

**Guía de Implementación BIM Enfocada en la Dimensión 6D**

**Ángela Fernanda Ibáñez Archila, Diego Fernando Herrera Vargas**

**Trabajo de grado para optar el título de arquitecto**

**Director**

**Sergio Tapias Uribe**

**Máster en Arquitectura y Urbanismo Bioclimático y Sostenibilidad**

**Universidad Santo Tomás**

**División de Ingeniería y Arquitectura**

**Facultad de Arquitectura**

**Bucaramanga**

**2021**

### **Agradecimientos**

Quiero comenzar dando las gracias a Dios y mis padres, quienes me han apoyado siempre, me han enseñado todo lo que se hoy y se han convertido en mi fuente de inspiración todos los días. A mis hermanos, quienes siempre me han guiado y me han compartido sus conocimientos como ingenieros. A mi ángel en la tierra, mi peludo de cuatro patas y mi gran compañía en las noches de desvelo llenas de trabajo. La suerte de contar con personas como mi gua.

Este logro no hubiera sido posible sin los conocimientos compartidos por mis maestros. Gracias vida por colocar en mi camino a personas como mi compañera Ángela, que siempre ha estado acompañándome en mis aventuras, creciendo conmigo y siendo un gran apoyo en todos estos años de universidad.

También le agradezco al arquitecto Sergio Tapias Uribe por guiarnos y compartir sus grandes y valiosos conocimientos con nosotros. A la vida le doy gracias por las situaciones que me ha puesto y me ha hecho crecer como persona.

*Diego Herrera*

Quiero dar gracias a Dios porque sin el nada de esto sería posible. Agradezco a mis padres por siempre apoyarme en todo y por ser los mejores guías de mi vida. Gracias a mis hermanas y hermano por siempre tener un consejo o una guía cuando más lo necesito.

Gracias a todos mis maestros que me ayudaron en este camino y, especialmente, al arquitecto Sergio Tapias, por ser nuestro guía y compartir su conocimiento para que el trabajo de grado fuera un hecho.

*Angela Ibañez*

**Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	15
1. Guía de Implementación BIM, Enfocada en la Dimensión 6D .....	17
1.1 Planteamiento del Problema .....	17
1.2 Justificación .....	18
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos.....	20
2. Marco Referencial.....	21
2.1 Antecedentes Históricos de BIM .....	21
2.2 Marco teórico .....	24
2.2.1 ¿Qué es BIM? .....	24
2.2.1.1 Dimensiones BIM. Dimensiones que existen en BIM para el diseño de un proyecto .....	24
2.1.1.1.1 BIM 1D: Concepto.....	24
2.1.1.1.2 BIM 2D: Boceto o Plano.....	25
2.1.1.1.1 BIM 3D: Diseño Espacial.....	25
2.1.1.1.2 BIM 4D: Tiempo.....	25
2.1.1.1.3 BIM 5D: Dinero.....	26
2.1.1.1.4 BIM 6D: Sostenibilidad.....	26
2.1.1.1.5 BIM 7D: Mantenimiento.....	26
2.3 Marco legal .....	27

GUIA DE IMPLEMENTACION BIM	4
2.3.1 Resolución 0549 de 2015.....	27
3. Método .....	28
3.1 Tipo de Metodología.....	28
3.2 Diseño de la Investigación .....	28
3.3 Sujeto .....	29
3.3.1 Población.....	29
3.3.2 Muestra .....	29
3.4 Lugar.....	29
3.5 Instrumento de Recolección de Datos.....	29
3.6 Fases del desarrollo metodológico.....	30
3.6.1 Planteamiento del problema.....	30
3.6.2 Alcance de la Investigación .....	30
3.6.3 Base teórica.....	31
3.6.4 Caracterización del Conocimiento sobre la Metodología a Nivel Local .....	31
3.6.5 Definición de Software más Recomendados .....	31
3.6.6 Definición de Roles y Responsabilidades.....	31
3.6.7 Elaboración de un Manual de Implementación .....	32
4. Desarrollo.....	32
4.1 Fase 1: Encuesta.....	32
4.2 Fase 2: Investigación de los Softwares .....	35
4.3 Fase 3: Establecimientos de Roles de Trabajo.....	35
4.4 Fase 4: Modalidad e Interacción de Trabajo.....	36
5. Resultados .....	37

GUIA DE IMPLEMENTACION BIM	5
5.1 Fase 1: Encuesta.....	37
5.2 Fase 2: Investigación de los Softwares .....	59
5.2.1Autodesk Revit.....	59
5.2.2 Graphisoft Archicad.....	60
5.2.3 Diseño Bioclimático.....	60
5.2.3.1 Meteonorm.....	60
5.2.3.2 WeatherTool. ....	61
5.2.3.3 Climate Consultant.....	62
5.2.4 Análisis y visualización de sombras. ....	62
5.2.4.1 Ecotect.....	62
5.2.5 Regulación de la radiación solar y la iluminación natural. ....	63
5.2.5.1 ArchiWizard.....	63
5.2.5.2 Daysim. ....	64
5.2.6 Análisis de la luz artificial .....	65
5.2.6.1 DIALux. ....	65
5.2.7 Análisis energético en edificaciones.....	66
5.2.7.1 DesignBuilder. ....	66
5.2.7.2 Therm.....	67
5.2.8 Estudios aerodinámicos y ventilación eficiente.....	68
5.2.8.1 Cype. Cálculos de eficiencia energética del edificio.. ....	68
5.2.8.2 Phoenics. ....	68
5.3 Fase 3: Establecimientos de Roles.....	69
5.3.1 Promotor .....	71

GUIA DE IMPLEMENTACION BIM	6
5.3.1.1 Promotor. ....	71
5.3.1.2 Consultor del Promotor.....	71
5.3.2 Director de la Gestión de la Información.....	71
5.3.2.1 Director BIM.....	71
5.3.2.2 Director de la información BIM. ....	72
5.3.2.3 BIM Mánager.....	72
5.3.2.4 Supervisor BIM.....	73
5.3.3 Diseñadores.....	73
5.3.3.1 Diseñador BIM.....	73
5.3.3.2 Coordinador BIM.....	74
5.3.3.3 Modelador BIM .....	74
5.3.3.4 Análisis bioclimático .....	75
5.3.4 mantenimiento y operaciones .....	76
5.3.4.1 Coordinador BIM.....	76
5.3.5 Nivel de desarrollo BIM (NDB) .....	76
5.3.6 Dimensiones BIM .....	80
5.3.7 Modelos de Trabajo .....	82
5.3.7.1 Modalidad e Interacción de Trabajo. ....	82
5.3.9 Datos en Común en el Equipo de Trabajo .....	83
5.3.9.1 Documentos Intercambiar.....	83
5.3.9.2 Almacenamiento. ....	83
5.3.9.3 Publicaciones. ....	83
5.3.10 Entregables.....	84

GUIA DE IMPLEMENTACION BIM	7
5.3.10.1 Pre- Dimensionamiento..	84
5.3.10.2 Estructural y Presupuestal.....	84
5.3.10.3 Certificaciones. ....	84
5.4 Metodología BIM Enfocada en la Dimensión 6D Ejecución .....	85
6. Propuesta.....	86
6.1 Descripción del Proyecto .....	86
6.1.1 Definición del Proyecto .....	86
6.1.2 Análisis de la Información Suministrada.....	87
6.1.2.1 Necesidades.....	87
6.1.2.2 Población.....	87
6.1.2.3 Viabilidad.....	88
6.1.3 Planificación .....	89
6.1.3.1 Necesidades del promotor.....	89
6.1.3.2 (BIM ececution plan) BEP.....	89
6.1.3.3 Objetivos y Usos BIM .....	91
6.1.3.4 Desarrollo del Proceso. ....	93
6.1.4 Modelo Paramétrico.....	96
6.1.4.1 Ideas. ....	96
6.1.4.2 Diseño. ....	96
6.1.4.3 Diseño Decisivo.....	96
6.1.4.4 Diseño Constructivo.....	97
6.1.5 Cálculo y Cantidades Costos .....	102
6.1.6 Simulaciones y Entrega.....	102

6.1.7 Resultados ..... 103

6.1.7.1 Usos..... 103

6.1.7.2 Mantenimientos..... 103

7. Conclusiones..... 103

Referencias..... 105

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> <i>Resultado de la Pregunta 2 de la Encuesta</i> .....	38
<b>Tabla 2.</b> <i>Resultado de la Pregunta 3 de la Encuesta</i> .....	39
<b>Tabla 3.</b> <i>Resultado de la Pregunta 4 de la Encuesta</i> .....	40
<b>Tabla 4.</b> <i>Resultado de la Pregunta 4.1 de la Encuesta</i> .....	41
<b>Tabla 5.</b> <i>Resultado de la Pregunta 5 de la Encuesta</i> .....	42
<b>Tabla 6.</b> <i>Resultado de la Pregunta 6 de la Encuesta</i> .....	43
<b>Tabla 7.</b> <i>Resultado de la Pregunta 7 de la Encuesta</i> .....	44
<b>Tabla 8.</b> <i>Resultado de la Pregunta 8 de la Encuesta</i> .....	45
<b>Tabla 9.</b> <i>Resultado de la Pregunta 9 de la Encuesta</i> .....	46
<b>Tabla 10.</b> <i>Resultado de la Pregunta 10 de la Encuesta</i> .....	47
<b>Tabla 11.</b> <i>Resultado de la Pregunta 11 de la Encuesta</i> .....	48
<b>Tabla 12.</b> <i>Resultado de la Pregunta 12 de la Encuesta</i> .....	49
<b>Tabla 13.</b> <i>Resultado de la Pregunta 13 de la Encuesta</i> .....	51
<b>Tabla 14.</b> <i>Resultado de la Pregunta 14 de la Encuesta</i> .....	51
<b>Tabla 15.</b> <i>Resultado de la Pregunta 15 de la Encuesta</i> .....	52
<b>Tabla 16.</b> <i>Resultado de la Pregunta 16 de la Encuesta</i> .....	53
<b>Tabla 17.</b> <i>Resultado de la Pregunta 18 de la Encuesta</i> .....	55
<b>Tabla 18.</b> <i>Resultado de la Pregunta 19 de la Encuesta</i> .....	56
<b>Tabla 19.</b> <i>Resultado de la Pregunta 20 de la Encuesta</i> .....	58
<b>Tabla 20.</b> <i>Resultado de la Pregunta 21 de la Encuesta</i> .....	59

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> <i>Línea del tiempo principales acontecimientos de la historia de BIM</i> .....	23
<b>Figura 2.</b> <i>Dimensiones BIM</i> .....	24
<b>Figura 3.</b> <i>Fases del Desarrollo de la Metodología</i> .....	30
<b>Figura 4.</b> <i>Fase 1 del Desarrollo de la Metodología</i> .....	32
<b>Figura 5.</b> <i>Fase 2 del Desarrollo de la Metodología</i> .....	35
<b>Figura 6.</b> <i>Fase 3 del Desarrollo de la Metodología</i> .....	36
<b>Figura 7.</b> <i>Fase 4 del Desarrollo de la Metodología</i> .....	36
<b>Figura 8.</b> <i>Resultado de la Pregunta 2 de la Encuesta</i> .....	38
<b>Figura 9.</b> <i>Resultado de la Pregunta 3 de la Encuesta</i> .....	39
<b>Figura 10.</b> <i>Resultado de la Pregunta 4 de la Encuesta</i> .....	40
<b>Figura 11.</b> <i>Resultado de la Pregunta 4.1 de la Encuesta</i> .....	41
<b>Figura 12.</b> <i>Resultado de la Pregunta 5 de la Encuesta</i> .....	42
<b>Figura 13.</b> <i>Resultado de la Pregunta 6 de la Encuesta</i> .....	43
<b>Figura 14.</b> <i>Resultado de la Pregunta 2 de la Encuesta</i> .....	44
<b>Figura 15.</b> <i>Resultado de la Pregunta 8 de la Encuesta</i> .....	45
<b>Figura 16.</b> <i>Resultado de la Pregunta 9 de la Encuesta</i> .....	46
<b>Figura 17.</b> <i>Resultado de la Pregunta 10 de la Encuesta</i> .....	47
<b>Figura 18.</b> <i>Resultado de la Pregunta 11 de la Encuesta</i> .....	48
<b>Figura 19.</b> <i>Resultado de la Pregunta 12 de la Encuesta</i> .....	49
<b>Figura 20.</b> <i>Resultado de la Pregunta 13 de la Encuesta</i> .....	50

**Figura 21.** *Resultado de la Pregunta 14 de la Encuesta*..... 51

**Figura 22.** *Resultado de la Pregunta 15 de la Encuesta*..... 52

**Figura 23.** *Resultado de la Pregunta 16 de la Encuesta*..... 53

**Figura 24.** *Resultado de la Pregunta 16.1 de la Encuesta*..... 54

**Figura 25.** *Resultado de la Pregunta 18 de la Encuesta*..... 55

**Figura 26.** *Resultado de la Pregunta 19 de la Encuesta*..... 56

**Figura 27.** *Resultado de la Pregunta 20 de la Encuesta*..... 57

**Figura 28.** *Resultado de la Pregunta 21 de la Encuesta*..... 58

**Figura 29.** *Logotipo del Programa Revit* ..... 59

**Figura 30.** *Logotipo del Programa Archicad*..... 60

**Figura 31.** *Logotipo del Programa Meteonorm*..... 61

**Figura 32.** *Programa WeatherTool*..... 61

**Figura 33.** *Programa de Climate Consultant*..... 62

**Figura 34.** *Programa Ecotect*..... 63

**Figura 35.** *Logotipo del Programa ArchiWizard*..... 64

**Figura 36.** *Logotipo del Programa Archicad*..... 65

**Figura 37.** *Logotipo del Programa DIALux*..... 65

**Figura 38.** *Logotipo del Programa DesignBuilder* ..... 66

**Figura 39.** *Programa Therm* ..... 67

**Figura 40.** *Logotipo del Programa Cype* ..... 68

**Figura 41.** *Programas Phoenix* ..... 69

**Figura 42.** *Cuadro de Roles* ..... 70

**Figura 43.** *Nivel de Desarrollo BIM* ..... 77

GUIA DE IMPLEMENTACION BIM	12
<b>Figura 44.</b> <i>Dimensiones BIM</i> .....	80
<b>Figura 45.</b> <i>Trabajo Interactivo</i> .....	82
<b>Figura 46.</b> <i>Metodología de Trabajo</i> .....	85
<b>Figura 47.</b> <i>Plan de Ejecución BIM (BEP)</i> .....	89
<b>Figura 48.</b> <i>Objetivos y Usos BIM</i> .....	91
<b>Figura 49.</b> <i>Contenido del Plan de Ejecución.</i> .....	95
<b>Figura 50.</b> <i>Cuadro de Necesidades.</i> .....	98
<b>Figura 51.</b> <i>Análisis de sus BIM</i> .....	99
<b>Figura 52.</b> <i>Matriz de Responsabilidades</i> .....	100
<b>Figura 53.</b> <i>Formato Software</i> .....	101

### Glosario

**BIM:** Building Information Modeling o Modelado de información de construcción (Diseño, Documentación, Seguimiento y Construcción Virtual de la obra).

**AEC:** sector de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción por sus siglas en inglés (Architecture, Engineering and Construction).

**NDB:** nivel de desarrollo BIM

**BID:** Banco Interamericano de Desarrollo.

**DANE:** Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas.

**CAMACOL:** Cámara Colombiana de la Construcción.

**AIM:** modelo Informativo de activos por sus siglas en inglés (Asset Information Model), generado por cada uno de los diferentes equipos de trabajo como parte de sus entregable para el seguimiento de los diseños.

**CAD:** Computer Aided Design//Drawing//Drafting. Sector de la informática que se ocupa del desarrollo de tecnologías software finalizadas a soportar las actividades de redacción de dibujos técnicos o de todos los aspectos del diseño en general.

**CDET:** Common Data Environment. FUENTE univoca de información para un específico proyecto o inmueble

**CAPEX:** CAPital Expenditure. Gasto de capital. Para un promotor representa el flujo de caja en salida para la realización de inversiones en actividades fijas de carácter operativo (inversiones de capital fijo).

**CIC:** Construction Industry Council. Órgano representativo de organizaciones profesionales, organizaciones de investigación y asociaciones de negocios en la industria de la construcción del Reino Unido

COBie: Construction Operations Building Information Exchange. Formato para el intercambio de información no gráfica necesaria en la gestión de los bienes inmuebles construidos

DXF: Drawing eXchange Format. Formato de archivo utilizado para exportar e importar los datos de programas

CAD BDS: Modelo descriptivo para edificios

EIR: Employer's Information Requirements. Documento de pre-carga, redactado por el promotor, en el cual se definen exigencias relativas al aspecto de producción y entrega de las informaciones que tendrá que proporcionar el licitante; por esa razón no coincide con el Documento Preliminar al Diseño.

ERP: Enterprise Resource Planning. Tipología de software enfocado a la planificación de los recursos de las empresas y finalizado a una mejora y optimización de los procesos en la toma de decisiones dentro de la empresa.

## **Introducción**

Los proyectos de construcción en el entorno colombiano a menudo se van limitando por múltiples errores que se comenten, uno de ellos es en la fase de diseño y la sustentabilidad que aún no se implementa adecuadamente en el proyecto, que resulta un problema en el proceso de construcción, provocando sobre costos y retrasos en el cronograma. Estos factores hacen de la construcción una industria poco competitiva en el país. El método de construcción está basado en ciertos programas que no son suficiente o no cumplen con todas las necesidades, con dibujos 2D y desfases presupuestales. Para aumentar y mejorar la productividad en un diseño de obras y elaboración de presupuesto, se lleva a cabo la implementación de la metodología BIM.

Es un sistema de gestión de información de proyectos basados en modelos 3D y estudios realizados de toda la información, que proviene de un modelo tridimensional donde se generan costos, sustentabilidad, mantenimiento y control de todos los documentos informativos del proyecto. Este método es compatible con muchos softwares BIM, que satisfacen la función de gestionar el proceso de diseño colaborativo. Para este análisis, considerado uno de los softwares profesionales que es especializado en cálculos estructurales y gestión administrativa, utilizamos Revit, puesto que es un software especializado en la gestión de modelos 3D, diseños de proyectos, tabla de panificación y anotaciones.

En Colombia se tiene contemplado integrar BIM en los proyectos de construcción según el congreso colombiano de construcción de Camacol realizado en septiembre del 2020, con el fin de mejorar la eficiencia del ciclo de vida del proyecto en términos de costos, tiempo y todos los aspectos, las dimensiones se aplican en todas las fases del proyecto.

Se debe tener en cuenta que, para implementar esta metodología en el país, se suele tomar un tiempo para ser acogida por los profesionales de acuerdo con el número de personas que

contemple la empresa y el proyecto para asimilar las nuevas formulas y herramientas que se usan. Es necesario recordar que el flujo de trabajo se debe realizar en equipo para dejar claro cada inquietud que se tenga en el proceso de diseño planos y modelados tridimensionales.

Se busca integrar la metodología BIM enfocada en la arquitectura para producir cambios positivos en la mejora de calidad en la gestión de proyectos de construcción, realizando con precisión la toma de decisiones, desempeño dentro del tiempo presupuestado y fortaleciendo la cooperación entre las partes interesadas, enfocado en el proceso de diseño y la sostenibilidad de la dimensión 6D que no encontramos frecuentemente, ya que existe unos escasos de información en el país.

El método BIM que se propondrá y la aplicación que se le dará en este trabajo de investigación, representa una de muchas posibilidades de desarrollar un proceso BIM para implementar eficazmente el plan y ejecución de proyectos de construcción. De esta forma, un equipo de diseño no familiarizado con el tema quiere empezar a integrar herramientas BIM en su proyecto. Los trabajadores de la constructora pueden confiar en esta guía y trabajo puesto que lo encontrarán valiosas herramientas para demostrar la experiencia y las posibilidades de un correcto modelado BIM y un diseño enfocado en la dimensión 6D trasmitiendo este tipo de información en un manual.

## **1. Guía de Implementación BIM, Enfocada en la Dimensión 6D**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

En Colombia, el mayor desafío que tiene la industria de la construcción para las empresas, es garantizar el cumplimiento del proyecto de acuerdo con lo que se planteó como diseño, manejo de programas y sostenibilidad, también en términos de tiempo, costo y calidad. Esto es una tarea compleja que debe realizar el director del proyecto, donde debe incluir el progreso del proyecto y los planes de la adopción de medidas planteadas. Se han desarrollado variedades de software donde se pueden implantar estos métodos del control del proyecto como: AutoCAD, Revit, Microsoft Project y más. A pesar del uso de estos softwares como método tradicional, la construcción todavía sufre pérdidas de tiempo y sobre costos.

Contamos con una variedad de tecnologías que pueden aumentar la productividad de los sitios de construcción, quizás el equipo y el software no sean suficiente, tal vez el proceso de construcción pueda no ser el más adecuado, debido a que se requieren conocimientos y habilidades para hacer uso de ellos.

El método tradicional de planificar el tiempo y el costo se basa en un modelo operativo muy tradicional, por lo general la mano de obra, los costos y el equipamiento no concuerdan muchas veces con el proceso de la obra. Para evitar estas pérdidas se pueden generar un mecanismo de planificación siguiendo con el control profesional y la revisión técnica y legal de los proyectos y diseños. Un elemento de apoyo insustituible para la ejecución eficiente es adoptar medidas que permiten el cumplimiento de plazos de diseño, costos y objetivos del proyecto a ejecutar.

En Colombia se presentan ciertas dificultades por fallas del contrato, como procesos de diseño, planificación y ejecución. Esto se refleja en los sobre costos del proyecto y se han generado demandas por mala planeación y el mal control en las que no cumplen con certificados sostenibles o estudios adecuados. Por lo tanto, es importante que se adopte la tecnología o el método adecuado, para fortalecer la capacidad de planificación y controlar lo que está generando problemas en las obras, que, por lo general, no se proporciona lo que se le prometió al cliente, generando así varias irregularidades como: sobre costos, no certificados y una mala ejecución.

## **1.2 Justificación**

En la actualidad, la competitividad que existe en el mercado requiere que las empresas empiecen a cambiar la forma en que se desarrollan los procesos, considerando las diferentes variables y productividad, donde es importante la integración de todas las disciplinas. En este sentido, la implementación de las herramientas, softwares y métodos de construcción, son fundamentales para facilitar el trabajo simultáneo de todos los actores del proyecto a la hora de la construcción.

Los desarrolladores de los proyectos reconocen el modelo digital Building Information (BIM) como método eficaz para planificar y controlar proyectos mediante visualización. La herramienta también permite a la generación rápida de múltiples alternativas de diseño para mantener la integridad de la información del proyecto con el fin de evaluar y generar rápidamente un plan de ejecución.

