

**PROYECTO EMPRESARIAL:  
MEDICIÓN DE LA MADUREZ BIM EN EMPRESAS**

**SEMESTRE DE INDUSTRIA**

**ELABORADO POR:  
JUAN MANUEL HOYOS VERGARA**

**ASESOR INTERNO:  
HERNÁN DARÍO GONZÁLEZ ZAPATA**

**ASESOR EXTERNO:  
GUILLERMO CAÑÓN SARRIA**

**EMPRESA:  
INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADOR S.A.S**



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1803

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MEDELLÍN  
01 DE ABRIL DE 2019**



## CONTENIDO

1. RESUMEN	03
2. INTRODUCCIÓN	04
3. OBJETIVOS	05
3.1. OBJETIVO GENERAL	05
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	05
4. MARCO TEÓRICO	06
4.1. CONTEXTUALIZACIÓN DE BIM	06
4.2. REPASO DE ALGUNAS HERRAMIENTAS PARA LA MEDICIÓN DE LA MADUREZ BIM	08
4.3. NIVELES DE MADUREZ	11
5. METODOLOGÍA	13
5.1. DEFINICIÓN DE HIPOTESIS PARA LA HERRAMIENTA	13
5.2. DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS	14
5.3. DEFINICIÓN DE NIVELES DE MADUREZ	15
5.4. DESARROLLO DE PREGUNTAS	17
5.4.1. PROCESOS	17
5.4.2. TECNOLOGÍA	19
5.4.3. ORGANIZACIÓN	20
5.4.4. PERSONAS	21
5.4.5. ESTÁNDARES	22
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	24
6.1. DESARROLLO DE RECOMENDACIONES	25
6.2. PROGRAMACIÓN DE LA HERRAMIENTA Y SISTEMA DE CALIFICACIÓN	25
6.3. DESARROLLO DE LA PLANTILLA DE INFORME	28
7. CONCLUSIONES	29
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
9. ANEXOS	30

## MEDICIÓN DE LA MADUREZ BIM EN EMPRESAS

### 1. RESUMEN

BIM son las siglas para Building Information Modelling, **un proceso de trabajo colaborativo en el cual todos los agentes involucrados en un proyecto de construcción añaden información a un modelo tridimensional que permite el trabajo colaborativo, concurrente e integrado**. Hoy en día BIM aún está en proceso de implementación a nivel Colombia, y muchas de las empresas que están empezando a implantar el proceso se encuentran con un reto difícil de ser superado debido a la falta de estandarización. Es por esto que diversos autores han propuesto formas de evaluar la madurez BIM en las empresas con la finalidad de que estas hagan una autoevaluación de sus procesos y les sirva de base para saber qué tan maduros están en la implementación de BIM. No obstante, la gran mayoría de las herramientas presentan desequilibrios en los hitos que evalúan, su evaluación está muy enfocada a una sola categoría de madurez, funcionan offline, están desactualizadas, es difícil acceder a ellas, tienen demasiadas preguntas, y/o no muestran resultados claros y entendibles para el usuario. Con este panorama en mente, se propuso el desarrollo de una evaluación que cumpliera con las siguientes condiciones:

- ✓ Evaluar el proceso BIM en diferentes ejes o áreas de madurez.
- ✓ Utilizar algún sistema de madurez internacional.
- ✓ Funcionamiento online.
- ✓ Mantener al mínimo la cantidad de preguntas procurando evaluar los procesos más importantes.
- ✓ Separar los procesos según la actividad económica de la empresa (diseño y/o construcción).
- ✓ Desarrollar recomendaciones básicas de implementación por pregunta en función del nivel de madurez.
- ✓ Enviar los resultados y recomendaciones de forma automatizada por correo electrónico con la posibilidad de contactar a un consultor BIM.

Con base en las condiciones mencionadas, se elaboró una evaluación de madurez BIM que consta de 5 categorías: **procesos, tecnología, organización/empresa, personas y estándares**, para un total de 17 preguntas. Adicionalmente, se definieron 4 preguntas de filtro para validar las actividades económicas de la empresa y únicamente evaluar la madurez de los procesos que estén alineados con sus objetivos organizacionales.

Para los niveles de madurez se tomó como referencia el Modelo de Madurez de Capacidades (CMM) propuesto por el Software Engineering Institute (SEI) en 1993, donde se establecen 5 niveles de madurez: inicial, repetible, definido,

gestionado y optimizado; sin embargo, estos niveles de madurez se adaptaron al proceso BIM y se definieron de la siguiente manera: **inicial, definido, gestionado, integrado y optimizado.**

Además, se desarrollaron 85 recomendaciones diferentes que sirven como una guía muy básica y general de cómo poder mejorar la implementación del proceso. Se optó por utilizar la herramienta Google Forms, pues esta funciona en la nube, permite procesar la información obtenida a través de la evaluación, y permite hacer y enviar un informe automático de resultados y recomendaciones.

Así pues, el resultado final del proyecto fue una evaluación automatizada del proceso BIM que es capaz de generar un informe con recomendaciones sobre qué hacer para mejorar el proceso de implementación BIM.

Nota: Este proyecto hace parte de uno más grande desarrollado por la Cámara de Comercio de Bogotá.

## 2. INTRODUCCIÓN

Actualmente gran parte de la industria de la construcción implementa metodologías de trabajo en las cuales cada profesional involucrado en el proyecto realiza sus labores de manera desvinculada al resto de stakeholders (interesados/involucrados). Esto, como es de esperarse, genera gran cantidad de reprocesos que a la final se traducen en desperdicios de tiempo y dinero, lo cual es un problema bastante habitual en el ámbito de las obras civiles. Dichos problemas se deben en parte a que las innovaciones y/o avances tecnológicos en el sector de la construcción no han progresado al ritmo de otras industrias; sin embargo, a nivel global se ha generado un esfuerzo por cambiar esta modalidad de trabajo a metodologías colaborativas que centren la base de su trabajo en modelos digitales sobre los cuales todos y cada uno de los profesionales intervengan sin desvincularse del resto del equipo de trabajo. Este concepto se ha denominado BIM. La importancia de implementar BIM radica en que las actividades de ingeniería y construcción generan aproximadamente el 6% del producto mundial bruto, a pesar de que su productividad no está al nivel de otras industrias. Sin embargo, a la vuelta de 10 años que los procesos de la industria estén digitalizados por medio de BIM, se espera un ahorro del 12% al 20% anual en la producción de estos (World Economic Forum y The Boston Consulting Group, 2018).

