

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL SECTOR DE LA  
CONSTRUCCIÓN PARA EL MODELADO VIRTUAL PILOTO DEL BLOQUE 12 DE LA  
UNIVERSIDAD DE LA COSTA

LEANDER OSNEIDER PACHECO VARGAS

JAIRO RAFAEL ROMERO SILVA

TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

TUTOR:

Ing. MICHEL JOHANA MURILLO ACOSTA

COTUTOR:

Arq. DALMIRO RAFAEL GARCÍA ESTRADA

UNIVERSIDAD DE LA COSTA  
DEPARTAMENTO DE CIVIL Y AMBIENTAL  
INGENIERÍA CIVIL  
BARRANQUILLA, ATLÁNTICO

2019

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL SECTOR DE LA  
CONSTRUCCIÓN PARA EL MODELADO VIRTUAL PILOTO DEL BLOQUE 12 DE LA  
UNIVERSIDAD DE LA COSTA

LEANDER OSNEIDER PACHECO VARGAS  
JAIRO RAFAEL ROMERO SILVA

TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD DE LA COSTA  
DEPARTAMENTO DE CIVIL Y AMBIENTAL  
INGENIERÍA CIVIL  
BARRANQUILLA, ATLÁNTICO

2019

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## **Dedicatoria**

### **A Dios**

Por haberme dado la sabiduría, perseverancia, ganas y sobre todo salud para trabajar día a día y llegar a este punto logrando mis objetivos propuestos.

### **A mi Madre Sandra Vargas**

Por su apoyo incondicional, por siempre ser mi bastón para seguir adelante, por cada uno de sus valores, porque estos fueron fundamentales al momento de lograr este objetivo.

### **A mi Padre Roger Pacheco**

Por el ejemplo de aquella persona trabajadora, disciplinada, responsable y perseverante, que me ha infundado siempre desde pequeño, por su motivación hacer una persona de bien y por su gran amor y comprensión.

### **A Dios**

Por darme la sabiduría y fortalecimiento para llevar los diferentes conocimientos a la práctica.

### **Mis padres Orlando Romero y Beatriz Silva**

Que con mucho esfuerzo y sacrificio me han enseñado valores y dado la oportunidad de estudiar y de alcanzar muchas metas y logros que poco a poco he venido cosechando.

### **Abuela Francisca Pedraza y hermana María Romero**

Que han estado allí en todo momento y cuando más las he necesitado, su apoyo ha sido incondicional en este transcurso de mi vida.

### **Amigos y compañeros**

Que han transmitido conocimientos importantes y han sido un apoyo para lograr esta meta.

Todos con sus alegrías, palabras de apoyo, han permitido que este gran logro se cumpla.

### **Agradecimientos**

A Dios, Por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy, por iluminar mi mente, llenarla de sabiduría y por esas personas que trajo a mi vida para que se convirtieran en parte clave en el crecimiento de este proyecto.

A mi asesora de tesis, Ing. Michel Murillo Acosta por ayudarme en el recorrido que me llevó a cabo este gran objetivo, además de confiar y ser una pieza fundamental para poder culminar este proceso de la mejor manera.

Le agradezco a mi compañero de tesis por su apoyo incondicional en todas las etapas que llevó a cabo este proyecto, además por sus consejos que de alguna u otra manera me han llevado en el transcurso de la carrera a ser una mejor persona en el aspecto personal y profesional.

Finalmente, y no menos importante, le damos las gracias a la Sra. Vera Noriega Díaz, jefe de planta física adscrita al Departamento de Planeación de la Universidad, por todo su apoyo e interés con nuestro trabajo.

Leander Pacheco Vargas

Les agradezco en primer lugar a mis padres que durante toda mi vida me han apoyado para que, a lo largo de esta, vaya cumpliendo estas metas propuestas, que durante estos últimos cinco años con sus consejos y dedicación han logrado a que en este momento este alcanzando esta meta tan importante para mí.

Les agradezco a mis familiares que han aportado ese granito de tierra que a diario me han ayudado a vencer todos esos límites y barreras para poder llegar a este momento de mi vida.

Le agradezco a mi compañero de tesis por su dedicación y esfuerzo para poder culminar este proyecto, por sus consejos y apoyo que han sido importantes para alcanzar esta meta y que a lo largo de estos cinco años ha sido una amistad fundamental para que esta meta se haya cumplido.

A mi asesora de tesis, Ing. Michel Murillo Acosta, le agradezco por formar parte de mi proceso educativo y darme la oportunidad de trabajar con ella en este proyecto importante para poder cumplir y obtener mi título profesional, así mismo informarme muchos de esos conocimientos que hoy coloco en práctica que han permitido realizar esta tesis.

A mis amigos que me ayudaron a culminar este éxito en mi vida. Y a todos los profesores que me orientaron y con su dedicación me dieron a conocer todos esos conocimientos que me ayudaron a ser posible este logro en mi vida.

A la Sra. Vera Noriega Diaz, jefe del Departamento de Planeación de la Universidad por tomar de su tiempo para apoyar nuestro trabajo.

Jairo Romero Silva

### **Glosario**

**3D:** técnica que permite reproducir información visual tridimensional para crear una ilusión de profundidad en una imagen.

**ANIMACIÓN:** la animación es el proceso que logra dar movimiento a dibujos u objetos inanimados por lo general. Esto es posible gracias a una secuencia de dibujos o fotografías que al estar ordenadas consecutivamente logran generar un movimiento creíble ante nuestros ojos, los cuales se prestan al juego de la ilusión visual.

**BIM:** Building Information Modeling, es una colección de datos de un edificio organizados en una base de datos estructural que se puede consultar fácilmente de forma visual o numérica.

**CONSTRUCCION:** es el arte o técnica de fabricar edificios e infraestructuras. En un sentido más amplio, se denomina construcción a todo aquello que exige, antes de hacerse, disponer de un proyecto y una planificación predeterminada.

**DISEÑO:** se refiere a un boceto, bosquejo o esquema que se realiza, ya sea mentalmente o en un soporte material, antes de concretar la producción de algo.

**ESTRUCTURA:** es de la distribución y el orden de las partes principales de un edificio o de una casa, así como también de la armadura o base que sirve de sustento a la construcción.

**HERRAMIENTAS:** en la actualidad la palabra herramienta abarca una amplia gama de conceptos y diferentes actividades (desde las herramientas manuales hasta las informáticas), pero siempre bajo la idea de que el término herramienta se usa para facilitar la realización de una actividad cualquiera.

**INGENIERIA:** es el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos para la innovación, invención, desarrollo y mejora de técnicas y herramientas para satisfacer las necesidades y resolver los problemas de las empresas y la sociedad.



**INGENIERIA CIVIL:** disciplina de la ingeniería profesional que emplea conocimientos de cálculo, mecánica hidráulica y física para encargarse del diseño, construcción y mantenimiento de las infraestructuras emplazadas en el entorno.

**KUBITY:** diseña y desarrolla herramientas de comunicación visual basadas en la nube para modelos 3D. Recientemente lanzó el primer múltiplex de realidad mixta para visualizar instantáneamente modelos 3D en múltiples dispositivos: computadoras de escritorio, teléfonos inteligentes, tabletas, equipos de realidad aumentada y gafas de realidad virtual. Combinando programas de software CAD, Sketchup o Revit, y un múltiplex, la narración en 3D nunca ha sido tan simple.

**LABORATORIOS:** es un lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos, prácticas y trabajos de carácter científico, tecnológico o técnico; está equipado con instrumentos de medida o equipos con los que se realizan experimentos, investigaciones y prácticas diversas, según la rama de la ciencia a la que se dedique. También puede ser un aula o dependencia de cualquier centro docente.

**MODELO:** es una descripción en tres dimensiones de objetos en un lenguaje o estructura de datos estrictamente definidos. El modelo debería contener geometría, punto de vista, textura e información de iluminación.

**PROYECTO:** es una planificación que consiste en un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas.

**REALIDAD VIRTUAL:** representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real.

**RENDERIZACIÓN:** la renderización es el proceso de generar una imagen (imagen en 3D o una animación en 3D) a partir de un modelo, usando una aplicación de computadora.

**SIMULACIÓN:** modelo de simulación por computador o un modelo informatizado es un programa informático o una red de ordenadores cuyo fin es crear una simulación de un modelo abstracto de un determinado sistema.

**SKETCHUP:** es un software de modelado 3D que permite modelar en 3D de edificios, paisajes, escenarios, mobiliario, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante. Diseñado con el objetivo de que pudiera usarse de una manera intuitiva y flexible. El programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar.

**VISUALIZACIÓN:** una herramienta o un método para interpretar los datos de la imagen alimentados en una computadora y para generar imágenes de datos multidimensionales complejos.

## Resumen

La Realidad Virtual consiste en una simulación realista y envolvente de un entorno tridimensional creada por un ordenador. Esta tecnología simula la presencia física del usuario o habitante en dicho entorno, permitiéndole interactuar con él a través de unas gafas o un casco de la misma tecnología. La realidad virtual ha generado mucho entusiasmo en el campo de los videojuegos, pero sus aplicaciones pueden alcanzar numerosas disciplinas y profesiones, al resultar muy útil la sensación de inmersión que ésta genera. Actualmente en el campo de la ingeniería civil a través del BIM (Building Information Model o Modelo Integrado de Información para la Construcción), se puede lograr la realización de modelos tridimensionales de un proyecto durante sus etapas de diseño y planificación, siendo comúnmente usado por empresas de arquitectura, ingeniería y construcción. En este estado de desarrollo se enmarca el presente proyecto, con el objeto de explorar las posibles aplicaciones de la realidad virtual en la ingeniería civil llevando a cabo un ejemplo práctico de virtualización de una obra en etapa de ejecución, correspondiente al Bloque 12 de la Universidad de la Costa, con el fin de comprobar la viabilidad de generar representaciones de proyectos más realistas y a la vez de una manera más fácil, práctica y económica en este sector de la industria.

***Palabras Clave:*** Modelado, Realidad Virtual, 3D, Construcción, Kubity, BIM

### **Abstract**

Virtual Reality consists of a realistic and enveloping simulation of a three-dimensional environment created by a computer. This technology simulates the physical presence of the user or inhabitant in said environment, allowing him to interact with him through glasses or a helmet of the same technology. Virtual reality has generated a lot of enthusiasm in the field of videogames, but its applications can reach many disciplines and professions, as the sensation of immersion that it generates is very useful. Currently in the field of civil engineering through the BIM (Building Information Model), it can achieve the realization of three-dimensional models of a project during its design and planning stages, being commonly used by companies of architecture, engineering and construction. In this stage of development the present project is framed, in order to explore the possible applications of virtual reality in civil engineering, carrying out a practical example of virtualization of a work in execution stage, corresponding to Block 12 of the Universidad de la Costa, in order to verify the viability of generating representations of more realistic projects and at the same time of an easier, practical and economic way in this sector of the industry.

**Keywords:** *Modeling, Virtual Reality, 3D, Construction, Kubity, BIM*

## Contenido

1. Lista de tablas y figuras .....	15
2. Introducción.....	17
3. Planteamiento del problema .....	18
4. Justificación.....	19
5. Objetivos.....	20
5.1 Objetivo general.....	20
5.2 Objetivos específicos .....	20
6. Marcos .....	20
6.1 Marco referencial .....	20
6.1.1 Historia del BIM.....	21
6.1.2 Historia de la realidad virtual .....	25
6.2 Marco conceptual.....	31
6.3 Marco teórico .....	34
6.3.1 Beneficios del BIM.....	34
6.3.2 Visión BIM.....	35
6.3.3 BIM en el área de la construcción. ....	36
6.3.4 Ventajas de la realidad virtual. ....	38
6.3.5 Realidad virtual en el área de la construcción. ....	39
6.3.6 Constructibilidad técnica para mejor planificación. ....	40
6.4 Marco metodológico .....	41
7. Desarrollo del Proyecto .....	43
7.1 Fase 1: fundamentación teórica. ....	43
7.2 Fase 2: Revisión de información del proyecto.....	43
7.3 Fase 3: Desarrollo del Modelo 3D.....	50
7.3.1 Conocimientos básicos de las herramientas a utilizar. ....	51
7.3.2 Muros y elementos estructurales. ....	52
7.3.3 Detalles constructivos de muros y pisos.....	56
7.3.4 Sistema de losa. ....	59
7.3.5 Mobiliario y ambientación.....	59
7.3.6 Edificación completa. ....	62

7.4 Fase 4: Implementación de Realidad Virtual.....	64
7.4.1 Extensión Kubity Pro.....	64
7.4.2 Vinculación, utilización de aplicación y gafas de realidad Virtual. ....	66
7.5 Fase 5: Análisis comparativo de Métodos. ....	69
8. Análisis de Resultados.....	73
9. Conclusiones.....	75
10. Recomendaciones .....	75
11. Referencias.....	76
12. ANEXOS .....	78

**1. Lista de tablas y figuras**

Tabla 1 Cronograma desarrollo del proyecto ..... 42

Tabla 2 Espacios tipo académico de la universidad de la costa ..... 48

Tabla 3 Espacios tipo bienestar de la universidad de la costa..... 48

Tabla 4 Detalles de materiales usados en la edificación ..... 50

Tabla 5 Presupuesto general no detallado de la construcción del bloque 12 ..... 69

Tabla 6 Presupuesto de materiales, equipos y licencias para la elaboración del proyecto..... 69

Tabla 7 Presupuesto detallado casa modelo básica 60 m<sup>2</sup> ..... 70

**Figuras**

Figura 1 Autocad..... 22

Figura 2 Allplan 1989 ..... 23

Figura 3 Cad/bim 1993..... 23

Figura 4 Revit en el año 2000 ..... 24

Figura 5 Revit 2018..... 25

Figura 6 Estereoscopio ..... 25

Figura 7 Estereoscopio lenticular ..... 26

Figura 8 Modelo de estereoscopio ..... 27

Figura 9 Rediseño del estereoscopio ..... 28

Figura 10 View master años 40..... 28

Figura 11 Telepresencia ..... 29

Figura 12 Virtual boy ..... 30

Figura 13 Kinect..... 30

Figura 14 Oculus rift ..... 31

Figura 15 Logo de sketchup ..... 33

Figura 16 Logo de kubity ..... 34

Figura 17 Beneficios de la metodología bim ..... 35

Figura 18 Ubicación de la universidad de la costa..... 44

Figura 19 Herramientas básicas de sketchup ..... 52

Figura 20 Importación de archivos..... 53

Figura 21 Planos arquitectónicos ..... 54

Figura 22 Creación de volúmenes .....	55
Figura 23 Muros y columnas.....	56
Figura 24 Importar materiales .....	57
Figura 25 Materiales y pintura .....	57
Figura 26 Detalles asignados, render .....	58
Figura 27 Sistema de losa.....	59
Figura 28 Herramienta 3d warehouse .....	60
Figura 29 Descarga de modelos .....	61
Figura 30 Buscador de modelos .....	61
Figura 31 Modelación interna .....	62
Figura 33 Pisos por separados.....	63
Figura 32 Creación de grupos .....	63
Figura 34 Pisos y exterior de la edificación .....	64
Figura 35 Kubity pro .....	65
Figura 36 Extensión warehouse .....	65
Figura 37 Vinculación con la aplicación móvil .....	66
Figura 38 Descarga e implementación de la aplicación.....	67
Figura 39 Activación control de gafas de realidad virtual .....	67
Figura 40 Vista en realidad virtual.....	68
Figura 41 Interacción con el espacio.....	68



## 2. Introducción

A través de los años, la humanidad ha presentado un cambio radical en su nivel de vida; todos los conocimientos que ha alcanzado a acumular y adquirir al pasar de los tiempos le han traído beneficios en su modo de vivir. Existen notables diferencias entre el hombre de algunos siglos atrás que el hombre moderno, tal diferencia se ha dado en el desarrollo de la ciencia y avances tecnológicos. Tecnologías como la visualización (realidad virtual) donde nos permitimos desarrollar un mundo totalmente diferente al que tenemos al frente de nuestros ojos y es posible ingresar tan solo con unas gafas o cualquier otra herramienta preparada para ello.

La realidad virtual consiste en la inmersión sensorial en un nuevo mundo, basado en entornos reales o no, que ha sido generado de forma artificial, y que podemos percibir gracias a unas gafas de realidad virtual y sus accesorios (Mundo-virtual, 2016). Su desarrollo tecnológico o evolución viene basada desde los años 1957 creando simulaciones de imágenes en 3D incluyendo olores, sonidos y otras herramientas para hacer un espacio real y creíble; en términos del mundo de la tecnología su objetivo es crear los equipos o herramientas mucho más óptimas, con mejores aplicaciones y características, pero disminuyendo el tamaño de estas, es decir, busca que estas herramientas o equipos ocupen menos espacio y que no sean un problema al usuario para guardarlo o donde ubicarlo; así mismo ha pasado con la realidad virtual, ha incorporado este parámetro de hacer sus herramientas más pequeñas y que se adaptan al usuario con mejores características y a un precio más factible para todos.

Conociendo todas las herramientas y beneficios que nos otorga la realidad virtual, analizamos que pueden ser utilizadas en el área de la construcción, como todos sabemos la realidad virtual nos muestra un espacio real sin que estemos allí o sin que esté físicamente construido, relacionándolo con el área de la construcción puede ser indispensable para la creación de los

modelos que se utilizan para mostrarle al usuario o cliente cómo quedara la obra. Para ello nos preguntamos: ¿cuánto dinero es gastado en la construcción de estos modelos? ¿Después de terminada la obra para que servirán estas construcciones? Por estas y otras más deficiencias que se dan al momento de construir los modelos en las obras, se implementará la realidad virtual en esta área.

En el siguiente trabajo se demostrará por medio de la aplicación de la realidad virtual y la implementación de las metodologías BIM, el uso de las nuevas tecnologías en el sector de la construcción, con el fin de obtener mejores resultados y optimizando parámetros del sector; como la economía, contaminación y medio ambiente y la ambientación y utilización para adecuar cualquier espacio.

### **3. Planteamiento del problema**

Al momento de querer dar a conocer el interior de un espacio o un diseño constructivo, en muchas ocasiones se suele ejecutar hoy en día aún planos en 2D o modelos en 3D, que son utilizados solo con fines limitados, desperdiciando de esta forma las posibilidades que ofrecen las herramientas de visualización avanzadas.

Otra de las prácticas comunes en el sector de la construcción para este asunto, aún más arcaica, consiste en llevar a cabo una construcción en físico (apartamento modelo), la cual después de ser utilizada, en muchos casos ya no es útil por lo cual pasa a ser objeto adicional de demolición, generando así pérdidas, desperdicios, contaminación, entre otros. Ambas prácticas son hasta la fecha altamente usadas tanto por el sector privado como por el sector público, aún sin ellas garantizar un detalle preciso y real de los espacios al interior de las edificaciones que se desea mostrar o vender.