En los últimos años, la metodología BIM se ha convertido en una de las herramientas más poderosas para tomar decisiones a lo largo del ciclo de la vida de los proyectos de

construcción gracias a toda la información que se puede compartir con el equipo de trabajo.

Al mismo tiempo, muchos informes han indicado que BIM es la herramienta principal de muchos países para la gestión principal en la construcción, mientras que la aceptación de BIM en muchos países es limitada.

El gobierno del Reino Unido propuso lanzar un proyecto de cinco años para implementar recurso BIM en los procesos del sector público.

En la implementación completa de BIM en los procesos gubernamentales, el intercambio de información sobre operaciones de construcción se utilizó como una forma eficaz de obtener y manejar los datos, esto introduce ciertos procedimientos de la metodología BIM en el proceso del proyecto de construcción.

Poder visualizar elementos en el modelo de construcción es una gran herramienta para establecer una buena comunicación con los grupos de trabajo interesados en el proceso de minimizar el riesgo de problemas durante la ejecución del proyecto arquitectónico, como por ejemplo, el estadio Olímpico de Londres, que se terminó su obra en un tiempo inferior al acordado ya que se construyó con un modelo de información en la etapa de diseño (Building Smart Spanish Chapter, 2020).

El modelo de información fue creado en 8 semanas por profesionales capacitados. Este consta de varios modelos de diferentes disciplinas, como el diseño arquitectónico y estructural, diseño de redes hidráulicas, diseño de redes de sanitarias y diseño de redes eléctricas. Estos modelos se plantean para minimizar la probabilidad de fallas durante la ejecución y la vida útil de una edificación. Se integra cada parte importante en el proyecto de manera sistemática por computo de los programas usados (Building Smart Spanish Chapter, 2020).

La realización de una guía metodológica implementa una base para las empresas de construcción enfocada en la arquitectura y diseño, ya que el 83.1% de los usuarios BIM en Colombia cree que los softwares BIM deben ser usadas por el personal que realice el diseño y se dice que el 62% de las empresas ponen un gran interés en un manual para la aplicación BIM en los proyectos. (Gomez-Sanchez, Rojas-Quintero, & Aibinu, 1992)

Por lo tanto, considero que esta metodología y sus herramientas tienen como objetivo optimizar todos los procesos del proyecto de construcción, con el fin de crear beneficios para todas las partes interesadas. Por ende, es necesario la investigación de aplicaciones en los proyectos de construcción, para así determinar cuáles son estos beneficios en Colombia, incluyendo la calidad y el cambio generado, además de la promoción y difusión del uso, para que los proyectos de construcción cuenten con esta guía y puedan ejecutarla y hacer un uso adecuado de ella con el fin de mejorar las empresas en el país.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo General***

Realizar una guía de implementación de la metodología BIM enfocado en la dimensión 6D, en la cual se evidencie la interacción de los roles y software a usar en la etapa de diseño y sostenibilidad de un proyecto.

#### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

Realizar una encuesta para saber el conocimiento que tiene las empresas de construcción sobre la metodología BIM, la bioclimática y sus softwares.

Analizar y clasificar los softwares más adecuados para la implementación de la metodología BIM en la dimensión 6D (Sostenibilidad)

Investigar sobre los roles más importantes en la metodología BIM para así poder establecer una modalidad de trabajo interactivo BIM.

Establecer los procesos de ejecución en la fase de diseño en los proyectos arquitectónicos basados en la metodología BIM y la dimensión 6D, realizando una eficiencia de funciones, e información para las empresas.

## **2. Marco Referencial**

### **2.1 Antecedentes Históricos de BIM**

Se podría decir que la metodología BIM es algo totalmente nuevo en Colombia, a pesar de que su historia comienza en los años 60 como un giro al software de dibujo en 2D, lo que conocemos como Tecnología CAD. La metodología BIM logró ser un cambio riguroso, ya que mostró lo que sería el desarrollo de la construcción en un ambiente virtual, además de tener como resultado modelos estructurales, conformación espacial, costo, construcción, uso de la energía, entre otros.

De igual forma logró conseguir un entorno de trabajo colaborativo e interdisciplinario virtual, ya que permitió la comunicación entre varias disciplinas en tiempo real y cada colaborador en ubicaciones distintas. La metodología BIM se logró posicionar entre las empresas como un instrumento de gran valor para la construcción.

La metodología BIM tiene sus inicios en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Esta empieza como una tesis doctoral redactada por Iván Sutherland, mejor conocido como el padre de la computación gráfica. Dicha tesis tenía como finalidad desarrollar un programa que obtuviera interacciones directas e intuitivas entre el usuario y la máquina, la cual luego fue llamada Interfaz Gráfica del Usuario, de esta surgió el programa llamado *Sketchpad*. Para lograr dicho estudio, Iván Sutherland empleo el ordenador TX-2, en su época esta tecnología era muy avanzada y fue la pionera en el Dibujo Asistido por Computador (CAD).

Más adelante, en la década de los 70, se exponen dos tendencias. Una se presenta en la Universidad de Cambridge, desarrolla la representación de límites (BREP), la cual permite la creación de elementos 3D modificables por medio de superficies que fueran conectadas por vértices. La segunda tendencia fue llamada *Constructive Solid Geometry (CSG)* o en español la construcción de geometría sólida, la cual consiste en geometrías básicas en tres dimensiones.

En 1975 se presentó una metodología de trabajo la cual llamaron Building Description System (BDS), fundamentándose en el uso de diseños paramétricos para realizar modelos de construcción.

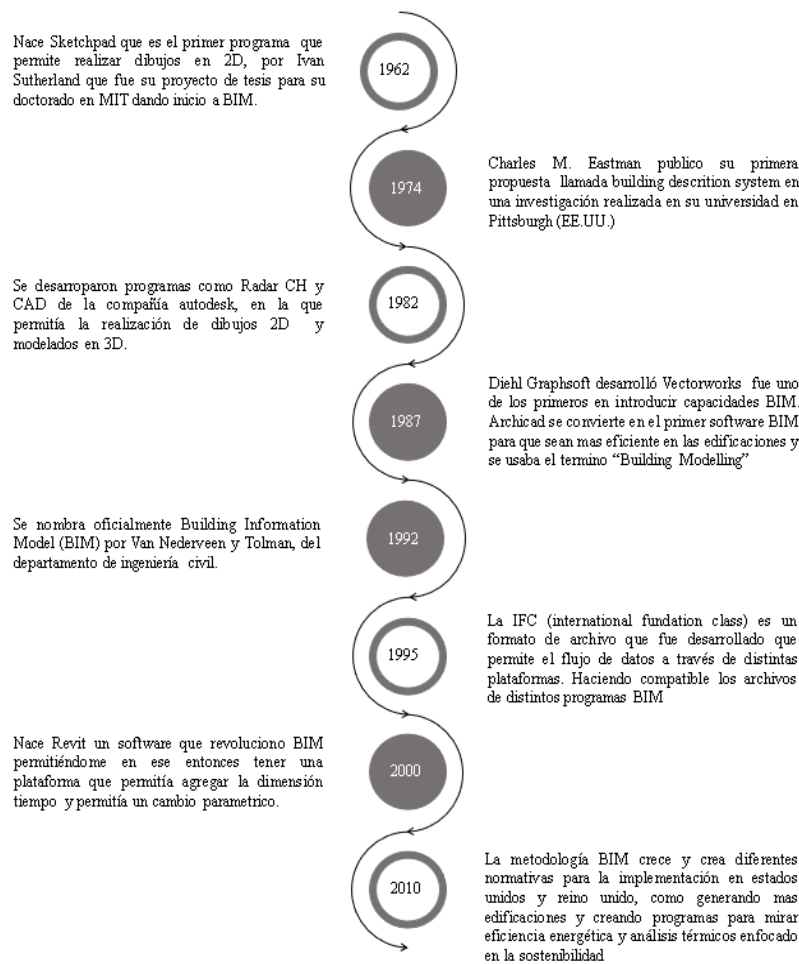
Gabor Bojar, (2017) creador de Graphisoft, inventó un software que llamó *Radar CH*, en el cual se realizó el modelado de ductos industriales y tuberías con el fin de crear plantas nucleares. Este fue el precursor de ArchiCAD, luego apareció AutoCAD, el cual fue creado por Autodesk.

En 1992 se logró una definición mucho más asentada para BIM, la cual fue propuesta por Van Nederveen y Tolman, los cuales eran estudiantes de ingeniería civil. Nederveen y Tolman eran de Países Bajos y en este lugar fue donde se atribuyen los principios de la interoperabilidad entre un software para su visualización y especialistas. Todo esto le dio comienzo a lo que hoy en día conoce como Building Information Modeling (BIM).

En el año 1994 fue fundada la International Alliance of Interoperability (IAI), un grupo de empresas destinado al desarrollo de aplicaciones.

En el 2000 nace los principios de lo que hoy conocemos como Revit, uno de los principales softwares que emplean en la Metodología BIM. Este se basa en la creación de elementos paramétricos que permiten la creación de otros elementos en tres dimensiones.

**Figura 1.** Línea del tiempo principales acontecimientos de la historia de BIM



*Nota:* Imagen adaptada del material bibliográfico y su autoría corresponde a los autores

**2.2 Marco teórico**

**2.2.1 ¿Qué es BIM?**

Es una metodología de trabajo colaborativa sus siglas BIM significan Building Information Modeling, esta metodología busca un trabajo colaborativo que esté basado en la multidisciplinariedad e interoperabilidad todo esto con el fin de crear un proyecto de construcción.

Esta metodología está compuesta por todas las etapas de vida de un proyecto, desde la idea inicial hasta todo su funcionamiento desde de ser construido.

La metodóloga BIM cuenta con 7 dimensiones.

**2.2.1.1 Dimensiones BIM. Dimensiones que existen en BIM para el diseño de un proyecto**

**Figura 2. Dimensiones BIM**



*Nota:* Imagen adaptada del material bibliográfico y su autoría corresponde a los autores

**2.1.1.1.1 BIM 1D: Concepto.** Todo proyecto que desea llevara a cabo la metodología BIM, debe iniciar con una idea o concepto. En esta dimensión se tendrán en cuenta elementos como las condiciones iniciales y las determinantes de la localización.

**2.1.1.1.2 BIM 2D: Boceto o Plano.** Luego de la primera dimensión, se continua con la fase del boceto o plano. En esta dimensión se determinan las propiedades generales del proyecto, esta dimensión también está compuesta por la preparación de la modelización utilizando diferentes softwares BIM, una primera idea de los materiales, la elección de la estructura y sus cargas, la iniciativa de la parte energética del proyecto y la sostenibilidad en general.

**2.1.1.1.1 BIM 3D: Diseño Espacial.** Al tener listas las dos primeras dimensiones y la respectiva información que necesitamos, podemos iniciar con la dimensión 3D, la cual consiste en la modelización de una estructura en un formato 3D recurriendo a renders y animaciones, la cual debe estar respaldada con la información recopilada de las diferentes disciplinas que se van a trabajar.

Este modelo se debe asemejar lo más posible al de la vida real, por lo tanto, debe tener características como la ubicación real, orientación, distribución en la planta de todos los espacios, estructura y materiales de la fachada, así como objetos ecológicos, ya que con este modelo 3D se realizan simulaciones y análisis. El modelo virtual va a permitir tomar decisiones entre todos las partes que colaboraron y así poder evitar errores a tiempo.

**2.1.1.1.2 BIM 4D: Tiempo.** Esta dimensión es la que marca la diferencia entre otras metodologías, ya que en esta se puede realizar una planificación temporal de todas las fases de un proyecto, a medida que vamos realizando cambios podemos ver como el tiempo aumenta o disminuye en su ejecución.

En esta dimensión se puede asociar los elementos del proyecto con órdenes y plazos de ejecución, esto sirve para tener una idea anticipada de la realidad de la obra.

**2.1.1.1.3 BIM 5D: Dinero.** Esta dimensión contiene los análisis y las estimaciones de los costos del proyecto en general, el control de dichos análisis a medida que el proyecto se modifique y avance va cambiando, una vez se integren valores monetarios y se relacionen con el modelo es sencillo general informes detallados del presupuesto en cualquier etapa de la edificación. Los resultados pueden variar según el detalle del modelo.

Esta dimensión da como resultado el costo y beneficio al largo plazo y durante la vida y ciclo del proyecto.

**2.1.1.1.4 BIM 6D: Sostenibilidad.** En esta dimensión se generan modelos analíticos para realizar cálculos, análisis y simulaciones. Estas simulaciones se deben realizar en software específicos que parten de un modelo geométrico, el cual debe respetar ciertas formas y características que permitan definir el comportamiento térmico del proyecto.

Un modelo BIM que sea usado en la dimensión 6D, debe poseer bastante información como características físicas, ubicación, características térmicas, componentes y materiales específicos con el fin de realizar una adecuada simulación y obtener unos cálculos correctos.

**2.1.1.1.5 BIM 7D: Mantenimiento.** Esta dimensión es prácticamente una guía para mantener y alargar la calidad de un proyecto una vez construido, ya que este habla de las inspecciones y reparaciones que se deben realizar, esto quiere decir del mantenimiento que debe tener la edificación o proyecto.

## **2.3 Marco legal**

Actualmente en Colombia ninguna ley exige la implementación de la metodología BIM para la realización o ejecución de un proyecto. Sin embargo, se han creado entidades, gremios u organizaciones ya establecidas como Camacol, que buscan crear un lenguaje unificado para una correcta y fácil implementación de la metodología BIM en Colombia.

### ***2.3.1 Resolución 0549 de 2015***

En cuanto a la construcción sostenible, Colombia cuenta con la resolución 0549 de 2015 la cual cuenta con parámetros y lineamientos técnicos con el fin de ahorrar agua y energía en las edificaciones,

La resolución 054 de 2015 cuenta con un anexo que corresponde a una guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, esta sirve como herramienta de referencia para identificar medidas de carácter activo o pasivo que se puedan emplear para así poder alcanzar el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía.

Esta guía de la resolución también nos muestra varias opciones rentables para diseñar construcciones sostenibles.

Esta resolución fue elaborada por el ministerio de vivienda, ciudad y territorio junto con Camacol.

Es obligatorio el cumplimiento de los porcentajes de ahorro para todo tipo de edificio que tramite licencias de obra nueva como lo son viviendas, oficinas, hospitales, centros comerciales hoteles y centros educativos.

### **3. Método**

La metodología del proyecto se establece en tipo de metodología, diseño, sujeto, lugar e instrumento de recolección de datos.

#### **3.1 Tipo de Metodología**

Esta investigación es de enfoque cualitativo. El objetivo de esta encuesta es conocer y comparar el conocimiento que las personas afines a la construcción tienen acerca de los diferentes aspectos de la construcción sostenible y la metodología BIM, con el fin de realizarnos un replanteo de la manera en que los profesionales nos estamos formando, los conocimientos que estamos adquiriendo y los que nos hacen falta. También queremos conocer las principales barreras con las que los profesionales se encuentran, ya que, en todo el mundo, y Colombia no será la excepción, se está consolidando de forma irreversible el uso de la metodología BIM. Por eso, es indispensable desde ya saber la infinidad de beneficios que esta tiene. Por eso nuestra encuesta está enfocada en la dimensión 6D de la metodología BIM y todo lo asociado a la construcción sostenible (normas, estrategias, medidas sostenibles, criterios sostenibles, software, etc.).

#### **3.2 Diseño de la Investigación**

La investigación es de diseño no experimental, ya que no se manipularon las variantes y fue basada en una metodología que ya existe como lo es la metodología BIM.

### **3.3 Sujeto**

#### ***3.3.1 Población***

Se tuvo como objetivo de análisis profesionales del sector de la construcción.

#### ***3.3.2 Muestra***

Se aplicó la metodología en profesionales puntuales como arquitectos e ingenieros civiles.

### **3.4 Lugar**

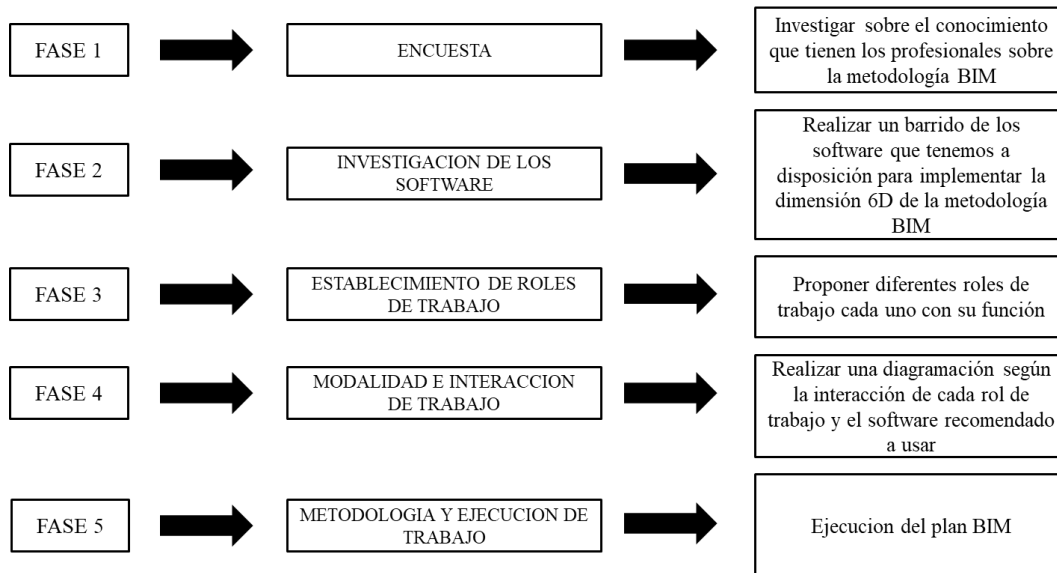
La metodología de la investigación se aplicó en la ciudad de Bucaramanga.

### **3.5 Instrumento de recolección de datos**

Los datos se recolectaron por medio de una encuesta tipo cuestionario, luego se clasificó la información para poder ser analizada y aplicada a la metodología del trabajo. La encuesta fue realizada del 21 al 25 de septiembre del año 2020.

### 3.6 Fases del Desarrollo Metodológico

**Figura 3.** *Fases del Desarrollo de la Metodología*



*Nota:* autoría corresponde a los autores

#### 3.6.1 Planteamiento del problema

El conocimiento que las personas en Colombia tienen sobre la metodología BIM es muy escaso y más aún si le agregamos el término de construcción sostenible, no existen casi profesionales que manejen el tema y tampoco se exige al momento de realizar una construcción.

#### 3.6.2 Alcance de la investigación

Definido en el objetivo general y específico donde muestra el alcance de la investigación.

### ***3.6.3 Base teórica***

Se tuvieron en cuenta documentos realizados por BIM FORUM COLOMBIA y CAMACOL, de igual forma artículos referentes a la metodología BIM. Tanto en el exterior como en Colombia, tuvimos como base artículos científicos donde nos deja ver el estatuto de BIM y lo atrasados que estamos en Colombia sobre todo lo relacionado con BIM y de todas las ventajas que nos estamos perdiendo.

### ***3.6.4 Caracterización del conocimiento sobre la metodología a nivel local***

La encuesta fue realizada a 21 profesionales del área de la construcción, entre los cuales había arquitectos e ingenieros en su mayoría, con el fin de obtener una muestra que nos mostrara un panorama amplio sobre la situación del BIM en los profesionales y a la vez conocer que tanto sabían de la construcción sostenible.

### ***3.6.5 Definición de software más recomendados***

Se realizó una presentación de los softwares más recomendados para realizar simulaciones de varios tipos para ser aplicados a la metodología BIM específicamente en la dimensión 6D.

### ***3.6.6 Definición de roles y responsabilidades***

El éxito de esta metodología se debe a la modalidad de trabajo y, para eso, es importante establecer unos roles de trabajo interactivo y asignarle a cada uno de ellos sus responsabilidades durante el proceso de trabajo de inicio a fin.

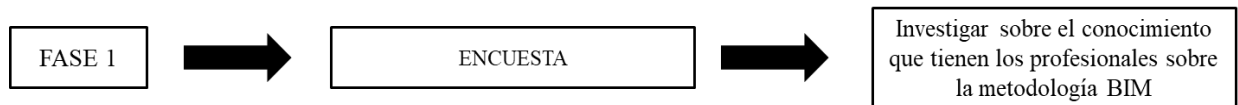
**3.6.7 Elaboración de un manual de implementación**

Para dar a conocer la investigación, se realizó una guía de implementación que plasma el funcionamiento de la metodología BIM enfocada en la dimensión 6D, los procesos, softwares y roles que deben hacer parte del proceso.

**4. Desarrollo**

**4.1 Fase 1: Encuesta**

**Figura 4.** Fase 1 del Desarrollo de la Metodología



*Nota:* autoría corresponde a los autores

1. Nombres y Apellidos
2. En que rango de edad se encuentra
  - Entre 14 y 26 años (juventud)
  - Entre 27 y 59 años (adultez)
  - 60 o más años (persona mayor)
3. ¿Cuál es su profesión?
  - Arquitecto
  - Ingeniero Civil

- Otra
4. ¿Maneja usted algún software de diseño 2D o presupuestos?
  5. ¿Está usted relacionado con el tema de construcción sostenible?
  6. ¿Tiene algún conocimiento de la norma 0549 la cual tiene como objetivo establecer los porcentajes mínimos y medidas de ahorro en agua y energía que deben alcanzar las edificaciones nuevas?
  7. ¿Sabe usted que es una medida pasiva o activa para el ahorro de energía?
  8. ¿Cuáles cree usted que son las principales barreras que nos impiden una correcta implementación de la construcción sostenible?
    - El desconocimiento de sus ventajas.
    - Crisis económica del país.
    - Falta de formación académica en los profesionales del sector.
    - Complejidad y trabajo que requiere la construcción sostenible.
  9. ¿Usted aplica criterios de sostenibilidad en los roles que tiene en el sector de la construcción para el avance y la consolidación de esta?
  10. De los siguientes criterios de sostenibilidad cuales cree usted que son más importantes de implementar.
    - Consumo de energía.
    - Confort de los usuarios.
    - Consumo de agua.
    - Sostenibilidad de los materiales.
    - Ninguno.

11. ¿Cree usted que una edificación sostenible tiene un precio superior frente a otra que no tenga principios de sostenibilidad?

12. ¿En cuál de los siguientes criterios de sostenibilidad cree usted que se debe realizar la mayor inversión de dinero?

- Eficiencia energética
- Energías renovables
- Materiales
- Reutilización de aguas pluviales/grises
- Otros

13. Cuál de los siguientes sellos verdes conoce usted.

- LITE
- PASSIVHAUS
- BREEAM
- CASA COLOMBIA
- EDGE EXPERTS
- LEED
- WELL BUILDING STANDART
- LINING BUILDING CHALLENGE
- HOUSING QUALITY STANDARDS (HQS)

14. ¿Estaría dispuesto a pagar más dinero por un inmueble que tenga n certificado de sostenibilidad?