Así pues, BIM representa un desafío de implementación en las empresas ya que es una forma de trabajo nueva en el sector de la construcción. De esta manera, es necesario evaluar el estado actual de la empresa en cuanto a



recursos y procesos con el fin de identificar las mejoras y pasos a seguir para la implementación BIM (CIC, 2012; Lehtonen, 2001; Luu et al., 2008; Pillai et al., 2002). Esta evaluación se puede hacer por medio de diversas herramientas entre las cuales destacan BIM Quick Scan, NBIMS CMM y BIM-MM, siendo esta última la de mayor referencia para el desarrollo del proyecto.

Dicho lo anterior, este proyecto propone la elaboración de una evaluación de madurez BIM en las macro etapas de diseño y construcción, definiendo 5 categorías de evaluación que se consideran fundamentales a ser analizadas en el proceso BIM, estas son: procesos, tecnología, organización/empresa, personas y estándares. A su vez, cada pregunta y cada categoría se evalúa con base en el modelo de madurez (CMM) desarrollado por el Software Engineering Institute (SEI) en el cual se definen los niveles de madurez así: inicial, repetible, definido, gestionado y optimizado; de esta manera se puede establecer el nivel de madurez BIM de cada empresa. Se espera que la herramienta sea de libre acceso en la web de IAC S.A.S, y que al finalizar la evaluación se pueda generar automáticamente una serie de recomendaciones que sirva de apoyo a las empresas que quieran mejorar la implementación BIM en sus proyectos de obras civiles. Finalmente, es de resaltar que, si bien las macro etapas del ciclo de vida de una edificación no se limitan únicamente a diseño y construcción, la evaluación que se hará será en función de estas dos etapas puesto que la fase de operación aún no está demasiado madura, incluso a nivel internacional.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una herramienta web de uso gratuito que permita realizar el análisis del nivel de madurez BIM actual en la empresa que así lo solicite, con el fin de generar automáticamente una serie de recomendaciones para mejorar el proceso de implementación BIM en dicha empresa.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Definir los conceptos básicos que hacen parte de un buen proceso BIM.
- ✓ Obtener referencias globales sobre el uso de herramientas para la evaluación de madurez BIM.
- ✓ Definir las categorías fundamentales sobre las cuales se evaluará la madurez BIM.
- ✓ Adoptar o desarrollar los niveles de madurez sobre los cuales se va a basar la herramienta digital.

- ✓ Desarrollar las preguntas y respuestas que harán parte del cuestionario de madurez BIM.
- ✓ Definir recomendaciones por categoría con base en los posibles niveles de madurez de cada empresa.
- ✓ Programar la herramienta web para procesar automáticamente la información diligenciada por cada empresa.
- ✓ Desarrollar y programar la plantilla que servirá de base para el informe automático generado por la herramienta web.
- ✓ Realizar pruebas del funcionamiento de la herramienta web para validar el cumplimiento de los objetivos.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. CONTEXTUALIZACIÓN DE BIM

BIM son las siglas para Building Information Modeling, cuya definición según la National Building Specification (NBS) es:

*“BIM o Building Information Modelling es el proceso de crear y gestionar la información de un proyecto de construcción a través del ciclo de vida de este” (The NBS, 2016)*

Adicionalmente, la NBS establece que:

*“Uno de los resultados clave de este proceso es el Modelo de Información de Construcción, que es la descripción digital de cada aspecto del activo construido. Este modelo se basa en información recopilada de forma colaborativa y es actualizada en las etapas clave de un proyecto. La creación de un modelo de información digital permite a aquellos que interactúan con el edificio optimizar sus acciones, lo que resulta en un mayor valor de vida para el activo” (The NBS, 2016)*

Así pues, esta nueva modalidad de trabajo en la industria de la construcción que se está adoptando poco a poco a nivel mundial no solo supone un cambio radical en la forma como se abordan las obras civiles, sino que propone un cambio de mentalidad que hará de las edificaciones proyectos más íntegros, disminuyendo así la gran cantidad de reprocesos que son comunes en la industria de la construcción (World Economic Forum y The Boston Consulting Group, 2018). Básicamente este proceso busca digitalizar la industria de la construcción.

Con este nuevo panorama de digitalización, las empresas que aún no adoptan esta metodología de trabajo están haciendo lo posible por adaptar sus procesos a un flujo de trabajo BIM. Es así pues que la parte inicial del

proceso de implantación BIM en una empresa consiste en hacer un reconocimiento y evaluación de cómo es la forma de trabajo actual y cuáles son los recursos tecnológicos que se disponen para su ejecución, así como evaluar los procesos que son susceptibles de ser mejorados mediante el uso de una metodología colaborativa (CIC, 2012, Lehtonen, 2001; Luu et al., 2008; Pillai et al., 2002); lo anterior recibe el nombre de BPA o Business Process Analysis.

Una vez las empresas hayan desarrollado el BPA, se establecen unos flujos de trabajo que son más adecuados y alineados con los procesos BIM. Sin embargo, BIM no es únicamente definir nuevos procesos de trabajo, desarrollar modelos tridimensionales que representen los proyectos de construcción en un entorno virtual, ni hacer uso de herramientas digitales para mejorar la eficiencia en los tiempos de ejecución de los proyectos. BIM va mucho más allá, y es que los desafíos en la implementación de BIM han pasado de superar las dificultades técnicas a integrar BIM en los procesos de trabajo diarios y lograr mejoras continuas (Zhao, 2011). Adicionalmente, BIM enfatiza en la cooperación y comunicación y requiere apoyo de todos los niveles organizacionales (Succar, 2009).

