempo real para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. Una vez se genera el modelo de información del edificio BIM se puede obtener del mismo la geometría del edificio resumida en vistas de plantas, cortes, fachadas, detalles, además de percibir las relaciones del espacio del modelo que se esté diseñando, mediante aplicaciones móviles que permiten visualizar el modelo en 3D, es un concepto de realidad aumentada que se quiere incluir para que los clientes tengan una mayor percepción del alto grado de calidad del servicio que se está ofreciendo.

Además de esto se cuenta con la información geográfica, condiciones climáticas, rosa de los vientos y asolación en tiempo real, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes. En el proceso de diseño y selección de materiales se puede llevar el control de las características térmicas de cada elemento utilizado a fin de lograr mejor calidad bioclimática en los espacios diseñados. La producción de proyectos mediante la metodología

de trabajo **BIM** corresponde a la geometría, la relación con el espacio, a la información geográfica, a las cantidades de obra, detalles de puertas, ventanas, etc.

No se puede hacerse el ciego con los cambios de la informática, y menos cuando se tiene una empresa o se quiere crear una, no adaptarse se convierte en un detonante importante de la mortalidad de microempresas y algunas pymes, las grandes decidieron adaptarse y no solo eso, decidieron entrar en el campo de la innovación, investigando nuevas formas de mejorar sus procesos operativos con el fin de la optimización de recursos.

Esta es una definición de metodología BIM muy sencilla y básica que servirá como bases sólidas cuando se desarrolle el capítulo dos y tres donde se explicara de manera más detallada el funcionamiento de la metodología aplicado a un proyecto real hecho por la empresa AGL CONSULTORIA S.A.S de Colombia.

9.8 IMPRESIÓN 3D Y EL IMPACTO QUE TIENE EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

Teniendo en cuenta lo previamente mencionado, es importante conocer un tema que si bien en estos momentos no afecta a la industria de la construcción en un futuro no muy lejano si será un impacto bastante importante, y es la impresora 3D.

La impresión no es algo novedoso en 1986 el ingeniero Estadounidense Charles Chuck Hull fue el primero en trabajar a cerca de estas nuevas tecnologías y hasta que Obama en 2013 lo catapulto hablando de esto como una revolución industrial que se avecinaba (Oppenheimer, 2014)

¿Pero cómo todo este tema de la impresión 3D impacta la industria de la construcción? Referenciando al experto Edgard Vásquez, gerente CAD de Ipesa en Guatemala², la impresión a 3D crece un 35% por año a nivel regional (centro américa), El experto asegura que en los últimos años está creciendo exponencialmente por la comprobación de los materiales que usan estos dispositivos, ya que presentan la misma funcionalidad que ofrecía

² *Ipesa se encarga básicamente de promover la transferencia y utilización tecnológica de los sistemas de computación por medio de los servicios y productos de proveedores de prestigio, permitiendo de esta manera el desarrollo informático.*

el sistema convencional de la construcción, por lo que muchas empresas están acogiendo esta nueva tecnología para reducir procesos frente al sistema convencional.

Pero si se realiza un análisis muy somero, estos dispositivos afectan bastante es la ejecución de las obras, es decir, la parte encargada de realizar la construcción como tal, y es allí donde la parte de diseño tiene que entrar a competir, hasta el momento en Bogotá que es el espacio de estudio nadie ha realizado construcciones en 3D para comercializarlas ya, hasta el momento están en pruebas, pero es ahí donde una empresa con suficiente experiencia y conocimiento en el diseño debe tomar las riendas y salir a hacer dos cosas, la primera es investigar cómo realizar trabajos para comercializarlos ya con impresoras 3D, o al menos ayudar con investigaciones, lo segundo es crear ese valor agregado desde ya, porque si esto sucede muchas empresas van a utilizar estos dispositivos, debido a tan altas ventajas que tiene, así que el sector encargado de los diseños ya debe estar muy familiarizado sobre este tema tan significativo para la industria de la construcción.

10. CAPITULO 2

10.1 MODELO DE PRUEBA

El objetivo del presente capítulo es elaborar un modelo arquitectónico de prueba utilizando la herramienta ARCHICAD 19, Partiendo de la investigación realizada sobre la incursión de la cibernética y la informática en los procesos de diseño para obras civiles. Teniendo en cuenta los elementos constructivos utilizados en la construcción tradicional, materiales y características de Rionegro Antioquia.

A través de este ejercicio se busca demostrar la eficiencia de la metodología de trabajo BIM (Building Information Modeling ó Modelado de la información de construcción). Mediante la utilización de herramientas tecnológicas o cibernéticas. En este caso aplicadas a un modelo arquitectónico.

En primer lugar se presentan la estructura organizacional que se debe llevar en el desarrollo de un diseño arquitectónico proceso el cual consiste en:

- Visita de campo
- Gestión documental
- Acercamiento inicial
- Gestión conceptual
- Esquema básico
- Anteproyecto arquitectónico
- Proyecto arquitectónico
- Coordinación de especialidades
- Cuantificación de elementos
- Visualización arquitectónica

Para la correcta aplicación de la metodología y verificación de resultados es indispensable conocer en detalle cada uno de los procesos de gestión que se deben desarrollar, realizar el mapeo de las actividades y constante seguimiento al desarrollo de las mismas dentro de los tiempos establecidos, para la optimización de resultados es de vital importancia tener claridad sobre el momento indicado en el cual hacemos uso de las herramientas BIM y como estas se deben integrar a la gestión documental, el trabajo en colaboración desde el inicio del proceso involucrando a cada uno de los actores permite reducir significativamente los tiempos de

ejecución de cada una de las actividades, esto debido a que la comunicación va a ser asertiva y directa mediante un único modelo de información de la edificación. K