15. ¿Sabe usted que es metodología BIM?

16. ¿Maneja usted algún Software BIM?

- 17. En llegado caso que maneje algún software BIM cuál fue la mayor dificultad que se le presento.
- 18. ¿Conoce alguna empresa que haya implementado la metodología BIM?
- 19. Conoce algún software BIM que realice simulaciones para analizar la sostenibilidad de una edificación ¿
- 20. ¿Sabe de algún proyecto que le hayan realizado un análisis de sostenibilidad?
- 21. ¿Cree que vale la pena realizar análisis de sostenibilidad a edificaciones ya construidas para poder mejorar su eficiencia?

**4.2 Fase 2: Investigación de los softwares**

Se determina el software adecuado de acuerdo al trabajo que se realice. Además, se mide cual tiene más componentes y más compatibilidad con otro software con el cual se puede seleccionar y hacer un mejor trabajo de diseño y estudio. Esto dependería de cómo sirve la exportación y las herramientas que contenga cada programa y sus licencias.

**Figura 5.** Fase 2 del Desarrollo de la Metodología



*Nota:* autoría corresponde a los autores

**4.3 Fase 3: Establecimientos de roles de trabajo**

Los roles se determinan de acuerdo a la recopilación de información, contiene documentos de la mayoría de disciplinas obtenidas en el debido momento del planteamiento BIM a nivel global.

Una vez elegido los roles, realizando una recopilación de información, fue adaptada a una vista panorámica de Colombia, con el propósito de implementarlo en todas las empresas del país y microempresas.

Se entiende que la aplicación BIM en el sector de la construcción a veces tiene que hacerse por medio de la subcontratación, porque algunas empresas no cuentan con los empleados necesarios para entablar los equipos de trabajo, por lo tanto, es necesario establecer las diferentes posiciones que deben tener los diseñadores independientes en su momento al ser contratados para su trabajo.

**Figura 6.** Fase 3 del Desarrollo de la Metodología



*Nota:* autoría corresponde a los autores

**4.4 Fase 4: Modalidad e interacción de trabajo**

**Figura 7.** Fase 4 del Desarrollo de la Metodología



*Nota:* autoría corresponde a los autores

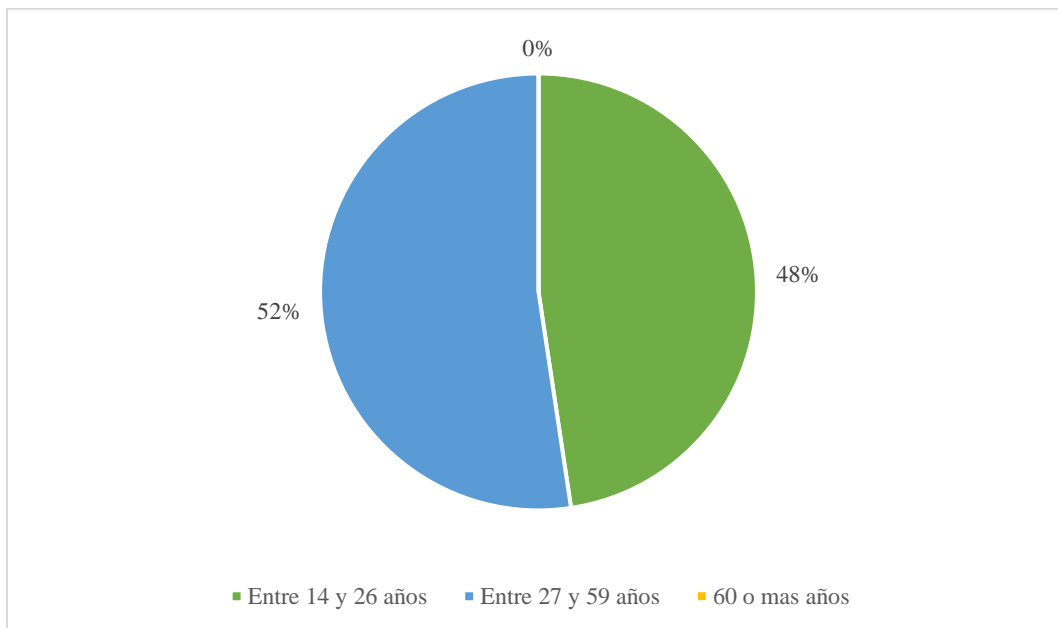
## 5. Resultados

### 5.1 Fase 1: Encuesta

1. Nombres y apellidos
  - 1. Mateo Rondón Vega
  - 2. Jorge Fernández
  - 3. Luz Nelida Cruz
  - 4. María Mónica Ibañez
  - 5. Sergio Emmanuel Espitia Fajardo
  - 6. Erlingsson Quiroz Hernandez
  - 7. Laura Margarita Gomez Pico
  - 8. Erika Mantilla
  - 9. Hildebrando Morales
  - 10. Fabian Leonardo Zambrano
  - 11. Andrés Sarmiento
  - 12 Carlos Mauricio Herrera Vargas
  - 13. Anyela Herrera
  - 14. Monica Infante
  - 15. Leiny Cepeda Olaya
  - 16. Laura Díaz Sánchez
  - 17. Silvia Jaimes
  - 18. Juan Esteban Carrillo
  - 19. Silvia Maldonado

- 20. Maria Teresa Duarte
  - 21. María Alejandra Caicedo
2. En que rango de edad se encuentra
- Entre 14 y 26 años (juventud)
  - Entre 27 y 59 años (adultez)
  - 60 o más años (persona mayor)

**Figura 8.** Resultado de la Pregunta 2 de la Encuesta



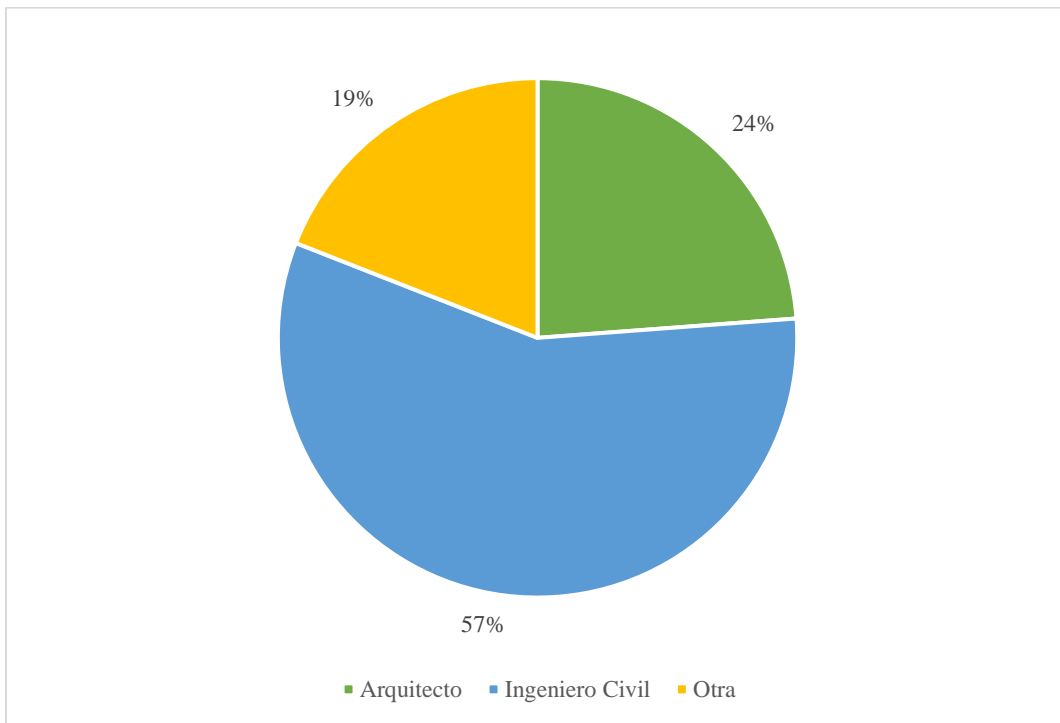
**Tabla 1.** Resultado de la Pregunta 2 de la Encuesta

Entre 14 y 26 años	Entre 27 y 59 años	60 o más años
10	11	0

3. ¿Cuál es su profesión?

- Arquitecto
- Ingeniero Civil
- Otra

**Figura 9.** Resultado de la Pregunta 3 de la Encuesta



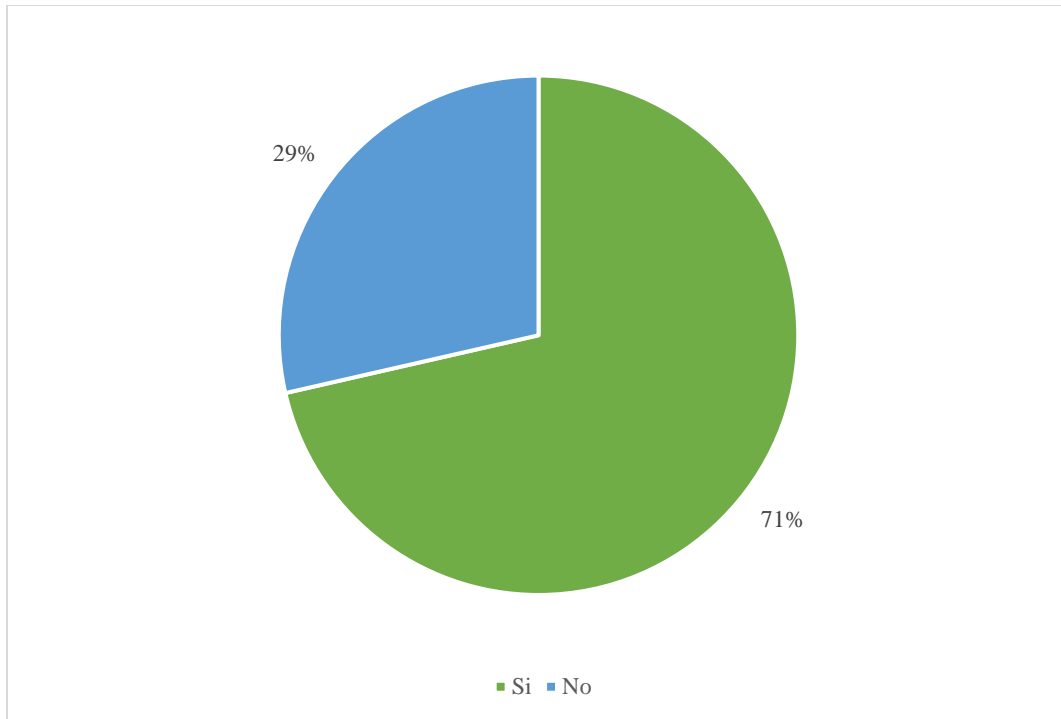
**Tabla 2.** Resultado de la Pregunta 3 de la Encuesta

Arquitecto	Ingeniero Civil	Otra
5	12	4

4. ¿Maneja usted algún software de diseño 2D o presupuestos?

- Si
- No

**Figura 10.** Resultado de la Pregunta 4 de la Encuesta

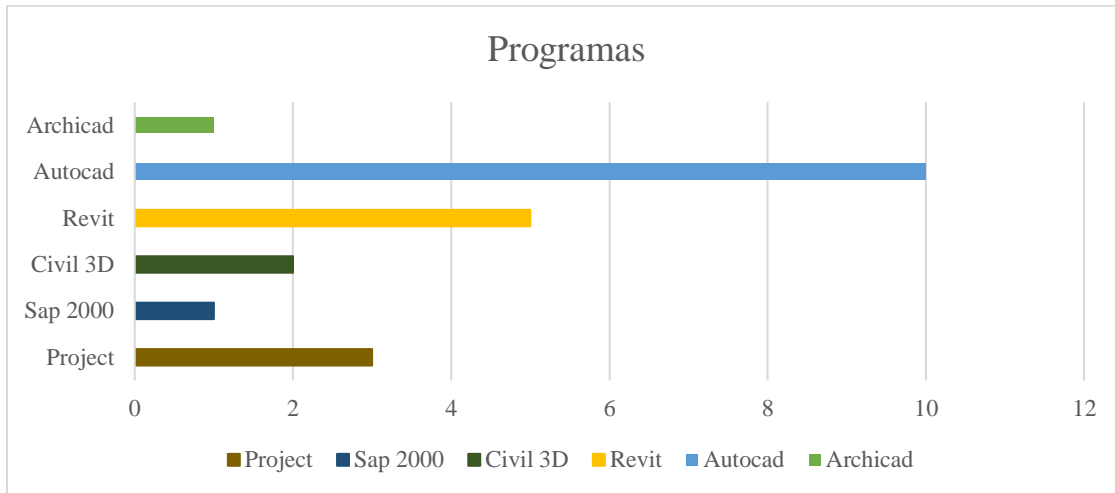


**Tabla 3.** Resultado de la Pregunta 4 de la Encuesta

Si	No
15	6

4.1 Si su Respuesta Anterior fue si Especifique Cuál

**Figura 11.** Resultado de la Pregunta 4.1 de la Encuesta



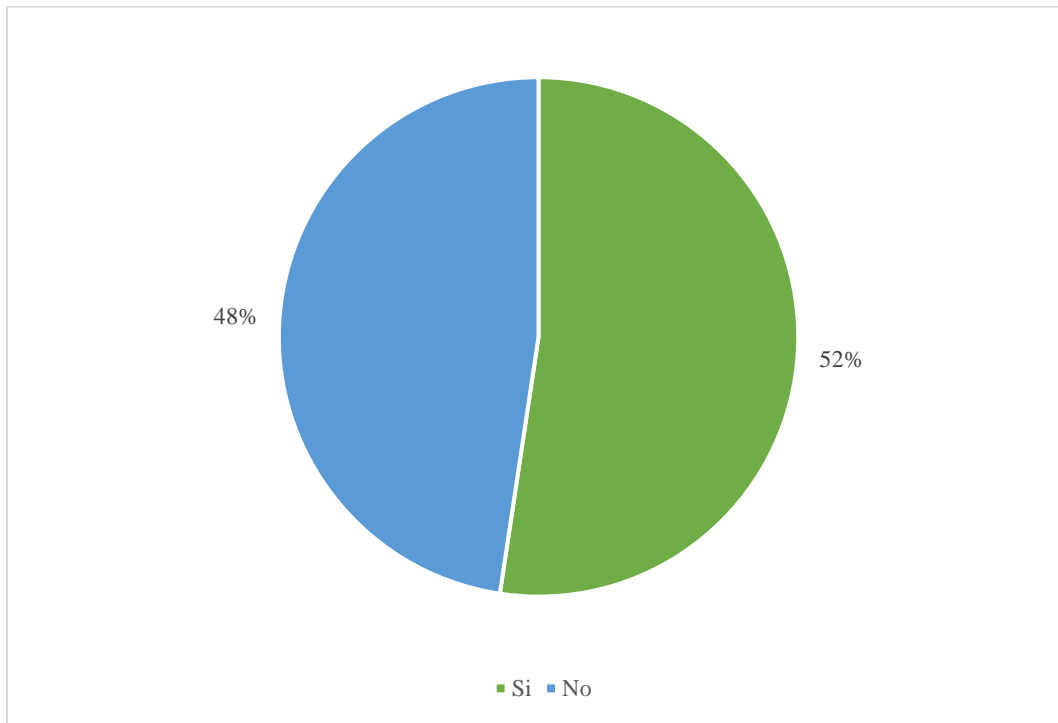
**Tabla 4.** Resultado de la Pregunta 4.1 de la Encuesta

Archicad	Autocad	Revit	Civil 3D	Sap 2000	Project
1	10	5	2	1	3

5. ¿Está usted relacionado con el tema de construcción sostenible?

- Si
- No

**Figura 12.** Resultado de la Pregunta 5 de la Encuesta



**Tabla 5.** Resultado de la Pregunta 5 de la Encuesta

Si	No
11	10

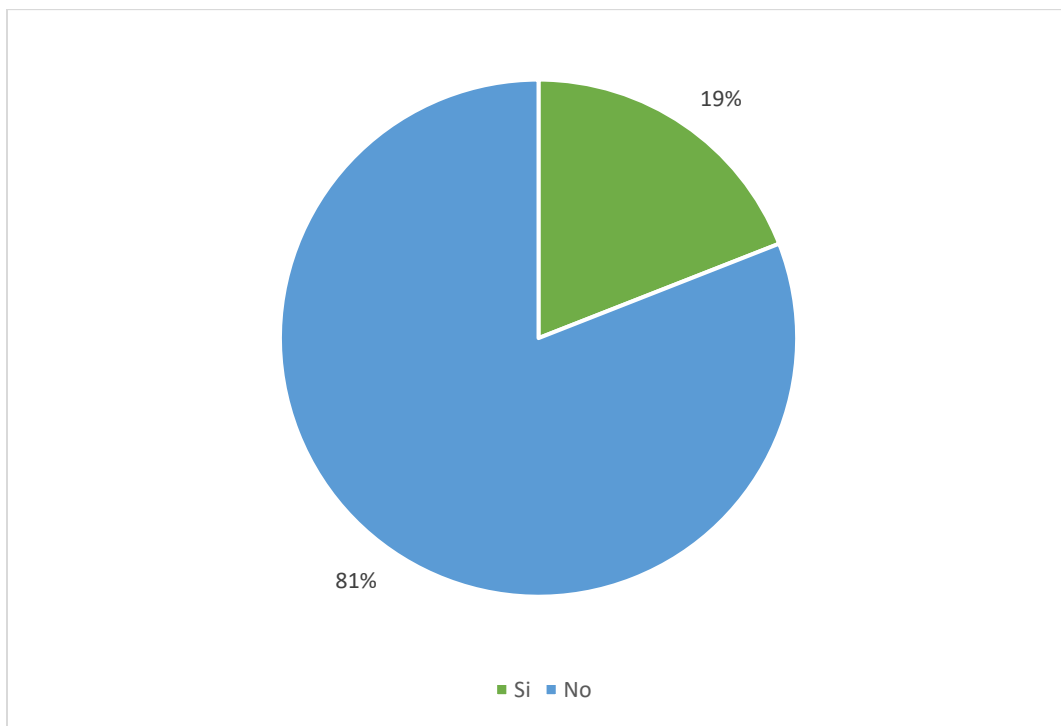
**Construcción Sostenible**

La construcción sostenible es el uso de medidas pasivas y activas, en diseño y construcción de edificaciones, que permiten alcanzar los porcentajes mínimos de ahorro de agua y energía, todo esto encaminado al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y el ejercicio de actuaciones con responsabilidad ambiental y social.

6. ¿Tiene algún conocimiento de la norma 0549 la cual tiene como objetivo establecer los porcentajes mínimos y medidas de ahorro en agua y energía que deben alcanzar las edificaciones nuevas?

- Si
- No

**Figura 13.** Resultado de la Pregunta 6 de la Encuesta



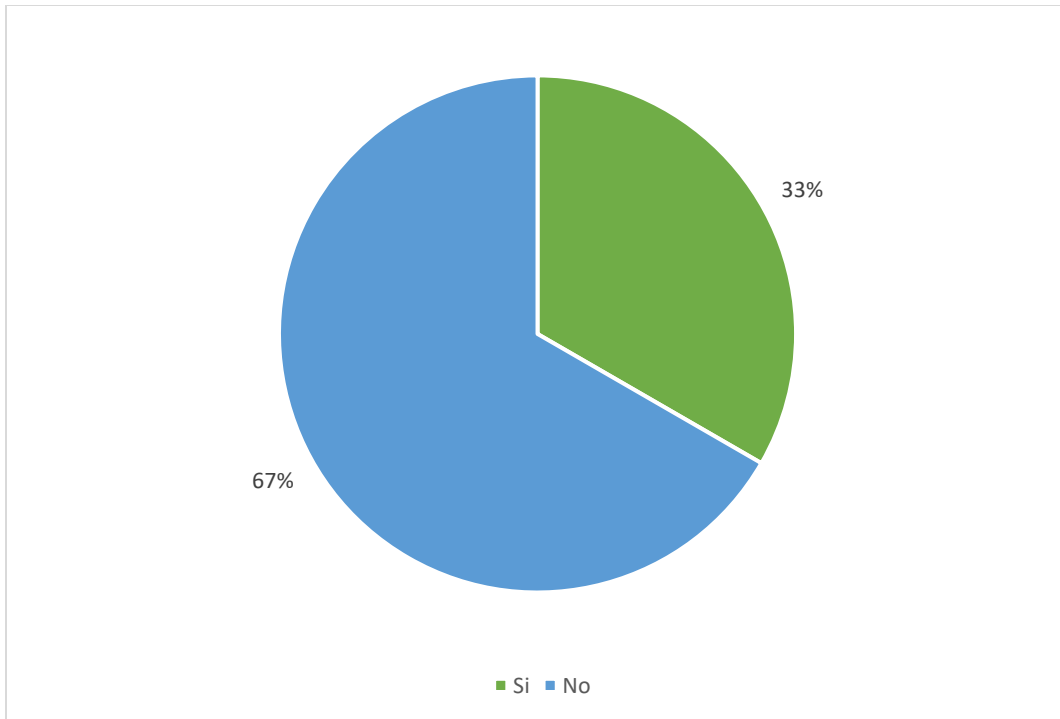
**Tabla 6.** Resultado de la Pregunta 6 de la Encuesta

Si	No
4	17

7. ¿Sabe usted que es una medida pasiva o activa para el ahorro de energía?

- Si
- No

**Figura 14.** Resultado de la Pregunta 2 de la Encuesta



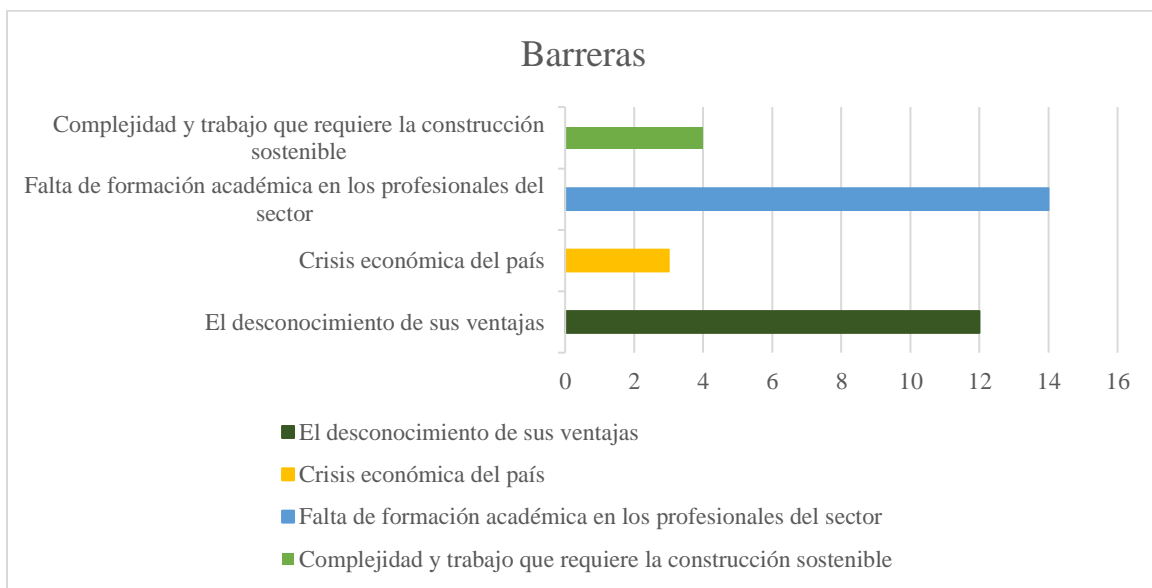
**Tabla 7.** Resultado de la Pregunta 7 de la Encuesta

Si	No
7	14

8. ¿Cuáles cree usted que son las principales barreras que nos impiden una correcta implementación de la construcción sostenible?