El propósito del presente trabajo de investigación consiste en dar respuesta a la pregunta problema ¿Sería posible generar menos costos y desperdicios, y al mismo tiempo mostrar el espacio detallado lo más real posible en las edificaciones antes de ser construidas?

#### **4. Justificación**

La integración de las tres etapas claves en un proyecto de construcción (diseño, planificación y construcción) consiste básicamente en un trabajo coordinado por todo el personal involucrado: arquitectos, diseñadores y constructores; lo cual implica una comunicación interactiva durante todo el proceso, tanto de diseño como de construcción, de manera que se establezca una permanente retroalimentación para así poder solucionar los inconvenientes que se presenten o ejecutar las modificaciones que resulten necesarias.

Por otra parte, hoy en día el uso de la tecnología de 3D y la realidad virtual permiten vencer las distancias y las dificultades en el proceso de comunicación. Así, por ejemplo, para realizar el monitoreo a un proyecto solo será necesario modificar progresivamente el modelo, dentro de una red, para ir mostrando su diseño o su avance, reduciendo así la incertidumbre en su manejo y aumentando la posibilidad de control al eliminar las aproximaciones abstractas.

Este proyecto tiene como objeto implementar la realidad virtual en el modelado de espacios al interior del Bloque 12 de la Universidad de la Costa (CUC), con el fin de mostrar detalles más precisos y reales, que permitan comprobar que se pueden obtener representaciones más realistas y económicas, sin la necesidad de la construcción de un espacio físico que sirva como modelo.

## **5. Objetivos**

### **5.1 Objetivo general**

Implementar la realidad virtual en el modelado de los espacios al interior del Bloque 12 de la Universidad de la Costa, con el fin de comprobar que se pueden obtener representaciones más realistas y económicas, sin la necesidad de la construcción de un espacio físico que sirva como modelo.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Comprender las tecnologías informáticas para la visualización y su aplicación en los diferentes procesos de un proyecto de construcción.
- Analizar los diseños arquitectónicos y estructurales del Bloque 12 de la Universidad de la Costa.
- Determinar los diferentes detalles del espacio al interior del lugar de estudio, con el fin de obtener un modelado más preciso.
- Evaluar tecnologías emergentes y nuevas oportunidades surgidas de la aparición de la aplicación de las tecnologías de información en el sector de la construcción.

## **6. Marcos**

### **6.1 Marco referencial**

Para desarrollar una representación gráfica para un modelo de la construcción es necesario conocer todos los cambios y evoluciones que se han creado, desde métodos multidimensionales que imitan el proceso real de la construcción y abarca toda las fases del ciclo de vida de un edificio o una infraestructura, más conocido en la actualidad como BIM, también modelados tridimensionales que nos ofrecen la realidad virtual como sistema informático; determinando los diferentes elementos y componentes que se utilizan a lo largo del proyecto, desde que se crea el

volumen del espacio que utilizaremos hasta cómo haremos para que las personas estén involucradas en esto. Nuestra teoría se basa en tomar estos sistemas desde un punto educativo y práctico y llevarlos a nuestra área de estudio con el fin de determinar diferentes parámetros que facilitarían y beneficiaría al sector de la construcción. Es importante estudiar estos dos aspectos en los que este proyecto está basado, la realidad virtual como tecnología emergente para buscar nuevos beneficios y la construcción como área o sector que obtendría nuevas aplicaciones para obtener resultados óptimos y favorables.

**6.1.1 Historia del BIM.** Su historia se remonta al año 1975 considerando al señor Charles Eastman como el padre del BIM, quien fue un arquitecto y trabajador en ciencias de la computación en la universidad Carnegie Mellon de Estados Unidos la cual desarrollo un sistema llamado BDS (Building Description System- Sistema de Descripción del Edificio), el cual tenía todos los ingredientes del actual BIM. En este software se abordaba el problema del proyecto desde una base de datos en la que se han separado los componentes del edificio en distintas piezas. Eastman criticaba la falta de coherencia en la información arquitectónica al no venir toda ella de un solo modelo. (Garcia Plaza, 2017)

En 1982 la empresa Autodesk lanza al mercado su primera edición de AutoCAD.



*Figura 1 AutoCAD*

Proceso de la historia y creación de AutoCAD. Fuente: (Solidworks, 2008)

En 1984 después de que la empresa Autodesk creara varios softwares de CAD para su propia oficina técnica, George Nemetschek crea Allplan.

Allplan se considera el segundo software BIM de la historia para ordenadores personales. En este mismo año nace PSeudoStation desarrollado por Bentley, el cual más tarde cambiaría de nombre a Microstation.



Figura 2 Allplan 1989

Pestaña del software Allplan en 1982. Fuente: (Oberender, 2011)

Después de media década nace la primera versión de ArchiCAD para Windows el cual se convierte en el primer software CAD-BIM multiplataforma y 3 años más tarde nace el que se convertiría el segundo CAD-BIM llamado Graphsoft y el cual estuvo disponible para Windows y Mac.

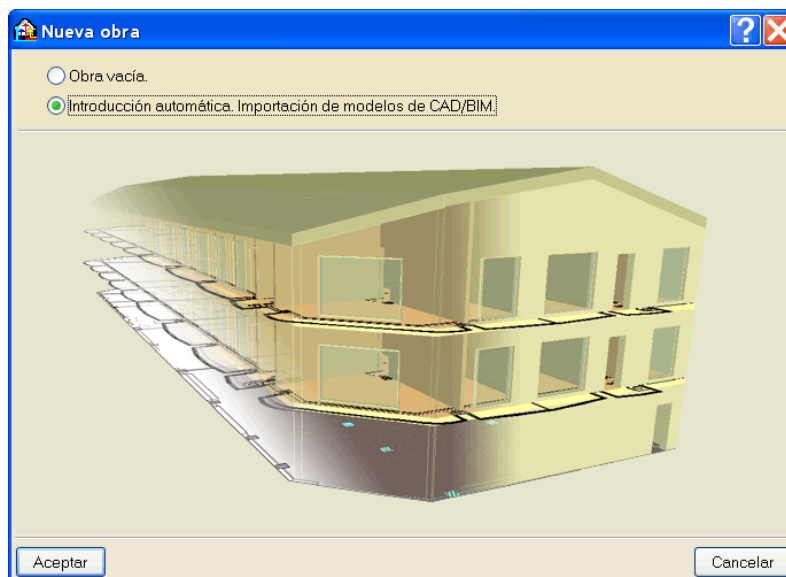


Figura 3 CAD/BIM 1993

Se muestra la importación de un modelado a la relación de programas CAD a la metodología BIM. Fuente: (CYPE Ingenieros, S.A., s.f.)

En 1997 Leonald Raiz e Irwin Jungreis, trabajadores de PTC (Parametric Technology corporation) empresa que se dedica a la creación de software de ingeniería desde 1985, dejan dicha empresa para formar Charles River Software, Germen de Revit. Gracias a esto la compañía toma un nuevo nombre y es conocida como Revit, apareciendo la primera versión de Revit el 5 de abril del 2000. Revit trato de distribuir el software de una forma novedosa, sin distribuidores físicos, solo con una suscripción mensual a través de internet.



*Figura 4 Revit en el año 2000*

Diseño de Revit en el año 2000. Fuente: (Johnson, 2014)

Dos años después de lanzar el producto Revit es vendido por 133 millones de dólares Autodesk y hasta el año 2009 ellos mantienen la misma interfaz hasta el 2010 donde cambia totalmente de interfaz asimilando la tecnología Ribbon que se mantiene en la actualidad.

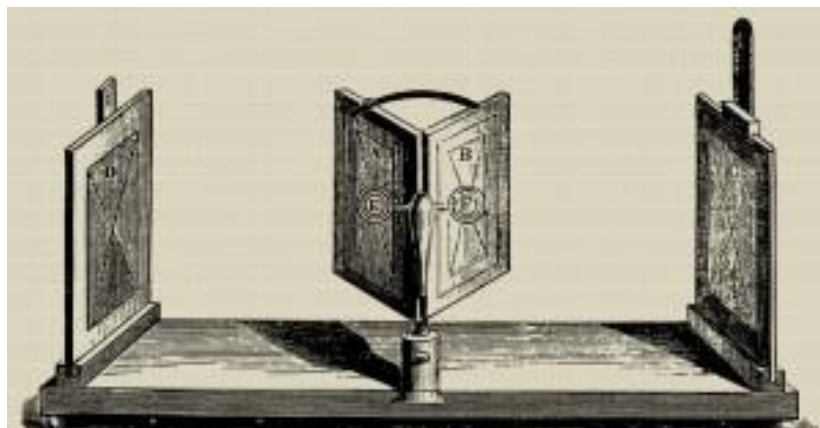




*Figura 5 Revit 2018*

Logo e introducción a Revit 2018. Fuente: (PCG Profile Consulting Group, 2018)

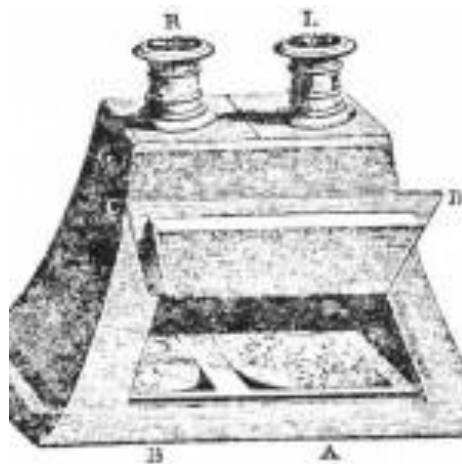
**5.1.2 Historia de la realidad virtual.** Los orígenes de la realidad virtual se retoman al año 1838 donde Charles Wheatstone creó el estereoscopio, un medio que consiste en obtener dos fotografías prácticamente idénticas, cuya única diferencia radica en el punto de toma de la imagen, lo que provoca que sean observadas por cada ojo de forma independiente, lo que hace que el cerebro las mezcle en una sola creando un objeto tridimensional. Esta técnica sería la base para construir los primeros visores de realidad virtual, incluso en la actualidad se siguen utilizando dichos patrones.



*Figura 6 Estereoscopio*

Dibujo del estereoscopio diseñado por Charles Wheatstone. Fuente: (Eclético, 2013)

Poco tiempo después en 1849 el científico escocés David Brewster fue el creador de Caleidoscopio el que se encargaría de perfeccionar el invento del señor Charles y darle una mejor apariencia, más adecuada para su producción en serie, lo que se encargaría la compañía francesa Dubosq & Soleil. El escocés presentó su estereoscopio lenticular de caja de madera, con dos binoculares en la parte superior y aperturas para la entrada de la luz, un diseño que sería imitado en el futuro por otros creadores de visores y serviría también de fuente de inspiración. (Eclético, 2013)

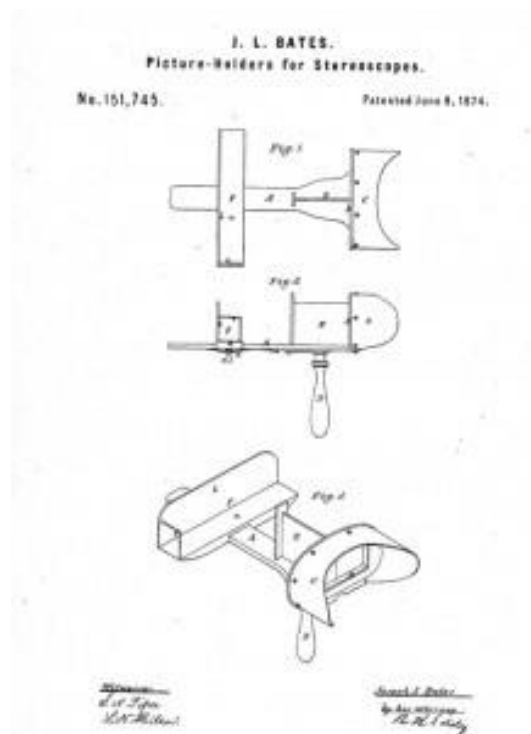


*Figura 7 Estereoscopio lenticular*

El estereoscopio lenticular de David Brewster. Fuente: (Eclético, 2013)

El desarrollo de los estereoscopios destinados al mercado doméstico experimenta una nueva evolución en 1859 gracias al poeta y médico norteamericano Oliver Wendell Holmes, uno de los principales impulsores de la creación de fondos y bibliotecas de fotografías tridimensionales. Holmes crea, sobre la base del trabajo de Brewster, un estereoscopio de mano que se convertirá en un éxito de ventas a lo largo y ancho de Estados Unidos y sufrirá diversas modificaciones y mejoras a lo largo de los años.

Consistía en un travesaño central, con un mango en el centro para sostenerlo, que se ensanchaba y reforzaba con dos piezas verticales en el extremo que alojaba la cúpula protectora de las lentes, inicialmente rematada en papel recubierto de cuero adornado con cenefas, y contaba en el otro lateral con un accesorio, montado en ángulo recto y fortalecido por una cruceta dorada, que sostenía las fotografías mediante unos apliques metálicos y permitía acercarlas y alejarlas a voluntad.



*Figura 8 Modelo de estereoscopio*

Este fue uno de los modelos de estereoscopio que se asimilo a las gafas de realidad virtual que hay actualmente. Fuente: (Eclético, 2013)

El aparato, fabricado y perfeccionado en Boston por Joseph L. Bates, fue evolucionando con el tiempo y se le añadieron otros elementos como un soporte plegable de base circular para mesa- también aparece con un apoyo roscado con cuatro patas-, cúpulas con motivos en relieve reforzadas con marcos metálicos, y mangos con elementos en bronce.



*Figura 9 Rediseño del estereoscopio*

Estereoscopio perfeccionado por Joseph Bates. Fuente: (Eclético, 2013)

Entre 1942 y 1945 El ejército estadounidense utiliza **View-Master** (es un dispositivo visualizador de discos con 7 imágenes estereoscópicas, fue inventado por William Gruber, un fabricante de órganos y fotógrafo entusiasta, quien radicaba en Portland, Oregón. ) para entrenamiento durante la Segunda Guerra Mundial. En 1940, el ejército de EE. UU reconoció la posibilidad de utilizar productos View-Master para la capacitación del personal adquirieron 100.000 visores y casi 6 millones de carretes desde 1942 hasta el final de la Segunda Guerra Mundial en 1945.



*Figura 10 View Master años 40*

View Master de los años 40, de los usados para entrenamiento militar. Fuente: (LLC, 2015)

En 1962 Morton Heilig patentó el Sensorama, un “experience theater (experiencia teatral)” con video 3D, una silla que vibra, ventiladores y olores artificiales. Que hoy en día sería considerado como un especialista "multimedia"



*Figura 11 Telepresencia*

Telepresencia de Cortesía de Scott Fisher.  
Fuente: (LLC, 2015)

En 1968 El MIT (**Instituto Tecnológico de Massachusetts** o **Instituto de Tecnología de Massachusetts**) desarrolla el primer visor de realidad virtual, pero era tan pesado que tenía que fijarse al techo. Lo llamaban: “La Espada de Damocles.

En 1995 Nintendo se encargaría de lanzar una consola de juegos 3D llamada **Virtual Boy** que usaba un proyector de estilo gafas para mostrar los juegos por medio de un efecto estereoscópico, el precio inicial fue de 180 dólares. La consola fue diseñada por Gunpei Yokui, La consola fracasó. No llegó a comercializarse en Europa. Según el público, producía náuseas y es una de las peores consolas de la historia y el mayor fracaso de Nintendo. (LLC, 2015)



*Figura 12 Virtual Boy*

Fuente: (LLC, 2015)

En el 2010 Microsoft, propietaria de la consola Xbox, adquiere la tecnología del Kinect, que permite captar el movimiento del usuario e integrarlo con ambientes de realidad virtual. El juego tiene el récord Guinness como el “dispositivo electrónico de consumo masivo de más rápida venta”, con un total de 8 MM de unidades los primeros 60 días de lanzamiento.



*Figura 13 Kinect*

Kinect de la versión del Xbox 360. Fuente: (LLC, 2015)

En octubre de 2017, Oculus duplicó su línea de hardware VR, y agregó dos nuevos auriculares junto Oculus Rift y Samsung Gear VR. El primero es un kit de desarrollo con nombre en código de Santa Cruz, que cuenta con seguimiento de movimiento completo en un auricular inalámbrico. El segundo es Oculus Go, un auricular móvil con componentes electrónicos incorporados en

lugar de una ranura para teléfono. El jefe de VR de Facebook, Hugo Barra, dice que Go y Santa Cruz supuestamente complementan Oculus Rift y Gear VR, no los reemplazan. (LLC, 2015)



*Figura 14 Oculus Rift*

El Oculus Rift, que se esperaba en el mercado para 2016.  
Fuente: (LLC, 2015)

## **6.2 Marco conceptual**

Un BIM es una tecnología de información que pretende entrelazar los datos pertinentes a un proyecto de construcción, generando un entorno virtual que permita parametrizar el proyecto. El término BIM se refiere a un grupo de políticas de interacción, procesos y tecnologías para gerenciar lo esencial del diseño y los datos del proyecto en un ambiente digital a través del ciclo de vida del proyecto. El objeto del BIM es permitir que todos los participantes de un proyecto trabajen en conjunto, compartiendo información y actualizaciones de manera eficiente. Con el fin de diseñar, analizar, organizar y gerenciar. (Prada Sanchez, 2016).

Desde la Fundación Laboral de la Construcción, se cree firmemente en las posibilidades que ofrece el BIM. Por ello, Entorno BIM nace para impulsar esta nueva metodología de trabajo colaborativa a través de un itinerario formativo con cursos adaptados a cada una de las fases del

proyecto constructivo. No dejando a un lado el software que nos muestra más allá y nos acerca más a las tecnologías tridimensionales mostrándonos excelentes ventajas, las cuales nos permiten trabajar eficazmente en el campo de la construcción. En otras palabras, la realidad virtual se define como la representación de escenas o imágenes de objetos producidos por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real, y tiene como objetivo crear un mundo ficticio del que se puede formar parte e incluso ser el protagonista: viendo un coche en un concesionario virtual, siendo protagonista de un videojuego o bien practicando como hacer una operación a corazón abierto, en este caso visitar un espacio modelo de una construcción. (Mundo-virtual, 2016).