Esto muestra que dos de los principales pilares para la mejora continua de BIM en las empresas es la evaluación constante de los procesos en busca de mejorarlos y optimizarlos, además de que todo el proceso BIM esté alineado con la visión y misión de la empresa. Es aquí donde entra en juego el uso de las herramientas de madurez BIM, pues estas permiten evaluar los procesos de la empresa y compararlos contra las mejores prácticas de adopción y mejora constante que busca esta nueva metodología de trabajo.

Actualmente existen diversas herramientas que permiten hacer evaluaciones de madurez BIM tales como la NBIMS CMM, BIM Quick Scan, BIM-MM, VDC Scorecard, BIM Cloud Score, etc; no obstante, a pesar del aumento en el número de herramientas de medición, la evaluación de la madurez BIM permanece en su infancia y la industria aún no ha definido un estándar para desarrollar dichas herramientas (Dib et al., 2012).

#### **4.2. REPASO DE ALGUNAS HERRAMIENTAS PARA LA MEDICIÓN DE LA MADUREZ BIM**



Como se mencionó con anterioridad, actualmente existen diversas herramientas para la evaluación de la madurez BIM. Dentro de las más conocidas y usadas se encuentran:

- ✓ NBIM CMM (2007)
- ✓ IU BIM Proficiency Index (2009)
- ✓ BIM Maturity Matrix (2009)
- ✓ BIM Quick Scan (2009)
- ✓ Characterization Framework (2011)
- ✓ BIM Assessment Profile (2012)
- ✓ VDC Scorecard (2012)
- ✓ Owner's BIM CAT (2013)
- ✓ BIM Cloud Score (2013)

Aunque las nueve herramientas están desarrolladas para medir la madurez BIM, estas se enfocan en diferentes aspectos. Por ejemplo, BIM Cloud Score destaca los aspectos técnicos, VDC Scorecard y Characterization Framework se centran en el valor de la madurez BIM a nivel organizativo y en procesos de trabajo, respectivamente. Las mediciones en temas de software generalmente representan una gran parte de la evaluación en las herramientas, mientras que la implementación de estándares BIM es menos discutida. Sin embargo, la distribución de preguntas en BIM Maturity Matrix es la más uniforme de todas (Chengke Wu et al., 2017)

Revisando en detalle el contenido de las herramientas y los aspectos que evalúan cada una de estas, hay algunas que dejan por fuera aspectos importantes a ser evaluados. Por ejemplo, NBIMS CMM y IU BIM Proficiency únicamente evalúan aspectos técnicos y dejan por fuera temas de extrema importancia en BIM como lo es la estandarización de procedimientos o la capacitación del personal técnico. Teniendo en cuenta lo anterior, es importante que las herramientas evalúen todos los aspectos que hacen parte de un buen proceso BIM y no solo los aspectos técnicos o tecnológicos, de esta manera se puede desarrollar una madurez que de igual importancia a todos los ejes que componen un buen desarrollo BIM. Por esto Chengke Wu et al, en su artículo OVERVIEW OF BIM MATURITY MEASUREMENT TOOLS destacan que, si bien no todas las herramientas tratan las mismas categorías, se pueden definir 5 categorías fundamentales a evaluar en una empresa para presentar su madurez BIM, estas son: procesos, tecnología, personas, organización/empresa y estándares.

A continuación, se hace un recuento de los temas más comunes que las herramientas abordan en su evaluación de la madurez:



- ✓ **Procesos:** Absolutamente todas las herramientas evalúan cómo es la coordinación entre diferentes disciplinas y/o stakeholders (interoperabilidad como núcleo del BIM) desarrollando preguntas como: ¿Procedimientos para detección de colisiones?, ¿Cómo es la introducción del modelo estructural y MEP?, ¿Procedimientos en reuniones de coordinación? Sin embargo, otras herramientas también presentan aspectos relacionados a cómo se recolecta y/o genera información, cuáles cree la empresa que son los impactos generados por procesos relacionados con BIM y qué habilidad se tiene para transitar de procesos en los que no se usa BIM a los cuáles sí se usa BIM.
  
- ✓ **Tecnología:** Todas las herramientas evalúan la madurez tecnológica enfocándose en diferentes aspectos; no obstante, los aspectos más comunes de evaluación son los relacionados a los usos o funciones BIM, exactitud de la información y riqueza de la información. Otras herramientas también discuten aspectos relacionados con la calidad del intercambio de información y el acceso y seguridad de esta. Finalmente, algunas evalúan la consistencia de implementación BIM junto con estrategias organizacionales, planeaciones y costos. Dentro de las preguntas más relevantes y/o comunes se encuentran: ¿Se incorpora información espacial (GIS)?, ¿Los modelos reflejan el entorno de construcción?, ¿Se implementa trabajo en tiempo real?, ¿Los software y usos BIM están alineados con las estrategias organizacionales?, ¿Usa BIM en Facility Management?, ¿Cuál es el formato más común para el intercambio de modelos?, ¿Los modelos BIM aumentan la precisión en la generación de presupuestos?
  
- ✓ **Organización/empresa:** Las herramientas que abarcan esta categoría apuntan a la existencia de objetivos y visiones BIM como motor principal de innovación en una empresa. Se enfatiza en que algunas herramientas pueden causar confusiones en esta categoría, pues si una empresa establece objetivos BIM con base en una herramienta, estos pueden diferir de los objetivos BIM que establezca otra herramienta. Causa de lo anterior puede ser la falta de estandarización para la creación de estas herramientas. En esta categoría, VDC Scorecard y Characterization Framework son las mejores herramientas; pues la primera desarrolla retroalimentaciones que animan a la empresa a establecer y cumplir objetivos, mientras que la segunda determina los efectos positivos y negativos del BIM en la empresa para estimularla a identificarlos y mejorarlos. Sin embargo, otras herramientas como BIM Quick Scan y BIM Maturity Matrix evalúan las actitudes de los líderes BIM y que los objetivos deben ser concordantes con las estrategias organizacionales. Las preguntas más relevantes son: ¿Es claro lo que su

empresa quiere alcanzar con BIM?, ¿Existe una visión BIM establecida y comunicada?, ¿BIM hace parte de su visión y estrategia?, ¿La implementación BIM está bien integrada con las estrategias organizacionales?