- El desconocimiento de sus ventajas.
- Crisis económica del país.
- Falta de formación académica en los profesionales del sector.
- Complejidad y trabajo que requiere la construcción sostenible.

**Figura 15.** Resultado de la Pregunta 8 de la Encuesta



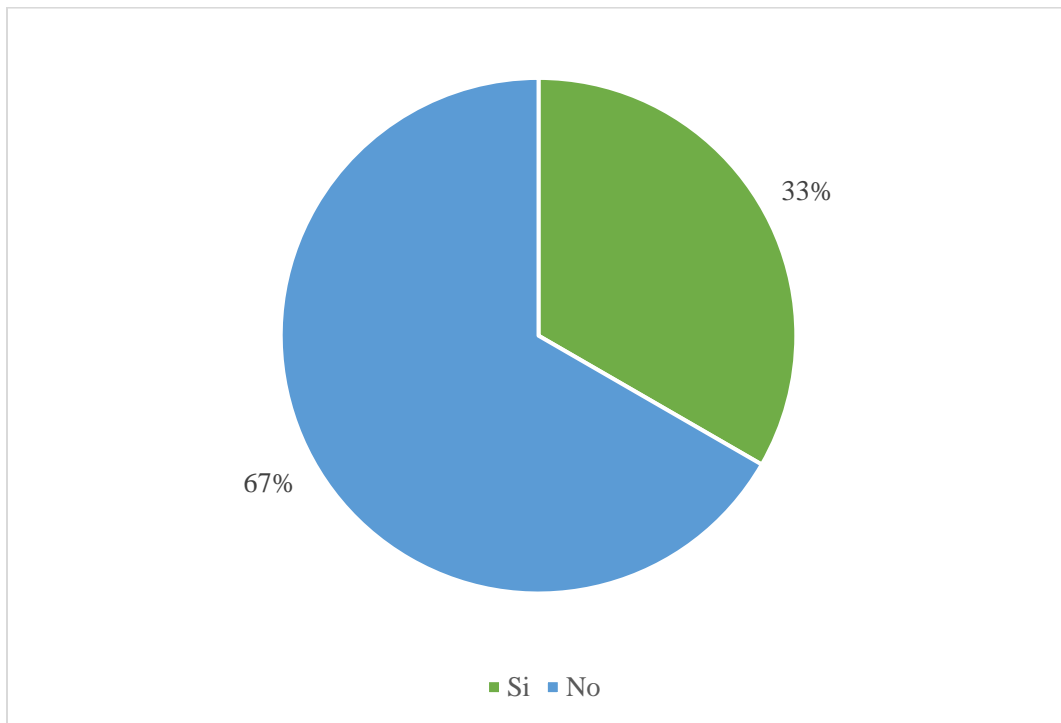
**Tabla 8.** Resultado de la Pregunta 8 de la Encuesta

Complejidad y Trab	Falta de Formación	Crisis Económica	Desconocimiento
4	14	3	12

9. ¿Usted aplica criterios de sostenibilidad en los roles que tiene en el sector de la construcción para el avance y la consolidación de esta?

- Si
- No

**Figura 16.** Resultado de la Pregunta 9 de la Encuesta



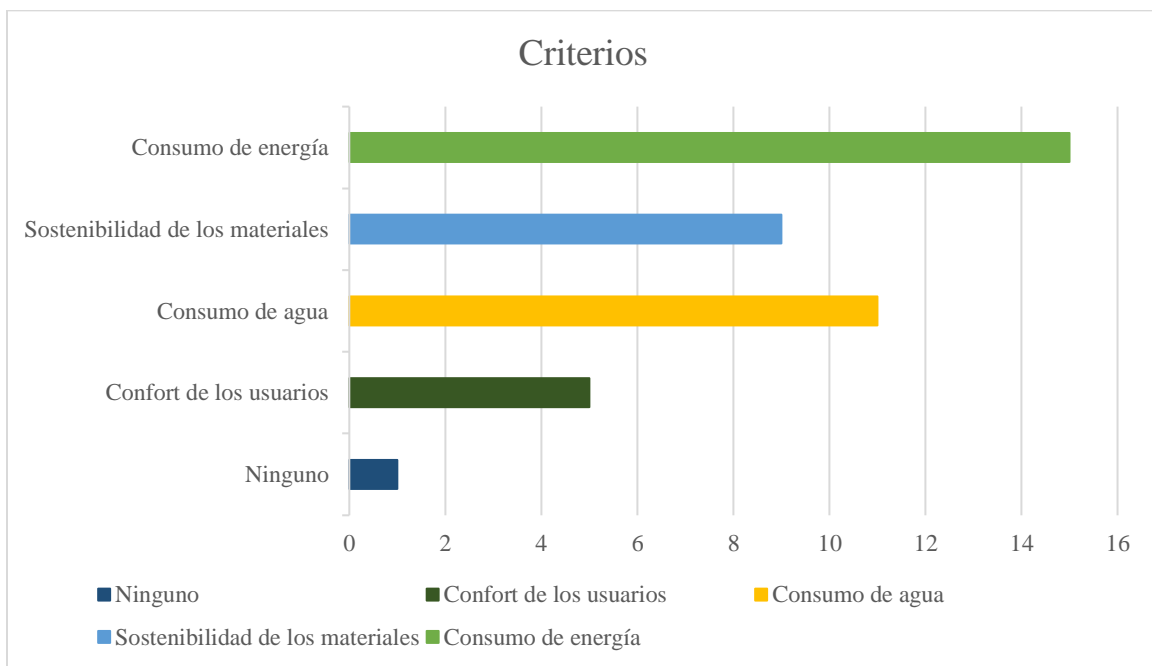
**Tabla 9.** Resultado de la Pregunta 9 de la Encuesta

Si	No
7	14

10. De los siguientes criterios de sostenibilidad cuales cree usted que son más importantes de implementar.

- Consumo de energía.
- Confort de los usuarios.
- Consumo de agua.
- Sostenibilidad de los materiales.
- Ninguno.

**Figura 17.** Resultado de la Pregunta 10 de la Encuesta



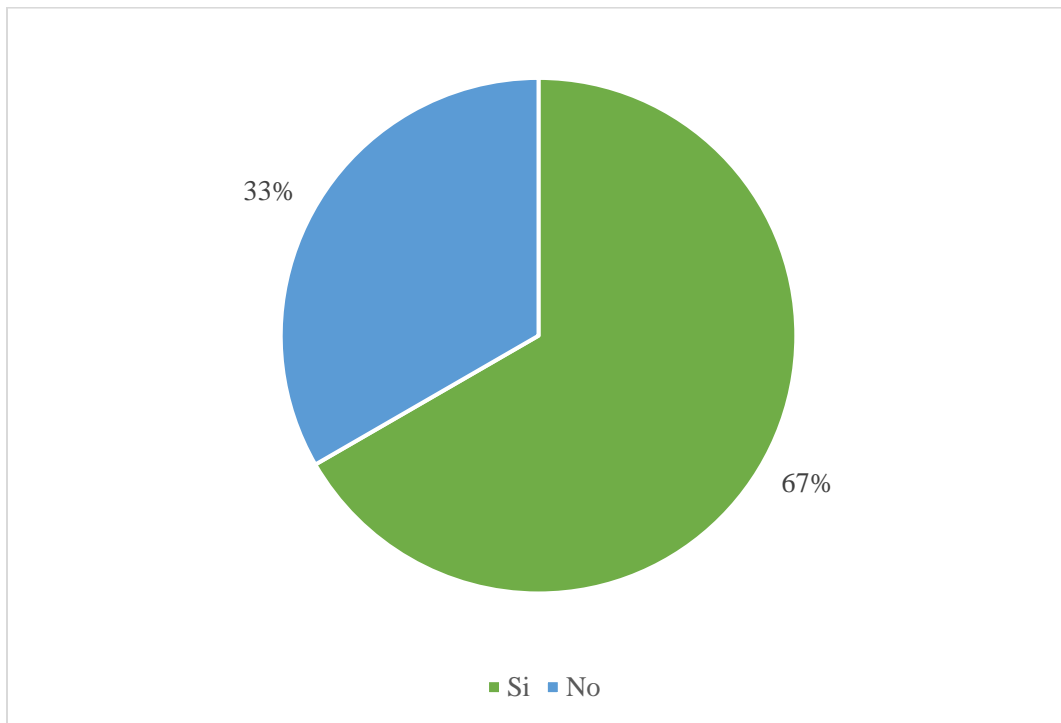
**Tabla 10.** Resultado de la Pregunta 10 de la Encuesta

Consumo Agua	Sostenibilidad	Consumo Energía	Confort	Ninguno
11	9	15	5	1

11. ¿Cree usted que una edificación sostenible tiene un precio superior frente a otra que no tenga principios de sostenibilidad?

- Si
- No

**Figura 18.** Resultado de la Pregunta 11 de la Encuesta



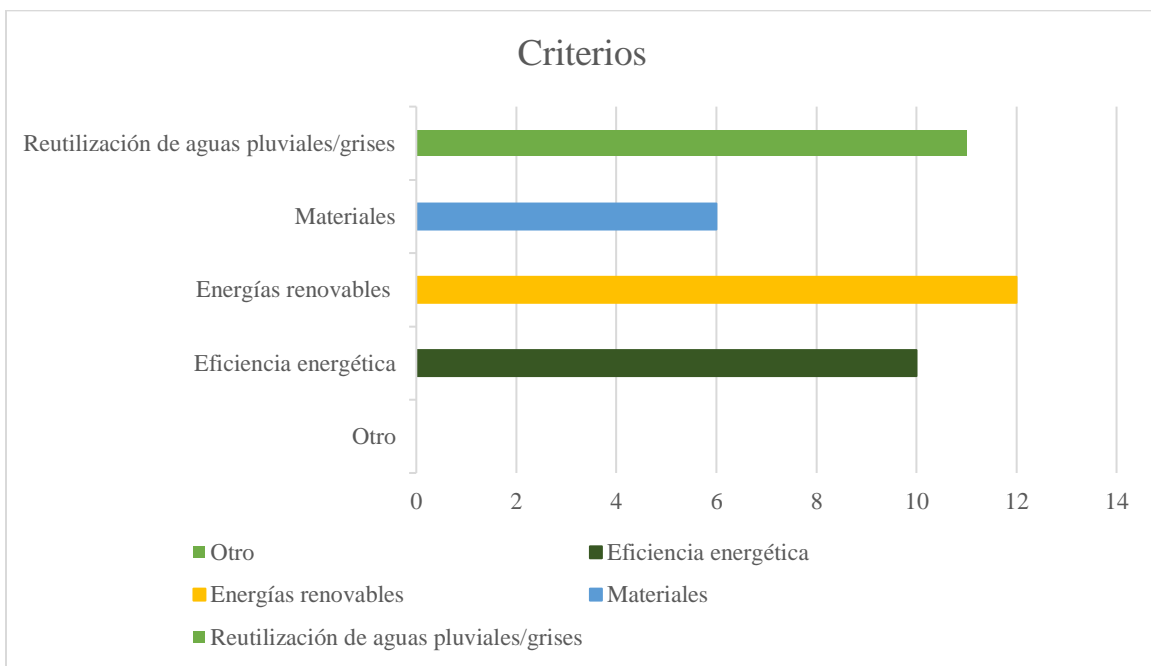
**Tabla 11.** Resultado de la Pregunta 11 de la Encuesta

Si	No
14	7

12. ¿En cuál de los siguientes criterios de sostenibilidad cree usted que se debe realizar la mayor inversión de dinero?

- Eficiencia energética
- Energías renovables
- Materiales
- Reutilización de aguas pluviales/grises
- Otros

**Figura 19.** Resultado de la Pregunta 12 de la Encuesta



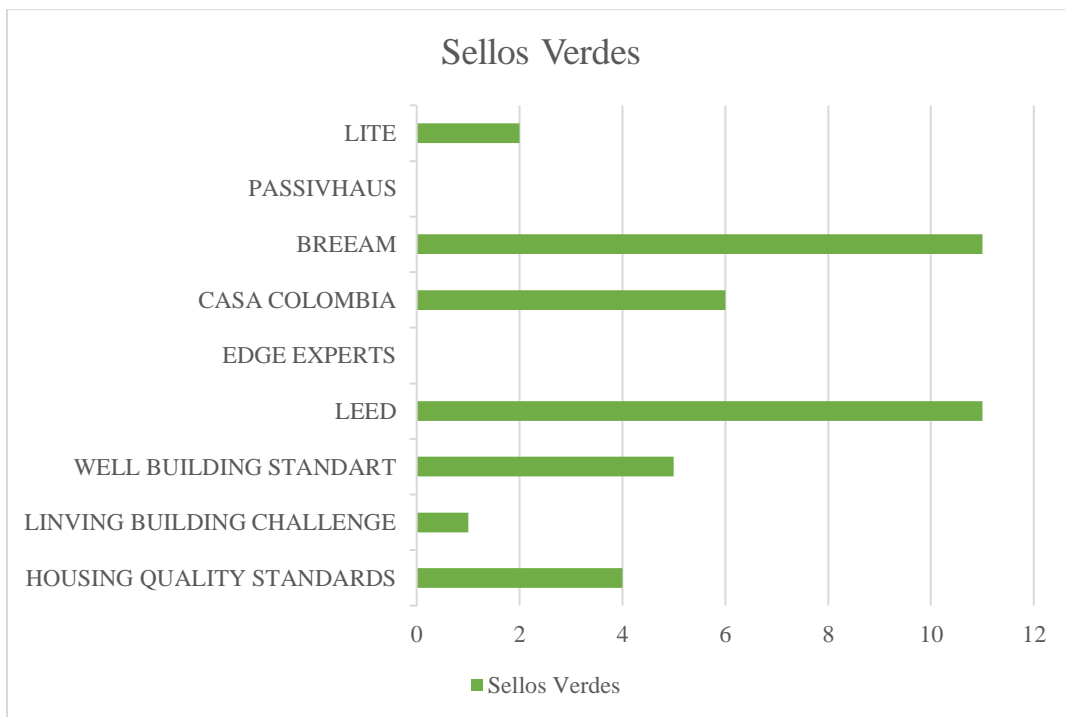
**Tabla 12.** Resultado de la Pregunta 12 de la Encuesta

Reutilización	Materiales	Energías	Eficiencia	Otro
11	6	12	10	0

13. Cuál de los siguientes sellos verdes conoce usted.

- LITE
- PASSIVHAUS
- BREEAM
- CASA COLOMBIA
- EDGE EXPERTS
- LEED
- WELL BUILDING STANDART
- LINING BUILDING CHALLENGE
- HOUSING QUALITY STANDARDS (HQS)

**Figura 20.** Resultado de la Pregunta 13 de la Encuesta



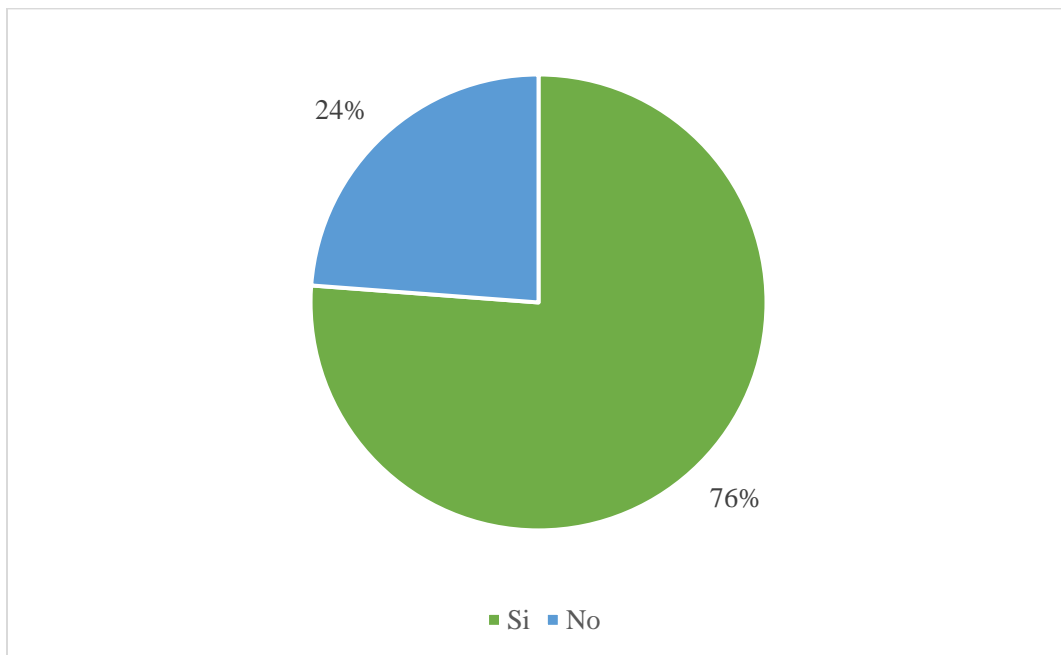
**Tabla 13.** Resultado de la Pregunta 13 de la Encuesta

LITE	PASSIV	BREEAM	CASA	EDGE	LEED	WBS	LBC	HQS
2	0	11	6	0	11	5	1	4

14. ¿Estaría dispuesto a pagar más dinero por un inmueble que tenga un certificado de sostenibilidad?

- Si
- No

**Figura 21.** Resultado de la Pregunta 14 de la Encuesta



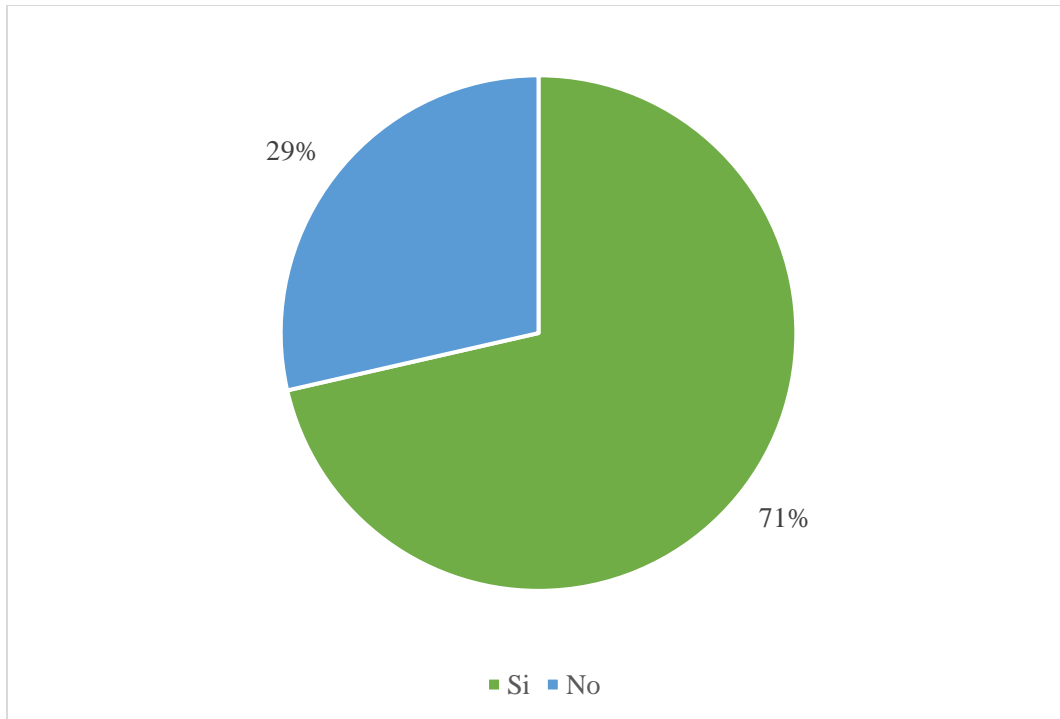
**Tabla 14.** Resultado de la Pregunta 14 de la Encuesta

Si	No
16	5

15. ¿Sabe usted que es metodología BIM?

- Si
- No

**Figura 22.** Resultado de la Pregunta 15 de la Encuesta



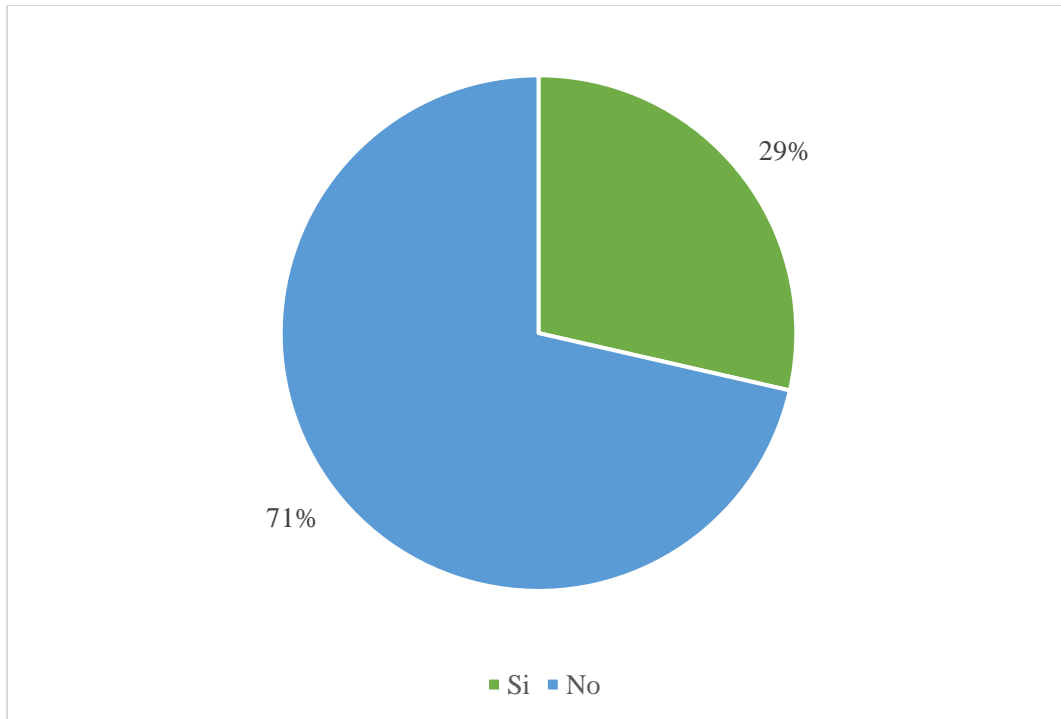
**Tabla 15.** Resultado de la Pregunta 15 de la Encuesta

Si	No
15	6

16. ¿Maneja usted algún Software BIM?