El incremento de la utilización de esta herramienta actualmente la conlleva a que es accesible para muchos desde sus parámetros de utilización hasta por su precio en el mercado, de acuerdo con la publicación de esta página web ([www.mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/](http://www.mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/)) y con muchos otros artículos que analizan la facilidad y la economía de esta herramienta; todos estos aspectos favorables nos demuestran que la herramienta es óptima para el sector de la construcción.

El BIM (Building Information Modeling, es decir modelo de información de un edificio), que se define como la “representación digital de las características físicas y funcionales de un objeto”, puede ser imaginado como un modelo de:

- ✓ Programación
- ✓ Diseño
- ✓ Realización
- ✓ Manutención



De un edificio que utiliza un modelo informativo, o sea un modelo que contiene toda la información relativa al propio ciclo de vida total, desde el proyecto a la edificación, hasta la demolición y el desmantelamiento. Es fácil entonces percibir cómo la realidad virtual es un concepto íntimamente ligado al BIM.

El BIM permite, de hecho, obtener el modelo virtual 3D de un edificio, que por definición es un modelo de realidad virtual. Obviamente es más sencillo reconstruir un entorno virtual si ya se han definido muchas características: cuando el proyecto está redactado con un software BIM, el modelo ya contiene información de tipo geométrico, espacial, sobre los materiales, los colores, etc.

Sketchup es un programa de diseño para modelados 3D de fácil uso desarrollado por Google en 2006 y luego vendida a Trimble desde 2012, para crear un modelado comienzas con líneas y figuras planas así obtener caras para arrastrar, jalar y crear figuras en 3D; el programa está compuesto por miles de herramientas que facilitan la creación de todo tipo de objeto o espacio con el fin de obtener espacios y diseños más detallados, lo que se busca con el trabajo es crear un espacio real y detallado y el programa nos brinda todos estos beneficios.



*Figura 15 Logo de Sketchup*

Fuente: (sketchup, 2018)

Por otra parte, se cuenta con Kubity, el cual, como su página propia lo indica (<https://pro.kubity.com/>), diseña y desarrolla herramientas de comunicación visual basadas en la nube para modelos 3D. Recientemente lanzó el primer múltiplex de realidad mixta para visualizar instantáneamente modelos 3D en múltiples dispositivos: computadoras de escritorio, teléfonos inteligentes, tabletas, equipos de realidad aumentada y gafas de realidad virtual. Combinando programas de software CAD, Sketchup o Revit, y un múltiplex, la narración en 3D nunca ha sido tan simple (Kubity, 2017); la combinación que se usara como se dice anteriormente es con Sketchup, Kubity importa el archivo del modelado y nos brinda todas las herramientas que se pueden utilizar con el modelado entre esta realidad virtual, que de acuerdo a las gafas nos comparte el link de vinculación o por medio de cualquier medio inalámbrico que tengas las gafas.



*Figura 16 Logo de Kubity*

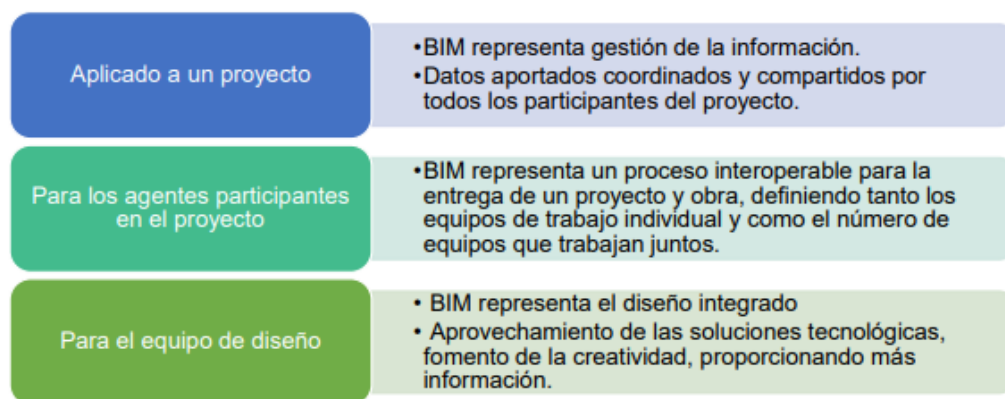
Fuente: (Kubity, 2017)

## **6.3 Marco teórico**

**6.3.1 Beneficios del BIM.** Los modelos BIM como tecnología de información permiten dinamismo interdisciplinario, transmitiendo información entre distintos equipos del proyecto de manera rápida, ordenada y clara. La reorganización del flujo de información reestructura la forma de trabajo de los equipos del proyecto y ayuda a localizar errores con más prontitud que estructuras clásicas, así mismo permite la disminución en la recurrencia de un error y en su difusión a lo largo de los diferentes equipos de trabajo. Para que esta información pueda

transmitirse con rapidez y claridad se requiere del desarrollo de herramientas globales que permitan el intercambio de datos, para esto la informática ha conseguido impulsar el desarrollo de los BIM con fuerza y rapidez generando un entorno intercomunicado como por ejemplo la nube y estableciendo protocolos sobre la creación de información. (Prada Sanchez, 2016)

El uso de la metodología BIM genera muchos beneficios en un proyecto, ya que busca una integración entre las disciplinas que trabajan en el proyecto y permite resultados óptimos de acuerdo a la coordinación de toda la información y las etapas de la metodología que se utiliza. A continuación, se muestran diferentes beneficios de la implementación de la metodología BIM:



*Figura 17 Beneficios de la metodología BIM*

Fuente: (Sierra Aponte, 2016)

**6.3.2 Visión BIM.** Para obtener un resultado efectivo y óptimo es indispensable crear una visión BIM del proyecto, la cual nos hace preguntar qué queremos como resultado y cómo será el proceso para obtenerlo. Ahora bien, la visión debe delinear los logros que la adopción del proceso BIM alcanzará, cuáles serán los elementos de transformación y el modo en que se percibirá esta evolución en las diversas etapas. (AUTODESK, 2017)

Entre los aspectos que se deben tener en cuenta para crear la visión BIM están:

- ✓ Ser inspirador y tener aspiraciones: La visión debe ser de gran alcance y con buenos resultados que abarquen todo lo que se propuso.
- ✓ Enseñar: Es importante que se compartan la información que se conoce acerca de BIM con el fin de que todos conozcan acerca de esta metodología.
- ✓ Definir los cinco interrogantes: El quién, qué, dónde, cuándo y por qué son los interrogantes que te debes preguntar para así construir las etapas y la transformación necesaria para alcanzar el logro.
- ✓ Establecer hitos para los logros: intercalar los comienzos y crear hitos ayuda a la organización a superar el estancamiento inicial al enfrentarse a lo que podría parecer una tarea inabarcable.

**6.3.3 BIM en el área de la construcción.** Esta metodología se convierte de vital importancia en el área de la construcción brindando unas ventajas muy satisfactorias para los proyectos futuristas entre esas una que también es importante para el medio ambiente y es permitiéndole saber al constructor el impacto energético de cada uno de los materiales que componen la obra. Esto da paso a que día a día se creen edificios cada vez más integrados con unos entornos sostenibles y eficientes la cual le genera logros que se pueden conseguir con proyectos BIM. La intención de este apartado es discutir los logros conseguidos en algunas aplicaciones de BIM en el ámbito académico en que se explica su funcionamiento, con el fin de destacar características importantes de cada logro para tener presente.

Dentro de las principales ventajas del BIM para el sector de la construcción se tienen:

- ✓ **Planificación:** Contribuye a facilitar los requisitos del proyecto, de acuerdo a los modelos volumétricos que se crean se determina estudiar la viabilidad de los proyectos aunando información relativa al programa funcional, los sistemas constructivos, su coste y el análisis de su ciclo de vida.
- ✓ **Diseño:** El uso del BIM facilita la comunicación entre los agentes y disciplinas que permiten la creación de un proyecto, la metodología BIM se encarga de conectar por medio del modelo todas las disciplinas entre ellas: área sanitaria, eléctrica, hidráulica, cronograma, costos y presupuesto, estructural, diseño entre otros con el fin de tomar decisiones entre todo y que la información siempre permanezca actualizada.

Facilita la participación en la fase de diseño a los futuros responsables de fases posteriores, construcción, mantenimiento y explotación, lo que conlleva una optimización de su futura intervención. La incorporación de estos agentes permite la toma de decisiones en fase de diseño, en aquel momento en el que se puede controlar de forma más eficiente el coste de las fases posteriores. (Gosalves & Murad, 2016)
- ✓ **Construcción:** Asegura a todos los participantes un mejor control de la documentación del proyecto y su permanente actualización, así mismo facilita la realización de una planificación y un control de costes más eficaces, al permitir simular las diferentes tareas a llevar a cabo, minimizando los errores de planificación que impactan en los tiempos de ejecución. Por ello, permite reducir los plazos de ejecución y aporta un ahorro de coste. (Gosalves & Murad, 2016).
- ✓ **Explotación:** El modelo volumétrico es la principal base del proyecto ya que por medio de este se facilita la información necesaria para su uso y mantenimiento, integra todas las fases y áreas del proyecto de acuerdo al diseño que se requiere, se actualiza siempre que

se trabaje en este, no es necesario tener que verificar otros aspectos al momento de tu hacer cambios, te informa de todos los cambios que se generan al tu modificar algo.

- ✓ Capacidad de anticiparse a los resultados de comissioning: que es esa fase de testado de los sistemas implicados en una construcción del tipo que sea. Como el modelo BIM puede albergar datos físicos de los materiales constructivos y de sus instalaciones, podemos simular el comportamiento del edificio antes de construirse, haciendo que esta fase pase de ser costosa y con incertidumbres a un trámite legal. (Reyes, Cordero, & Candelario, 2016)

**6.3.4 Ventajas de la realidad virtual.** Muchos campos diferentes pueden usarla como una manera de entrenar estudiantes sin tener que poner a nadie bajo peligro. Esto incluye los campos de medicina, el orden público, la arquitectura y la aviación. La realidad virtual además ayuda a que aquellos que no pueden salir de sus casas experimenten una vida más llena. Estos pacientes pueden explorar el mundo a través de los ambientes virtuales, como Second Life, una comunidad de realidad virtual en Internet, examinando ciudades virtuales y también ambientes fantásticos, como Middle Earth de J.R.R. Tolkien. La realidad virtual también puede ayudar a los pacientes a recuperarse de ataques cardíacos y otras lesiones. Los médicos utilizan la realidad virtual para enseñar los movimientos musculares, como caminar y sostener cosas, como también pequeños movimientos físicos, como señalar. Ellos usan los ambientes computarizados maleables para incrementar o disminuir el movimiento necesario para agarrar o mover un objeto (Martínez, 2011). Esto además ayuda a registrar cuán rápido el paciente aprende y se recupera. Enfocando la realidad virtual en el campo de la construcción, ésta brinda unas ventajas súper importantes, como son las siguientes:

- ✓ Mejorar en la detección de fallos en los elementos arquitectónicos y estructurales.

- ✓ Aumentar la productividad y la calidad de los diseños.
- ✓ Conseguir que los modelos sean más atractivos y comprensibles con lo mejora la percepción del cliente.
- ✓ Tener una diferencia competitiva a la hora de mostrar tus proyectos.

**6.3.5 Realidad virtual en el área de la construcción.** Con los avances tecnológicos y lo fácil que es adquirir dispositivos de realidad virtual, se han abierto múltiples campos de trabajo en la parte de la construcción ayudando a arquitectos, técnicos y profesionales del sector, a cambiar la forma en la que se relacionan con los espacios y mejorando la comunicación arquitecto-cliente o profesional-cliente, creando nuevas ofertas y demandas en el mercado de los servicios de arquitectura y construcción. Estamos en un mundo cada vez más competitivo y más concientizados en cuidar el medio ambiente así que entre menos errores se proyecten más ganancias se obtienen, por estas sencillas razones el resultado final de la manera más real posible puede ahorrar mucho dinero en comprar de materiales y generales un menor impacto al medio ambiente. Muchos americanos dicen que la realidad virtual ha sido de gran ayuda en el mercado inmobiliario, que esta herramienta ayuda acelerar los procesos de cierre de compraventa. (Inmoblog, 2016)

Ellos estiman que en más o menos 30 minutos una pareja puede ver con los dispositivos de realidad virtual hasta 10 viviendas diferentes, escoger la que más les gusta y enviar una oferta de compra a su agente digital y el agente que les asesora puede comprobar en el momento, cuáles son las necesidades y preferencias de los clientes. (Inmoblog, 2016)

Dentro de las ventajas que genera la realidad virtual al ser usada en la construcción están:

- ✓ Ahorrar en planos y maquetas del proyecto.

- ✓ Supervisar el trabajo y avance de las diferentes áreas e identificar posibles dificultades.
- ✓ Generar expectativas reales a los clientes y usuarios.
- ✓ Posibilidad de personalización.
- ✓ Facilitar la toma de decisiones del cliente.
- ✓ Interactuar con el diseño del modelo.
- ✓ Realizar cambios o adaptaciones durante el proceso.

Gracias a la realidad virtual, los clientes y usuarios tienen la oportunidad de dimensionar el diseño final de las obras a través de un software y unas gafas adaptadas. Con esto, no solo se quedarán con los planos que les presentan, sino que pueden tener una imagen más real del espacio que ocuparán, su tamaño, distribución, materiales, colores, entre otros aspectos. (Argos, 2017)

**6.3.6 Constructibilidad técnica para mejor planificación.** Es una técnica de dirección de proyectos que consiste en una lógica revisión constructiva desde el inicio hasta el final de la fase de pre-construcción. La finalidad es identificar con antelación restricciones y problemas potenciales. Esta técnica se usa para la coordinación especial en la construcción. (Reyes, Cordero, & Candelario, 2016)

Es importante utilizar esta técnica ya que nos ayuda a obtener los resultados eficientes que queremos y nos disminuye los errores o sobrecostos que puedes haber al momento de hacer cambios en la construcción. Cabe aclarar que con la utilización de la metodología BIM y de la realidad virtual podemos observar la edificación y determinar cambios para obtener los resultados a esperar y determinar todos los detalles que se quieren.



La fácil accesibilidad al ambiente del espacio por medio de la implementación de la realidad virtual nos ayuda a determinar cómo es necesario que quede nuestro espacio, colores, ventilación y otras características que te determinaran una funcionalidad óptima de la construcción.

#### **6.4 Marco metodológico**

En esta investigación se recopilará información documental, con el fin de obtener datos relevantes recabados en investigaciones previas, de tal forma que puedan ser tomados como base para la misma, reforzándolos y orientándolos con datos obtenidos en el plano de esta investigación en particular. Las actividades encaminadas para llevar a cabo esta investigación se dividen en 5 fases, que son:

Fase 1: fundamentación teórica. La base teórica que enmarcará esta investigación será consultada justo al iniciar el proyecto, y para llevarla a cabo será necesario la búsqueda en bases de datos especializadas, internet, tutoriales, revistas, normas, consulta de planos y diseños, entre otros. Esta etapa será crucial para el desarrollo del proyecto ya que será la base que enmarcará su posterior ejecución.

Fase 2: Revisión de información del proyecto. Para el desarrollo de esta fase se recopilará toda la información existente del proyecto objeto de estudio del presente trabajo. Esto incluye diseños arquitectónicos, diseños estructurales, planos, descripción, especificaciones técnicas, presupuesto general, entre otros. Se espera contar con el apoyo del Dpto. encargado por parte de la Universidad (Planeación) para tal fin. Con base en la información disponible, se procederá a establecer los niveles de detalle con los que se desarrollará el modelado y visualización en 3D.

Fase 3: Desarrollo del modelo 3D. Habiendo estudiado y comprendido todo el cuadro teórico del uso de tecnologías BIM en el sector de la construcción, aprendido el manejo de las herramientas y analizado todo el proyecto de edificación objeto de estudio, se procederá a la

elaboración del modelo en 3D y virtualización del edificio. Para ello, se creará el modelado 3D con la ayuda del programa Sketchup.

Fase 4: Implementación de la Realidad Virtual. Ya creado el modelado en 3D del bloque 12 de la Universidad de la Costa, el archivo se importará al programa Kubity y se realizará la vinculación con las gafas de realidad virtual para poder obtener la visualización real y definida del espacio.

Fase 5: Análisis comparativo de métodos. Creado el modelo de virtualización del interior del edificio, se procederá a realizar un análisis comparativo que incluya las ventajas, relación costos-beneficios, limitaciones, etc., entre la metodología tradicional o convencional versus esta nueva metodología aplicada. En cuanto al aspecto económico, este análisis comparativo será realizado con base al presupuesto general del edificio, suministrado por el Dpto. de Planeación.

El desarrollo de este proyecto, planificado de la anterior forma, será ejecutado en un total de ocho (8) meses, de acuerdo con el siguiente cronograma:

*Tabla 1  
Cronograma desarrollo del proyecto<sup>1</sup>*

ACTIVIDADES / SEMANA	jul-18				ago-18				sep-18				oct-18				nov-18				dic-18				ene-19				feb-19			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase 1	■																															
Fase 2					■																											
Fase 3									■																							
Fase 4																	■															
Fase 5																					■											
Análisis de resultados y Conclusiones																									■							

<sup>1</sup> Se determina el cronograma del desarrollo del proyecto mediante el método metodológico que se aplicó en el proyecto. Fuente: Elaboración propia

## **7. Desarrollo del Proyecto**

En coherencia con lo explicado en el anterior capítulo, este proyecto fue desarrollado a través del cumplimiento de las fases secuenciales, así:

### **7.1 Fase 1: fundamentación teórica.**

En esta fase inicial y sumamente importante se recopiló toda la información que sería de crucial importancia para hacer un adecuado desarrollo del proyecto, para lo cual la búsqueda se realizó en la Biblioteca de la Universidad, en medios magnéticos, libros, internet, entre otros. La información correspondiente para el desarrollo fue la que permitió la construcción de los marcos teóricos, conceptuales, glosario, presentados al inicio del presente trabajo; y se constituyó como herramienta de enseñanza para la utilización de los programas trabajados para el desarrollo del proyecto.

### **7.2 Fase 2: Revisión de información del proyecto.**

En segundo lugar, se recurrió al Dpto. de Planeación de la Universidad de la Costa, quien es el encargado de la coordinación del proyecto objeto de estudio, el Bloque 12 o Bloque de Laboratorios, con el fin de solicitar toda la información disponible y accesible referente al proyecto. Esto es, información y descripción general del proyecto, diseños y planos arquitectónicos, presupuesto general, entre otros. Esta solicitud fue atendida con éxito, obteniendo así toda la información necesaria para poder proceder de la mejor manera.