- ✓ **Personas:** Solo 6 de las 9 herramientas la evalúan. Algunas evalúan las habilidades y experiencia de los stakeholders, mientras que otros evalúan la provisión de entrenamientos en las herramientas. La BIM MM introduce un sistema o modelo propio de evaluación llamado BIM Competency Index para evaluar las capacidades de los individuos. Otras herramientas evalúan problemas psicológicos del personal, así como la satisfacción de los empleados cuando trabajan con BIM, pues el estrés laboral en conjunto con la introducción de innovaciones puede afectar significativamente la productividad (Leung et al., 2015). A criterio personal esta es una de las categorías más importantes, pues finalmente gran parte del éxito radica en la productividad, habilidad, experiencia y conocimiento de todo el grupo de trabajo BIM. Dentro de las preguntas más frecuentes destacan: ¿Los roles y responsabilidades BIM están bien definidas?, ¿Se provee de entrenamiento y educación al personal?, ¿A sus empleados les gusta trabajar con BIM?, ¿Qué experiencia promedio en BIM tienen su personal?, ¿Existe una persona designada como BIM Champion/Lider BIM?
- ✓ **Estándares:** Es la menos tratada en todas las herramientas. Al igual que en la categoría de recursos humanos, solo 6 de las 9 herramientas evalúan los estándares BIM de la empresa. En general, estas preguntas no se enfocan mucho en la evaluación de las implementaciones en estándares BIM, sino más bien en demostrar de manera muy somera cuáles son los estándares adoptados y si se usa o no el BEP. Sin embargo, la BIM Maturity Matrix va un poco más allá evaluando la implementación de planes para el control de calidad y la comparación de procedimientos bajo estándares definidos. En general se enfatizan preguntas como: ¿Se crea y se implementa el BEP en sus proyectos?, ¿Los modelos 3D se manejan bajo estándares definidos?, ¿Implementa guías de trabajo para sus empleados?

A manera de recopilación, en lo que sigue se listan los aspectos más importantes de cada categoría (los valores en paréntesis representan la cantidad de herramientas que hacen preguntas al respecto):

- ✓ **Procesos**
  - Procesos de interacción, coordinación y comunicación entre diferentes disciplinas y stakeholders. (9)

- Procesos de coordinación entre diferentes fases del proyecto. (5)
  - Recolección de información y procesos de respuesta para el manejo del flujo de información. (5)
  - Procesos de entrega para productos y servicios BIM. (4)
  - Generación de información y procesos de documentación. (4)
- ✓ **Tecnología**
- Riqueza en los datos e información (información gráfica y no gráfica, e información de los usos durante el ciclo de vida). (8)
  - Cálculos y análisis basados en modelos. (5)
  - Efectividad y precisión de la información en los modelos BIM. (5)
  - Adopción de funciones BIM y selección de softwares. (5)
  - Calidad en el intercambio de información. (4)
- ✓ **Organizacionales**
- Soporte de BIM Managers. (6)
  - Visiones, misiones, objetivos y estrategias BIM. (5)
  - Esfuerzos de búsqueda y desarrollo BIM. (3)
  - Misiones y objetivos BIM a nivel operacional. (3)
- ✓ **Humanos**
- Experiencia, conocimiento y habilidades del personal BIM. (5)
  - Entrenamientos y educación en BIM. (5)
  - Roles BIM definidos. (4)
- ✓ **Estándares**
- Ejecución y uso del BEP. (4)
  - Guías para implementar y mejorar BIM en los negocios. (2)
  - Generar procedimientos, protocolos y regulaciones para los trabajos BIM. (2)

### 4.3. NIVELES DE MADUREZ

Al trabajar en el desarrollo de una herramienta que pretenda evaluar la madurez del proceso BIM, se hace necesario adoptar o diseñar algún sistema



de madurez que sirva de horizonte para formular la evaluación que va a ser presentada a las empresas.

A pesar de que los niveles de madurez se podrían diseñar sin ningún problema, es especialmente importante hacer que los resultados sean entendibles por cualquiera que los vea y que estén bajo algún estándar ya definido y aceptado a nivel internacional. Dicho lo anterior se ha tomado como referencia el Modelo de Madurez de Capacidades (CMM) propuesto por el Software Engineering Institute (SEI) en 1993, donde se establecen 5 niveles de madurez así:

- ✓ **Nivel 1 – Inicial:** Es característico de los procesos en este nivel que estén sin documentar y en un estado de cambio dinámico no controlado y reactivo a los usuarios o eventos. Esto proporciona un entorno inestable para los procesos.
- ✓ **Nivel 2 – Repetible:** Es característico de este nivel de madurez que algunos procesos sean repetibles, posiblemente con resultados consistentes. Es poco probable que la disciplina del proceso sea rigurosa, pero donde existe, puede ayudar a garantizar que los procesos existentes se mantengan en momentos complicados.
- ✓ **Nivel 3 – Definido:** Es característico de este nivel que haya conjuntos de procesos estándar definidos y documentados, sujetos a cierto grado de mejora a lo largo del tiempo. Es posible que los procesos no se hayan utilizado sistemática o repetidamente lo suficiente para que los usuarios sean competentes o el proceso se valide en una variedad de situaciones. Esto podría considerarse una etapa de desarrollo: con el uso en un rango más amplio de condiciones y el desarrollo de la competencia del usuario, el proceso puede desarrollarse hasta el siguiente nivel de madurez.
- ✓ **Nivel 4 - Gestionado:** Es característico de los procesos en este nivel que, al usar las métricas del proceso, el logro efectivo de los objetivos se pueda evidenciar a través de un rango de condiciones operativas. La idoneidad del proceso en múltiples entornos se ha probado y el proceso se ha refinado y adaptado. Los usuarios del proceso han experimentado el proceso en múltiples y variadas condiciones, y son capaces de demostrar competencia. La madurez del proceso permite las adaptaciones a proyectos particulares sin pérdidas medibles de calidad o desviaciones de las especificaciones.