- Si
- No

**Figura 23.** Resultado de la Pregunta 16 de la Encuesta

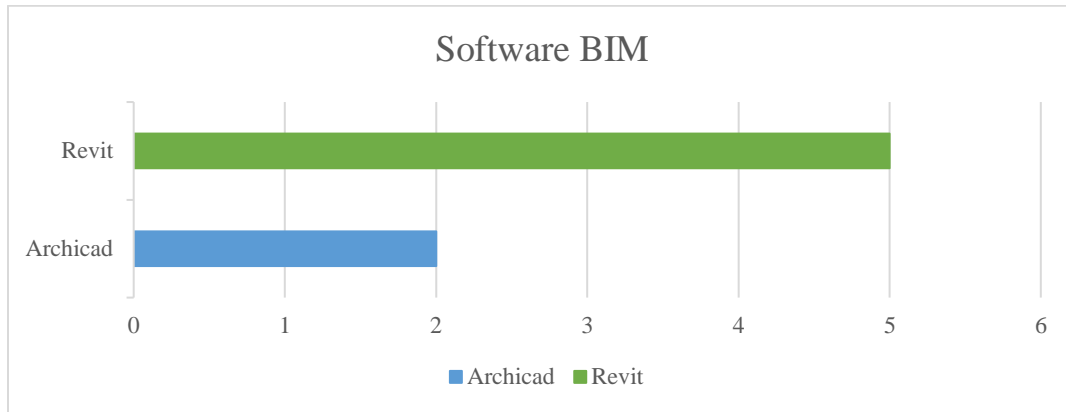


**Tabla 16.** Resultado de la Pregunta 16 de la Encuesta

Si	No
6	15

16.1. Si su respuesta anterior fue si, especifique su respuesta.

**Figura 24.** Resultado de la Pregunta 16.1 de la Encuesta



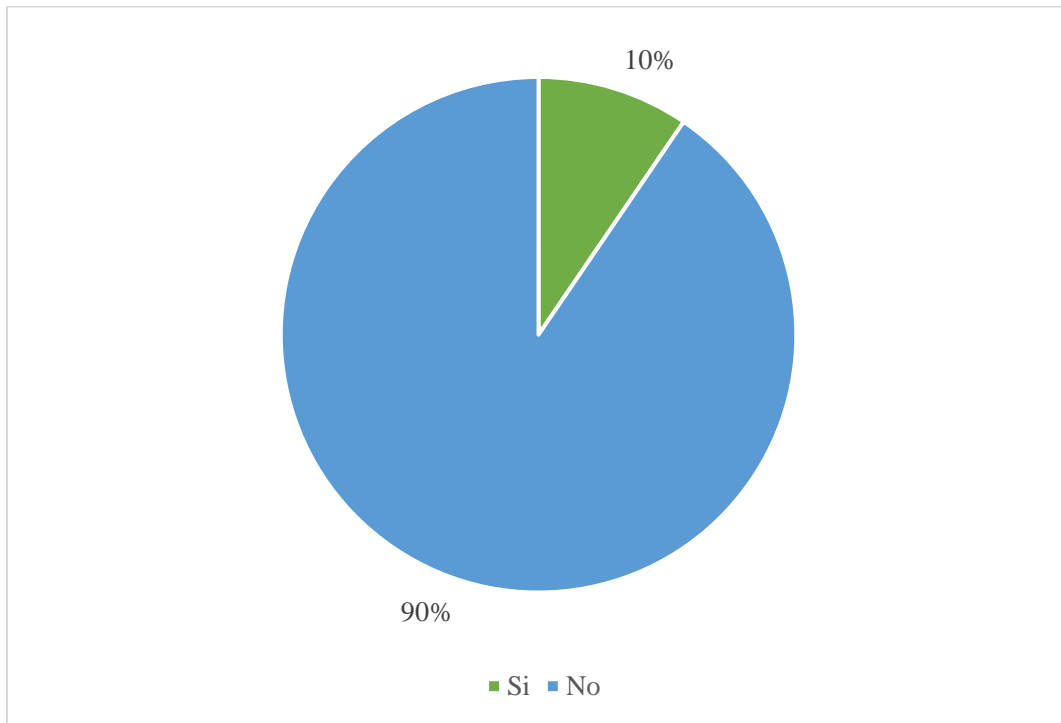
17. En llegado caso que maneje algún software BIM cuál fue la mayor dificultad que se le presento.

- Revit.
- Redes.
- Asociar tiempos.
- Poca información en nuestro idioma.

18. ¿Conoce alguna empresa que haya implementado la metodología BIM?

- Si
- No

**Figura 25.** Resultado de la Pregunta 18 de la Encuesta



**Tabla 17.** Resultado de la Pregunta 18 de la Encuesta

Si	No
2	19

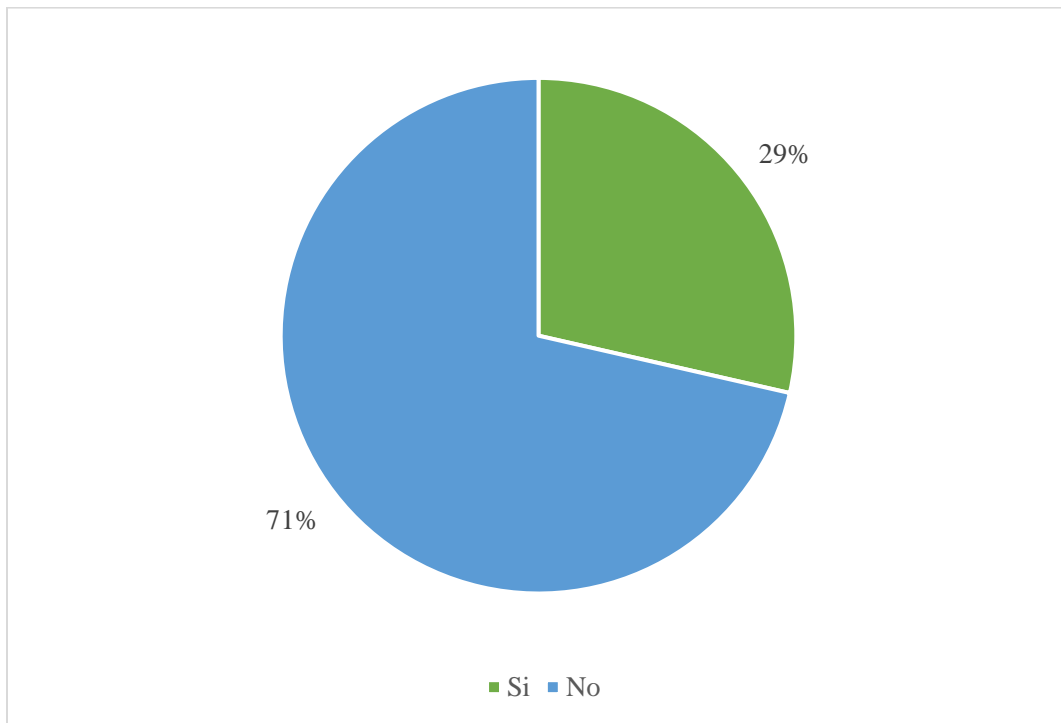
18.1. Si su respuesta anterior fue si, especifique cual.

- UIS Proyecto metro línea
- Edificio Sanitas

19. Conoce algún software BIM que realice simulaciones para analizar la sostenibilidad de una edificación

- Si
- No

**Figura 26.** Resultado de la Pregunta 19 de la Encuesta



**Tabla 18.** Resultado de la Pregunta 19 de la Encuesta

Si	No
6	15

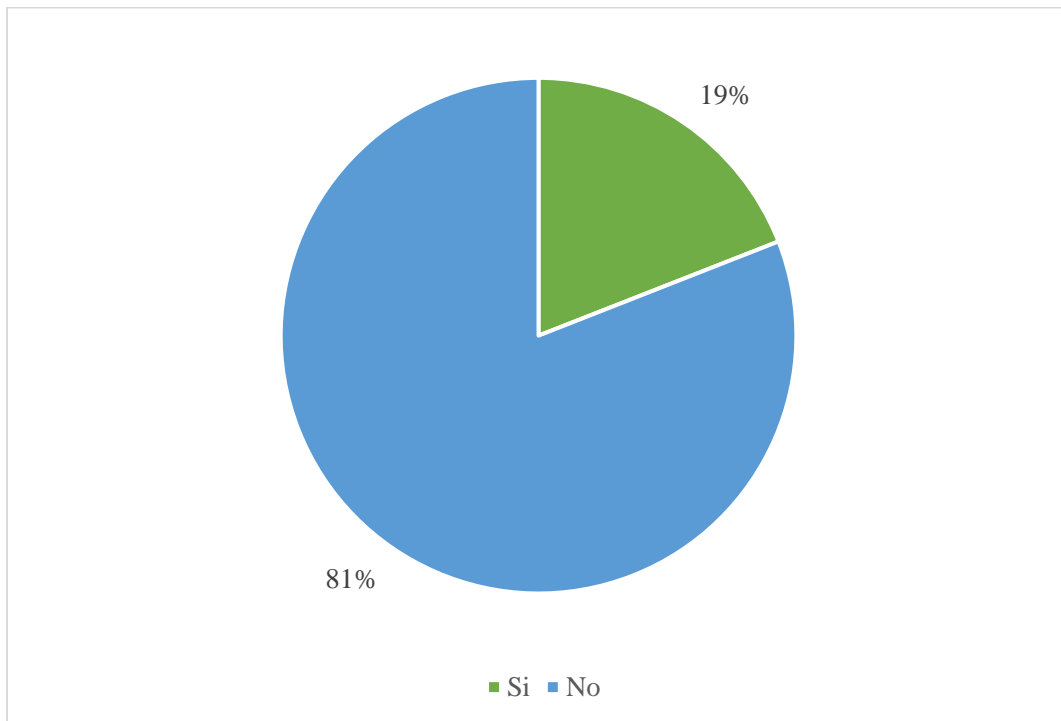
19.1. Si su respuesta anterior fue si, especifique cual.

- Revit
- Ecotec
- Sefaira
- Insight 360

20. ¿Sabe de algún proyecto que le hayan realizado un análisis de sostenibilidad?

- Si
- No

**Figura 27.** Resultado de la Pregunta 20 de la Encuesta



**Tabla 19.** Resultado de la Pregunta 20 de la Encuesta

Si	No
4	17

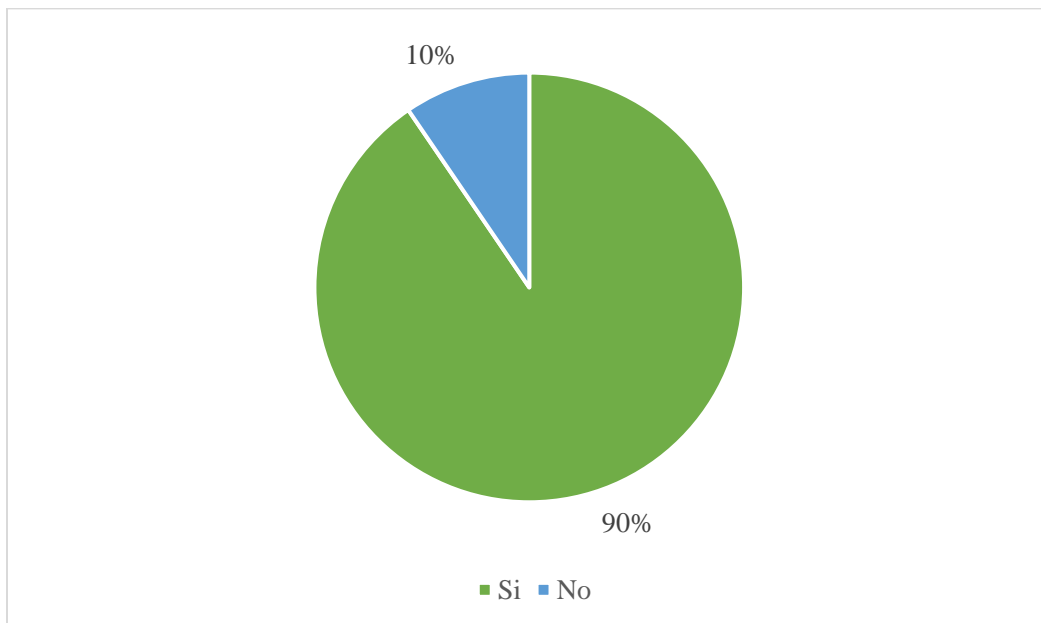
20.1. Si su respuesta anterior fue si, especifique cual

- Rio del Hato
- Casa Color Caribe
- Edificio Matorral, Medellín

21. ¿Cree que vale la pena realizar análisis de sostenibilidad a edificaciones ya construidas para poder mejorar su eficiencia?

- Si
- No

**Figura 28.** Resultado de la Pregunta 21 de la Encuesta



**Tabla 20.** Resultado de la Pregunta 21 de la Encuesta

Si	No
19	2

**5.2 Fase 2: Investigación de los Softwares**

**5.2.1 Autodesk Revit**

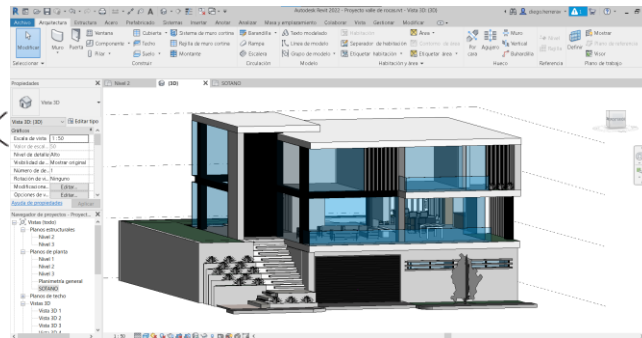
Es un software de diseño inteligente de modelado BIM para arquitectura e ingeniería, que facilita las tareas de diseño de proyecto y los procesos de trabajo.

Lo más característico de este software es que todo lo que se modela es mediante objetos inteligentes (familias paramétricas) obtenidos en 3D sobre la marcha a medida que vamos desarrollando el proyecto desde la planta baja hacia las plantas superiores.

**Figura 29.** Logotipo del Programa Revit.



AUTODESK  
REVIT

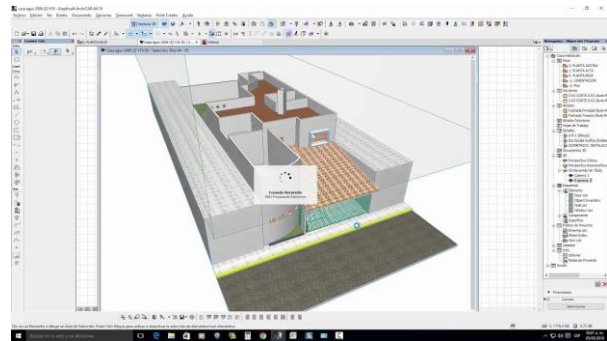


*Nota:* imagen fue extraída de Autodesk Revit y la segunda imagen fue fuente propia

### 5.2.2 Graphisoft Archicad.

Archicad actualmente es un software de modelación de construcción que permite un trabajo en 2D y 3D para Windows y Mac, se utiliza para la construcción y se encuentra asociada a BIM, esto es un gran apoyo para los equipos de construcción ya que en un solo diseño saca planta, cortes, fachadas y adicionalmente, genera un modelado que permite elegir los materiales y componentes de la edificación al igual que permite realizar muros, columnas, vigas, viguetas y adicional mente se genera puertas ventanas y mobiliario, gracias a esto podemos generar costos permitiendo realizar el cambio necesario sin alterar la edificación y también permite mirar alguna falencia o error que se encuentre en él.

**Figura 30.** Logotipo del Programa Archicad



*Nota:* Las dos imágenes fueron extraída de la agina de Archicad

### 5.2.3 Diseño Bioclimático.

**5.2.3.1 Meteonorm.** Gracias a los métodos de interpolación espacial, el programa proporciona las variables de clima en cualquier lugar del mundo y con su generador de tiempo simula un año típico. El archivo de datos de clima incluye datos horarios para diferentes parámetros

tales como la temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento, nubosidad, precipitaciones, etc. Se utiliza como base para el resto del software de simulación energética.

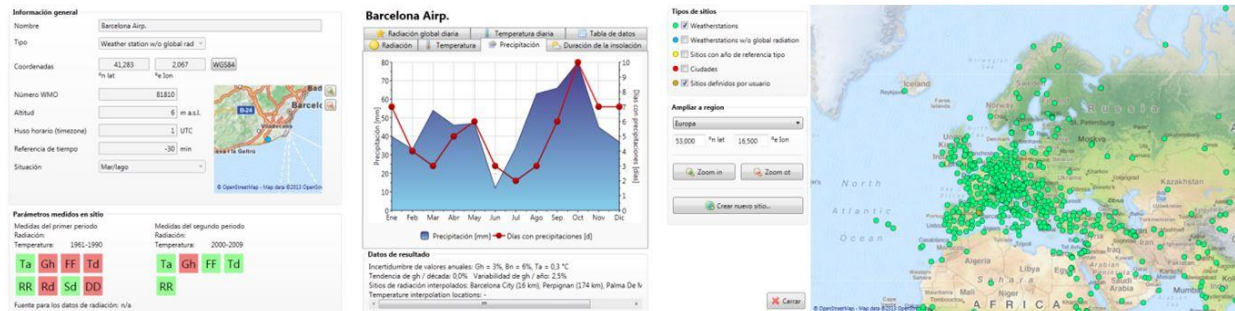
**Figura 31.** Logotipo del Programa Meteonorm



*Nota:* Imagen extraída de la página web del programa.

**5.2.3.2 WeatherTool.** Visualización completa y programa de análisis de datos climáticos horarios. Se reconoce una amplia gama de formatos de archivo meteorológicos. También ofrece una amplia gama de opciones de visualización, incluyendo gráficos 2D y 3D, así como rosas de viento y diagramas solares. Incluye un completo análisis psicrométrico y bioclimático. Una buena herramienta para evaluar el potencial relativo de los diferentes sistemas pasivos de diseño en la fase de pre-diseño.

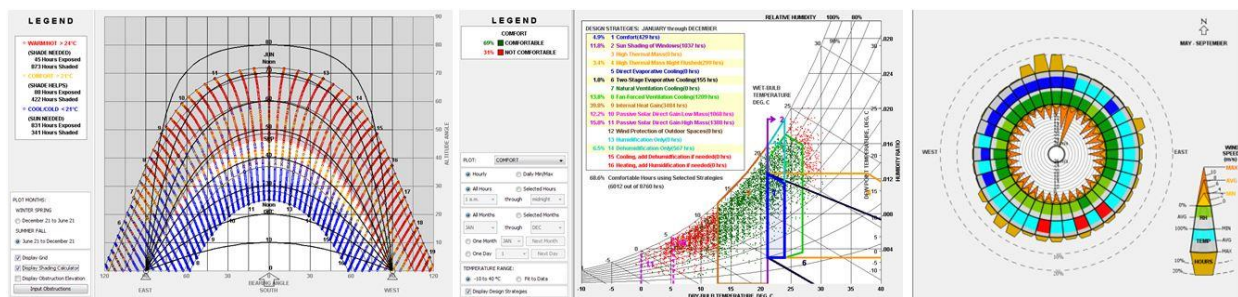
**Figura 32.** Programa WeatherTool



*Nota:* Imagen extraída de la página arquitectura y sostenibilidad

**5.2.3.3 Climate Consultant.** Programa informático que muestra los datos climáticos de muchas distintas maneras, incluyendo la temperatura, humedad, velocidad del viento, cobertura del cielo, la radiación solar, en 2D y 3D para todas las horas del año. También se generan diagramas solares con superposición de capas y posibilidad de filtrar en función de las horas o períodos de uso o cuando se requiere sombreado. El análisis gráfico psicrométrico muestra las estrategias de diseño pasivo más adecuadas en cada clima, mientras que la rosa de vientos muestra velocidades, dirección, temperatura y humedad coincidentes.

**Figura 33.** Programa de Climate Consultant



*Nota:* Imagen extraída de la página arquitectura y sostenibilidad

**5.2.4 Análisis y visualización de sombras. Análisis de la radiación solar. Análisis de luz diurna.**

**5.2.4.1 Ecotect.** Se basa en el concepto de que los principios de diseño ambiental se tratan más eficazmente durante las etapas conceptuales del proyecto. El software responde a esto proporcionando retroalimentación visual y analítica esencial, incluso a partir de la idea más simple,

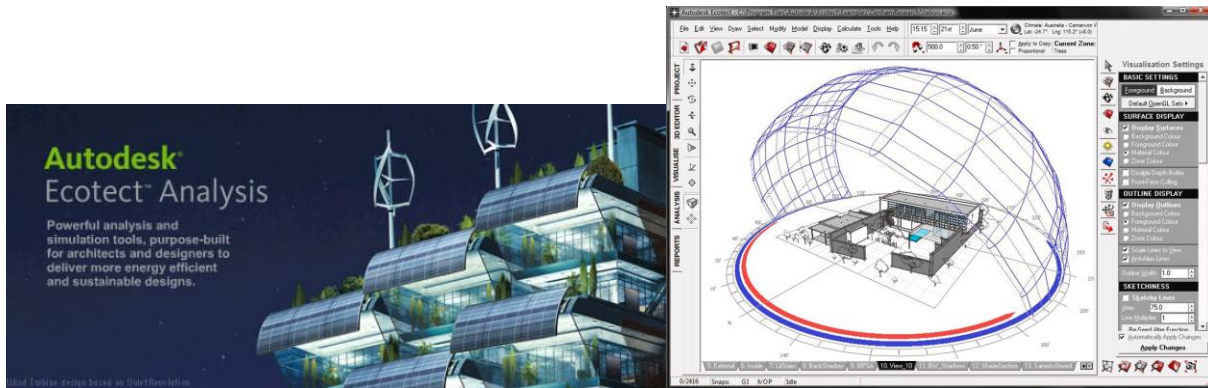
guiando progresivamente el proceso de diseño a medida que se va disponiendo de información más detallada. Sus características más importantes son:

La radiación solar: Visualizar la radiación solar incidente sobre las ventanas y superficies, en un mismo período.