Con fines de contextualización, a continuación, se presenta una breve reseña histórica de la Institución, objeto de aplicación del presente trabajo:



Figura 18 Ubicación de la Universidad de la Costa

Ubicación geográfica de la Universidad de la Costa sede Barranquilla. Fuente: Google maps

La Corporación Universidad de la Costa (CUC) se encuentra localizada en la Calle 58# 55-66 de Barranquilla-Atlántico (Figura 18).

Con el propósito de contribuir al desarrollo educativo regional a nivel superior, se creó el 16 de noviembre de 1970, la Universidad de la Costa, entidad sin ánimo de lucro, dedicada a la formación de profesionales en el área de la ciencia, la tecnología, las humanidades, el arte y la filosofía. El 3 de enero de 1971, el nuevo centro inició labores en la carrera 42F No. 75B-169 de esta ciudad, ofreciendo los programas de Arquitectura, Administración, Derecho e Ingeniería Civil, con una matrícula de 154 estudiantes. El traslado a su sede actual, Calle 58 No. 55-66, se verificó en enero de 1974. Su personería jurídica fue otorgada el 23 de abril de 1971, mediante la Resolución No. 352 de la Gobernación del Atlántico. Posteriormente, se iniciaron estudios en la

Facultad de Ciencias de la Educación, en las especialidades de Psicopedagogía, Matemáticas, Lenguas Modernas y Educación Física, así como en Economía en Comercio Internacional.

(Universidad De La Costa-Cuc, 2019)

En 1975 se crea el Departamento de Investigaciones Socioeconómicas (DIS) adscrito a la facultad de Economía, hecho que marcó el inicio del proceso investigativo en la CUC, en la Década de los 90' el ICFES autoriza el funcionamiento de los programas de ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica, industrial, sanitaria y ambiental, análisis y programación de computadores, tecnología en informática y telecomunicaciones, luego el programa de psicología. A mediados de 1994 se realizó un diagnóstico con el fin de determinar la eficacia y la eficiencia que tenía la gestión investigativa en la institución, a raíz de las inquietudes generadas por la aprobación de la Ley 30/92. El Consejo Directivo determina la implementación y puesta en marcha del Centro de Investigaciones y Desarrollo -CID- que se pone en marcha en 1996, ente interdisciplinario, al cual se adscriben los investigadores pertenecientes a los anteriores centros de las facultades.

(Universidad De La Costa-Cuc, 2019)

Los programas de Postgrado se les dan inicio el 16 de marzo de 1987 con la Especialización en Finanzas y Sistemas, autorizado mediante el Acuerdo 203 del 30 de octubre de 1986, emanado de la Junta Directiva del ICFES; Luego se decide a mediados del año 2000 crear la División de Consultoría y de prestación de servicios adscrito al -CID-, teniendo en cuenta su entorno y las fortalezas que la institución posee o genere durante los próximos años, con el propósito de que la institución mantenga su función de cambio social, económico y ambiental de la Región Caribe.

La Universidad de la Costa ha respondido a la confianza de la comunidad regional formando más de 20000 profesionales en las distintas áreas del conocimiento, está conformada con una

cancha de fútbol sala, con un coliseo de competencias, y un total de 11 bloques los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

- ✓ Bloque 1: tiene un área de 336.85 m<sup>2</sup>. Está compuesto por 4 pisos en donde se encuentra el área administrativa y financiera de la universidad, rectoría, Departamentos como los de Ingeniería Civil, Ambiental, Electrónica y Agroindustrial, Humanidades; Laboratorios de Topografía y métodos y tiempos y control de calidad y el Departamento de Planeación y el Salón Oasis.
- ✓ Bloque 2: tiene un área de 589.7 m<sup>2</sup>. En los dos primeros pisos se encuentra la Biblioteca, audiovisuales, la unidad de centro de atención que está compuesta por admisiones, crédito y cartera, oficinas de icetex y carnetización, y en los otros dos pisos están 10 salas de informática, departamento de sistemas y dos salas audiovisuales. Dentro de las salas de informática, una está complementada con programas para el área de arquitectura, ingeniería civil y construcción.
- ✓ Bloque 3: cuenta con un área de 614.7 m<sup>2</sup>. El primer piso se encuentran los laboratorios de Resistencia, física mecánica, física de calor y ondas y robótica, tecnología de materiales, y también un centro para impresiones y papelería. En los pisos 2, 3 y 4 están salones de clases y las facultades de derecho, ciencias económicas y humanidades.
- ✓ Bloque 4: tiene un área de 397.9 m<sup>2</sup>. Está constituido por salones de la Corporación Universitaria Latinoamericana (CUL), y laboratorios de hidráulica, pavimentos, suelos, física de campos y laboratorios por convenio interinstitucional como son biología y química.

- ✓ Bloque 5: Cuenta con un área de 496.4 m<sup>2</sup>. Consta de 3 pisos conformados por la enfermería, sala de profesores, jóvenes investigadores y departamento de arquitectura y diseño.
- ✓ Bloque 6: Cuenta con un área de 74.56 m<sup>2</sup>. Se encuentra el laboratorio de redes convergentes.
- ✓ Bloque 7: Cuenta con un área de 215 m<sup>2</sup>, distribuidos en 5 pisos de los cuales 3 son módulos para profesores de tiempo completo, y los otros dos pisos se encuentran los laboratorios de microbiología y ambiental y comedor de profesores.
- ✓ Bloque 8: Cuenta con un área de 253.4 m<sup>2</sup>, 5 pisos conformados por Bienestar Estudiantil, salas de dibujos, salones de clases, salas de informática y la facultad de arquitectura y diseño.
- ✓ Bloque 9: Cuenta con un área de 302.2 m<sup>2</sup>, 4 pisos de salones de clases y oficinas de calidad, bienestar y fundadores; el primer piso conformado por una cocina, zona de mantenimiento, aseo y reciclaje.
- ✓ Bloque 10: Cuenta con un área de 480 m<sup>2</sup>, y está compuesto por 4 pisos de salones de clases.
- ✓ Bloque 11: Cuenta con un área de 1,017 m<sup>2</sup>. Es reconocido como el Edificio o Bloque de Posgrados. Consta de 8 pisos repartidos de la siguiente manera: Departamento de posgrados, salas de informática, salones de clases, 2 salas de conferencia, 4 salas de lectura y la sala de fundadores.
- ✓ Lote E: cuenta con un área de 1,5579.4 m<sup>2</sup>. Se encuentra constituido por salones de clases, aulas de dibujo y laboratorios al igual que los bloques 10 y 11.

Detalladamente se presenta la información de los espacios de la universidad representados en las siguientes tablas:

Tabla 2

*Espacios tipo académico de la Universidad de la Costa<sup>2</sup>*

Tipo de espacio		2018-2		
Académico	Cantidad	m <sup>2</sup>	Capacidad	Tenencia
Aulas de clases posgrados	89	3,717.32	2898	97% P – 3% A
Aulas de clases estándar	69	2,610.31	2548	P
Aulas de dibujo	5	311.8	125	P
Salas de computo	32	1,370.26	956	P
Laboratorios	37	1,954.95	743	P
Consultorio jurídico	1	218	50	P
Consultorio Psicológico	1	10.6	3	P
Auditorio, salas de conferencia	6	583.4	383	P
Salas de lectura	5	618.2	320	P
Salas de profesores y tutorías	6	617.3	119	P
Sala de jóvenes investigadores	1	69.5	20	P
Sala de consulta especializada	1	48.7	30	P
Biblioteca	1	570	18	P
Dptos. Académicos y facultades	9	945	32	P
Gestión editorial y publicaciones	1	92	12	P
Total	264	12,367.08	8257	

Tabla 3

*Espacios tipo bienestar de la Universidad de la Costa<sup>3</sup>*

Tipo de espacio		2018-2		
Bienestar	Cantidad	m <sup>2</sup>	Capacidad	Tenencia
Cancha	1	890	300	A
Cafeterías	1	200	80	A
Piscina	1	5,380	100	C
Plazoletas	6	1,705.8	365	P
Casas de cultura y deporte	3	481	80	P
Cancha de Voleibol	1	583.45	50	C
Áreas comunes de espaciamento	6	2230	630	P
Monitoria Bienestar	6	46.4	6	P
Contac center	1	38.7	10	P
Enfermería	1	33.2	6	P

<sup>2</sup> Esta tabla nos da a conocer la información de los espacios tipo académico que se encuentran en la Universidad de la Costa. Fuente: (Departamento de Planeacion CUC, 2018)

<sup>3</sup> Se informa acerca de los espacios tipo bienestar que se encuentran en la Universidad de la Costa 2018-2, cabe aclarar que la A: Arriendo, C: Convenio, P: Propio. Fuente: (Departamento de Planeacion CUC, 2018)



---

Total	27	11,588.55	1627
-------	----	-----------	------

---

Actualmente se está construyendo el Bloque 12, el cual será destinado a los laboratorios necesarios para los programas académicos que ofrece la Universidad de la Costa.

Este edificio contará con un área estimada de ocupación de 680 m<sup>2</sup>, construyéndose un total de 8 pisos, los que permitirán tener un área de construcción de 5.440 m<sup>2</sup> aproximadamente. Esta construcción albergará 57 laboratorios de los diferentes Departamentos, 2 ascensores, un baño para dama y otro para caballero en cada piso, incluyendo el servicio para personas en condición de discapacidad. Este edificio también tendrá zonas verdes intercaladas en algunos pisos, esto contribuyendo al medio ambiente y haciendo parte del sistema de aireación natural, el cual también será complementado con los diferentes puentes de circulación a los laboratorios.

(Departamento de Planeación CUC, 2018)

El Bloque 12 (o Bloque de laboratorios) fue elegido para la implementación de este proyecto, teniendo en cuenta principalmente el apoyo del Departamento de Planeación de la Institución, el cual permitió el acceso a la información correspondiente del espacio como son los planos arquitectónicos que describen y detallan de manera precisa todas las zonas que presentará el Bloque de Laboratorios. Así mismo se logró tener acceso al presupuesto básico general del edificio. Es importante agregar que, siendo la Universidad de la Costa, la Institución en la cual estamos realizando nuestra formación profesional, resulta gratificante aplicar los conocimientos aprendidos a través de la implementación de un proyecto innovador como lo es el presente, en esta misma ubicación.

Vale la pena aclarar que, si bien es cierto que, debido a la naturaleza del edificio escogido, por sus fines no comerciales, no conlleva la construcción de una casa o apartamento “modelo”, por

ejemplo. Quizá no corresponda al tipo de proyecto más ideal para realizar el ejercicio de comparación que se desea realizar con este trabajo de investigación, sin embargo, para fines de proyecto piloto y teniendo en cuenta la disponibilidad de información del proyecto, que para muchos casos privados resulta muy difícil tener acceso a ello, se decidió trabajar con este edificio, Bloque 12 o Bloque de Laboratorios de la Universidad de la Costa.

**7.3 Fase 3: Desarrollo del Modelo 3D.**

Después de estudiar y comprender las herramientas que permiten el buen desarrollo del BIM y de la realidad virtual, y toda la información del Bloque 12 de la Universidad de la Costa, se procedió a realizar el modelado en 3D de dicho edificio, realizando cada uno de los pisos de este y unificándolo, siendo este diseño lo más real al cual será la edificación construida.

Para realizar el modelado en 3D se utilizó el software Sketchup-Pro versión 2015 con licencia tipo usuario único. El desarrollo del modelado se procedió con las plantas arquitectónicas y estructurales de la edificación que fueron obtenidas por medio del Departamento de Planificación de la Universidad, la cual nos indican como está compuesta la edificación y todos los detalles cruciales para que el modelado sea lo más real posible. Dentro de los detalles que se tienen de la construcción, están los siguientes:

*Tabla 4  
Detalles de materiales usados en la edificación<sup>4</sup>*

Espacio	Materiales
Paredes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ladrillo Santa Fe capuchino</li> <li>- Fachaleta en concreto blanco</li> <li>- Enchape porcelanato tipo concreto</li> <li>- Revoque + pintura blanca</li> <li>- Enchape porcelanato blanco</li> </ul>
Pisos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcelanato tipo concreto</li> </ul>

<sup>4</sup> Se describen todos los materiales que se usaran en la edificación y en el modelado con el fin de obtener un modelado real y detallado como se describe en las planchas arquitectónicas y estructurales. Fuente: (Departamento de Planeacion CUC, 2018)

	- Porcelanato tipo madera
Cielo raso	- Dry Wall + Pintura Blanca
Fachada	- Corta soles
Sistema Losa	- Losa nervada con vigas secundarias
Cubierta	- Cubierta con losa de concreto nervada
	- Domo en vidrio
Mesas	- Concreto
	- Acero inoxidable
	- madera
	-

A continuación, se describirá el paso a paso que se realizó para desarrollar el modelado en 3D del Bloque 12 de la Universidad de la Costa:

**7.3.1 Conocimientos básicos de las herramientas a utilizar.** Para poder desarrollar el modelado resultó imprescindible conocer las herramientas del software que sería utilizado a lo largo del diseño.

Dentro de las herramientas del software más utilizadas están:

- ✓ Selección: Herramienta para poder seleccionar cualquier objeto del modelado.
- ✓ Pinta: Sirve para poder asignar al modelo materiales o colores que detallen mucho más el espacio, te permite seleccionar materiales del software o importar los necesarios.
- ✓ Borrador: sirve para borrar lo que ya no es necesario.
- ✓ Crear líneas: es la herramienta que usas para crear líneas en todo el modelo, al momento de crear líneas y llegar a tocar otra y crear un espacio cerrado, este se convertirá en un área.
- ✓ Mover: como su nombre lo indica sirve para mover cualquier objeto del modelado.

- ✓ Empujar/Tirar: sirve para agregar volúmenes o eliminar de áreas que ya estén creadas, es importante ya que con ella puedes obtener objetos volumétricos con detalles específicos.
- ✓ Desplazar: sirve para poder moverte en todo el espacio del diseño.
- ✓ Zoom: ayuda a alejar o acercar el espacio de diseño con el fin de obtener el tamaño necesario a la hora de diseñar. (Eusse, 2014)



Figura 19 Herramientas básicas de Sketchup

En la figura se nombran las diferentes herramientas que se utilizan para la creación y el diseño de un modelado en Sketchup. Fuente: (Eusse, 2014)

**7.3.2 Muros y elementos estructurales.** Luego de importar los planos arquitectónicos que describen los muros y la ubicación de columnas que se obtuvieron del Departamento de

Planeación de la Universidad, al software del modelado. Es necesario conocer las dimensiones de los elementos para poder ordenarlos.

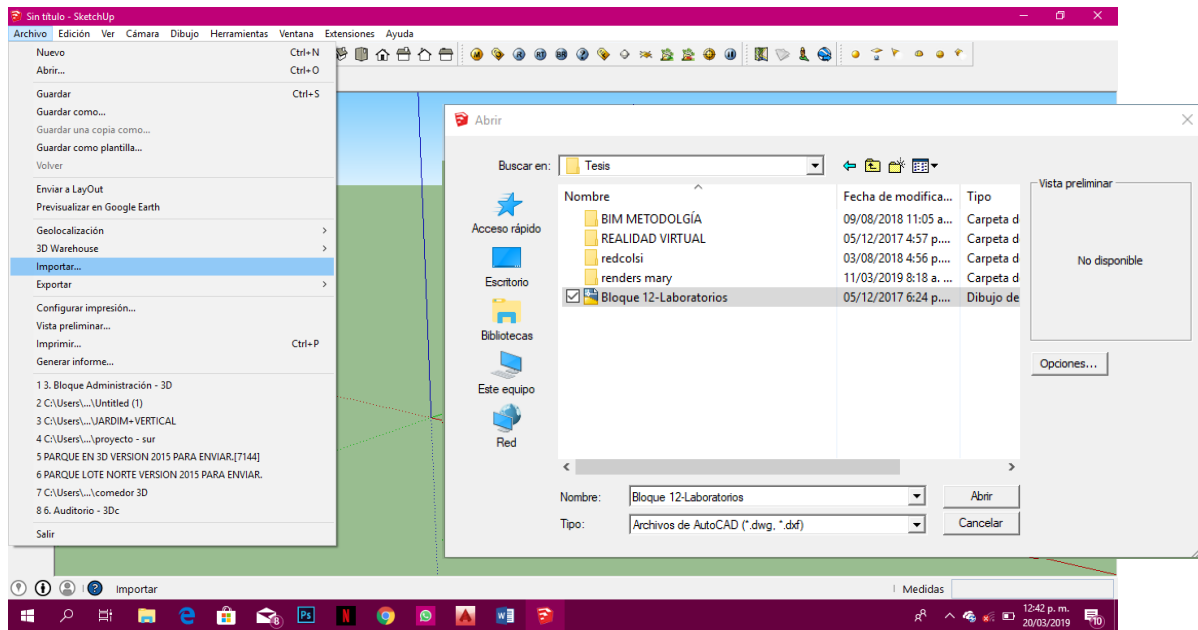
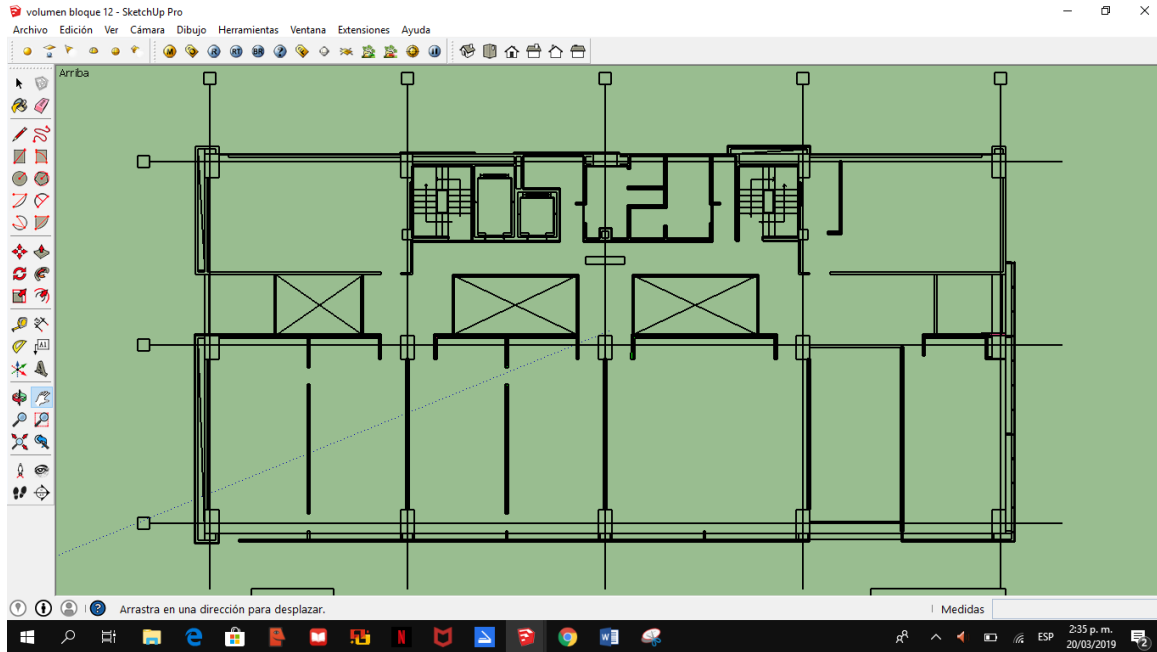


Figura 20 Importación de archivos

Se describe el paso para importar archivos, en este caso el archivo dwg de los planos arquitectónicos del bloque de laboratorios. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 21 Planos Arquitectónicos*

AL importar los planos quedan todas las líneas que estaban en el archivo dwg y son necesaria para la creación de áreas. Fuente: Elaboración propia.