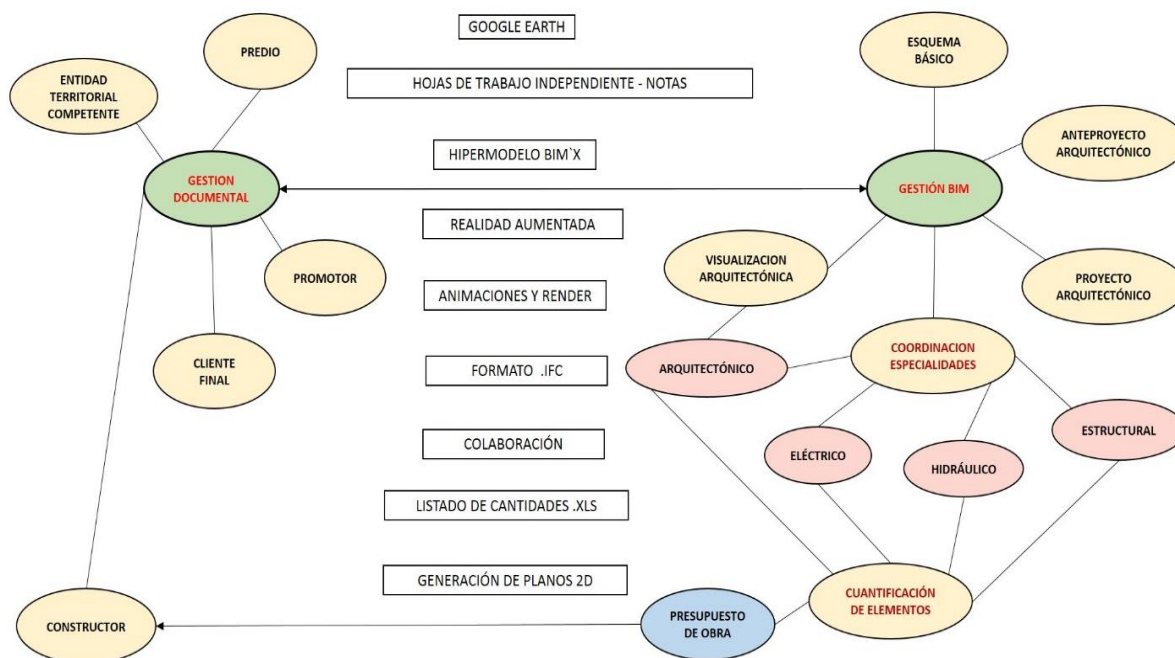


Ilustración 4 Esquema de aplicación de procedimientos a la metodología propuesta.

La participación de actores involucrados en el desarrollo del proyecto se discrimina en cinco grupos principales los cuales son: promotor proyectistas, proveedores, subcontratistas y contratistas, la utilización de la metodología BIM se encuentra presente desde el proceso proyectual y se involucra permanentemente con todos estos actores en los diferentes etapas de ejecución.

La aplicación de la metodología de diseño BIM, y su integración a los procesos de gestión en el desarrollo de proyectos para cualquier organización reduce significativamente los recursos humanos y técnicos necesarios para su correcto proceso, además de reducir el tiempo de ejecución hasta en un 40%.

ACTORES INVOLUCRADOS EN LA EJECUCION DEL PROYECTO		
1	PROMOTOR	PROPIETARIO INVERSIONISTA
2	PROYECTISTA	ARQUITECTO BIM MANAGER ING. ESTRUCTURAL ING. ELECTRICO ING. HIDRAULICO
3	PROVEEDORES	SISTEMA DOMOTICO SISTEMA DE ASCENSOR SISTEMA CONTRA INCENDIOS
4	SUBCONTRATISTAS	CARPINTERIA MADERA CARPINTERIA ALUMINIO MUEBLES
5	CONTRATISTAS	GERENTE CONTADOR DIRECTOR DE OBRA RESIDENTES MAESTROS AYUDANTES

Ilustración 5 Actores involucrados fuente: elaboración propia

Según el análisis realizado en la gestión del proyecto establecimos la relación de actores involucrados en el desarrollo del proyecto, la metodología de diseño BIM se desarrolla en su mayoría en la fase de diseños ya que es en el momento en que se realizan los modelos de información de la edificación y se coordinan con especialidades siempre teniendo en cuenta que cada uno de ellos obedezca a los caracteres normativos, presupuestales, técnicos, que cumpla con las necesidades del promotor.

Pero aunque estos modelos son desarrollados en la fase de diseños, los modelos son utilizados en la totalidad de la obra incluyendo después de la entrega ya que sirven para realiza el seguimiento a la vida útil de la edificación y para modelar posibles modificaciones futuras.

10.2 PRELIMINARES

10.2.1 Visita de campo

Se debe realizar una inspección inicial al predio con toma de registro fotográfico en la cual se verifican las condiciones de accesibilidad, determinantes naturales, determinantes físicas, asolación, vistas y pendiente del terreno. Es de vital importancia la presencia del arquitecto diseñador en el predio en esta visita inicial para evidenciar aspectos que afecten directamente el proceso de diseño que puedan encontrarse ausente en el informe y plano topográfico.

10.2.2 Gestión documental

Consiste en la investigación documental del predio escrituras, certificados de tradición y libertad, planos de manzana catastral, recibos de impuesto predial, levantamiento topográfico y análisis normativo. Este procedimiento es fundamental para determinar con claridad el área y los linderos del predio, además de conocer urbanísticamente las limitaciones con que cuenta el espacio disponible para desarrollar el proyecto.

10.2.3 Acercamiento inicial con el promotor

Consiste en reunir las necesidades a satisfacer con el proyecto, se debe tener especial cuidado de captar los ideales volumétricos, espaciales, de materialidad, plásticos y presupuestales del promotor del proyecto.

10.3 DISEÑO ARQUITECTÓNICO

10.3.1 Gestión Conceptual

Este proceso es de vital importancia en el desarrollo de la proyección debido a la subjetividad que en ocasiones es objeto la misma arquitectura, y más aún cuando se tiene supervisor o interventoría, también es de gran ayuda para la concepción de las ideas y criterios propios de cada proyecto. Esta etapa consiste en realizar un planteamiento conceptual teniendo en cuenta los aspectos normativos, naturales y expectativa del promotor, se conceptualiza la filosofía

de diseño entendido como la expresión inicial de lo que se quiere proyectar. Al terminar la etapa de la gestión conceptual se debe contar como mínimo con lo siguiente: Un informe detallado o memoria descriptiva donde se resaltan y se integran de manera lógica y objetiva los principales aspectos naturales, técnicos, morfológicos, normativos y presupuestales evidenciados