La luz del día: Calcula factores de luz natural y los niveles de iluminancia en cualquier punto en el modelo.

Sombras y reflejos: Muestra la posición y ruta del sol relativa al modelo, en cualquier fecha, hora y lugar.

**Figura 34.** Programa Ecotect



*Nota:* Imágenes extraída de video de YouTube

### 5.2.5 Regulación de la radiación solar y la iluminación natural.

**5.2.5.1 ArchiWizard.** Visualización de sombras. Análisis de la radiación solar. Análisis de luz diurna y autonomía lumínica. Eficiencia energética del edificio. Dimensión y el rendimiento de paneles solares térmicos y fotovoltaicos.

Proporciona cálculos y mapeado 3D de iluminación y radiación solar, con una exacta interfaz gráfica (mapas solares y mejoras de las demandas de climatización, captación de energía solar con sensores, cálculo del factor solar y evaluación de las sombras proyectadas y obstrucciones, mapeado de iluminación natural y artificial).

**Figura 35.** Logotipo del Programa ArchiWizard

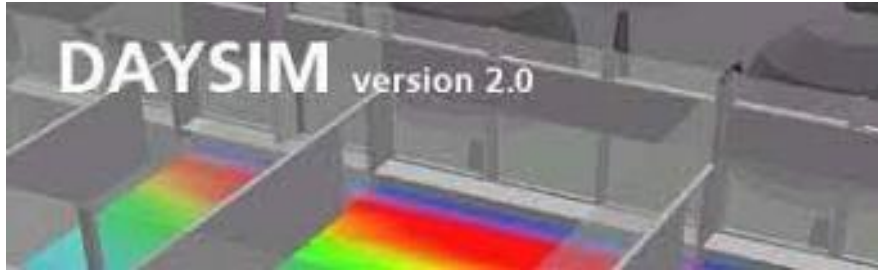


*Nota:* Imagen extraída de la página oficial.

**5.2.5.2 Daysim.** Este es un programa que realiza análisis de la iluminación natural y radiación y ayuda a realizar cálculos para reducir ciertos niveles de energía generando estrategias de ahorro en una edificación.

Daysim trabajo de la mano con Ecotect, una vez que se abra el programa se puede hacer ciertos cálculos, cambios horarios, perfiles de uso, tipos de iluminación, y cantidad de luz, una vez hecho esto Daysim me manda a una pestaña donde me muestra los valores del análisis y después se ingresa a Ecotect cargando los valores del análisis que me dio Daysim.

**Figura 36.** *Logotipo del Programa Archicad*



*Nota:* Imagen extraída de la página web

### **5.2.6** *Análisis de la luz artificial*

**5.2.6.1 DIALux.** Un programa para proyectar con la luz artificial y la visualización de los sistemas de iluminación interior y exterior. DIALux puede importar y exportar de/a todos los programas de CAD y genera visualización fotorrealista porque integra Raytrace. Más de 66 catálogos digitales gratuitos y archivos fotométricos que se pueden importar. Siempre toma en cuenta las últimas normas, regulaciones y estándares de cada país. DIALux puede calcular la luz del día, iluminación interior y exterior, iluminación de vías y alumbrado de emergencia.

**Figura 37.** *Logotipo del Programa DIALux*

# DIALux

*Nota:* Imagen extraída de la página de DIALux

### ***5.2.7 Análisis Energético en Edificaciones.***

**5.2.7.1 DesignBuilder.** Análisis dinámico de la eficiencia energética del edificio (análisis térmico) utilizando como motor de cálculo Energy Plus. Dinámica de Fluidos Computacional (CFD).

Proporciona una serie de datos de comportamiento ambiental, tales como: consumo de energía, los datos de confort interior y dimensionado de las instalaciones de climatización. Los datos de salida se generan a partir de la simulación detallada y sub horaria, utilizando el motor de cálculo Energy Plus. DesignBuilder puede ser utilizado para las simulaciones de muchos tipos de instalaciones de climatización habituales, edificios con ventilación natural, edificios con control de iluminación natural, fachadas dobles, estrategias avanzadas de protección solar, etc.

**Figura 38.** *Logotipo del Programa DesignBuilder*

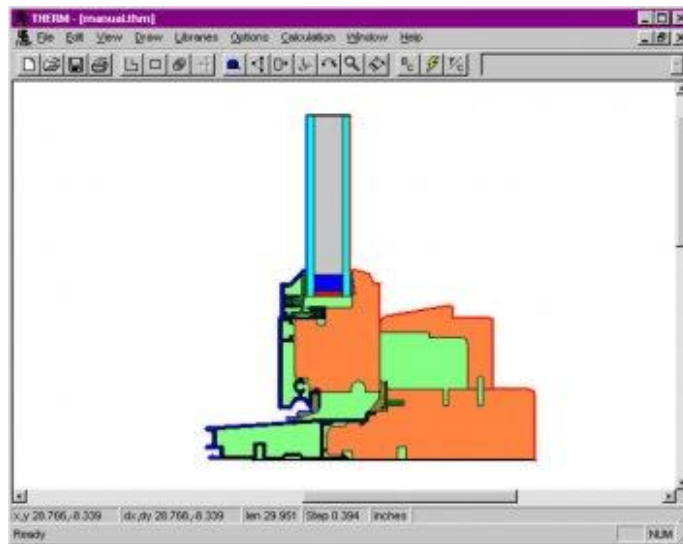


*Nota:* Imagen extraída de la página DesignBuilder

**5.2.7.2 Therm.** Análisis del Calor en 2D generado a través de los materiales que tenemos en una construcción como ventanas cerramientos y más elementos, que pueden ser analizados.

Al usar esta aplicación se puede usar una imagen escalarla y generar el plano en el programa, pudiendo seleccionar los materiales que va usar como el hormigón, o se puede buscar el tipo de material que se va usar. Ya seleccionado el material, se pone que temperatura va tener cada lado del muro interior y exterior. Al realizar este paso, muestra un puente térmico, ilustrando con un gráfico térmico cuales son los problemas que se encuentran en él, dando así una posible solución o que material se puede cambiar.

**Figura 39.** Programa Therm



*Nota:* Imagen extraída de Therm software

### **5.2.8 Estudios Aerodinámicos y Ventilación Eficiente.**

**5.2.8.1 Cype.** Cálculos de eficiencia energética del edificio. Análisis del ciclo de vida (ACV).

Es un extenso software, con muchos módulos y completas aplicaciones. Uno de los módulos se utiliza para diseñar edificios, de acuerdo con los códigos constructivos españoles, portugueses y franceses.

También se ha desarrollado para el cálculo de la eficiencia energética del edificio, utilizando EnergyPlus como un motor de cálculo de la demanda térmica.

**Figura 40.** Logotipo del Programa Cype



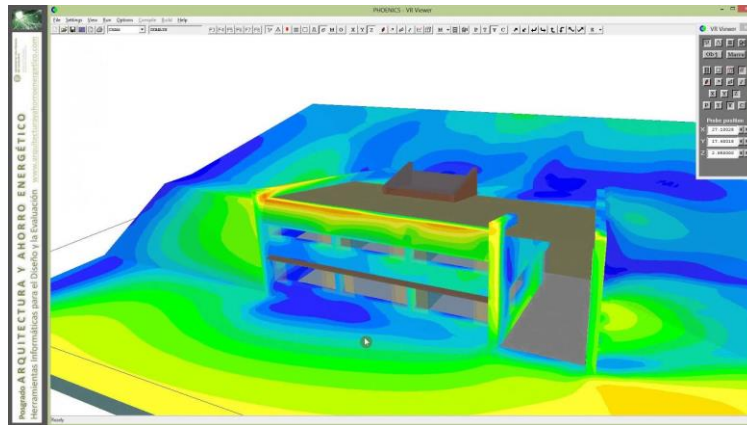
*Nota:* Imagen extraída de la página Cype

**5.2.8.2 Phoenics.** Esta analiza los flujos de aire, ayudando a calcular posibles estrategias de solución.

El software analiza el flujo de aire y transferencia de calor entre materiales, verificando el sistema pasivo pensado para la ventilación del edificio, ya sea chimeneas o muros. Luego de haber analizado la edificación con el viento, se hacen los cálculos de la velocidad del viento sobre los

objetos que tiene el edificio. También se pueden también verificar las direcciones de los vientos dentro el edificio y en donde se estancaría el aire. Todo esto se ve en 3D, con una gráfica con señalizaciones.

**Figura 41.** *Programas Phoenix*



*Nota:* Imagen extraída de YouTube

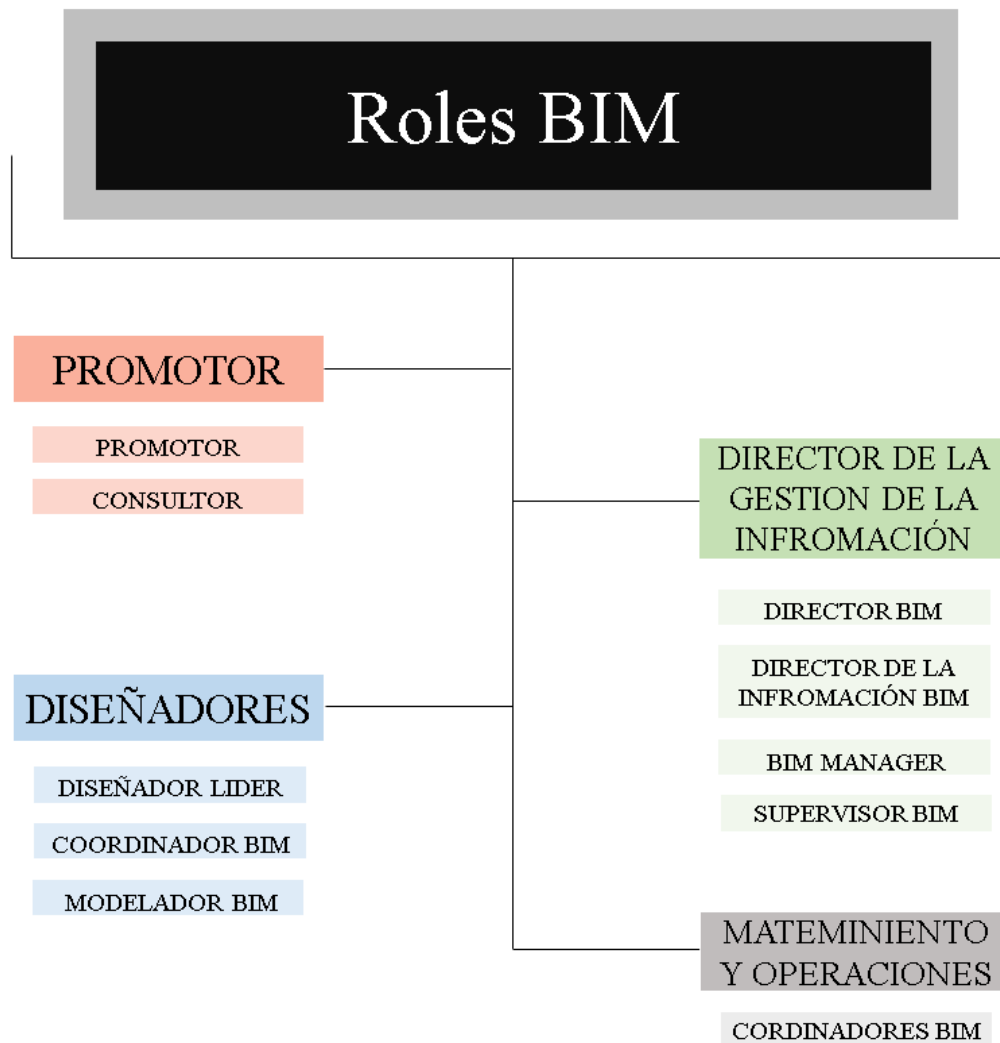
### 5.3 Fase 3: Establecimientos de roles

Para concretar los roles se hizo una recopilación de datos bibliográficos de documentos obtenidos de diferentes ramas del are de la construcción de la metodología BIM implementándolo a escala global con esto lo adaptaron y lo implementaron al país.

Encontramos 4 grandes pilares en los roles que cumplen con la gestión del proyecto a construir. Uno de los primeros es el promotor. Su función consiste en la demostración del producto al cliente. El segundo pilar es el director de la gestión de la información. En tercer lugar, está el director de la gestión del diseño, que tiene una gran importancia en el proceso del enfoque e investigación. Por último, se encuentra con los encargados de manteamiento y operaciones.

La elección del rol presenta atención en al detalle en la fase de diseño, por lo que hay suficiente información para las siguientes fases. El reconocimiento de los roles puede ser considerado como un subgrupo de trabajo en el equipo de trabajo BIM porque existen diferentes disciplinas que necesiten ser subcontratadas.

**Figura 42.** *Cuadro de Roles*



*Nota:* Imagen adaptada del material bibliográfico y su autoría corresponde a los autores

### **5.3.1 Promotor**

**5.3.1.1 Promotor.** Persona u organización que decide poner en marcha y financiar el proyecto BIM, siendo el encargado de definir lo que necesita el proyecto, ya que están en sus necesidades y requisitos, siendo la persona que dirige y controla los equipos de trabajo.

**5.3.1.2 Consultor del promotor.** Es el o los profesionales que están encargado de asesorar al cliente sobre los temas que no tiene conocimiento en el proyecto y lo ayuda a resolver inquietudes y lo asesora en toma de decisiones y otras responsabilidades sus funciones son recomendar o asesoras al cliente, conocimiento del proyecto, y hacer parte del equipo de trabajo.

### **5.3.2 Director de la gestión de la información**

**5.3.2.1 Director BIM.** Persona nombrada por el cliente para liderar y gestionar el equipo de proyecto BIM, cumpliendo con los requisitos del promotor, realizando un análisis del progreso y estado del proyecto, haciendo un plan de presupuesto e itinerario.

Funciones y responsabilidades:

- Desarrollar los protocolos BIM.
- Definir los objetivos y usos BIM.
- Desarrollar el plan de proyecto.
- Definir el alcance del proyecto.
- Desarrollar el acta de constitución del proyecto.
- Seleccionar, conformar y liderar el proyecto.

- Identificar y evaluar a los agentes intervinientes en el proyecto.
- Generar el plan de gestión del proyecto, incluyendo: alcance, presupuesto y cronograma.
- Gestionar y controlar los riesgos.
- Gestionar los cambios en el proyecto.
- Gestionar la calidad.
- Mantener el proyecto en coste y plazo.
- Hacer el seguimiento e informar del progreso y estado del proyecto

**5.3.2.2 Director de la información BIM.** Gestiona y controla el flujo de información entre todos los agentes que intervienen en los proyectos y es responsable que todos dispongan de la información adecuada en el momento oportuno para que se puedan realizar cambios importantes y necesarios en el proyecto.

El director debe tener acceso a la información adecuada para crear y desarrollar sus responsabilidades. Además, debe tener conocimiento sobre la metodología BIM, coordinación de datos en plataformas, gestión de proyectos, experiencia de modelación y conocimiento de los software y programas que se utilizarán.

**5.3.2.3 BIM Mánager.** Es la persona encargada por el equipo de gestión del proyecto y promotor, convirtiéndose en el responsable de la calidad digital y el uso de la metodología BIM. También coordina el modelado del proyecto con todos los equipos. Implementa la integración de los modelos y sus disciplinas en el proyecto. Además, es el comunicador de los beneficios y dificultades del BIM.

Sus funciones y responsabilidades son:

- Proponer y coordinar la implementación y cumplimiento BIM en (BEP).
- Flujos de trabajo en proyectos.
- Manual usuario BIM.
- Respaldo del trabajo colaborativo del equipo de diseño.
- Uso de software
- Gestión de modelo
- Entablar flujos de trabajo y requisitos
- Apoyo técnico

**5.3.2.4 Supervisor BIM.** Es el encargado de por el equipo directivo de la realización de aprobación y supervisar procesos y operaciones. La empresa está encargada de realizar monitoreo para asegurar de que cumpla con las normas de seguridad y requerimientos del proyecto. Tiene un conocimiento de la metodología BIM, conocimiento en normas BIM, condimento en informes y procesos.

### **5.3.3 Diseñadores**

**5.3.3.1 Diseñador BIM** Es quien administra el diseño, incluyendo la aprobación y desarrollo de la información. Es quien confirma los resultados de diseño del Equipo de Diseño del Proyecto, firma y aprueba la documentación para la coordinación del diseño de detalle antes de ser compartida.

Funciones y responsabilidades:

- Administrar el diseño
- Tiene en cuenta los pilares de la sostenibilidad
- Aprobar y desarrollar la información.
- Aprobar los resultados del Equipo de Diseño del Proyecto.

**5.3.3.2 Coordinador BIM** Coordina el trabajo que se implica para cumplir con los requisitos necesarios. Controla y asegura la calidad de proyectos, con el fin de que esto sea compatible con otras disciplinas. Debe tener conocimiento de herramientas y programas. Observa los modelos para cumplan con sus estándares y que sean utilizados por otros agentes y, con esto, se prueba la calidad de los entregables. Comprende el intercambio para implementar el flujo de trabajo en colaboración con el proceso BIM.

Funciones y responsabilidades:

- Experiencia en coordinación de proyectos
- Conocimiento de la metodología
- Experiencia a en procesos BIM
- Conocimiento de construcción
- Proceso arquitectónicos
- Conocimiento en diseño y software
- Planear procesos administrativos de proyectos
- Debe saber de normas

**5.3.3.3 Modelador BIM** Es la persona responsable del modelado de acuerdo con los criterios recogidos por el equipo. El modelador BIM debe tener conocimiento de software para

desarrollar su actividad, siguiendo los lineamientos y protocolos del proyecto. Debe dominar el uso de varios programas para poder agregar nuevos componentes o editar e implementar cualquier percance que se encuentra en el proyecto y poder realizar un buen entregable con todo lo pedido.

Funciones y responsabilidades:

- Debe estar especializado en construcción, ya que “se modela como se construye”.
- Proporciona información fundamental para todas las disciplinas involucradas utilizando herramientas de software BIM.
- Creación de visualizaciones 3D, añadir elementos de construcción para los objetos de la biblioteca y enlace de datos del objeto.
- Debe tener conocimiento de software
- Hace el estudio adecuado de la eficiencia energética, la materialidad, salubridad y agua
- Debe seguir en su trabajo los protocolos de diseño.
- Coordina constantemente y con cuidado su trabajo con las partes externas tales como

**5.3.3.4 Análisis bioclimático** puede ser una persona o un grupo de personas encargas de realizar respectivos estudios de bioclimática en donde se enfocan en los 4 pilares que son eficiencia energética, salubridad, materialidad y agua, con esto se otorgan certificados de acuerdo con el estudio que se realice y como el diseñador y el modelador lo propusieron según sus normas y como favorezca a la edificación.

Funciones y responsabilidades:

- Tener conocimiento de software
- Conocimiento de la metodología

- Creación animación y visualizaciones en 3D
- Conocimiento en diseño
- Debe saber de normas

### ***5.3.4 Mantenimiento y operaciones***

**5.3.4.1 Coordinador BIM.** Es el agente responsable de coordinar el trabajo dentro de una misma disciplina, con la finalidad de que se cumplan los requerimientos del director técnico BIM. Realiza los procesos de chequeo de la calidad del modelo BIM, y que éste sea compatible con el resto de las disciplinas del proyecto mirando la calidad de los entregable y tiene conocimiento de los de intercambiar información con otros grupos y que cumplan sostenibilidad y todas las normas requeridas.

Funciones y responsabilidades:

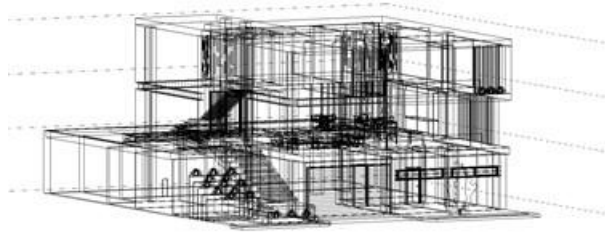
- Conocimiento de la metodología BIM
- Planear procesos administrativos
- Conocimiento de las normas
- Conocimiento del proceso constructivo

### ***5.3.5 Nivel de Desarrollo BIM (NDB)***

El nivel de desarrollo BIM (NDB) hace referencia al grado de información del diseño BIM, en donde están incorporando información geométrica del diseño y se especifica de acuerdo a la información que este traiga y se gradúa de 100 a 500, donde 500 está más completo y 100 ya es

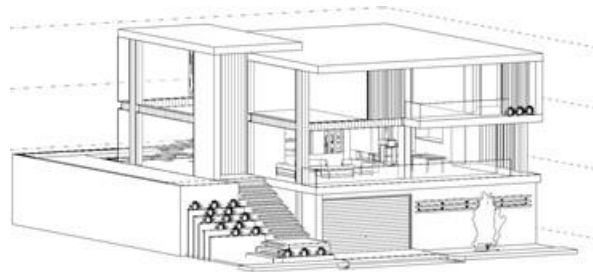
un esquema de boceto de menor información. En las siguientes imágenes podemos encontrar una mejor explicación de estos niveles.

**Figura 43.** *Nivel de Desarrollo BIM*



NDB 100

En la imagen vemos unas líneas que hacen parte de un concepto, pero es solo el inicio de este. La imagen brinda información que no es precisa, pero se usa más en la fase de conceptualización.



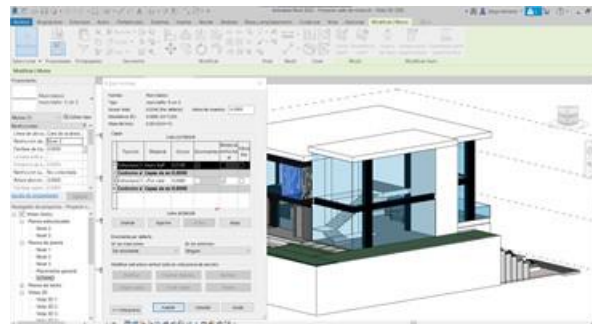
NDB 200

La información mostrada es un boceto más claro, mostrando ya una volumetría, permitiendo mostrar lo que se plantea realizar en el proyecto mostrando como un diseño conceptual.



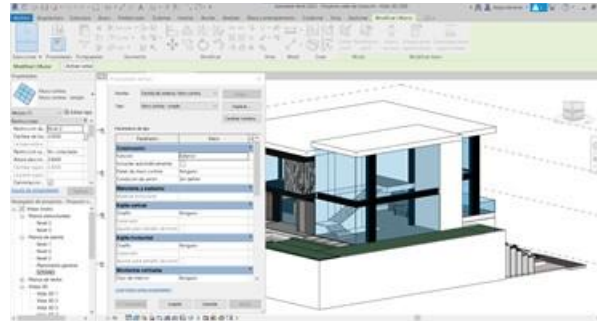
### NDB 300

El volumen ya contiene más información de la materialidad y en volumetría, permitiendo mostrar un mejor concepto en el proyecto en la fase de diseño.