Luego de importar los planos y escoger los que se van a utilizar, es necesario crear las áreas necesarias. Para ello se utiliza la herramienta Empujar/Tirar la cual nos ayuda a la creación de volúmenes y así obtener elementos básicos de la edificación.

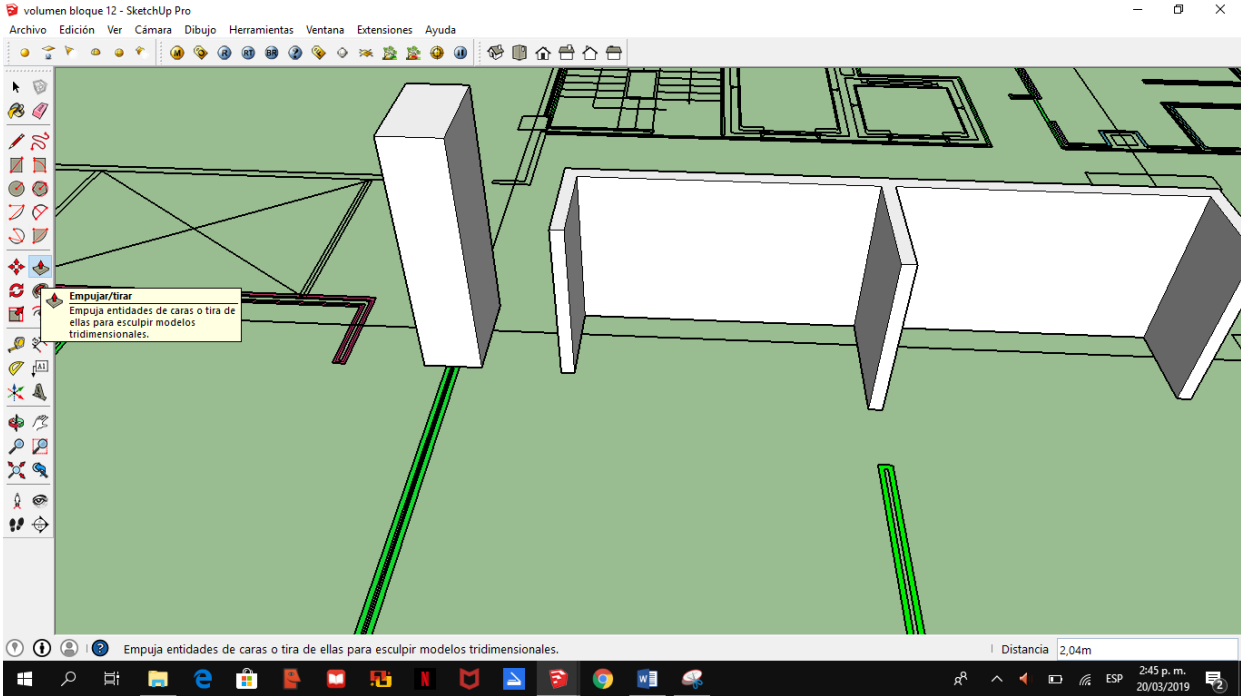
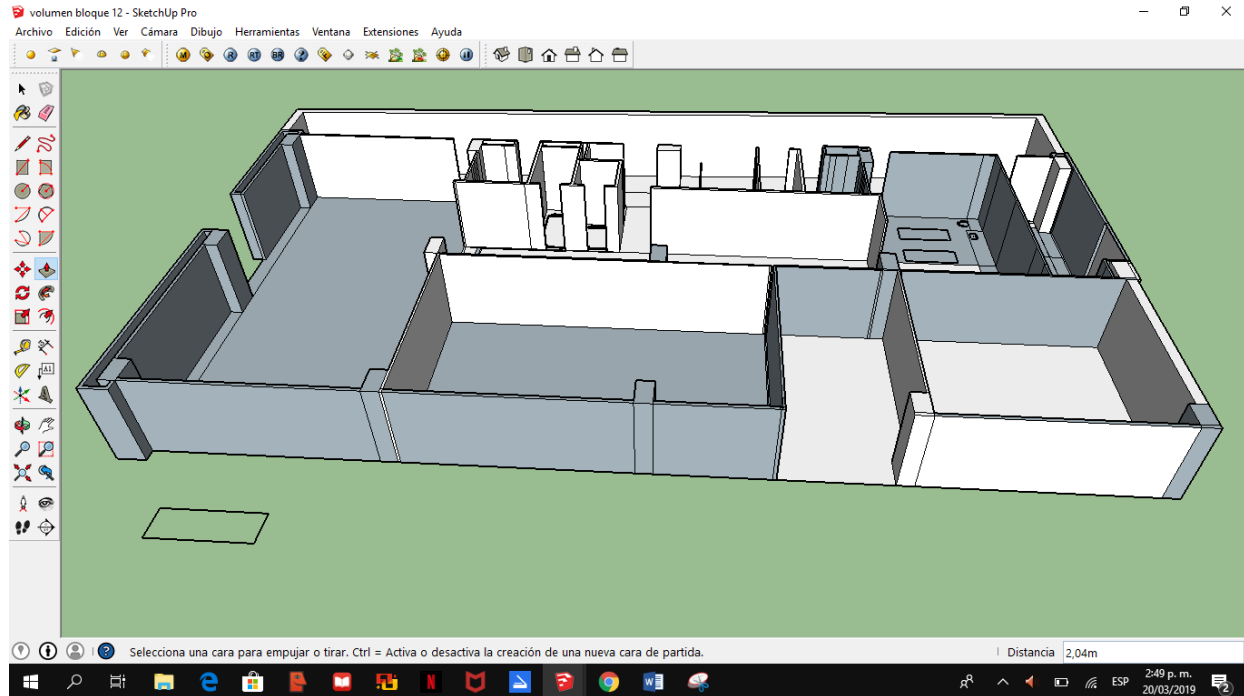


Figura 22 Creación de volúmenes

Se escoge la aplicación empujar/tirar y con este se crean los volúmenes al escoger el área dibujada. Fuente: Elaboración propia.

Se determinan todos los volúmenes que se deben realizar para construir todos los elementos estructurales y no estructurales de la edificación.



*Figura 23 Muros y columnas*

Se crean las columnas y los muros que se utilizarán para el modelado. Fuente: Elaboración propia.

**7.3.3 Detalles constructivos de muros y pisos.** Luego de crear las columnas y muros de la Edificación, es necesario ubicar las puertas y ventanas que se encuentran en todo el espacio del Bloque. Estos espacios se crean con la herramienta Empujar/tirar al seleccionar las áreas, se utiliza la herramienta con la cual se disminuyen los volúmenes, las ventanas como superficies y la ubicación de las puertas se deja el acceso de entrada.

Otros de los detalles que se deben asignar al modelado son los tipos de materiales que llevan los muros y pisos. En la tabla 4 se determinan los materiales que se utilizaron y están representados en los planos con colores para poder identificar en qué lugares son utilizados; para implementar los materiales o colores se utiliza la herramienta Pintar que aplica colores y materiales en la construcción.



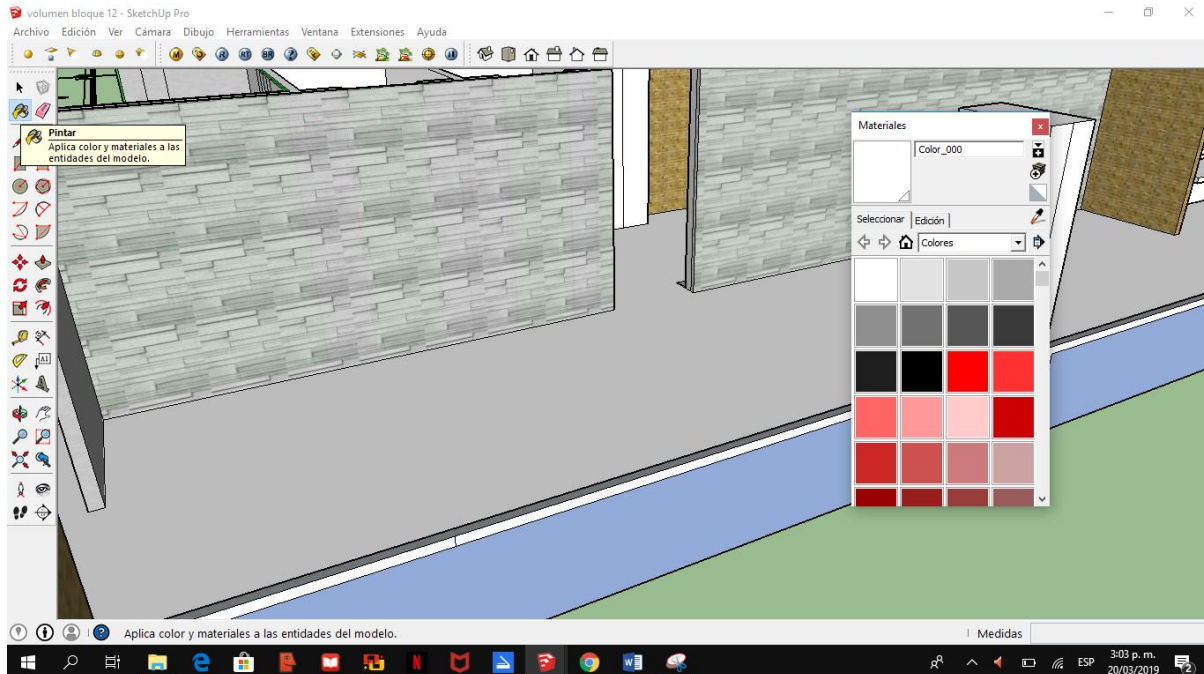


Figura 25 Materiales y pintura

Según la descripción de los planos se insertan los materiales y pinturas que se utilizarán en la edificación. Fuente: Elaboración propia.

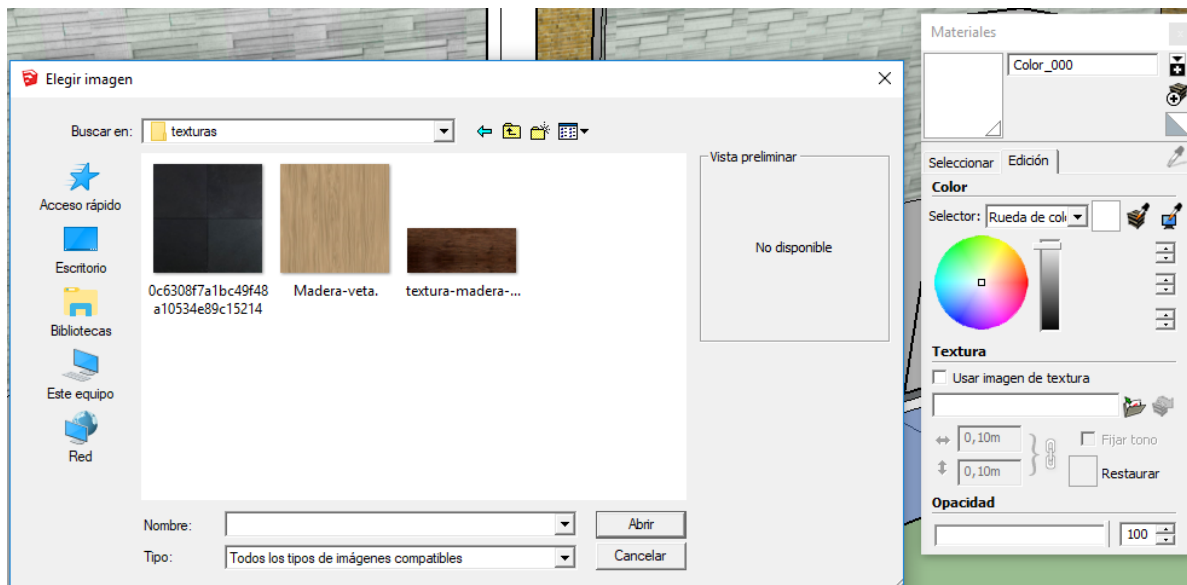


Figura 24 Importar materiales

Para obtener materiales que no se encuentran en el software se insertan de manera de imagen de acuerdo al material que necesitas. Fuente: Elaboración propia.

La ventana de la herramienta está compuesta por dos pestañas que son seleccionar y edición. En la ventana seleccionar se encuentran un grupo de materiales y colores que vienen junto con el software y que son muy utilizados al momento de modelar, se encuentran divididos de acuerdo al tipo de material; entre ellos están: Vegetación, colores, metales, traslucidos, madera, entre otros.

Mientras que la pestaña edición, como su nombre lo indica nos ayuda a editar los materiales ya existentes y así mismo agregar materiales que necesitamos y que no se encuentran en los que vienen en el software. En el caso del modelado se utilizaron materiales que fueron asignados en los detalles con el fin de generar un espacio realista y aplicado de acuerdo a las características arquitectónicas de la edificación.

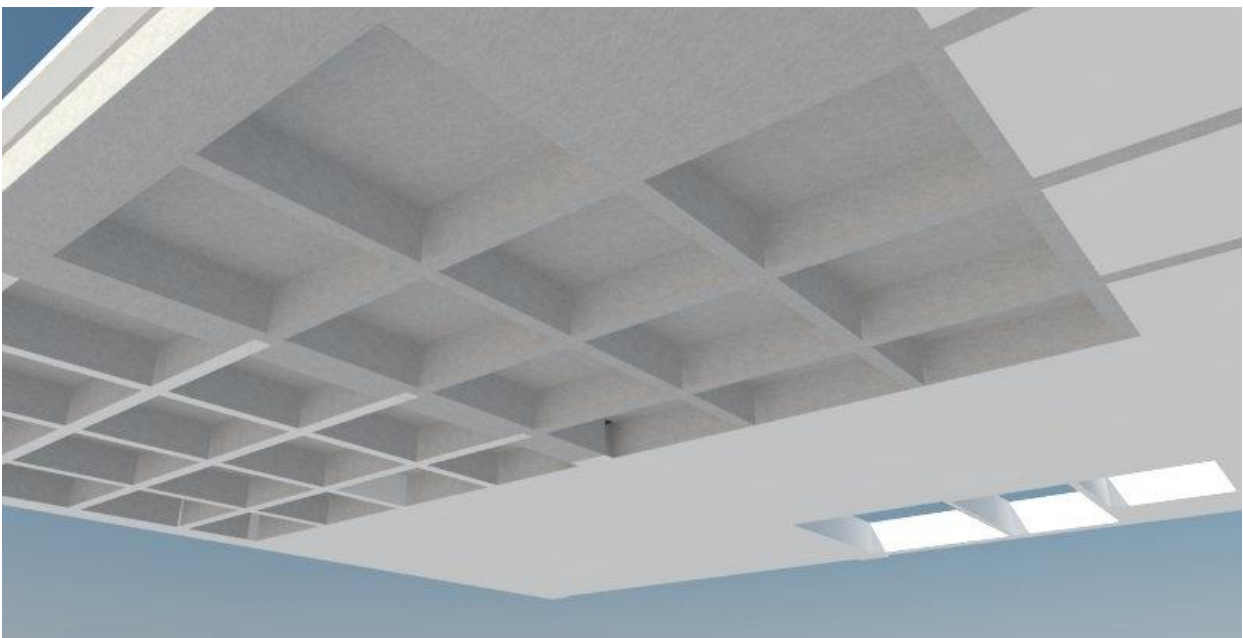


*Figura 26 Detalles asignados, Render*

Se demuestra por medio de un render los detalles realistas que son asignados en los planos arquitectónicos.  
Fuente: Elaboración propia.

**7.3.4 Sistema de losa.** Para el diseño de la losa se realizaron los volúmenes de las vigas principales de acuerdo a la ubicación de las columnas y así mismo las vigas secundarias que se encuentran en los espacios entre las vigas principales, cabe aclarar que ambos tipos de vigas tienen la misma altura de acuerdo al tipo de losa.

En los diseños arquitectónicos se describe que los pisos 1 y 2 están detallados con un cielo raso en Drywall con pintura blanca.



*Figura 27 Sistema de losa*

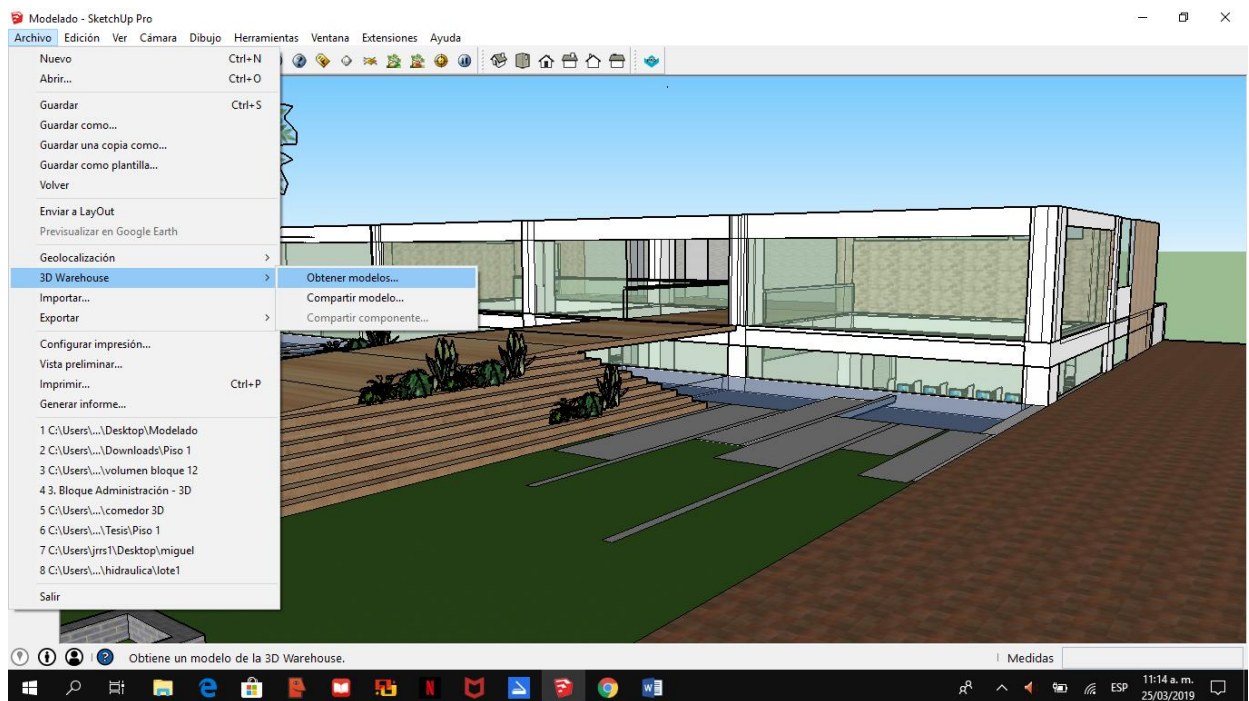
Sistema de losa utilizado en la edificación, plasmado en el diseño del modelado. Fuente: Elaboración propia.