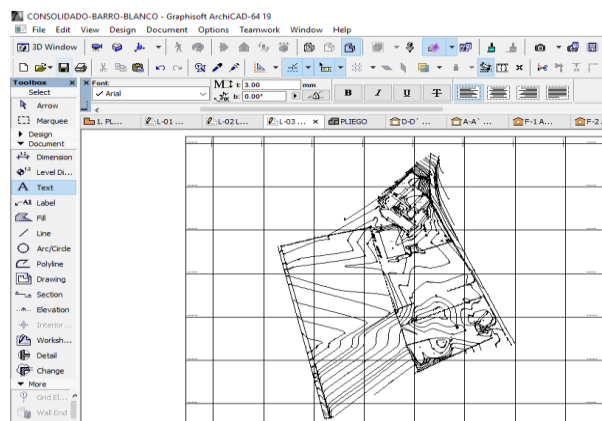


Ilustración 6 Plano topográfico en la hoja de trabajo. Fuente: elaboración propia

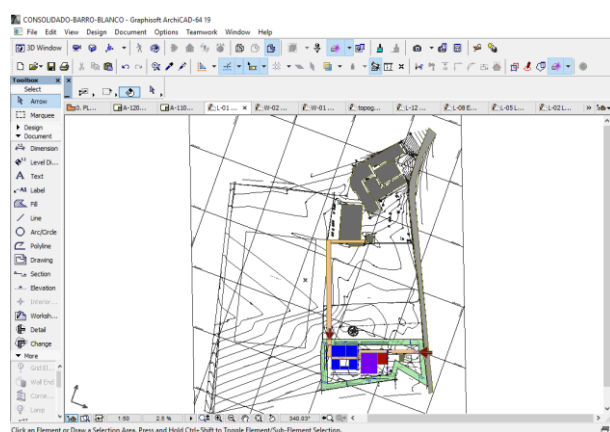


Ilustración 7 Esquema básico implantado en la topografía del modelo fuente: elaboración propia

en los preliminares que se van a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto.

Es importante en este proceso expresar de manera escrita a los otros actores internos del proyecto como la supervisión o interventoría los aspectos más relevantes sobre los cuales se va a realizar la proyección de la arquitectura.

10.4 MODELO DE INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

10.4.1 Esquema Básico

En el esquema básico se debe zonificar espacial y volumétricamente el proyecto, se aplican los criterios de diseño aplicables para lograr una correcta implantación en el entorno (Ver ilustración 3). Al terminar la etapa del esquema básico o se debe contar como mínimo con lo siguiente: Planta de



Ilustración 8 Esquema Básico Implantado en google earth

localización, cuadro de áreas generales, planteamiento de índices de ocupación y construcción (Ver ilustración 4). *(Es inevitable que en el desarrollo del anteproyecto y proyecto se modifican las áreas del esquema básico debido a la maleabilidad de la concepción proyectual propia del ejercicio de la arquitectura.)* Para el correcto desarrollo de la metodología se debe insertar el plano topográfico y realizar las respectivas zonificaciones, esquemas y análisis gráficos sobre el dimensionamiento real, el software de modelación BIM (para este caso Archicad permite la conexión con google earth, para localizar la propuesta en tiempo real (Ver ilustración 5).

10.4.2 Anteproyecto Arquitectónico

Se realiza el trazado del esquema básico obteniendo un dimensionamiento aproximado en términos presupuestales, técnicos, espaciales, volumétricos y plásticos. Se contempla el amueblamiento de los espacios, colocación de ejes y modelación de los elementos estructurales, *(El modelo estructural proviene del software de diseño ETB`S y se importa mediante el traductor utilizando el formato .IFC)* luego se procede a trazar las secciones y las fachadas sobre el modelo, al terminar la etapa del anteproyecto se debe contar como mínimo con lo siguiente: plantas arquitectónicas, cortes, fachadas, perspectivas, lo suficiente para entender integralmente el planteamiento. (Ver ilustraciones 6 y 7)

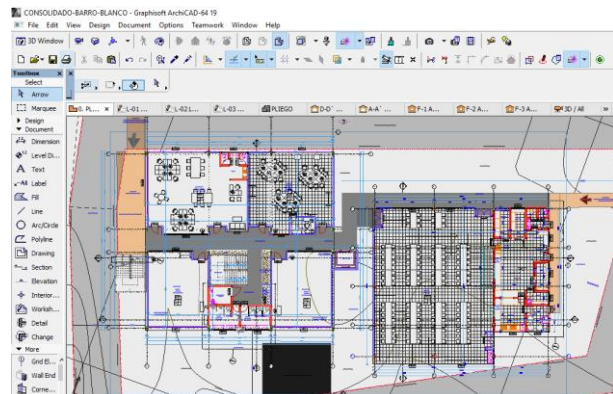


Ilustración 11 Elaboración de modelo en planta.

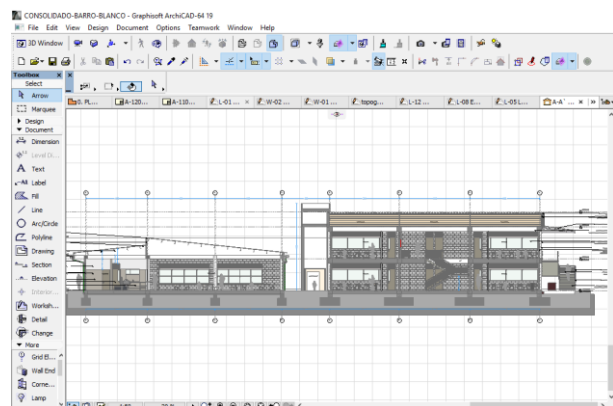


Ilustración 10 Elaboración de modelo en corte

10.4.3 Proyecto Arquitectónico

Consiste en aplicar detalles constructivos al proyecto, definir las particularidades de cada espacio, definición de materiales, detalle arquitectónico, Al concluir esta etapa del diseño se debe contar como mínimo con lo siguiente: Planta de localización, cuadro de áreas, cuadro de índices urbanísticos, plantas arquitectónicas, cortes, fachadas, detalles arquitectónicos, cuadro de puertas, cuadro de ventanas, Render arquitectónicos,