- ✓ **Nivel 5 - Optimización (Eficiente):** Una característica de los procesos en este nivel es que se enfoca en mejorar continuamente el rendimiento del proceso a través de cambios y/o mejoras tecnológicas incrementales e innovadoras. En el nivel de madurez 5, los procesos se ocupan de abordar las causas estadísticas comunes de la variación del proceso y cambiar el proceso (por ejemplo, para cambiar la media del rendimiento del proceso) con el fin de mejorar el rendimiento de este. Esto se haría al mismo tiempo que se mantendría la probabilidad de lograr los objetivos cuantitativos de mejora del proceso establecidos. Pocas empresas alcanzan este nivel de madurez.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. DEFINICIÓN DE HIPÓTESIS PARA LA HERRAMIENTA

Durante el desarrollo del marco teórico y la recolección de información base para ejecutar el proyecto, surgieron una serie de hipótesis que se plantearon como horizonte para la ejecución del proyecto en busca de sobresalir de las demás herramientas de medición. A continuación, se listan estas hipótesis:

- ✓ La principal falencia de las herramientas es que o bien no evalúan todas las categorías, o la importancia que le dan a estas no es mucha, lo cual se puede ver reflejado en el tipo de preguntas que se hace sobre estas. Por esto la herramienta de madurez BIM de IAC debe lo suficientemente equilibrada como para evaluar de manera adecuada todas las categorías sin dejar por fuera ninguna de estas.
- ✓ El sistema de evaluación puede examinar por separado cada una de las categorías y asignarles un peso global a estas (diferente al peso o importancia de cada pregunta dentro de la categoría) para finalmente obtener un nivel de madurez BIM con base en el modelo de madurez adoptado o diseñado. Este peso global muy presumiblemente sea igual para todas, es decir, cada una va a tener un peso del 20% en la evaluación final para no restarle importancia a ninguna categoría.
- ✓ Para la categoría organizacional se puede hacer una combinación de preguntas mutuamente incluyentes sobre las estrategias organizacionales y los objetivos BIM de la empresa. Es decir, evaluar la concordancia y congruencia de las respuestas para determinar si realmente los objetivos BIM están alineados con las estrategias organizacionales. Esto puede ser de suma utilidad para el sistema de recomendaciones.

- ✓ De las herramientas, quizá las de más relevancia y referencia para la elaboración del proyecto son la BIM Maturity Matrix y la BIM Quick Scan. La razón de esto radica principalmente en que la primera presenta innovaciones respecto a muchas de estas y se presenta un equilibrio bien distinguido en sus categorías, mientras que la segunda presenta una evaluación directamente en la web y tiene la posibilidad de contactar a un consultor para hacer una valoración más detallada, lo cual también es uno de los objetivos de la herramienta de IAC.
- ✓ Para el sistema de preguntas se puede utilizar el Método Delphi, o al menos una variante sencilla de este. Esta metodología permite generar un cuestionario en forma de pirámide, donde primero se evalúan preguntas de manera general y luego se particularizan con base en las respuestas anteriores. Este sistema podría lograr generar un cuestionario que esté en relación directa con las necesidades u objetivos de la empresa en cuanto a BIM, pues no se puede decir que una empresa que diseña tiene un nivel de madurez BIM bajo porque no construye. Sin embargo, sus modelos SÍ deben estar preparados para una etapa constructiva.
- ✓ Cuando el usuario que representa la empresa finalice la evaluación, sería ideal que pudiera recibir los resultados por correo electrónico (en formato PDF) para que pueda conocer su estado actual de madurez y hacer uso de las recomendaciones que se le dan en función de los resultados. Esto involucra tener que desarrollar una serie de recomendaciones según el nivel de madurez por categoría en el cual se encuentre la empresa (25 recomendaciones mínimo), además del desarrollo de una plantilla de informe en la cual poner la información de los resultados para cada empresa. Esto ayudaría a impulsar mucho la herramienta de medición, además de incentivar a las empresas a realizarla.

## 5.2. DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS

Para la definición de las categorías se optó por adoptar la recomendación de Chengke Wu et al, donde separan las categorías de evaluación en:

<b>Procesos</b>	Se evalúa si la empresa tiene procesos BIM definidos, documentados, gestionados e integrados con el resto de los procesos de la organización. En particular, con esta sección se hace referencia a procesos técnicos. Los procesos de liderazgo y de talento humano serán evaluados en otras secciones.
<b>Tecnología</b>	En esta sección se busca conocer el nivel de madurez de la empresa en relación con las herramientas de software, hardware, redes y conectividad. En relación con la conectividad se da relevancia a contar con herramientas de trabajo colaborativo y acceso remoto en función del rol.
<b>Personas</b>	En esta sección se busca conocer la alienación existente entre la visión y estrategia de la organización con la visión y estrategia BIM. Se busca identificar si la organización considera BIM como un proceso estratégico que genera nuevas oportunidades de negocio.
<b>Organización</b>	En esta sección se busca conocer la relevancia que da la organización a las personas como base fundamental para el proceso BIM. Se busca conocer principalmente la claridad que se tienen en la definición de los roles y el abordaje para el entrenamiento en relación con BIM.
<b>Estándares</b>	En esta sección se busca conocer la madurez de la organización en relación a los documentos, estándares y plantillas que son la base para BIM.