**7.3.5 Mobiliario y ambientación.** Para implementar un espacio realista y con los objetos que se utilizan en la realidad, se implementa la ambientación adecuada al espacio de la siguiente manera:

- ✓ Ambientación exterior: De acuerdo al diseño arquitectónico, es necesario una rampa para la entrada del edificio. Ésta conformada por jardines a los lados de la entrada y un espejo

de agua que servirá como reservorio para caso de incendios. Para generar estos detalles se utiliza la herramienta 3D Warehouse, la cual es una enorme biblioteca de modelos y colecciones de lugares geográficos conocidos, edificios originales, objetos y personas que puedes utilizar con SketchUp. Es una comunidad impulsada por los usuarios, lo que significa que las personas pueden subir sus propias creaciones para uso general. (Morin, 2019)

Para obtener modelos de la herramienta solo es necesario abrir la herramienta, buscar el modelo que se requiere y descargar.



*Figura 28 Herramienta 3D Warehouse*

Se implementa esta herramienta para agregar la ambientación y mobiliario para detallar los espacios. Fuente: Elaboración propia.

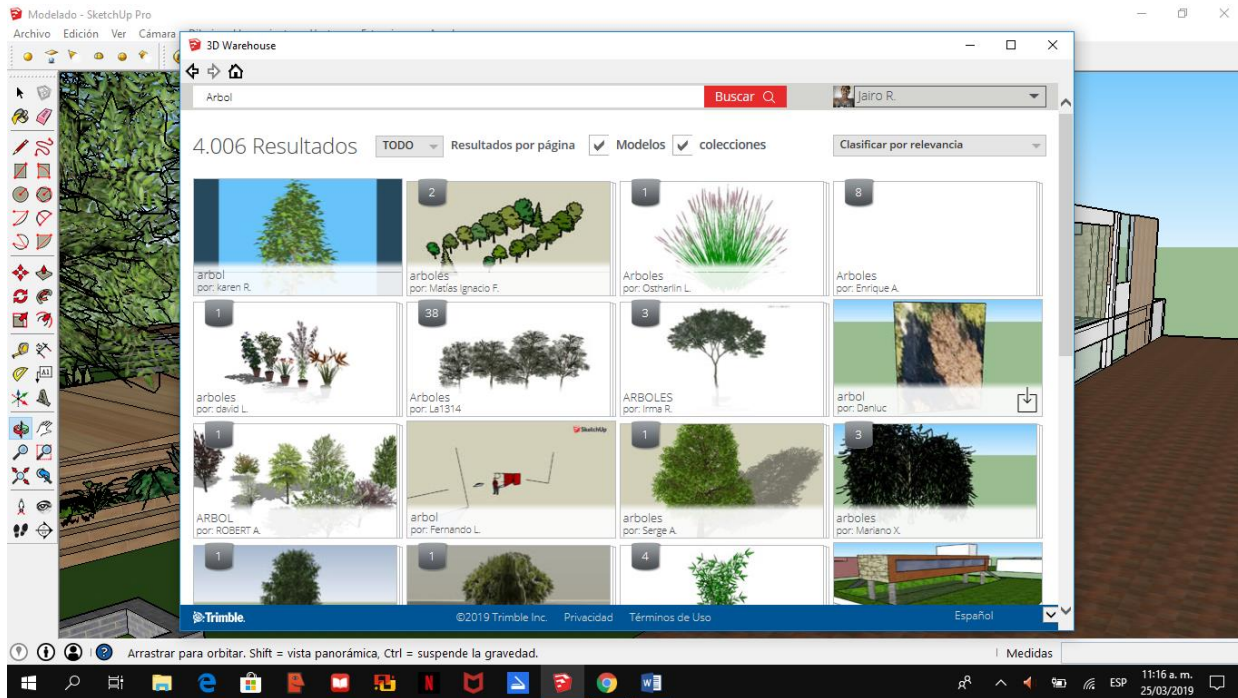


Figura 30 Buscador de modelos

Espacio para buscar cualquier modelo que se necesite para detallar el diseño. Fuente: Elaboración propia.

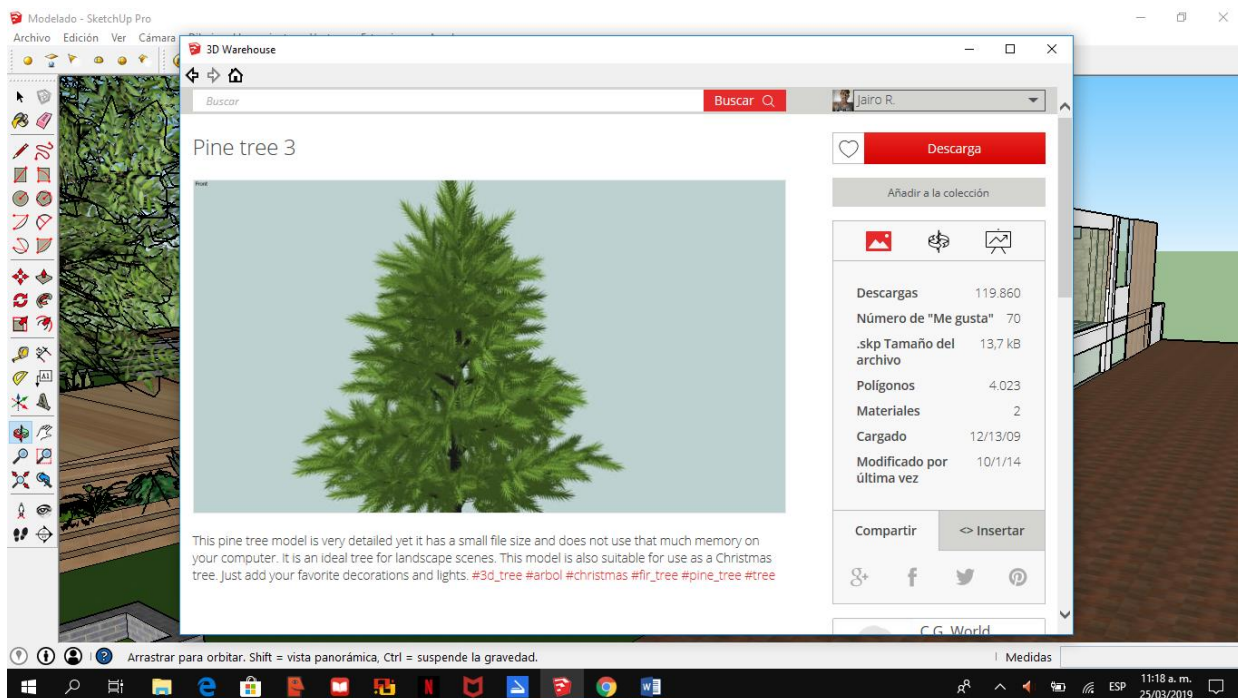
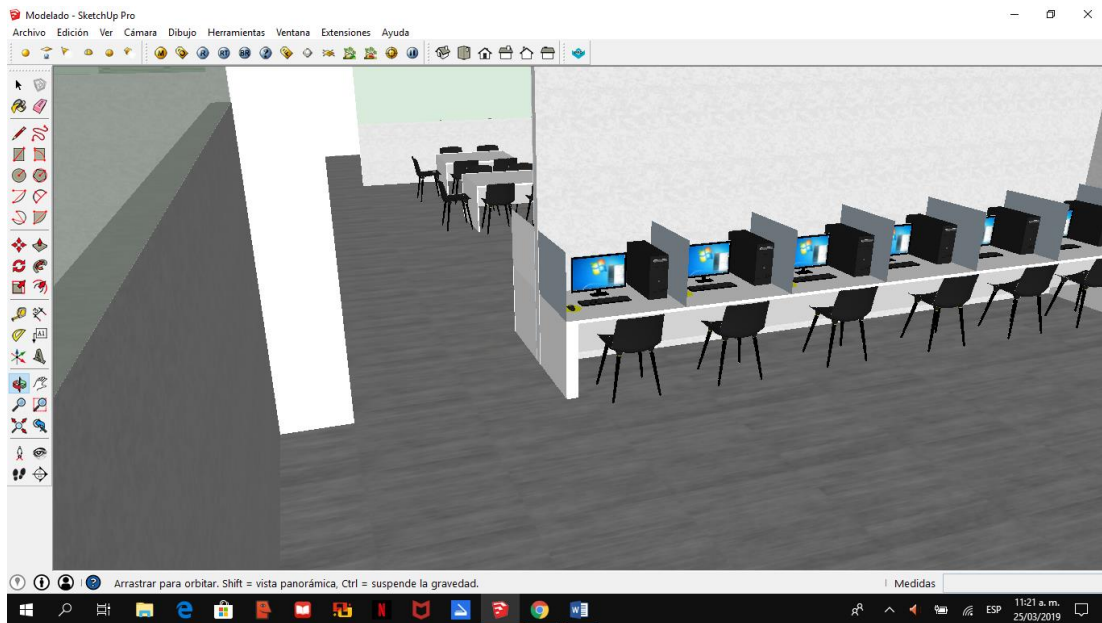


Figura 29 Descarga de modelos

Ventana para descargar, solo dar clic en descargar y listo lo agregas directamente al modelo. Elaboración propia.

De esta manera se descargó todo lo necesario para ambientar la parte exterior.

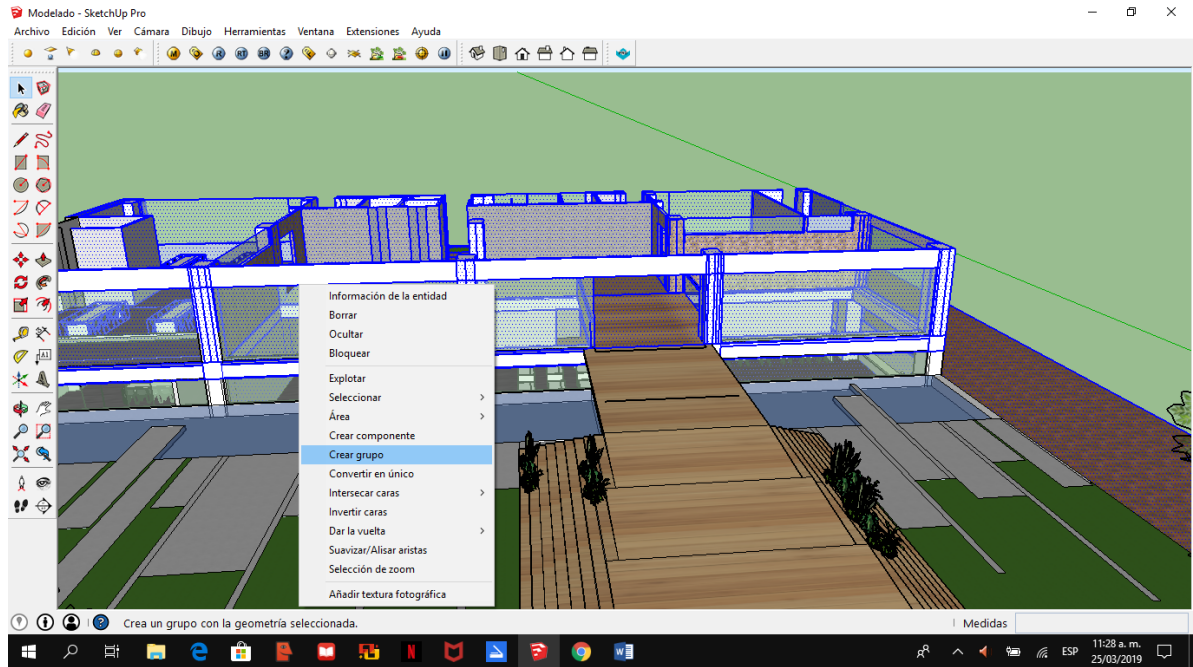
- ✓ Ambientación Interior: Al igual que en la ambientación exterior, se descargaron los objetos necesarios como son mesas, muebles, sillas, cuadros, plantas, entre otros.



*Figura 31 Modelación interna*

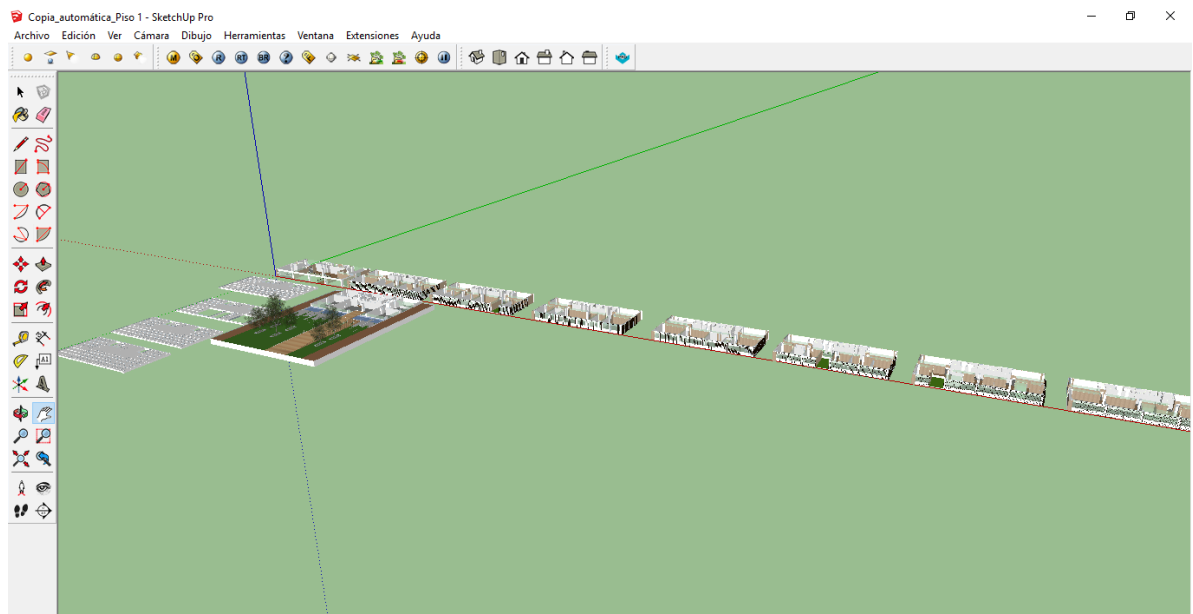
Detalles de la modelación en la zona baja de la edificación. Fuente: Elaboración propia.

**7.3.6 Edificación completa.** Para la creación del modelado es mejor construir el volumen por partes , en este caso por piso, se detalla según los planos arquitectonicos.



*Figura 33 Creación de grupos*

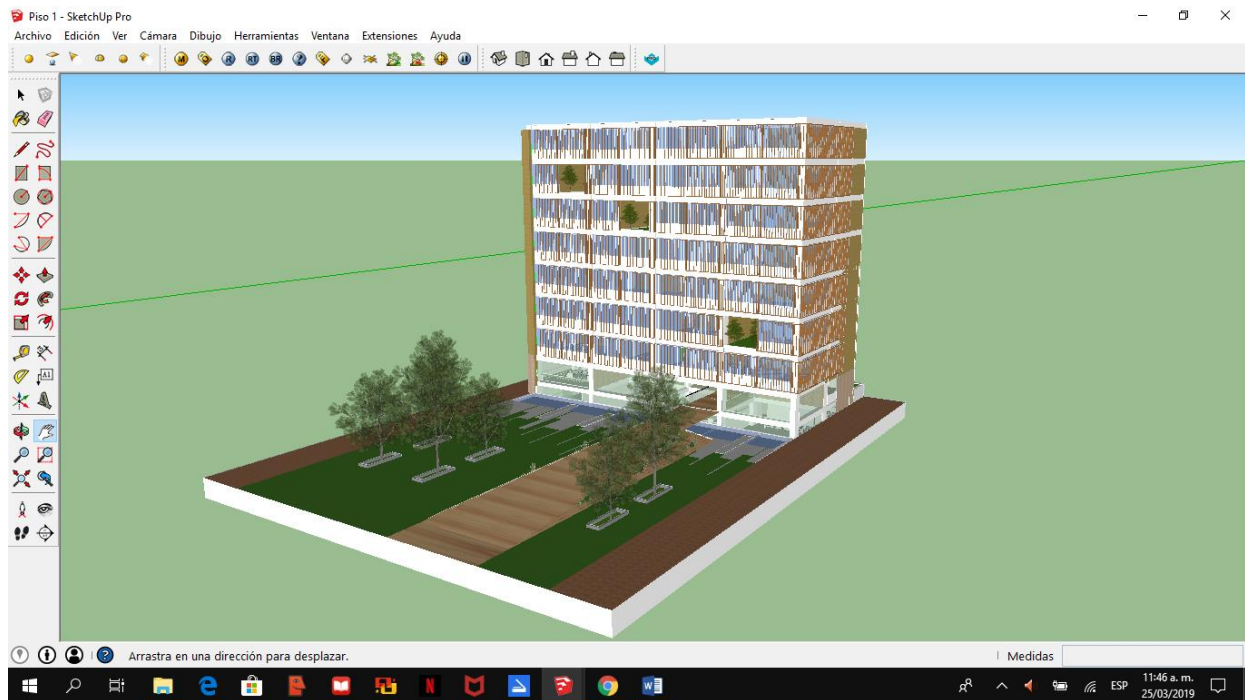
Cada piso se asigna como grupo para no tener la opción de editar sin un permiso anticipado. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 32 Pisos por separados*

Se muestran todos los pisos y el exterior de la edificación ya creados como grupos. Fuente: Elaboración propia

Con la herramienta mover colocamos de manera ordenada los pisos y las losas y así es completado el volumen de la edificación.