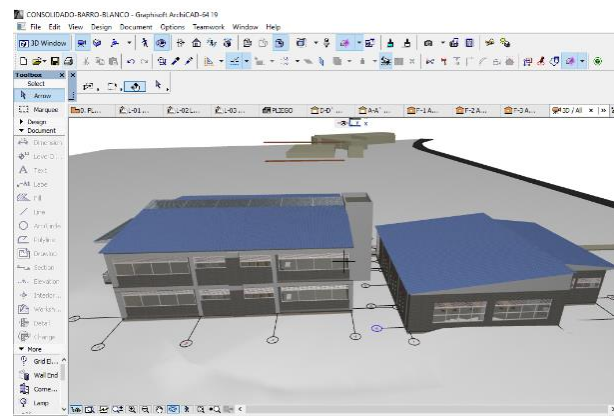


Ilustración 12 Modelo 3D proyecto arquitectónico

10.4 COORDINACIÓN DE ESPECIALIDADES

Se realiza la importación de archivos externos hidráulicos, eléctricos y estructurales mediante el formato .IFC provenientes de cada uno del software utilizados en cada una de las respectivas especialidades (Ver ilustración 9).

Este proceso es fundamental para la definición del proyecto arquitectónico ya que se evidencian posibles cruces entre elementos y errores en los diseños, se debe informar a cada uno de los especialistas involucrados en el diseño las inconsistencias encontradas en el modelo, además se debe ajustar la arquitectura para darle posibilidad a espacios que generalmente en este proceso aún no se tienen previstos tales como la ubicación de gabinetes contra incendios, racks de comunicaciones entre otras a las que haya lugar, en este punto del proyecto es conveniente convocar un comité técnico involucrando a el propietario a fin de hacer los ajustes definitivos a la concepción del proyecto. (Ver ilustración 10)

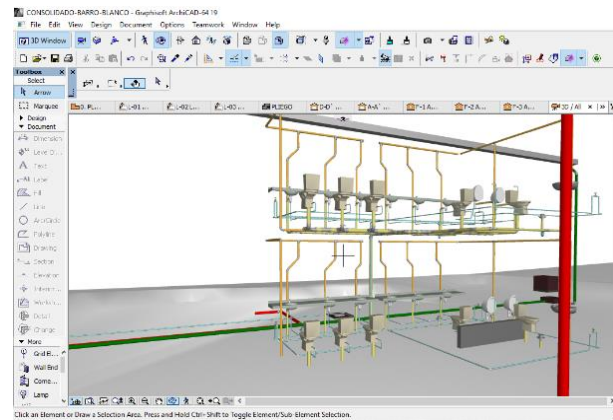


Ilustración 13 Modelo de instalaciones hidrosanitarias fuente: elaboración propia

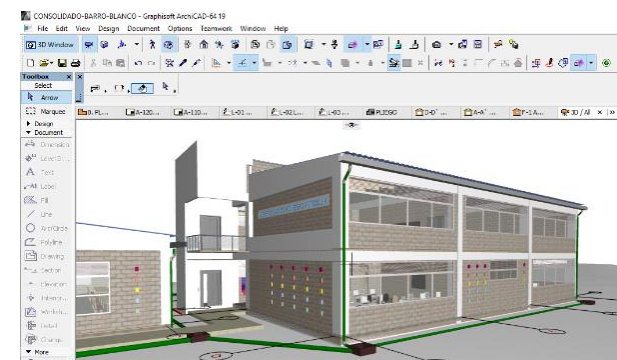


Ilustración 14 Modelo de coordinación arquitectura y redes hidrosanitarias fuente: Elaboración propia

10.5 CUANTIFICACIÓN DE ELEMENTOS

10.5.1 Cuadro de puertas

El modelo permite la generación de listados de elementos que lo componen lo cual es de vital importancia para la elaboración del presupuesto de obra, este se puede parametrizar de acuerdo a las necesidades de lo que se requiera mostrar del elemento cuantificado, de esta manera entendemos que podemos cuantificar la cantidad de puertas en UN para efectos de marcos y

cerraduras, podemos cuantificar también en metros cuadrados, se puede mostrar el material en que debe estar construida y la orientación de la misma. Este cuadro se debe exportar en formato “.el” para ser anexado en el libro EXCEL de presupuesto, además se puede anexar a la documentación planimetría para efectos de construcción. Se debe solicitar del proveedor los detalles constructivos del sistema a utilizar tales como los aluminios y estos son anexados como una hoja de trabajo independiente y se anexa a la documentación planimétrica.

10.5.2 Cuadro de ventanas

La generación del cuadro de ventanas se realiza de la misma manera y se realiza la generación de los listados de acuerdo a la solicitud del caso, Se debe solicitar del proveedor los detalles constructivos del sistema a utilizar en la instalación tales como los aluminios y estos son anexados como una hoja de trabajo independiente en el modelo para ser tomada en cuenta en la documentación planimétrica.

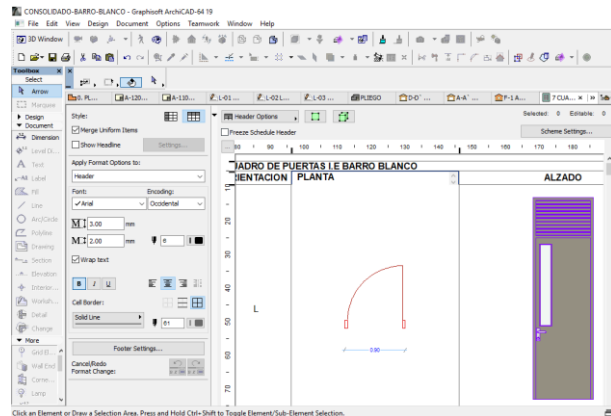


Ilustración 15 Cuadro de puertas fuente: elaboración propia

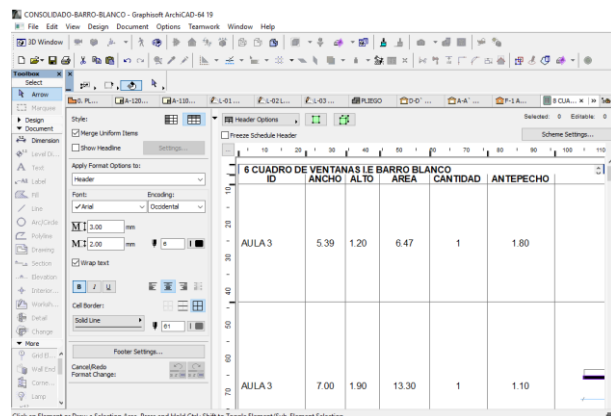


Ilustración 16 cuadro de ventanas fuente: elaboración propia

10.5.3 Memoria de cantidades de muros

La generación del listado de muros nos permite cuantificar la cantidad de muros, tipos de muros, dimensionamiento y materialidad, entre otras que se pueden parametrizar en la configuración de los listados, este proceso es de vital importancia en la optimización en el desarrollo del presupuesto de obra ya que en el sistema convencional de diseño este

[illegible]

Ilustración 17 Generación de listado cantidades de muros
fuente: elaboración propia

proceso tardaba mucho tiempo. Además esta esta cuantificación parametrizada reduce el margen de error en los datos presupuestados. Ya que el software BIM agrupa los elementos modelados y estos son los que se expresan en las tablas de cuantificación.