**Tabla 1. Definición de categorías**

### **5.3. DEFINICIÓN DE NIVELES DE MADUREZ**

Como se mencionó anteriormente, para el desarrollo de la evaluación de madurez BIM se ha tomado como referencia el Modelo de Madurez de Capacidades (CMM) propuesto por el Software Engineering Institute (SEI) en 1993, donde se establecen 5 niveles de madurez: inicial, repetible, definido, gestionado y optimizado. Sin embargo, se decidió que para este proyecto se reformularían los niveles de madurez de la siguiente manera: inicial, definido, gestionado, integrado y optimizado. Su principal diferencia respecto al esquema tradicional del SEI es la inclusión de una madurez integrada, pues en Building Information Modelling es de extrema importancia evaluar la integridad de todos los procesos en la empresa con la finalidad de presentar un proceso completamente articulado. Así pues, en lo que sigue se definen los niveles de madurez así:



- **Inicial:** Presenta ausencia de estrategias y escasez de procesos definidos. Las herramientas se implementan de manera no sistemática. La adopción BIM se logra parcialmente y carece del apoyo de la gerencia. Si se logran, las capacidades de colaboración ocurren con poca o ninguna guía de procesos, estándares o protocolos. No hay una resolución formal de los roles y responsabilidades.
- **Definido:** La implementación de BIM está impulsada por la visión general de los altos directivos. La mayoría de los procesos y políticas están bien documentados y las oportunidades de negocios que surgen de BIM se identifican, pero no se aprovechan. Las pautas BIM están disponibles. La colaboración con los socios del proyecto sigue guías de procesos, estándares y protocolos de intercambio predefinidos. Las responsabilidades se distribuyen y los riesgos se mitigan a través de medios contractuales.
- **Gestionado:** Los empleados comunican y comprenden la visión de implementar BIM. La estrategia de implementación combina planes de acción detallados y un régimen de monitoreo. Las oportunidades de negocio que surgen de BIM se utilizan en los esfuerzos de marketing. Los roles BIM están definidos y los objetivos de rendimiento se logran. La información de los modelos 3D se gestionan a través de estándares detallados y planes de calidad.
- **Integrado:** La implementación BIM se integra en los canales organizativos, estratégicos, gerenciales y comunicativos. Las oportunidades de negocios son parte de la ventaja competitiva. La selección e implementación de software sigue objetivos estratégicos y los entregables de modelado están integrados con los procesos de negocios. Los roles y objetivos BIM están incorporados dentro de la organización. La productividad es consistente y predecible. Los estándares BIM se incorporan en la gestión de la calidad y los sistemas de mejora del rendimiento. La colaboración se caracteriza por la participación de agentes clave en las fases iniciales del ciclo de vida de los proyectos.
- **Optimizado:** Se ha internalizado la visión BIM y se logra activamente. La estrategia de implementación BIM se revisa y realinean continuamente con otras estrategias. Si se necesitan modificaciones a los procesos se implementan de manera proactiva. Las soluciones innovadoras y las oportunidades de negocio son buscadas y seguidas constantemente. La selección y uso de herramientas de software se revisa continuamente para mejorar la productividad. Los entregables de modelado se revisan



y optimizan para beneficiarse de las nuevas funcionalidades de software. La optimización de los datos, procesos y canales de comunicación es constante. Las responsabilidades de colaboración, los riesgos y las recompensas se revisan y realinean continuamente. Los modelos contractuales se modifican para lograr las mejores prácticas y el mayor valor para todos los interesados.

Cabe resaltar que la definición de estos niveles de madurez enfocado al proceso BIM está fuertemente influenciada por la Matriz de Madurez del referente internacional Bilal Succar.

#### **5.4. DESARROLLO DE PREGUNTAS**

La metodología para el desarrollo de las preguntas consistió en establecer posibles respuestas a preguntas de procesos BIM teniendo en cuenta los niveles de madurez adoptados. El desarrollo de las preguntas y respuestas fue el trabajo más extenso del proyecto, pues se debía mantener un equilibrio entre la cantidad de preguntas y la cantidad de “datos” que se obtenían por pregunta. La metodología consistió en tener presente la definición de cada nivel de madurez y pensar en qué condiciones del proceso se debían cumplir para estar en dicho nivel de madurez. Así pues, en lo que sigue se muestran las 17 preguntas que resultaron para evaluar el nivel de madurez BIM en las empresas:

##### **5.4.1. PROCESOS**

###### **1. Respecto a los procesos BIM de la empresa:**

- A. No están definidos.
- B. Existen definiciones básicas.
- C. Están definidos y documentados en diagramas de proceso, además son claros para todas las personas relacionadas con BIM. Se tiene definidos indicadores de desempeño a los cuales se hace revisión permanente.
- D. Estos procesos están integrados con el resto de los procesos de la empresa.
- E. Se revisan oportunidades de mejora de forma continua y se tienen un protocolo para estas revisiones.

###### **2. Con respecto a los procesos de diseño y coordinación de disciplinas:**

- A. No existen. Cada modelador aplica sus conocimientos en el software sin procedimientos estandarizados.

- B. Existen guías básicas. La calidad y tiempo de entregables no son predecibles.
- C. Existen guías completas (protocolos, plantillas, familias, BEPS) de uso obligatorio. Se tiene definidos indicadores para el proceso.
- D. Los procesos de diseño y coordinación son integrados con base en estándares de trabajo colaborativo. Existen guías precisas para el manejo de solicitudes de cambios desde el sitio de obra de tal forma que el modelo pueda ser actualizado a la par del avance de la obra.
- E. Son documentados, integrados y constantemente actualizados con base en las últimas actualizaciones y modificaciones a los procesos con base en las experiencias adquiridas en proyectos previos.

**3. Con respecto a los flujos de trabajo y procesos para cálculo de cantidades de obra, estimados y/o presupuestos:**

- A. No se han definido. Los cálculos se hacen con base un promedio de metro cuadrado de proyectos similares.
- B. Existen flujos y procesos básicos. La precisión de los resultados depende de quien ejecute el proceso.
- C. Están bien definidos. Los modelos tienen la calidad en su geometría y los datos requeridos para ser la base del proceso de estimados y presupuestos. Los resultados son confiables y son auditados.
- D. El sistema usado para estimados y presupuestos tiene conexión con el sistema de control de presupuestos o ERP de la empresa. Se hace auditoría y es posible hacer evaluación de impacto en riesgos, costos y tiempo en función de las solicitudes generadas en obra.
- E. Se buscan mejoras de forma continua en función de avances tecnológicos y aprendizajes adquiridos.