*Figura 34 Pisos y exterior de la edificación*

Cada piso asignado como grupo para unirlos. Fuente: Elaboración propia.

#### **7.4 Fase 4: Implementación de Realidad Virtual**

Ya terminado el modelado se procedió a la implementación de la realidad virtual de la siguiente forma:

**7.4.1 Extensión Kubity Pro.** Se descargó la extensión de Kubity en Sketchup por medio de la extensión Warehouse la cual sirve para descargar herramientas adicionales para obtener mejores resultados en el software Sketchup.



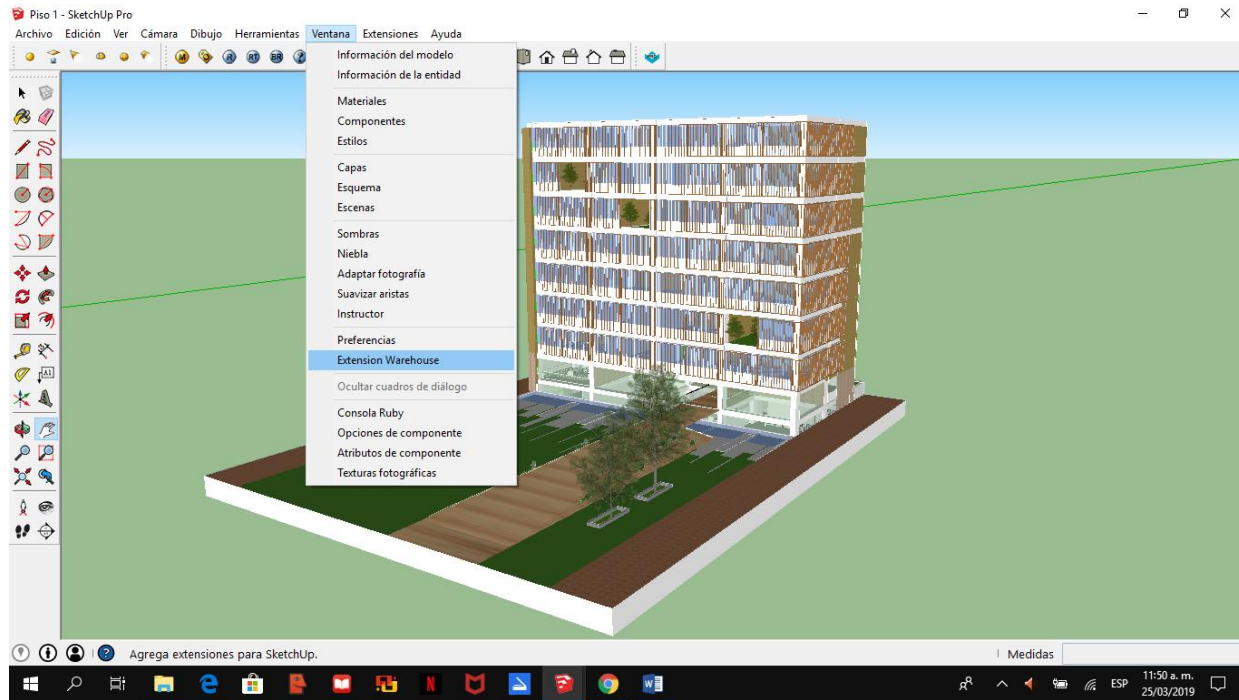


Figura 36 Extensión Warehouse

En la opción ventana se encuentra la herramienta extensión Warehouse, que nos ayuda a obtener otras extensiones.  
Fuente: Elaboración propia.

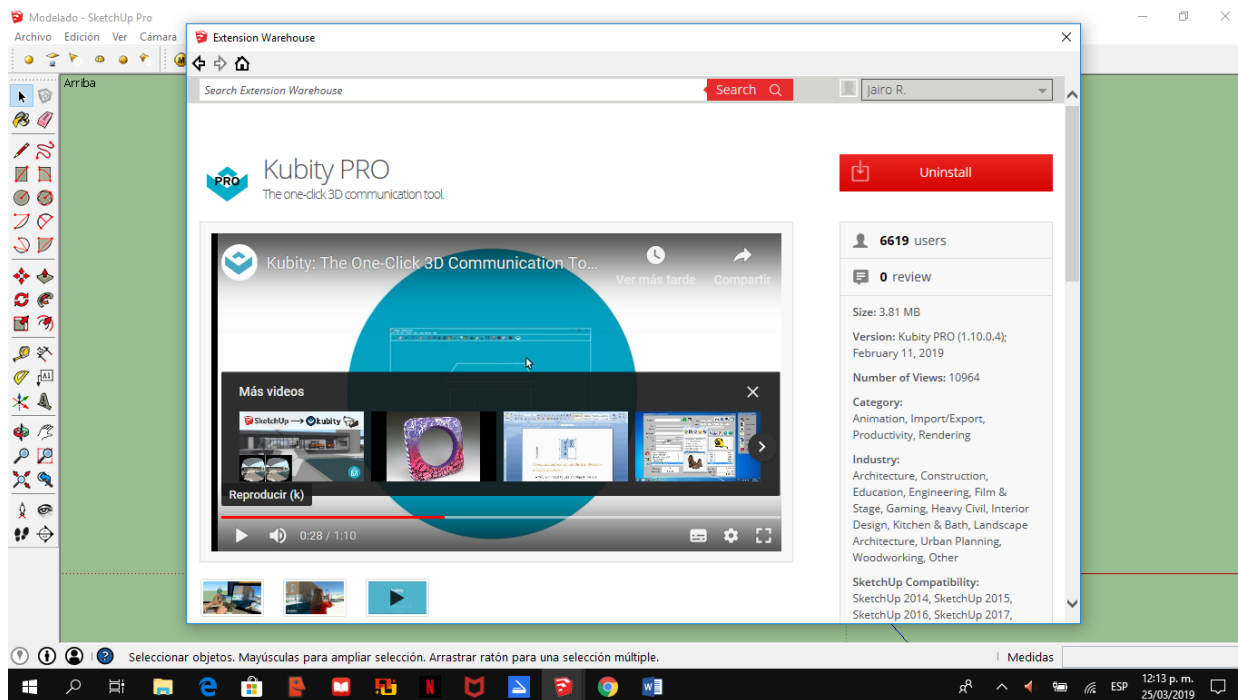
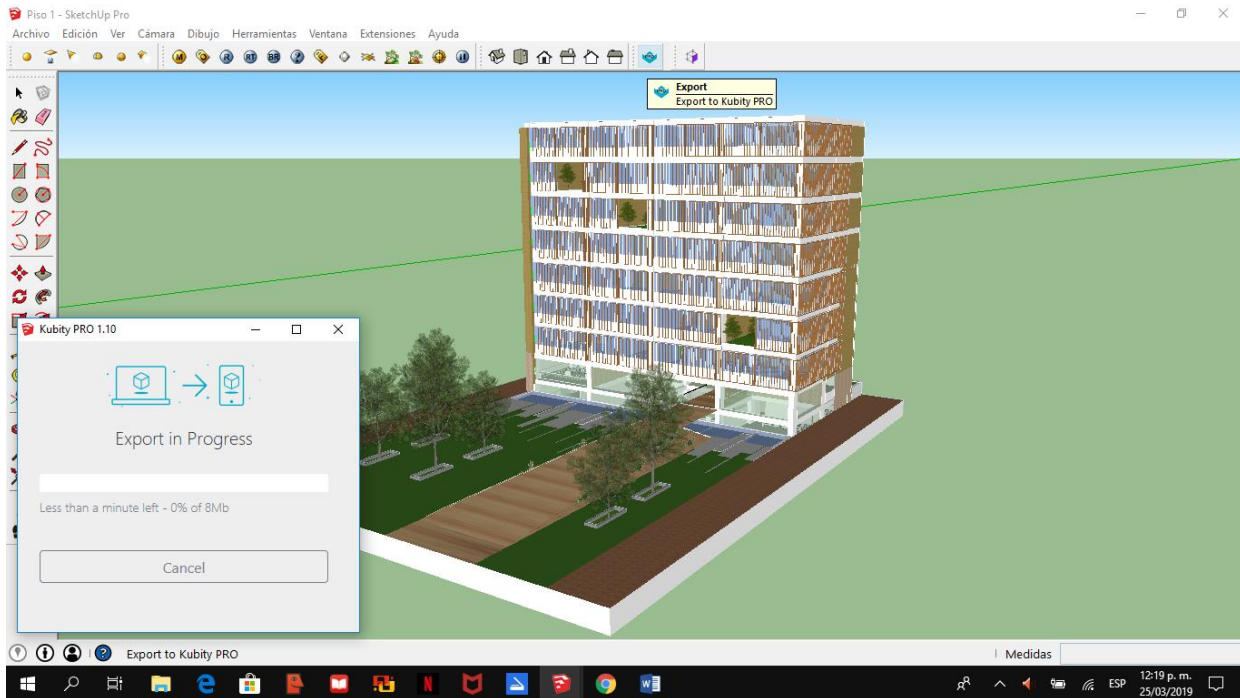


Figura 35 Kubity Pro

Extensión para implementar la realidad virtual en el modelado del bloque de laboratorio. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 37 Vinculación con la aplicación móvil*

Se vincula la extensión con la aplicación del celular por medio del correo, se envía el modelado por la vinculación creada. Fuente: Elaboración propia.

Luego de instalar la extensión se descarga la aplicación en cualquier celular con Android o IOS y se vincula el celular con el software para poder exportar el archivo a la aplicación.

**7.4.2 Vinculación, utilización de aplicación y gafas de realidad Virtual.** Al descargar la extensión y la aplicación, se ingresa a la aplicación y se escoge el modelo que se quiere ver en realidad virtual.

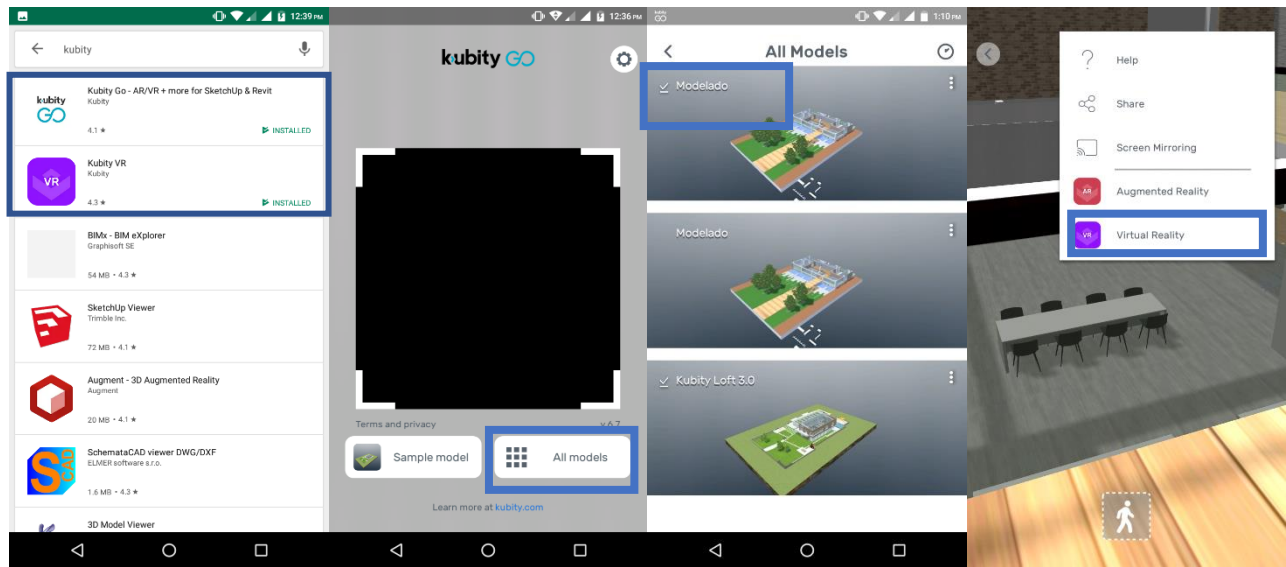


Figura 38 Descarga e implementación de la aplicación

Se descarga la aplicación en la tienda de aplicaciones y se vincula con el código QR, se selecciona el modelado y se exporta a la aplicación RV. Fuente: Elaboración propia.

Al ingresar a realidad virtual, se coloca el celular en sentido horizontal, se activa el control por bluetooth, escogiendo la opción caminar y se procede a realizar el recorrido para conocer todo el diseño.

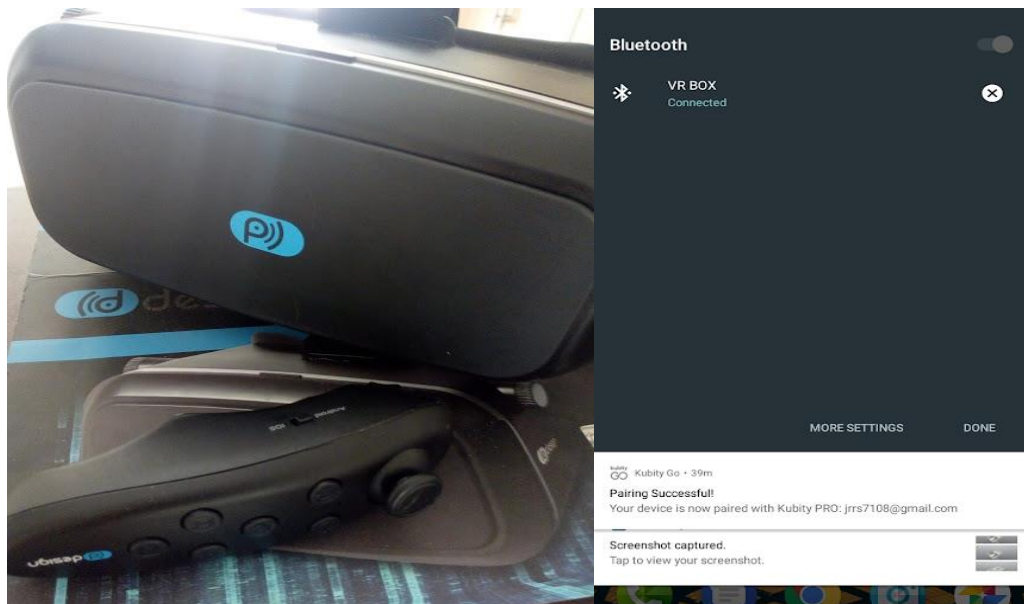
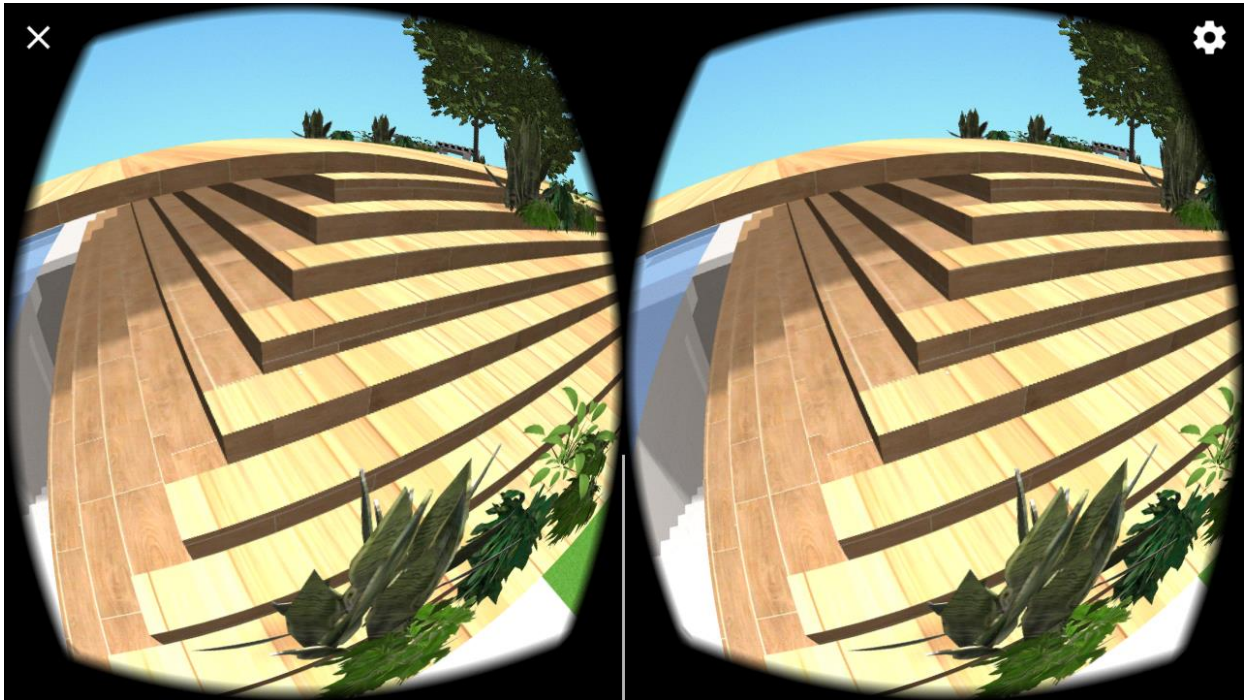


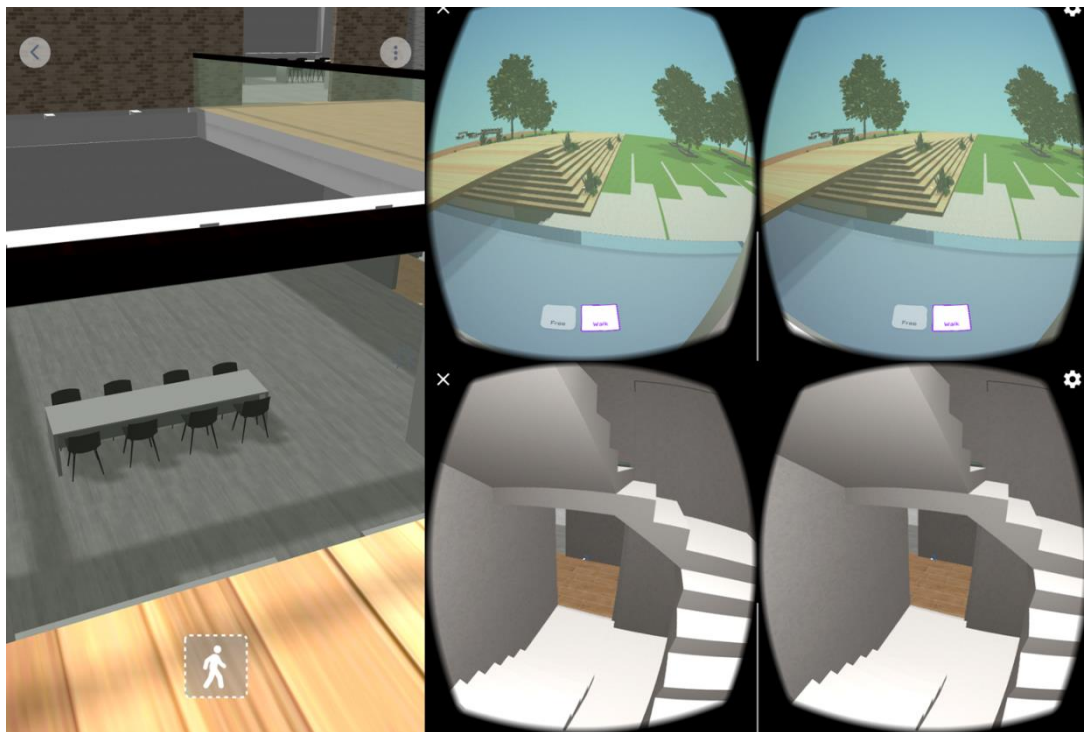
Figura 39 activación control de gafas de realidad virtual

Se vincula por medio de bluetooth el control para interactuar en el espacio. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 41 Vista en realidad virtual*

Así se observa el modelado con las gafas de realidad virtual. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 40 interacción con el espacio*

Opción caminar para poder moverse por el espacio e interactuar en este. Fuente: Elaboración propia.