10.5.4 Memoria de cantidades de muebles

Mediante la parametrización de listados se logra la cuantificación de muebles u objetos presentes en el modelo, algunos de los objetos que se deben cuantificar en el desarrollo del proyecto son:

[illegible]

Ilustración 18 Generación de Listado de muebles fuente: elaboración propia

Aparatos sanitarios, lavamanos, duchas, mesones, Muebles de carpintería y de más objetos que se encuentren en el modelo. Esta cuantificación puede ser medible en metros cuadrados o en unidad, esto según configuración de acuerdo a la necesidad ex

10.6 VISUALIZACIÓN ARQUITECTÓNICA

10.6.1 Modelo de ventas



Ilustración 19 Utilización de la realidad aumentada BIM fuente: Tomada por el autor

Los hiper-modelos de información de la edificación BIM`X se generen mediante la utilización de, El Híper modelo es una herramienta que nos permite la interacción del cliente con el modelo, la versatilidad de los hiper-modelos permite su visualización en el ordenador, pero también en dispositivos móviles como celular o Tablet. La visualización del modelo en los dispositivos móviles permite la visualización en realidad aumentada gafas 3D, el usuario realiza el recorrido virtual en la edificación en el cual puede percibir la espacialidad, los materiales.

10.6.2 Modelo constructivo

La documentación del modelo permite ser visualizada en obra mediante un dispositivo móvil Tablet o celular, esta herramienta permite al constructor aclarar las dudas que se tengan al respecto consultar dimensionamiento, espacialidad, materiales y de más especificaciones, este Hypermodelo permite la interacción del promotor, constructor, interventor y especialistas de llevar el control de la obra y verificar cualquier cambio previamente en el modelo teniendo en cuenta las inconsistencias que este pudiera generar con las especialidades involucradas.

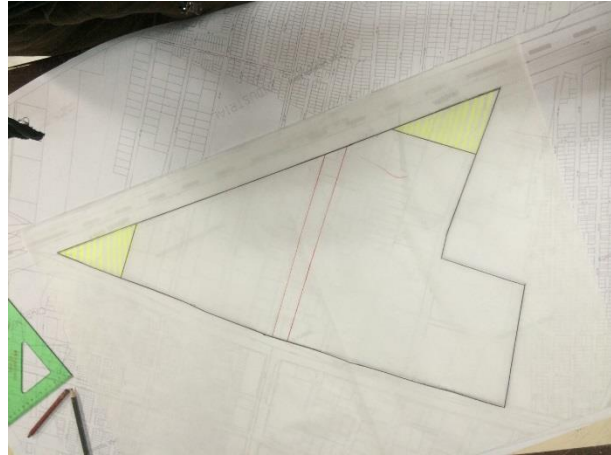


Ilustración 20 Hypermodelo de información de la edificación en dispositivo móvil fuente: tomada por el autor

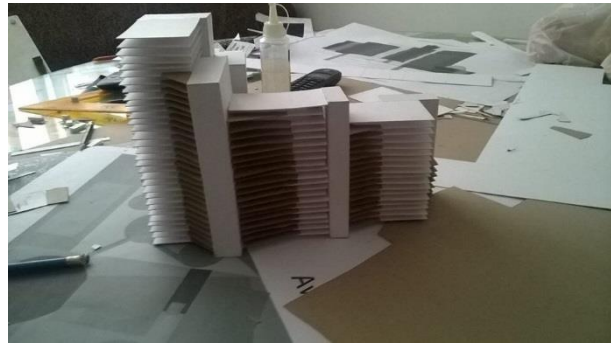
11. CAPITULO 3

11.1 METODOLOGIA DE DISEÑO CON METODOLOGIA CONVENCIONAL

El listado de procedimientos para la ejecución de la metodología de diseño con metodología tradicional cuenta con una estructura similar de actividades a realizar en la BIM. La principal diferencia se encuentra en que estos procedimientos se realizan de manera independiente cada uno con herramientas independientes y de manera muy artesanal, la metodología de diseño convencional no suele utilizar la gestión conceptual o filosofía del diseño, este generalmente inicia con la gestión documental y posteriormente un esquema básico, este realizado a mano alzada, en el cual se expresa la zonificación del proyecto, en ocasiones se acompaña de maquetas que permiten visualizar las aproximaciones volumétricas, luego se procede a desarrollar el proyecto arquitectónico, inicialmente los arquitectos realizaban este procedimiento a mano con rapidografos escala, mesa de dibujo, reglas y compas, una manera muy artesanal, a lo que nosotros podríamos llamar una época arcaica en el desarrollo de proyectos de la construcción, aunque con esto no queremos decir que sea de menos calidad ya que conocemos a lo largo del mundo edificaciones que fueron construidas bajo esta metodología y que aún conservan un valor histórico importante en cuanto a arquitectura se refiere, en términos gerenciales y del ciclo de vida de los proyectos, debido a la misma forma artesanal de elaborar estos procedimientos era mucho más demorado que el actual y consumía una cantidad mucho mayor de recursos y tiempo.