**4. Respecto a los procesos para la programación de obra:**

- A. No se han definido. La programación se hace a criterio de cada responsable.
- B. Hay unos procesos básicos. No son claros para todo el equipo de trabajo.
- C. Los procesos están bien definidos y documentados. El proceso es predecible y se tienen indicadores a los que se hace seguimiento.
- D. Es posible conocer el estado de la obra en un modelo BIM. El cronograma tiene la capacidad de integrarse con el presupuesto del proyecto y es posible conectar el avance de la obra con el sistema contable para pago a contratistas y proveedores.
- E. Se buscan proactivamente actualizaciones, mejoras tecnológicas, y nuevas técnicas de programación combinadas con las experiencias adquiridas en proyectos previos.

**5. Respecto a los procesos para el control de obra en etapa constructiva (control de presupuesto, programación, gestión de cambios y as-built):**

- A. No están bien definidos. Son procedimientos generales ejecutados a criterio de la experiencia de los residentes, el director y/o el coordinador de obra.
- B. Existen flujos y procesos básicos. Se siguen lineamientos muy generales que en ocasiones entorpecen la correcta ejecución del proyecto por falta de coordinación en los procedimientos.
- C. Están completamente definidos y son aplicables por todo el equipo de trabajo. Se cuenta con indicadores a los que se hace seguimiento continuo.
- D. Los procesos de obra se integran con los de diseño y coordinación haciendo uso de plataformas web colaborativas. Los cambios son gestionados de tal forma que el modelo es actualizado a la par del avance de la obra.
- E. Se busca de forma constante nuevas tecnologías y mejoras en los procesos que permitan hacer el control de obra de una forma más íntegra y colaborativa.

**5.4.2. TECNOLOGÍA**

**6. Con respecto a los computadores y equipos para procesos BIM:**

- A. Tienen especificaciones inferiores a las recomendadas por el fabricante del software.
- B. Además de cumplir especificaciones recomendadas, son afinados para un desempeño adecuado (drivers de video adecuados, etc).
- C. El hardware es considerado como una inversión que permite conseguir los objetivos de desempeño por proyecto. Hay inversiones en hardware para facilitar la movilidad de las personas en los procesos en donde es requerido (sitio de obra, por ejemplo).
- D. Las inversiones en hardware se consideran fundamentales, están consideradas en los planes financieros y están alineados con objetivos de negocio.
- E. Se evalúan continuamente innovaciones que puedan mejorar el proceso BIM de la empresa (impresión 3D, realidad virtual, estaciones robóticas, etc).

**7. Con respecto a las redes y soporte para trabajo colaborativo:**

- A. La información de los proyectos se almacena en el computador de cada usuario.



- B. La información de todos los usuarios en el proyecto se almacena en un solo repositorio comunicado por una red local (LAN) sin algún esquema de restricción para acceso o modificación.
- C. La información de todos los usuarios del proyecto se almacena en un repositorio comunicado por una red local (LAN) con funcionalidad para gestión de versiones, respaldos programados y control de acceso por usuario.
- D. La información es almacenada un repositorio común (CDE) web que es para este propósito específico. Cuenta con gestión de versiones, respaldos, control de acceso por usuario y posibilidad de configurar flujos de aprobación de cambios. La empresa cuenta con ancho de banda de internet adecuados para este propósito. Este sistema se integra con otros sistemas de la empresa.
- E. Las soluciones de conectividad son evaluadas continuamente en función de los avances tecnológicos. Las conexiones de red son habilitadoras para la gestión de conocimiento.

#### **8. Los sistemas de diseño, análisis, cálculos, etc.:**

- A. Son seleccionadas por cada usuario de acuerdo con su criterio. No hay políticas claras sobre las herramientas a usar en cada proceso y sobre uso legal de licencias.
- B. Hay una definición única de herramientas de software para uso al interior de la organización o equipos de proyecto.
- C. Son seleccionadas en función de los entregables requeridos para cada proceso (ejemplos: Diseño, cuantificación, análisis, programación, etc). La posibilidad de generar intercambio de datos es obligatoria.
- D. Son seleccionadas en función de los objetivos estratégicos de la empresa. Están sincronizadas a lo largo de cada proyecto y estrechamente integradas con los procesos de negocio de la empresa.
- E. Se evalúan nuevas tecnologías y las mejoras en las herramientas de software existentes para asegurar la alineación con los objetivos de negocio y las mejoras en productividad de los procesos actuales.

#### **5.4.3. ORGANIZACIÓN**

#### **9. Con respecto a la visión y estrategia BIM:**

- A. Los gerentes y líderes tienen diferentes visiones para BIM en la organización. No existe una estrategia de implementación BIM.
- B. Hay una visión única sobre BIM. Aunque hay una estrategia de implementación, carece de acciones concretas.
- C. La visión BIM es comunicada y entendida por la mayoría de los empleados. Hay un plan de acción concreto para la implementación.



- D. La visión BIM es compartida por todos los empleados y por los proveedores/contratistas. Los procesos BIM están integrados en la estrategia de la organización.
- E. La estrategia de implementación BIM es revisada continuamente y realineada con otras estrategias de organización.

**10. Con respecto a las nuevas oportunidades de negocio con base en proceso BIM:**

- A. No se reconocen.
- B. Se reconocen, pero no son explotadas.
- C. Son reconocidas y usadas por mercadeo.
- D. Son evaluadas como parte de la ventaja competitiva y usadas para mantener y atraer nuevos clientes.
- E. Son buscadas de forma proactiva.

**11. ¿Existe un foro, comité o reunión formal para revisar ejecución de la estrategia BIM?**

- A. No se ha definido aún.
- B. Se programa cada que surge una urgencia o necesidad.
- C. Se ha definido, pero no hay una estructura clara en función de los objetivos estratégicos BIM.
- D. Se ha definido y la estructura es clara. En esta reunión solo participan las personas relacionadas con BIM de la empresa.
- E. Se ha definido y la estructura es clara. En esta reunión participan otras áreas de la empresa. Se reconoce que BIM no se limita a un área o grupo en particular.