**7.5 Fase 5: Análisis comparativo de Métodos.**

Con base al el apoyo brindado por el Dpto. de Planeación de la Universidad, se pudo tener acceso al presupuesto general (no detallado) de la edificación en construcción, el cual se presenta en la siguiente Tabla:

*Tabla 5  
Presupuesto general no detallado de la construcción del Bloque 12<sup>5</sup>*

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Preliminares	1	\$ 65.000.000	\$ 65.000.000
2	Diseños	1	\$ 1.100.000.000	\$ 1.100.000.000
3	Licenciamientos	1	\$ 200.000.000	\$ 200.000.000
4	Construcción	1	\$ 13.000.000.000	\$ 13.000.000.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$</b>	<b>14.365.000.000</b>

A su

vez, respecto a los costos de ejecución del presente proyecto, vale la pena aclarar que, por fines académicos, las licencias de los softwares empleados fueron gratuitas, sin embargo, con el fin de realizar un ejercicio más realista, se estimó un cálculo de gastos inherentes al mismo, con base a una serie de cotizaciones realizadas conforme al mercado actual. Dicho presupuesto se presenta a continuación:

*Tabla 6  
Presupuesto de materiales, equipos y licencias para la elaboración del proyecto<sup>6</sup>*

Ítem	Descripción	Cant.	V. Unitario	V. Parcial
1	Programas			
1.1	Licencia De Sketchup Pro-X Un Año	1	\$ 935.870	\$ 935.870
1.2	Licencia De AutoCAD X Un Año	1	\$ 1.477.047	\$ 1.477.047
1.3	Licencia De Kubity X Un Año	1	\$ 1.248.870	\$ 1.248.870
Subtotal				\$ 3.661.787
2	Modelado			

<sup>5</sup> Se obtiene la información general no detallada del valor total de la construcción del bloque 12 de la Universidad de la Costa. Fuente: (Departamento de Planeacion CUC, 2018)

<sup>6</sup> Este presupuesto indica el costo total de todos los equipos, materiales y software que se necesitan para el desarrollo del proyecto, cabe aclarar que el presupuesto es para obtener un análisis comparativo de precios. Fuente: Elaboración Propia

2.1	Elaboración Del Modelado 3d Y Aplicación De La Realidad Virtual	8	\$	200.000	\$	1.600.000
Subtotal					\$	1.600.000,0
3	Equipos Tecnológicos					
3.1	Gafas Samsung Gear Vr	1	\$	600.000	\$	600.000
3.2	Celular Samsung Galaxy S9	1	\$	2.300.000	\$	2.300.000
Subtotal					\$	2.900.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$</b>	<b>8.161.787</b>

Por otra parte, para fines comparativos complementarios, se hizo un ejercicio adicional que consiste en la comparación respecto a una casa modelo básica de un proyecto de tipo residencial con un área aproximadamente de 60 m<sup>2</sup>, comercialmente vendida. Se logró tener acceso a un presupuesto de este tipo a fecha actual, el cual se presenta a continuación:

*Tabla 7  
Presupuesto detallado casa modelo básica 60 m<sup>2</sup><sup>7</sup>*

Ítem	Descripción	Und	Cant	V. Unitario	V. Parcial
1	Preliminares				
1.1	Descapote A Máquina Y Replanteo	M2	60	\$ 25.820,0	\$ 1.549.200,0
Subtotal					\$ 1.549.200,0
2	Mampostería				
2.1	Viga De Amarre (20cmx 30cm) 3000psi	MI	30	\$ 64.500,0	\$ 1.935.000,0
2.2	Levante De Muro En Bloque Samo No 4	M2	110	\$ 30.000,0	\$ 3.300.000,0
2.3	Pañete Allanado Sobre Muros	M2	220	\$ 7.000,0	\$ 1.540.000,0
2.4	Plantilla En Concreto 3000 Psi E=7cm	M3	5	\$ 335.240,0	\$ 1.676.200,0
Subtotal					\$ 8.451.200,0
3	Acabados				
3.1	Suministro De Enchape Blanco Para Baño	M2	20	\$ 22.000,0	\$ 440.000,0
3.2	Suministro E Instalación De Baldosa Blanca	M2	60	\$ 42.000,0	\$ 2.520.000,0
3.3	Suministro E Instalación Cielo Raso En Dry Wall	M2	52	\$ 35.000,0	\$ 1.820.000,0

<sup>7</sup> Presupuesto detallado de casa modelo básica de 60M2, U: unidad, MI: metro lineal, M2: metro cuadrado, M3: metro cubico. Fuente: Empresa colaboradora.

3.4	Revestimiento De Muros En Vinilo Tipo Uno A Tres Manos	M2	280	\$	5.500,0	\$	1.540.000,0
3.5	Estuco Yeso Sobre Muros	M2	240	\$	9.000,0	\$	2.160.000,0
	Subtotal					\$	8.480.000,0
4	Carpintería Metálica Y De Madera						
4.1	Suministro E Instalación De Puerta En Madera De 2,00 X 0,90mt, Incluye Marco, Cerradura.	U	3	\$	220.000,0	\$	660.000,0
4.2	Suministro E Instalación De Puerta Metálica 2,00 X 1,20 Mt, Incluye Marco Y Cerradura	U	1	\$	348.900,0	\$	348.900,0
4.3	Suministro E Instalación De Ventana En Aluminio 1,2 X 1,65 Mt	U	3	\$	200.000,0	\$	600.000,0
	Subtotal					\$	1.608.900,0
5	Instalaciones Eléctricas						
5.1	Salida De Punto Toma Corriente Doble 110 V	U	7	\$	70.000,0	\$	490.000,0
5.2	Suministro E Instalación De Lámparas Led	U	6	\$	50.000,0	\$	300.000,0
5.3	Suministro E Instalación De Tablero De Circuito Con Dos Tacos	U	1	\$	150.000,0	\$	150.000,0
	Subtotal					\$	940.000,0
6	Accesorios Baño						
6.1	Suministro E Instalación De Combo Sencillo Baño Color Blanco	U	1	\$	439.900,0	\$	439.900,0
	Subtotal					\$	439.900,0
7	Cubierta						
7.1	Cubierta En Lámina Ac, Ondulada	M2	60	\$	26.000,0	\$	1.560.000,0
	Subtotal					\$	1.560.000,0
8	Muebles						
8.1	Suministro De Cama Doble	U	1	\$	890.000,0	\$	890.000,0
8.2	Suministro De Cama Sencilla	U	2	\$	560.000,0	\$	1.120.000,0
8.3	Suministro De Juego De Muebles	U	1	\$	1.300.000,0	\$	1.300.000,0
8.4	Suministro De Juego De Comedor	U	1	\$	420.000,0	\$	420.000,0
8.5	Suministro De Closet Sencillo 180x80x50	U	2	\$	300.000,0	\$	600.000,0
8.6	Suministro De Cocina Integral Nápoles 1 Metro 4 Puertas Roble Ahumado	U	1	\$	600.000,0	\$	600.000,0
8.7	Suministro E Instalación De Persianas 1,2mx1,65m	U	3	\$	45.000,0	\$	135.000,0

				Subtotal	\$	5.065.000,0
9	Electrodomésticos					
9.1	Suministro De Nevera	U	1	\$ 1.299.900,0	\$	1.299.900,0
9.2	Suministro De Estufa Empotrada	U	1	\$ 369.900,0	\$	369.900,0
9.3	Suministro De Televisión Smart De 32"	U	1	\$ 469.000,0	\$	469.000,0
9.4	Suministro Y Instalación De Aire Mini Split De 18000 Btu	U	1	\$ 1.809.900,0	\$	1.809.900,0
9.5	Suministro De Lavadora	U	1	\$ 855.000,0	\$	855.000,0
				Subtotal	\$	4.803.700,0
				Total, Costo Directo	\$	32.897.900,0

De acuerdo con el ejercicio hecho, se tiene que, si se comparase la inversión de este proyecto de grado respecto a este patrón de vivienda modelo comercial, se tendría una diferencia de 75 % más económica esta nueva alternativa frente a la tradicional o convencional.

Ahora analizando los costos de este nuevo método respecto al método tradicional aplicados en la construcción del edificio de laboratorios se tiene que la diferencia porcentual de los costos es de más del 95%



## 8. Análisis de Resultados

Conforme al desarrollo experimental del presente trabajo, se pudo evidenciar que la diferencia económica entre los dos métodos utilizados para la proyección del modelo de la casa básica está en un aproximado del 75% y en la construcción del modelado del bloque 12 de laboratorios es de más del 95%.

Lo anterior en cuanto al aspecto económico. Así mismo, respecto al aspecto beneficios y/o ventajas, haciendo comparaciones y estudiando minuciosamente cada una de las metodologías implementadas en el proyecto, se evidenciaron una serie de ventajas que la Realidad Virtual le ofrece hoy en día al campo de la construcción, presentadas detalladamente a continuación:

Dentro de las principales ventajas, se encontraron:

- ✓ Disminución de impactos ambientales: Al no crear el espacio físicamente no se generarán desperdicios en materiales que a largo plazo pueden ocasionar daños ambientales, materiales como enchapes, tuberías, láminas de Drywall entre otros materiales; al ser utilizados en un espacio modelo no se utilizan ya por segunda vez y estos son desperdicio.
- ✓ Mayor rapidez. De acuerdo al cronograma para la ejecución del desarrollo del modelado, podemos determinar que el desarrollo de un volumen es mucho más rápido que la realización del espacio físico real, el volumen (3D + RV real) puede ser creado en 3 meses mientras que un modelo en físico es construido en más de 12 meses sin añadir el tiempo de imprevistos por condiciones climáticas o parámetros del suelo, el cual nos permite un ahorro de tiempo de más del 70%.
- ✓ Personalizar ambiente. Aunque particularmente, el Bloque 12 no será ofrecido a la venta, por su naturaleza y uso mismo, y su diseño ya estaba estipulado, en otro tipo de

proyectos, como viviendas residenciales, se podría tener la posibilidad de experimentar diferentes ambientaciones, mobiliarios y/o diseños de interiores personalizados, según los gustos del cliente, con la facilidad y rapidez de generar cambios en el espacio virtualmente para posteriormente ser implementados.

- ✓ **Interacción.** Permite interactuar con cualquier espacio y/u objeto al interior de la edificación modelada, apreciar los detalles, todo el mobiliario, subir y bajar las escaleras y demás detalles que hacen que el espacio sea mucho más real. En Realidad, Virtual se puede agregar más muebles de la realidad, al no generar sobrecostos en elementos decorativos o no básicos.
- ✓ **Replicabilidad.** La realidad virtual nos permite implementar un modelado de la totalidad del proyecto, es decir que tenemos la oportunidad de crear un modelado de todo el proyecto que será construido sin tener ningún límite.
- ✓ **Limitación un solo tipo de vivienda.** Dentro de los límites que se ven a diario es que, en construcciones residenciales con diferentes tipos de apartamentos, debido a limitaciones de carácter económico, solo se construye el “apartamento modelo” de un solo tipo de vivienda. Gracias a este nuevo método, se tiene la posibilidad de crear todos los tipos posibles de viviendas sin incurrir en sobrecostos drásticos en los presupuestos del proyecto.
- ✓ **Disminución de uso de servicios públicos.** Al no construir modelos físicos, se disminuye el uso de servicios públicos lo que implica disminución de costos y de impacto ambiental, es decir, la utilización del servicio de agua ya no es necesaria y el servicio de luz se utilizaría mucho menos que lo tradicionalmente.

## 9. Conclusiones

Con el desarrollo del anterior proyecto, se pudo evidenciar los siguientes hechos:

- ✓ Cómo la realidad virtual puede ayudar al campo de la construcción de una manera positiva y eficaz, además no simplemente favorece a la construcción sino también al medio ambiente y otros parámetros que se ven afectados por los métodos tradicionales.
- ✓ Se determina que es posible crear modelados de edificaciones grandes y crear réplicas en la totalidad del proyecto sin dejar algún espacio como no importante, lo que hace que el cliente se familiarice en todos los espacios de la edificación y conocer lo más real posible cómo será la edificación de una manera muy detallada.
- ✓ Se complementa un nuevo parámetro en la construcción de interacción - diseño, la posibilidad de buscar el diseño que se quiere de una manera más rápida y sentirse seguros antes de construir el espacio adecuado y a gusto de cada uno de los posibles usuarios o habitantes.

## 10. Recomendaciones

Como recomendaciones para posibles futuras investigaciones relacionadas al objeto de esta investigación, se recomienda ampliar el nivel de detalles o niveles de BIM al mismo proyecto, aplicando un método de realidad virtual óptimo, con el fin de obtener espacios aún más detallados y realistas, o dando un mayor alcance como lo son análisis de presupuesto, cronograma, proceso constructivo, entre otros.

## 11. Referencias

- Argos. (2017). *Uso de la realidad virtual en la construcción*. Obtenido de <https://colombia.argos.co/Acerca-de-Argos/Innovacion/Usos-de-la-realidad-virtual-en-la-construccion>
- AUTODESK. (2017). *COMIENZA A USAR BIM PARA LA INGENIERÍA CIVIL*. AUTODESK, Inc.
- CYPE Ingenieros, S.A. (s.f.). *Tecnología BIM en los programas CAD y la importación del formato IFC en CYPECAD MEP*. Obtenido de [http://instalaciones.cype.es/bim\\_ifc\\_instalaciones.htm](http://instalaciones.cype.es/bim_ifc_instalaciones.htm)
- Departamento de Planeacion CUC. (2018). *Informe Planta Física 2018 diciembre*. Barranquilla.
- Eclético, E. C. (2013). *Estereoscopios: la ilusión de la imagen tridimensional*. Obtenido de <https://elblogdelcoleccionistaeclectico.com/2013/03/24/estereoscopios-la-ilusion-de-la-imagen-tridimensional/>
- Eusse, D. (Mayo de 2014). *Herramientas Sketchup*. Obtenido de <http://hostiosyeusse.blogspot.com/2014/05/herramientas-sketchup.html>
- Garcia Plaza, J. M. (27 de Septiembre de 2017). *Metodología BIM en la realización de proyecto de construcción*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/>
- Gosalves, J., & Murad, M. (2016). *BIM EN 8 PUNTOS Todo lo que necesitas conocer sobre BIM*. España: es.BIM.
- Inmoblog. (2016). *Realidad virtual para visitar viviendas*. Obtenido de <https://www.inmoblog.com/realidad-virtual-para-visitar-viviendas/>
- Johnson, L. (20 de Junio de 2014). *¿Soy yo o RTCNA es todo acerca de la versión 1.0 de Revit?* Obtenido de <https://wrw.is/tag/revit-history/>
- Kubity, C. (2017). *El primer multiplex de realidad mixta*. Obtenido de <https://www.kubity.com/>
- LLC, N. M. (2015). *Breve Historia De La Realidad Virtual (Y Algo De Futuro)*. Obtenido de <http://neorika.com/breve-historia-de-la-realidad-virtual-galeria/>

- Martínez, F. J. (2011). *Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual*. Obtenido de <http://www.creatividadysociedad.com/articulos/16/4-Realidad%20Virtual.pdf>
- Morin, A. (2019). *Cómo usar 3D Warehouse con Google SketchUp*. Obtenido de [https://techlandia.com/3d-warehouse-google-sketchup-como\\_482817/](https://techlandia.com/3d-warehouse-google-sketchup-como_482817/)
- Mundo-virtual. (2016). *¿Qué es realidad virtual?* . Obtenido de <http://mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/>
- Oberender, C. (1 de abril de 2011). *Allplan - eine Entwicklungsgeschichte von 1984 bis heute*. Obtenido de <https://www.detail.de/artikel/allplan-eine-entwicklungsgeschichte-von-1984-bis-heute-2321/>
- PCG Profile Consulting Group. (2018). *¿QUÉ HAY DE NUEVO EN REVIT 2018?* Obtenido de <https://www.pcg.com.pe/blog/que-hay-de-nuevo-en-revit-2018>
- Prada Sanchez, S. J. (2016). *ANÁLISIS DE BIM “BUILDING INFORMATION MODELING” COMO HERRAMIENTA DE DECISIONES GERENCIALES EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14433/PRADASANCHEZSILVIAJULIANA2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes, A., Cordero, P., & Candelario, A. (2016). *BIM Diseño y gestion de la construcción*. Madrid: Anaya Multimedia.
- Sierra Aponte, L. (2016). *GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CON METODOLOGÍA BIM*. Bogota.
- sketchup. (2018). *Piensa en 3D. Dibuja en 3D*. Obtenido de <https://www.sketchup.com/es>
- Solidworks. (1 de Diciembre de 2008). *MIT 1982 CAD Lab*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=RgUSsXdLjvc>
- Universidad De La Costa-Cuc. (2019). *Historia*. Obtenido de <https://www.cuc.edu.co/universidad/presentacion/historia>

## **12. ANEXOS**

Se presentan los diseños del modelado del bloque 12 de la universidad de la Costa en el CD presentado para la entrega del proyecto de grado.