*Ilustración 22 Esquema básico realizado a mano alzada
fuente: tomada por el autor*



*Ilustración 21 Maqueta de esquema básico elaborada en la
metodología de diseño tradicional fuente: tomada por el autor*

Luego con la aparición de la cibernética en los procesos de presentación de proyectos de construcción aparece el AutoCAD, y otros software de dibujo asistido por computadora los cuales permiten la realización de la digitalización de los planos constructivos con una mayor exactitud, y con la reducción notoria de tiempos en términos de reprocesos de cambios o

modificaciones ya que se podía cambiar o retroceder alguna acción con tan solo presionar “control z” en la computadora, si bien esta metodología en su momento fue una innovación en los procedimientos de gestión de un proyecto aún seguía contando con debilidades sobre todo en que los profesionales en las diferentes especialidades realizaban sus proyectos en cada una de sus versiones, esto genere un problema constante en obra debido a las inconsistencias que existían entre una versión y otra por que muchas veces se realizaban cambios al diseño que no se socializaban correctamente con los de más especialistas, inclusive la generación del Render final de proyecto arquitectónico era realizada por un profesional independiente en una oficina independiente lo que podría generar confusiones o inconsistencias, por supuesto que se podía llegar la coordinación total pero esto requería de mucho más tiempo en la ejecución. En cuanto a la socialización del proyecto con el promotor y el cliente final se lograban realizaciones de videos o animaciones que permiten realizar el recorrido a las instalaciones de la edificación y también Render finales, pero en muchas ocasiones no se lograba la completa interacción entre el usuario y el proyecto.

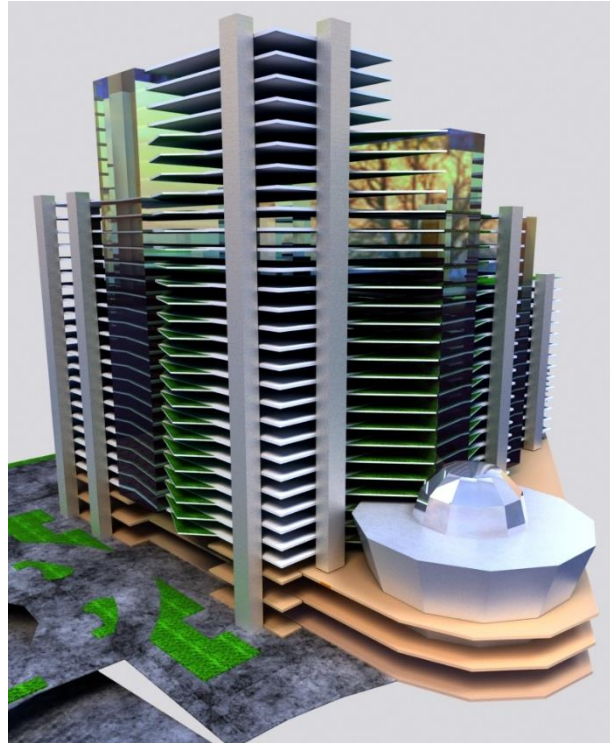


Ilustración 23 Render de proyecto arquitectónico fuente: elaborado por el autor



Ilustración 25 Proyecto arquitectónico de referencia fuente: elaborada por el autor



Ilustración 24 Implantación arquitectónica proyecto de referencia fuente: elaborada por el autor

En breves palabras lo anterior a sido la descripción general del sistema de gestión de los proyectos de construcción desde sus inicios hasta la época de la cibernética en los computadores.

11.2 ANALISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE DISEÑO CON METODOLOGIA DE DISEÑO BIM CON ENFOQUE GERENCIAL

Los avances tecnológicos y el consumo masivo de los dispositivos móviles Como resultado del ejercicio realizado en el presente documento se observa las ventajas que se logran mediante la implementación de la metodología BIM aplicada a una compañía de consultoría. En términos gerenciales podemos hablar de una muy buena herramienta que ofrece la optimización de los recursos en todo el desarrollo del proyecto.

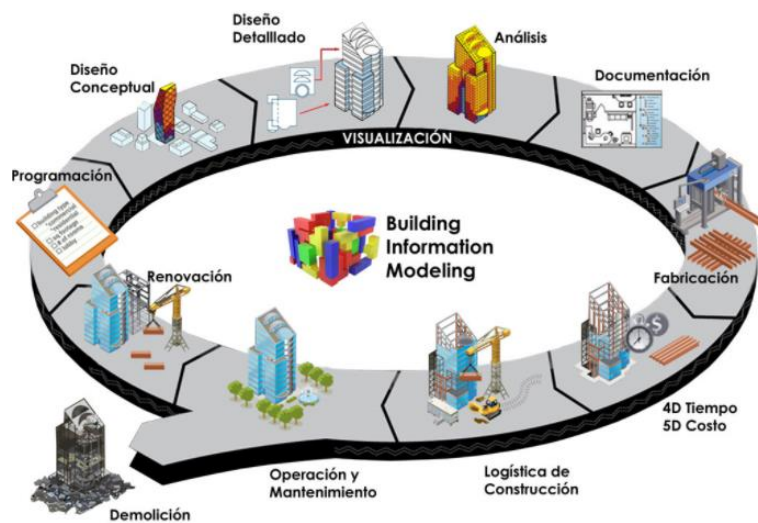


Ilustración 26 Grafico conceptual del ciclo de vida de la edificación y la interacción con la metodología BIM Fuente: <http://mbim.blogs.upv.es/>

11.2.1 Ventajas de planeación

- Diminución en los tiempos de desarrollo del proyecto.
- Reducción de costos por personal (Hora/hombre) y cantidad de personal necesario para el desarrollo de los diseños.
- Precisión en la cuantificación de elementos lo que permite la generación de un presupuesto más acertado
- Facilidades de marketing para los promotores por las herramientas tecnológicas como los videos recorridos de los proyectos, visualización con realidad aumentada.
- Coordinación con la ejecución de la obra, control de cambios
- Vida útil del edificio, control de los procesos de mantenimiento

11.2.2 Ventajas en ejecución

- Reducción de errores en obra por inconsistencias
- Disminución de sobre-costos en la ejecución de las obras por actividades imprevistas
- Disminución de la incertidumbre en cuanto a la arquitectura de detalle, lo que permite al constructor tener mucha más claridad sobre lo que se debe ejecutar.
- Control de cambios

En términos generales se puede concluir que la metodología de diseño basada en la gestión BIM propuesta en esta investigación interviene en la totalidad del desarrollo de las actividades de un proyecto desde la misma gestión documental hasta la entrega, incluyendo beneficios post entrega, ya que estos modelos record de la construcción permiten tener con control constante de los procesos de mantenimiento lo que permite alargar la vida útil de la edificación, si bien tenemos claro que su principal etapa de