NDS 400

Este nivel se empieza mostrar con detalle la materialidad, y el material que se piensa utilizar en toda la edificación, seleccionando en la barra de herramientas su grosor y sus especificaciones y todos los detalles de su instalación.



NDB 450

Se plantea la cantidad de tamaños, las medidas, los precios y la ubicación de cada material en diferentes zonas del proyecto, proporcionando un presupuesto e información de costos de toda la materialidad, siendo ya el diseño definitivo.



NDB 500

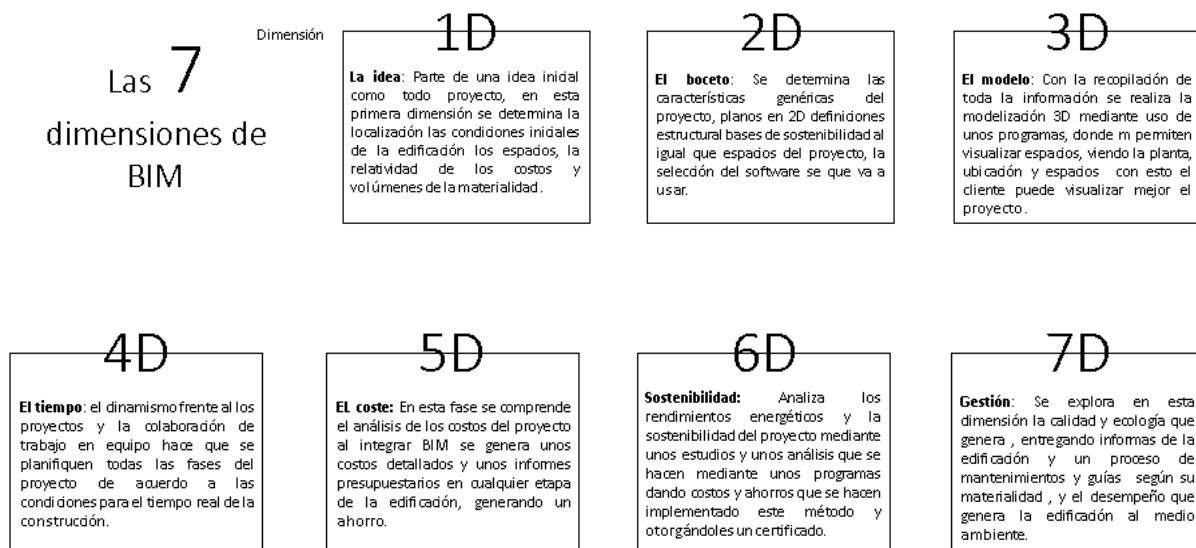
Lleva cabo ya toda la información exacta que va a llevar el proyecto, además de la materialidad, y se ve específico para comenzar con el proyecto. También contiene toda la información de usos y mantenimiento.

**5.3.6 Dimensiones BIM**

La metodología BIM contiene fases del ciclo de vida de la edificación y cada una sirve para efectuar una función y así poder genera la edificación. Este contiene 7 dimensiones, comenzando con la idea hasta la construcción y la conceptualización de la edificación.

Con el fin de que con este método pueda implementar una mejor ejecución del proceso de realización y de diseño de una forma ordenada, es necesario entregar informes generados por varios equipos de trabajos responsables del diseño y la ejecución del trabajo, teniendo un conocimiento previo a esta metodología.

**Figura 44. Dimensiones BIM**

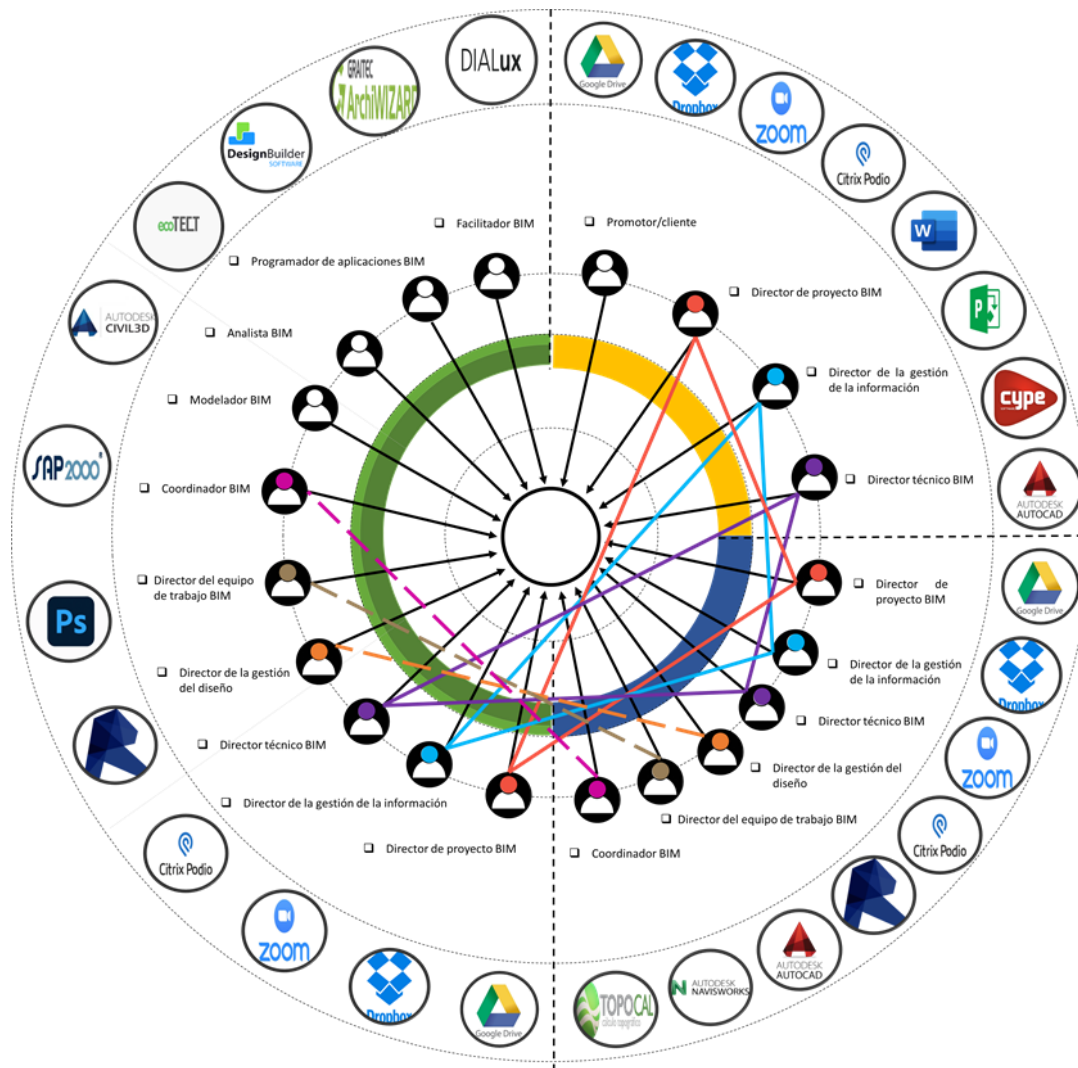


*Nota:* Imagen adaptada del material bibliográfico y su autoría corresponde a los autores

5.3.7 Modelos de trabajo

5.3.7.1 Modalidad e interacción de trabajo. En la siguiente imagen se puede observar la modalidad de trabajo del equipo BIM, donde se organizan según el equipo de trabajo en el esquema podemos ver cómo es esta modalidad trabajo implantada.

Figura 45. Trabajo Interactivo



Nota: autoría corresponde a los autores

### ***5.3.9 Datos en común en el equipo de trabajo***

Este es un método de trabajo donde su principal característica se centra en el trabajo en equipo de manera virtual, para así intercambiar información con los distintos grupos y se pueda colaborar en la modificación de la información para garantizar un buen trabajo.

En este ecosistema de trabajo se comparte la información a través de la nube, usando ciertos programas compatibles para poder hacer modificaciones cuando sean necesarias y que así mismo, cada compañero tenga acceso a la información actualizada.

**5.3.9.1 Documentos Intercambiar.** En este espacio se realiza un intercambio de información que permite que todo el equipo de trabajo participe, siendo este un espacio abierto para todos. Así mismo, el espacio cuenta con una interconexión a través de internet, usando programas que permiten realizar modificaciones a tiempo real.

**5.3.9.2 Almacenamiento.** Es el espacio donde se mantiene toda la información trabajada que permite descargar y modificar el archivo sin ningún problema. Toda esta información se encuentra guardada en la nube, permitiendo tener un gran espacio de almacenamiento.

**5.3.9.3 Publicaciones.** Contiene todos los trabajos agregados por el equipo, donde se pueden visualizar los archivos y guiarse para futuros trabajos del equipo.

### **5.3.10 Entregables**

En la documentación BIM se hace entrega de unos archivos del proyecto, donde se suministra la información de los modelados e información importante.

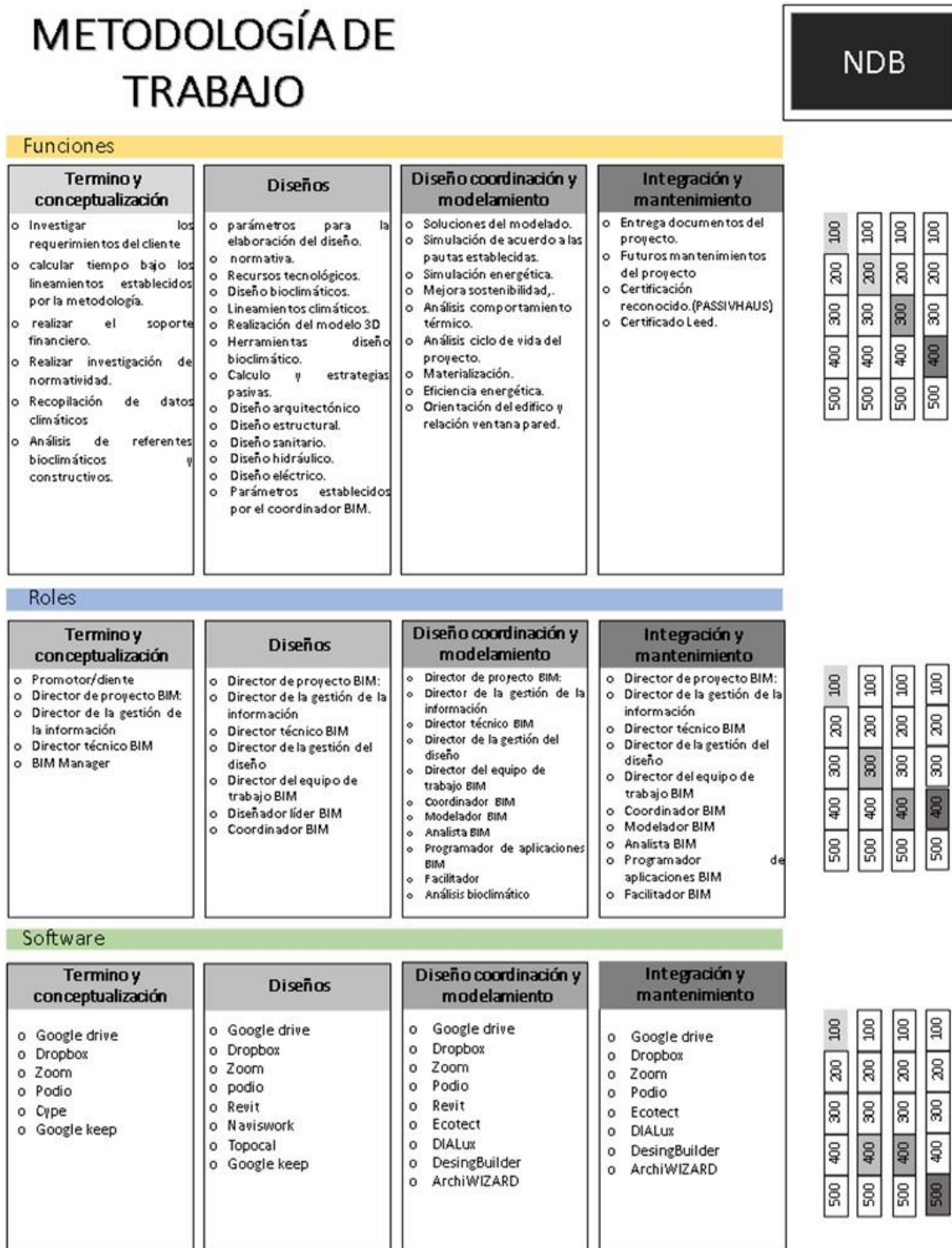
**5.3.10.1 Pre- Dimensionamiento.** En esta etapa se hace entrega de los procesos de diseño e información recopilada por el equipo BIM dando así información de la volumetría y sus componentes que tomaron en cuenta para este proyecto mostrando ciertas especificaciones.

**5.3.10.2 Estructural y Presupuestal.** Esto cuenta con la norma, aplicando a su diseño según indica el equipo encargado para mostrar el predimensionamiento del proyecto, lanzando al igual un informe de todo los costes y especificaciones, aproximándose a una cantidad más exacta, dando un bajo nivel de desperdicios y sobre costos.

**5.3.10.3 Certificaciones.** De acuerdo con el análisis de energía, materialidad y agua realizado, se hace entrega de un certificado LEED aprobando que este proyecto cumple, siendo sostenible. Dicho certificado se entrega con una documentación, llevando a cabo los mantenimientos que se deben hacer y los cuidados a tener en cuenta con sus acabados, materialidad y más a lo largo de los años.

5.4 Metodología BIM Enfocada en la Dimensión 6D Ejecución

Figura 46. Metodología de Trabajo



## 6. Propuesta

### 6.1 Descripción del Proyecto

#### 6.1.1 Definición del Proyecto

Los proyectos en el área de la construcción deben tener un elemento importante que debería genera una rentabilidad o utilidad, ya depende del uso que se le proporcione y así puedan cumplir con las necesidades que el contratista o el cliente esté buscando un ahorro por parte de la construcción.

Para comenzar con este proceso, se debe realizar una cantidad de inversión a partir del estudio y análisis básicos del sector, su población y en qué están interesadas las personas a sus alrededores para abastecer sus necesidades.

Ya con una idea adecuada, se pueden empezar a proyectar unas estrategias de negocio con implementación BIM, con todo el personal adecuado para que haga su respectivo estudio a más profundidad como: el entorno del sector, estudio de suelos y la población.

Se recomienda que los proyectos ya realizados se estudien por una etapa, ya que permiten obtener información entre la población y las empresas que se encuentren en su sector, aprobando una buena aceptación del mercado para comenzar con el proyecto en curso. La población establece las necesidades, ya que cada uno cuenta con una diferente necesidad dando una aprobada aceptación en el mercado. Claramente todos los proyectos son diferentes y cada uno exige cosas totalmente distintas y el BIM mánager es el encargado de mirar la tendencia en el momento, para así comenzar a desarrollar el proyecto.

Es necesario mirar también los pensamientos sociales a futuro para que este proyecto pueda subsistir y pueda generar un ambiente con los que lo rodean, generando grandes impactos y cambios para el sector.

Estos estudios se pueden hacer a nivel local como departamental y estatal. Según la necesidad del cliente y el proyecto, se realiza un análisis técnico con los implementadores BIM con usos de diferentes softwares y elementos necesarios para comenzar con la elaboración y agilización del proyecto.

### ***6.1.2 Análisis de la información suministrada***

La información que está suministrando es la que ayuda a elaborar el análisis en los planos arquitectónicos, planos estructurales y presupuestos, que sirven para diseñar los espacios del proyecto. Esta contiene información que hace parte de la investigación y el análisis que se ha realizado. Ya depende de lo que el cliente esté buscando, además de los programas que usados para elaborar esta información y compartirla con todo el equipo de trabajo para tener una mejor conceptualización del proyecto.

**6.1.2.1 Necesidades.** Se debe contemplar en el proyecto las necesidades principales de él. Así que previamente con la información acumulada, partimos hacia la idea de cual podría ser el mejor proyecto que se puede establecer en el sector, determinando como un objetivo principal el cumplimiento de las necesidades según los estudios.

**6.1.2.2 Población.** El BIM mánager debe tener en cuenta la cantidad de población que encuentre en el sector por que entre más población encuentra, mayor viabilidad tendrá el proyecto

en el margen de ganancia. Esto último depende del estudio de crecimiento de la población, para asegurar que el proyecto tenga un buen futuro y cumpla con su crecimiento adecuado en un futuro y el cliente no pierda su inversión en el proyecto.

**6.1.2.3 Viabilidad.** El proyecto debe tener una fase y un estudio económico donde muestra al cliente el plan de gráficos de la población y que visite el proyecto demandando las necesidades que tiene.

Como también se debe realizar un estudio presupuestal del proyecto con el personal encargado de la empresa y el BIM mánager para mirar el presupuesto del proyecto, permitiendo tener equipos de trabajos capacitados para usar los programas respectivos que permitan desarrollar el proyecto de acuerdo con las normas y el reglamento que se encuentre en el sector o en la ciudad, para que sean aprobado legalmente, con sus respectivas licencias y matrículas. Por ende, se hace un presupuesto que cubra todos los gastos del proyecto.

Se debe dejar claro los costos presupuestales de los requisitos del proyecto al cliente para no tener ningún problema.

Se contempla los riesgos de capital al no contar con el dinero suficiente para continuar con el proyecto. En este caso, se debe contemplar con el cliente una financiación que le permita continuar con el proyecto o contemplar alguna otra solución.

Uno de los requisitos más importantes es tener en cuenta que no solo el director BIM es el encargado de realizar los diseños, también debe tener en paz y salvo todos los aspectos legales del proyecto, incluidas las licencias y matriculas de servicios, además de las escrituras y documentos que demande el proyecto, con el fin de hacer una buena ejecución.

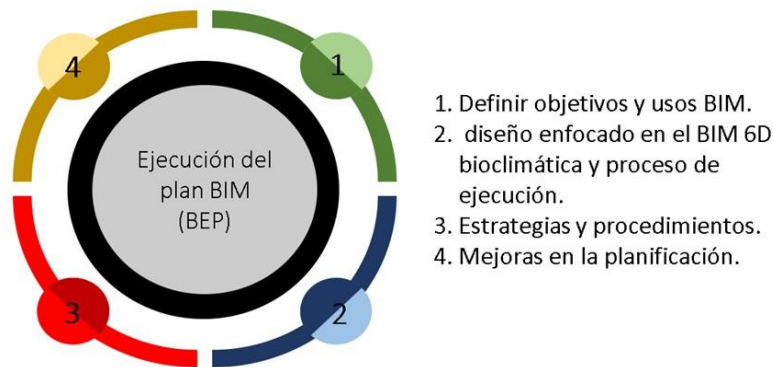
**6.1.3 Planificación**

**6.1.3.1 Necesidades del Promotor** Se explica al promotor el uso de la metodología BIM en todas las fases del proyecto para que él esté enterado del diseño, de la ejecución y del contenido del proyecto. El promotor tendrá un conocimiento de los formatos de intercambio, los softwares que se usarán, quién es el coordinador, cuál es la planificación de trabajo, las normas, el proceso colaborativo, los entregables, los certificados, la seguridad y todo lo relacionado con el proyecto.

**6.1.3.2 (BIM Execution Plan) BEP.** El plan de ejecución BIM en cuanto al proceso de implementación en el proyecto para establecer un buen resultado final.

El plan propuesto es crear equipos de trabajos y mediante esto se intercambia información, compartiendo nuevo contenido donde se permita un mejor trabajo, así pudiendo definir el alcance de la implementación BIM para tener una mejor cooperación en el proyecto.

**Figura 47.** Plan de Ejecución BIM (BEP)



**(BEP)**

La guía de implementación BIM, es un documento que refleja estrategias, recursos y técnicas para la ejecución de la metodología BIM en una empresa, realizando mejoras de eficiencia, determinado los procesos de trabajo necesario.

Componentes:

- Roles y responsabilidades.
- Diseñador.
- Diseño enfocado en el BIM 6D eficiencia energética salubridad /agua/ materialidad/ energía.
- Estrategias de división de modelos del proyecto volumen/ usos / elementos.
- Software a emplear durante el proyecto.
- Formatos de intercambio de información.
- Entregables.

6.1.3.3 Objetivos y Usos BIM

Figura 48. *Objetivos y Usos BIM*



Para la formulación del plan de ejecución BIM, es importante determinar los propósitos, el uso y las características que tenga proyecto como objetivo.

El objetivo está basado en el desempeño que tiene el proyecto y las funciones que realizan los miembros del equipo. Cuando el grupo hace claro sus objetivos, se termina el uso específico de BIM.

En las funciones del uso BIM, encontramos temas como, la información específica que se está pidiendo para realizar el proyecto con todas las investigaciones previas que se han realizado. Después, encontramos un estudio de suelos que se debe realizar para tener una idea del terreno y un diseño más claro con una aprobación de construcción en el predio. Por ende, se hace un cálculo de precios aproximados, para darle al cliente un costo aproximado del proyecto. Además, se puede obtener información de los referentes bioclimáticos o de recopilación de datos de acuerdo con el análisis que se ha contemplado en el proyecto, realizando investigaciones climáticas y precipitaciones y estudios con ciertos programas.

Pasando a la etapa de diseño, según lo que la normativa permita realizar y con la recopilación de datos, se hace un diseño contemplando y ajustado a las necesidades y usos, creando unos planos arquitectónicos donde se puede ver más claro los espacios y ayudando con esto a genera un modelo en 3D, evaluando el cumplimiento de los espacios, la iluminación, colores y acabados, generando así unas fachadas y cortes del proyecto.

Después de tener el modelo en 3D, se plantea un análisis energético y se realiza unas simulaciones al modelo con programas especiales para el trabajo. También se hace un estudio según la ubicación del volumen, permitiéndonos un ahorro no solo energético, puesto que se plantea realizar un estudio de agua, materialidad y salubridad con el dinero ahorrado

anteriormente. Además, dichos estudios me permiten obtener un certificado de sostenibilidad LEED, EDGE y PASSIVEHOUSE.

Luego, se comienza con una etapa de implantación en el proyecto, donde va a la programación en la obra y se permite ver el tiempo que tomará, además de lanzar un presupuesto más detallado con todos los materiales, acabados y costos. Seguidamente se hace un diseño estructural e instalaciones de todo el proyecto. Por último, se le entrega al cliente el diseño y los estudios de mantenimiento preventivo segundo, además de un informe sobre los mantenimientos de las fachadas y demás equipamientos del proyecto (paneles solares, tanque de recolección de aguas lluvias, etc.) para que el edificio tenga un ciclo de vida más duradero.