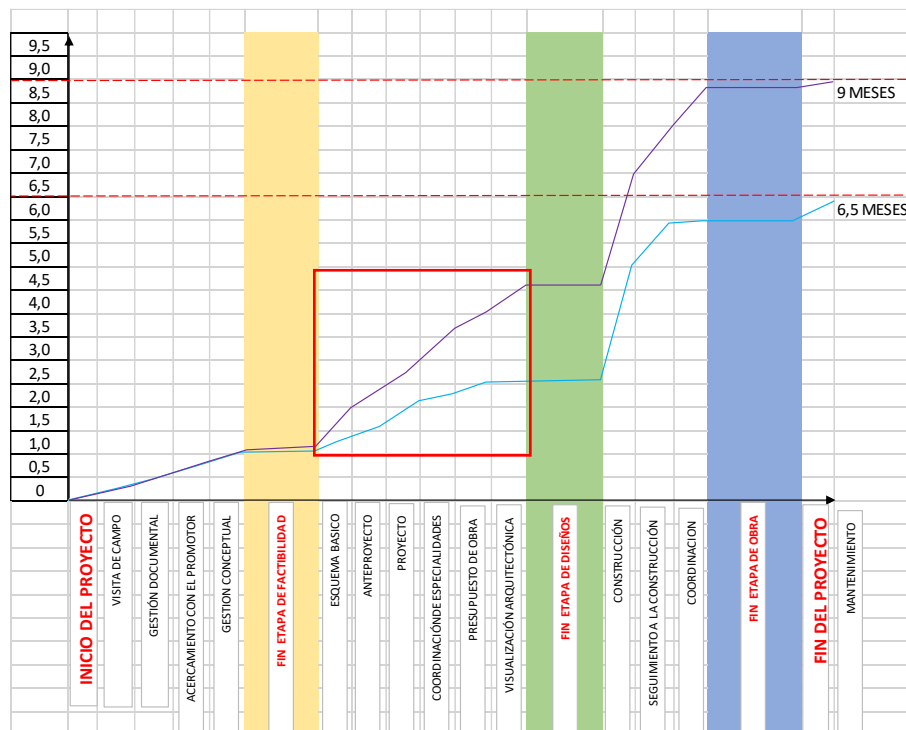


Ilustración 27 Gráfico comparativo de los rendimientos en la metodología BIM vs sistema tradicional

12. CONCLUSIONES

La concepción unificada de los criterios de diseño interdisciplinar centrados en un mismo modelo tridimensional abre la posibilidad de ampliar los campos de conocimiento en las áreas de la arquitectura e ingeniería en busca de mejorar los resultados.

La visualización del modelo de colaboración permite más exactitud en la representación de los planos, esto se resume en una notoria disminución en los tiempos de ejecución a causa de los retrocesos por inconsistencias en los diseños.

La implementación de la metodología BIM, en el contenido de la información de manera sincronizada de manera colaborativa al modelado 3D, aunque en la actualidad se debe realizar el proceso de modelación de diseños de especialidades a partir del 2D hasta el 3D para obtener beneficios de visualización, listado de cantidades y verificación de cruces, este fenómeno se presenta por que la metodología BIM no se encuentra aún implementada en el mercado actual y la mayoría de los actores no se encuentran preparados para el trabajo colaborativo en modelos 3D de manera simultánea.

La gestión del diseño y construcción con la implementación de la metodología BIM, en las organizaciones es una propuesta que permite tomar decisiones en el momento preciso evidenciando las irregularidades existentes lo que se resumirá en la disminución de desperdicios y aumento de la productividad, desde el punto de vista gerencial esto afecta directamente el ciclo de vida del proyecto beneficiando el desarrollo del mismo. Mediante la reducción de tiempos, costos y eficiencia en la ejecución de los procesos.

13. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las facultades de arquitectura de las universidades colombianas la implementación de la metodología con un enfoque integral.

A las universidades colombianas la creación de un programa de postgrado que involucre la metodología BIM.

Las modificaciones en la planificación y cronograma del proyecto pueden ser modificadas en el modelo de información de la edificación para evitar los sobre costos causados por actividades que se tengan que repetir.

Con el fin de optimizar los resultados en la ejecución del proyecto se recomienda involucrar a los promotores, proyectistas, proveedores, subcontratistas, contratistas y constructor. Así se logra obtener un modelo más exacto.

14. INVESTIGACIONES FUTURAS

En la actualidad la aplicación de la metodología BIM en el desarrollo de proyectos es relativamente nueva existe una brecha muy grande entre la metodología BIM y la metodologías tradicionales; teniendo en cuenta desde el diseño artesanal elaborado a mano en mesas de dibujo, pergaminos y rapidografos. Hasta el mismo AutoCAD, herramienta digital que surge con la llegada de la tecnología, los modelos de información de la edificación abren un portal gigante entre estos dos caminos,

La motivación para desarrollar la investigación se encuentra en el potencial evidente que se puede observar teniendo en cuenta la optimización que esta metodología logra, el alcance mismo de esta tesis abre paso a la posibilidad de indagar sobre el trabajo en colaboración y la coordinación entre especialidades. Queda la puerta abierta a la investigación de metodologías aplicadas a los procesos de diseño y ejecución de un proyecto.

15. BIBLIOGRAFIA

(Mojica Arboleda & Valencia Rivera, 2012)

Arquigrafico. (07 de 10 de 2017). *EL DISEÑO ARQUITECTONICO, DEFINICION Y ETAPAS*. Obtenido de <https://arquigrafico.com/el-diseno-arquitectonico-definicion-y-etapas/>

Arriaga, A. B. (2012). *OPTIMIZACION DE PROCESOS DE SERVICIO*. Madrid: EAE.

Banco de la República Actividad Cultural. (2015). *AYUDA DE TAREAS. GEOGRAFÍA - CONCEPTOS*. Obtenido de http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/la_rosa_de_los_vientos

Bautista Baquero, M. Á. (2007). *GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION INMBILIARIA. FUNDAMENTOS PARA LA GESTION DE LA CALIDAD*. Bogotá D.C: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

Beltrán Razura, Á. (16 de Enero de 2012). *COSTOS Y PRESUPUESTO [archivo PDF]*. Obtenido de <https://icittepic.wikispaces.com/file/view/COSTOS+Y+PRESUPUESTOS.pdf>

Benito Martín, D. (Marzo de 2010). *MODELO DE RENDER EN TIEMPO REAL APLICADO AL DISEÑO ARQUITECTONICO [archivo PDF]* . Obtenido de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/8548/PFC_Daniel_Benito_Martin%20.pdf;jsessionid=14F3CC28C0FFB3F770CDCCFB7A391623?sequence=1

Boiero, M., & Estrada, G. (S.F). *INTERDISCIPLINARIEDAD Y MULTIDISCIPLINARIEDAD. UN ENSAYO EN LA ENSEÑANZA DE FINANZAS Y ADMINISTRACIÓN PÚBLICA [archivo PDF]*. Obtenido de http://www.angrad.org.br/_resources/files/_modules/producao/producao_715_2012_12051834228e9c.pdf

Bratu, N., & Campero, E. (1995). *INSTALACIONES ELECTRICAS. CONCEPTOS BASICOS Y DISEÑO*. México, D.F.: Alfaomega.

Brunet, P. (1986). *DISEÑO GRAFICO Y MODELADO GEOMETRICO*. Barcelona: Marcombo.

Curri Valle, M. (18 de Agosto de 2015). *DocSlide*. Obtenido de <https://docslide.com.br/documents/breve-historia-del-autocad-pdf.html>

Escuela de Ingeniería de Antioquia . (S.F). *ESTRUCTURAS I: INTRODUCCION*. Obtenido de

<http://estructuras.eia.edu.co/estructurasI/conceptos%20fundamentales/conceptos%20fundamentales.htm>

Fernández , P., & Bajac , H. (2003). *LA GESTIÓN DEL MARKETING DE SERVICIOS*. Buenos Aires: Granica.

Gaspar , J., & Turri Lorenzo, N. (2014). *ARCHICAD PASO A PASO*. Sao Paulo: ProBooks.

Icontec. (2016). *NUESTRA HISTORIA*. Obtenido de <http://www.icontec.org>

Instituto Andaluz de Tecnología . (2009). *GUIA PARA UNA GESTION BASADA EN PROCESOS*. Obtenido de http://www.euskadi.eus/web01-s2ing/es/contenidos/informacion/bibl_digital/es_documento/adjuntos/Guia%20para%20una%20gestion-basada-procesos.pdf

López de Asiain, M. (27 de Enero de 2003). *ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS EN ARQUITECTURA [archivo PDF]*. Obtenido de http://ubonline.ags.up.mx/librosdigitales/ESTRATEGIAS_BIOCLIMATICAS_EN_ARQUITECTURA.pdf

Maunborgne, R., & Chan Kim, W. (2012). *LA ESTRATEGIA DEL OCEANO AZUL*. Bogotá, D.C.: Buena semilla.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10 [archivo PDF]*. Obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/9titulo-i-nsr-100.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo. (1994). *REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO (RAS) [archivo PDF]*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/GuiasRAS/RAS%20-%200001.pdf>

Ministerio de Minas y Energia. (2013). *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS (RETIE) [archivo PDF]*. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>

Ministerio de Vivienda. (2017). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-vivienda/espacio-urbano-y-territorial/plan-de-ordenamiento-territorial>

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 (Tesis de Predrago)*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C., Colombia.

Mompín, J. (1986). *SISTEMAS CAD/CAM/CAE, DISEÑO Y FABRICACION POR ORDENADOR*. Barcelona: Marcombo.

- Monedero Isorra, J. (2001). *APLICACIONES INFORMATICAS EN ARQUITECTURA*. Barcelona: Alfaomega.
- Oppenheimer , A. (2014). *¡CREAR O MORIR!* Nueva York : Vintage Español.
- Panaia, M. (2004). *EL SECTOR DE LA CONSTRUCCION: UN PROCESO DE INDUSTRIALIZACION INCONCLUSO*. Buenos Aires: Nobuko.
- Pérez Carmona, R. (2010). *INSTALACIONES HIDROSANITARIAS Y DE GAS PARA EDIFICACIONES*. Bogotá, D.C.: Ecoe Ediciones.
- Rivero , R. (Junio de 1992). *ASOLEAMIENTO EN ARQUITECTURA [archivo PDF]*.
Obtenido de <http://www.fadu.edu.uy/acondicionamiento-luminico/wp-content/blogs.dir/28/files/2012/02/ASOLEAMIENTO-EN-ARQUITECTURA-4.pdf>
- Ulloa Román, K., & Salinas Saavedra, J. (Noviembre de 2013). *MEJORAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN LOS PROCESOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA EMPRESA MARCAN* (Tesis de Maestria). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital - IDECA. (S.F). *ICONTEC. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN*.
Obtenido de <https://www.ideca.gov.co/es/node/227>
- Universitat de Valencia. (2015). *DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR*. Obtenido de <https://www.uv.es/castellj/eg/TeoriaProblemas/Tema1/Tema1.pdf>
- Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo. (Junio de 2010). *CONCEPTOS GENERALES DE LA INVESTIGACION*. Obtenido de https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa3/conceptos_generales_innv.pdf
- Universidad Complutense Madrid. (S.F). *LA GESTIÓN DE LOS PROCESOS [archivo PDF]*. Obtenido de <http://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento10142.pdf>
- Universidad de Valencia. (S.F). *LAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y COMUNICACION (T.I.C) [archivo PDF]*. Obtenido de <https://www.uv.es/~bellochc/pdf/pwtic1.pdf>
- Zapata , P. (27 de Enero de 2017). *CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ARCHICAD* .
Obtenido de <http://blog.graphisoft.lat/conceptos-fundamentales-de-archicad/>
- (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) / Ley N° 400. *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10*, Bogotá, D.F., Colombia, 1997

(Ministerio de Vivienda, 2017) / Ley N°388. *DESARROLLO TERRITORIAL*, Colombia, 1997.

(Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo., 1994) / Ley N° 142. *Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS*, Colombia, 1994.

(Ministerio de Minas y Energía, 2013) / Ley N° 142. *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)*, Colombia, 1994.

ISO 9000 (2005)