Ya establecidos los usos BIM para el desarrollo del proyecto, se debe tener una claridad en los usos, dándole a cada personal una tarea o un rol de acuerdo a los objetivos del proyecto. El personal responsable de cada tarea emitida debe ser consciente de saber desarrollar el trabajo en equipo, tener conocimiento profundo de programas, que estén involucrados en las necesidades del proyecto y posean conocimiento de cada rol en BIM.

**6.1.3.4 Desarrollo del Proceso.** Teniendo conocimiento de los usos BIM, se hace un diagrama comprendiendo como es el proceso de interacción de trabajo con los grupos y participantes del proyecto.

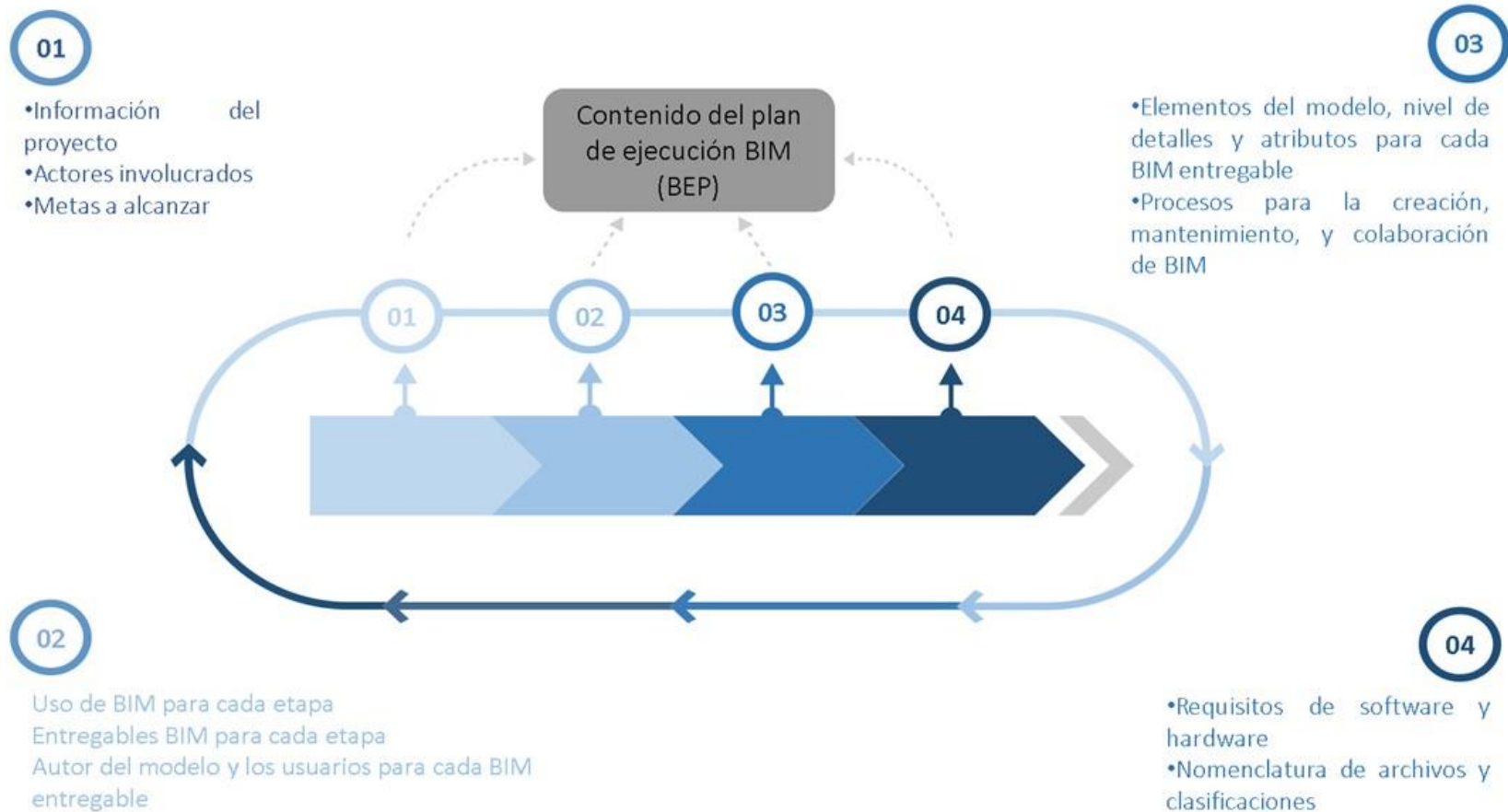
Se realiza un diagrama que se usará para dirigir e ilustrar las funciones de trabajo para desarrollar procesos con detalles, en el cual se efectúa un trabajo más eficiente. Este paso ayuda a que el trabajo en equipo sea más eficiente y pueda entregarse todo más rápido.

El trabajo en equipo se efectúa en la etapa de intercambio de información, que se da por definir cambios mediante el desarrollo del proyecto. Este equipo debe contemplar el archivo que

se debe generar con base en la información que se ha recogido de las etapas. Además, los softwares deben estar sincronizados para poder hacer un buen trabajo.

Se realizan reuniones para contemplar los objetivos y usos del BIM; diseños y procesos de ejecución e intercambio de información de definición de elementos. De igual forma, se desarrollan reuniones para supervisar el trabajo y coordinar la colaboración del proyecto para cumplir con las entregas.

**Figura 49.** *Contenido del Plan de Ejecución.*



#### **6.1.4 Modelo Paramétrico**

**6.1.4.1 Ideas.** Con los datos obtenidos en las etapas iniciales del proyecto y con la recopilación de la información, se da inicio a las ideas primarias de conceptualización del proyecto, buscando soluciones y diferentes alternativas con el equipo arquitectónico, para llegar a lo planteado y realizar el proyecto con materiales evaluados luego de hacer un análisis bioclimático. Todo esto se debe incorporar en el modelo, generando diferentes propuestas por el equipo, mirando cual podría complementarse, creando plantillas de trabajo donde cada uno se divide su etapa de conceptualización y diseño.

**6.1.4.2 Diseño.** Teniendo las ideas principales y la conceptualización, empezamos con el prediseño, que cuenta con la definición de los espacios esenciales del diseño, su tipología del proyecto y volúmenes, contando con su estructura.

Realizando los diseños adecuados, la estructura define los espacios de trabajo y el tipo de materialidad que se usarán en el proyecto. Esto nos permite llegar a un NDB de 350 en esta etapa en el que se va precisando los detalles de volumen y continúe hasta que se tenga un borrador final, continuando con un proceso de selección de acabados y colores.

**6.1.4.3 Diseño Decisivo.** Teniendo el diseño borrador con los requerimientos aprobados que cumple con todas las especificaciones, se comienza con la fase de diseño decisivo. Este es importante en cuanto a los documentos y los gráficos que se realizan, conteniendo información

esencial para la construcción del proyecto. Este diseño cuenta con materiales, área, espacios, detalles y más.

Esta etapa es esencial para el equipo de trabajo, llegando a un NDB de 400, en donde también se corrigen algún imprevisto que pueden verse en el sistema de trabajo con sus softwares de diseño que puede ser Autodesk, Revit o Archicad. Estos pueden mostrar imágenes (tanto planos en 2D como volumetría en 3D) y visualizarlas en tiempo real, eligiendo las materias de los acabados, puertas, muros e inclusive, se puede realizar mobiliario en estos programas.

Este debe tener un alto contenido de información en planos, volúmenes y contenido técnico. Cumpliendo con los requerimientos y la normativa en esta fase, empezamos a tener en cuenta los diseños bioclimáticos, usando los programas como: Ecotect, Design Builder, Cype, DIALux y más, para así obtener los beneficios y el ahorro planteado, generando certificados. Todo esto se plantea cuando ya esté la volumetría y la información obtenida por los estudios ya realizados. En esta etapa bioclimática se completa las simulaciones y entregas que están en la fase 6D.

**6.1.4.4 Diseño Constructivo.** La etapa contempla requisitos de construcción y si se está cumpliendo con todos los datos requeridos. En este momento, el en NDB llega su máxima puntuación (500) ya sea con el diseño aprobado y revisado por las disciplinas de diseño. El modelo permite plantear gastos y conocer el procedimiento constructivo.

Figura 50. Cuadro de Necesidades.

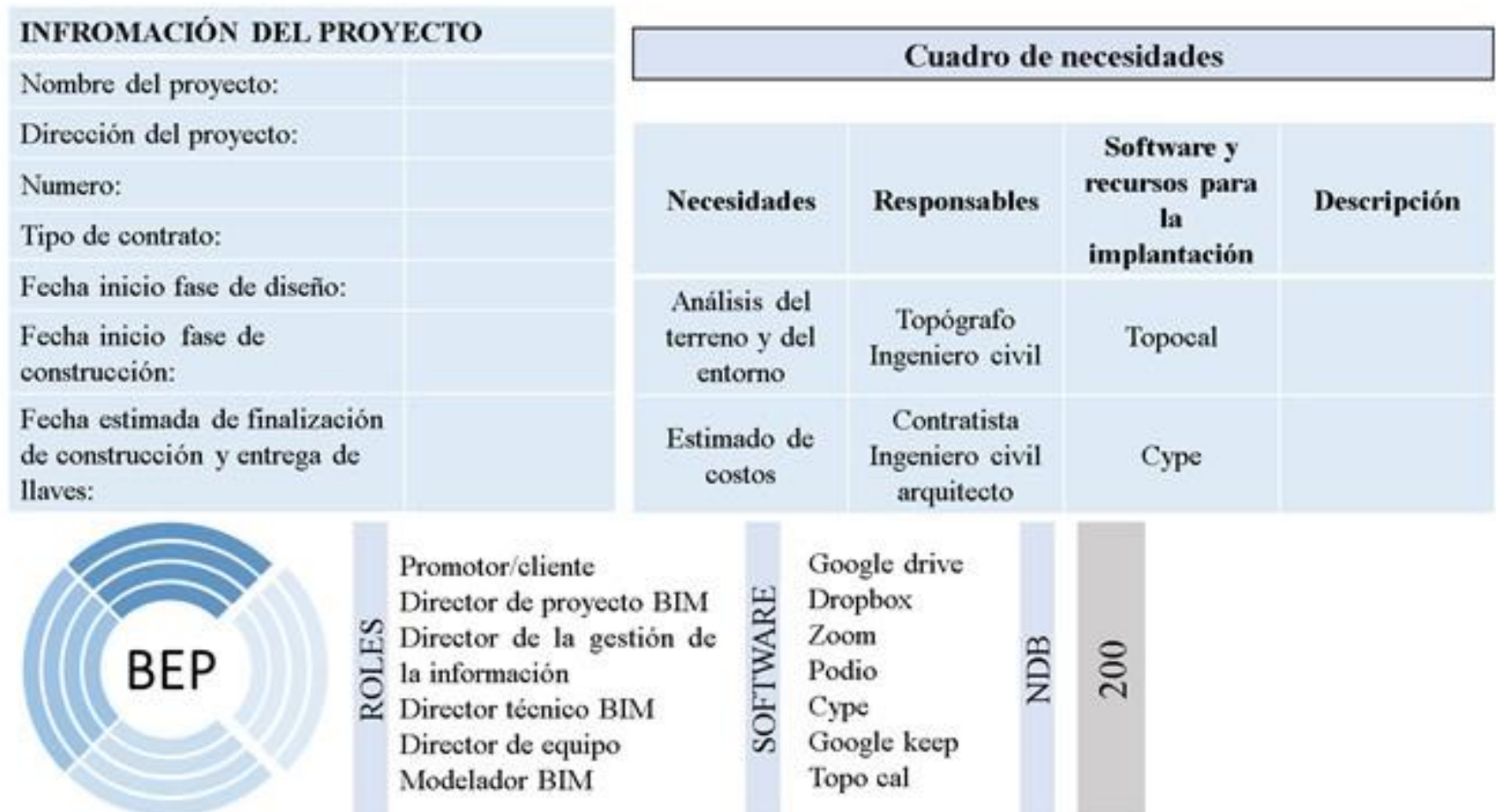


Figura 51 Análisis de sus BIM

### Tabla análisis de usos BIM

Planificación	Diseño	Construcción	Operación
Planificación	Autoría de diseño	Planificación de uso del terreno en la obra y permisos	Planificación de mantenimiento
Análisis del entorno	Revisión del diseño	Diseño del sistema constructivo	Análisis del sistema constructivo
	Coordinación 3D	Coordinación 3D	Gestión archivos
	Análisis estructural	Fabricación digital	Gestión y monitorización de espacios
	Análisis iluminación	3D control y planificación	Planificación emergencia
	Análisis energético	Construcción	Construcción
	Análisis materialidad		
	Otros análisis bioclimáticos		
	Evaluación sostenibilidad (LEED, PASSIVHAUS y otros)		
	Cumplimiento de normativas		
Planificación de fases	Planificación de fases	Planificación de fases	Planificación de fases
Modelado 4D	Modelado 4D	Modelado 4D	Modelado 4D
Presupuesto	Presupuesto	Presupuesto	Presupuesto



**ROLES**

- Director de proyecto BIM:
- Director de la gestión de la información
- Director técnico BIM
- Director de la gestión del diseño
- Director del equipo de trabajo BIM
- Coordinador BIM

**SOFTWARE**

- Google drive
- Dropbox
- Zoom
- podio
- Revit
- Naviswork
- Topocal
- Google keep

**NDB**

**300**

Figura 52. Matriz de Responsabilidades

Matriz de responsabilidades						
Metodo	Tipo de elemento que contiene	Anteproyecto	Plan básico	Plan de ejecución	Construcción	Gestión de archivos
1	Envolvente	Diseñador (fecha)	Diseñador (fecha)	Diseñador (fecha)	Director proyecto BIM	Director proyecto BIM y diseñadores
1	Estructura	Ingeniero estructural (fecha)	Ingeniero estructural (fecha)	Ingeniero estructural (fecha)	Director proyecto BIM	Director proyecto BIM y diseñadores
1	Edificación cumple con bioclimática	Diseñador (fecha)	Diseñador (fecha)	Diseñador (fecha)	Director proyecto BIM	Director proyecto BIM y diseñadores
1	Instalaciones	Ingeniero (fecha)	Ingeniero (fecha)	Ingeniero (fecha)	Director proyecto BIM	Director proyecto BIM y diseñadores
1	Áreas y espacios	Diseñador (fecha)	Diseñador (fecha)	Diseñador (fecha)	Director proyecto BIM	Director proyecto BIM y diseñadores
1	Obras	Diseñador (fecha)	Diseñador (fecha)	Diseñador (fecha)	Director proyecto BIM	Director proyecto BIM y diseñadores



**ROLES**

- Director de proyecto BIM:
- Director de la gestión de la información
- Director técnico BIM
- Director de la gestión del diseño
- Director del equipo de trabajo BIM
- Coordinador BIM
- Modelador BIM
- Analista BIM
- Programador de aplicaciones BIM
- Facilitador BIM

**SOFTWARE**

- Google drive
- Dropbox
- Zoom
- Podio
- Revit
- Ecotect
- DIALux
- DesingBuilder
- ArchiWIZARD

**NDB**

**400**

Figura 53. Formato Software

Formatos de software				
Software	Diciplina	uso	versión	idioma
Google drive	Compartir información		2020	Español
zoom	Reuniones virtuales		2020	Español
podio	Reuniones en equipo y contenido en los espacio de trabajo		2020	Español
Revit	Diseño Instalación		2021	Español
Autodesk civil 3D	Obra civil		2020	Español
Sap 2000	Calculo estructural		2015	Español
Therm	Materialidad Análisis de calor			Ingles
Desingbuilder	Salubridad			Ingles
Cype	Suministro agua Presupuestos			Ingles
Ecotec	Consumo energía Calculo energético		2012	Ingles



ROLES

Entrega documentos del proyecto.  
Futuros mantenimientos del proyecto  
Certificación reconocido.(PASSIVHAUS)  
Certificado Leed.

SOFTWARE

Google drive  
Zoom  
Podio  
Ecotect  
DIALux  
DesingBuilder  
ArchiWIZARD  
cype

NDB

500

### ***6.1.5 Cálculo y cantidades de costos***

Los elementos paramétricos permiten dar cantidades a partir de sus características geométricas y materiales, asignando las cantidades que se obtuvieron de los programas que se usaron para cimentación, estructura del edificio, fachadas, acabados y más.

Los presupuestos se calculan de acuerdo al nivel de complejidad que tenga también su estructura, la cantidad de hierro que se usa o material en la edificación, con esto se plantean un cálculo presupuestal del proyecto.

### ***6.1.6 Simulaciones y entrega***

La simulación se lleva a cabo con los programas que se usan para implementar las funciones y las precisiones que tiene el proyecto en cuanto a los rendimientos energéticos que se pueden generar de acuerdo a los estudios realizados y cómo la materialidad le puede dar un confort al espacio. Además, dicha simulación muestra los cálculos y funciones de ahorros.

El proyecto muestra el modelo de construcción, visualizándolo de un tiempo real, gestionando un mejor avance en la construcción.

Se la entrega al cliente unos portafolios y unas memorias mostrando la construcción del proyecto explicando paso por paso todos los procesos que se hicieron desde los estudios hasta la realización del diseño.

El cliente puede revisar todo el portafolio del proyecto y se le responderá cualquier inquietud. Si está de acuerdo con todo lo que se hizo o si falta algo en el proyecto, se lo comenta al coordinador BIM, él está encargado de hacer los cambios.

Ya en esto se le hace entrega al cliente unos archivos del proyecto con toda la información y sus mantenimientos.

### **6.1.7 Resultados**

**6.1.7.1 Usos.** El proyecto muestra en sus entregables los espacios que contiene, con este se puede acceder a las medidas de los espacios, los elementos constructivos, volúmenes y áreas. También permite, en un futuro, generar una remodelación, mostrando los usos que tiene cada uno de la domótica en el proyecto, para hacer un uso más fácil.

**6.1.7.2 Mantenimientos.** Se entrega al cliente toda la información de los manteamientos que se deben realizar a medida que pase el tiempo, para que la edificación tenga una mejor calidad y pueda tener una mayor vida útil, visualizándose a medida que pase el tiempo se hace sus respectivas limpiezas y mantenimientos.

## **7. Conclusiones**

En Colombia nos estamos quedando atrás con la implementación BIM, a muchos profesionales no les parece importante llevar a cabo la práctica de esta metodología.

Realizamos la encuesta a 21 personas (100%) de las cuales 5 son arquitectos (19%), 12 son ingenieros civiles (57%) y 4 profesionales afines a la construcción (23%). Antes de realizar esta encuesta no teníamos altas expectativas sobre los conocimientos que los profesionales podrían tener sobre la construcción sostenible y mucho menos sobre la metodología BIM, y gracias esta, lo terminamos de comprobar.

Al preguntarles a las personas si estaban relacionados con el tema de construcción sostenible 11 respondieron que si (52,2%) y 10 respondieron que no (47,6%) casi que la respuesta

estaba dividida, es decir, solo la mitad de las personas encuestadas sabían algo del tema. Pero al preguntales si tenían algún conocimiento sobre la norma 0549 que establece los porcentajes mínimos de ahorro de agua y energía, tan solo 4 personas (19%) tenían algún conocimiento. Este resultado es realmente preocupante, ya que se supone que en Colombia está rigiendo una norma para edificaciones nuevas, y digo se supone, porque es notable que en la mayoría de los casos no se cumple y según los resultados, las principales razones para que exista un desconociendo del tema, es la falta de formación que los profesionales reciben acerca de esto (66%) y el desconocimiento de sus ventajas (57%).

Con respecto a la metodología BIM debemos tener presente la importancia que esta tiene, a pesar de que en Colombia la implementación no esté en furor, al cabo de algunos años lo estará y será muy notable la ventaja que los profesionales que la manejen van a tener sobre los que no. Gracias a las encuestas, nos dimos cuenta que el tema no es tan desconocido entre los profesionales ya que 15 personas (71,4%) aseguraron saber que era la metodología BIM, y 6 personas (28,6%) dijeron no saber que era. Con este resultado trataríamos de tener un aliciente ya que mucho más de la mitad sabe algo de la metodología, pero al preguntarles si manejaban algún software BIM este resultado cambio totalmente, ya que tan solo 6 personas (28,6%) dijeron que si sabían manejar un software BIM. Esto deja como resultado que 15 personas (71%) no maneja ninguno. Como conclusión, la construcción en Colombia está muy lejos de implementar esta metodología si no tomamos conciencia de la importancia que tiene y además de la larga lista de beneficios que nos brinda.

### Referencias

- A. Rezi and M. Allam,. (1995). Techniques in array processing by means of transformations . En *Control and Dynamic Systems Vol. 69* (págs. 133-180). San Diego: Academic Press.
- ACCA software S.p.A. (n.d.). Todos los acrónimos del BIM: a continuación, un pequeño vocabulario BIM que hace falta conocer (Parte 1) -. Retrieved April 26, 2020, from BibLus <http://biblus.accasoftware.com/es/acronimos-del-bim/>
- American Psychological Association. (2019). *Style and Grammar Guidelines*. Recuperado el 17 de enero de 2020, de Apastyle: <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines>
- Bernal, C.A. (2006). Metodología de la Investigación para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. (2ª ed.). Pearson.
- BIM forum colombia. (2019a). Anexo Contractual. In Bim Kit Camacol. Colombia. Bim Forum Colombia. (2019b). Gestión de la información. In BIM Kit Camacol. Colombia. Bim Forum Colombia. (2019c). Indicadores clave de desempeño bim. Colombia. Bim Forum Colombia. (2019d). Roles Y Perfiles En La Metodología Bim. In BIM Kit Camacol. Colombia.
- Building Smart Spanish Chapter. (28 de March de 2020). *¿Qué es BIM? BuildinSMART Spanish Chapter website:* . Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/qué-es/>
- Building SMART Spanish Chapter. (n.d.). ¿Qué es BIM? Retrieved March 28, 2020, from BuildinSMART Spanish Chapter website: <https://www.buildingsmart.es/bim/qué-es/>
- CRAI USTA Bucaramanga. (2020). *Informe de recursos y servicios bibliográficos*. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás.

- Gomez-Sanchez, J. M., Rojas-Quintero, J. S., & Aibinu, A. A. (1992). *The status of bim adoption and implementation experiences of construction companies in Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15678/u728851.pdf?sequence=1>
- Miao, L. L. (November 8-12). A specification based approach to testing polymorphic attributes. *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004*. Seattle, WA, USA,.
- Sole, A. C. (2006). *Instrumentación Industrial*. Mexico: Alfaomega.
- Wigner, E. P. (2005). Theory of traveling wave optical laser . *Phys. Rev.*, 134, A635-A646.
- Zapata, P. (27 de enero de 2017). *Conceptos Fundamentales de ARCHICAD*. Obtenido de <http://blog.graphisoft.lat/conceptos-fundamentales-de-archicad/>