**5.4.4. PERSONAS**

**12. Con respecto a los programas de entrenamiento de su empresa para BIM:**

- A. No se ha definido. El entrenamiento se considera un costo adicional.
- B. Los entrenamientos son ejecutados en función de la solicitud de cada usuario.
- C. Hay un programa en función de las competencias técnicas de cada ROL.
- D. Hay un programa en función de las competencias técnicas y desarrollo de habilidades blandas (liderazgo, gestión, etc).
- E. Se evalúan las competencias de forma continua, se buscan nuevos métodos de aprendizaje. Se evalúan los contenidos de entrenamiento en función de los objetivos de negocio y evolución de las herramientas de software.

### **13. Con respecto a los roles y funciones BIM en su empresa:**

- A. No están definidos. Los resultados no son predecibles y dependen de los esfuerzos individuales.
- B. Hay una definición informal.
- C. Están definidos. Los resultados son consistentes en la mayoría de los proyectos.
- D. Están definidos claramente. Hay cultura de trabajo en equipo gestionada por proyectos y es parte de la empresa. Los resultados son predecibles.
- E. Las prácticas de gestión de talento humano son continuamente revisadas y mejoradas.

#### **5.4.5. ESTÁNDARES**

### **14. Con respecto a protocolos, guías y estándares BIM:**

- A. No existen. No hay control de calidad sobre los modelos ni la documentación.
- B. Existen guías básicas para generación de modelos y su documentación. Existen objetivos definidos en relación con el control de calidad.
- C. Existen guías detalladas. Existen guías para el control de calidad de entregables. Se monitorea el desempeño real de un proyecto.
- D. Las guías relacionadas con BIM están integradas a las políticas generales de la empresa.
- E. Las guías relacionadas con BIM son revisadas de forma continua en busca de mejoras con base en el conocimiento ganado y los avances tecnológicos. Se hace auditoría sobre la adherencia de la práctica diaria a las guías.

### **15. Con respecto a la especificación de modelos (LOD) según etapa:**

- A. Los modelos 3D presentan inconsistencias con relación al nivel de detalle.
- B. Existe guía básica de definición de objetos 3D.
- C. Se tiene adoptada algún estándar que defina las especificaciones del modelo en función de la etapa del proyecto. Las guías son respetadas por el equipo de trabajo interno.
- D. Las guías son respetadas además por cualquier proveedor externo.
- E. Los modelos 3D y otros entregables son evaluados continuamente para mejora de los procesos.

### **16. Con respecto a los planes de ejecución por proyecto (BEP):**

- A. No existen.
- B. Existen guías básicas y cada proyecto tiene su propia estructura de BEP.

- C. Existen guías detalladas para la definición del BEP.
- D. Todos los proyectos inician con un BEP definido y compartido por todos los integrantes del equipo (internos y externos).
- E. Las plantillas para BEP con evaluadas de forma continua para incluir los aprendizajes ganados en cada proyecto ejecutado.

**17. Con respecto al proceso de actualización de protocolos, guías y estándares BIM:**

- A. No están definidos
- B. Existen guías básicas. Existe el riesgo de que la actualización quede a criterio de una sola persona
- C. Se tiene un proceso definido. Las actualizaciones son generadas tomando como base los aprendizajes y se tienen un comité para su evaluación.
- D. Los componentes no técnicos de las actualizaciones son validados con otras áreas de la empresa
- E. Se revisan oportunidades de mejora de forma continua. En la revisión se consideran estándares internacionales y avances tecnológicos

Respetando una de las hipótesis que fue planteada al comienzo, no se puede decir que una empresa que diseña tiene un nivel de madurez BIM bajo porque no construye. Esto básicamente se traduce en que no se puede disminuir la madurez BIM de una empresa porque se están evaluando campos de acción que no son propios de esta. Con este concepto en mente, se diseñaron 4 preguntas filtro que sirven para conocer las actividades de la empresa en torno a BIM:

**18. ¿Su empresa realiza actividades de diseño y/o coordinación de disciplinas?**

- A. Sí
- B. No

**19. ¿Su empresa genera cantidades de obra, estimados y/o presupuestos?**

- A. Sí
- B. No

**20. ¿Su empresa realiza programación de obra?**

- A. Sí
- B. No

## 21. ¿Su empresa realiza actividades de construcción?

- A. Sí
- B. No

Como se puede apreciar, se definieron las preguntas según macro etapas del ciclo de vida del edificio y se llegó a la conclusión de que estas únicamente pueden ser utilizadas para filtrar la categoría de procesos, pues las otras categorías aplican independientemente de la actividad que desarrolle la empresa.

**Nota:** Si bien las macro etapas del ciclo de vida de un edificio son más que diseño y construcción, en la introducción de este documento se explica por qué únicamente se consideran estas dos macro etapas.

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El resultado final del proyecto fue una herramienta de evaluación automatizada de la madurez del proceso BIM en las empresas. Esta herramienta es capaz de generar un informe automático que se le envía al correo de quién diligenció la evaluación, y se da la posibilidad de contactar a un asesor de Ingeniería Asistida por Computador S.A.S. Además, el sistema realiza recomendaciones sobre qué hacer para mejorar el proceso de implementación BIM con base en los niveles de madurez obtenidos para cada una de las preguntas.

Durante las pruebas internas que se hicieron, el comportamiento de la herramienta fue muy bueno. La base de datos se genera y almacena la información de manera organizada y sistemática, y la herramienta se demora entre 4 y 8 minutos en enviar los resultados al correo. Además, se genera una copia de los resultados para uso interno en IAC S.A.S. No obstante, se espera que en las semanas próximas a la entrega de la herramienta se evalúe el desempeño final de esta y si cumple o no las expectativas.

### 6.1. DESARROLLO DE RECOMENDACIONES

Se definió que las recomendaciones debían ser en función de los niveles de madurez posibles para cada pregunta, es decir, realizar 5 recomendaciones para cada una de las 17 preguntas de madurez (85 recomendaciones en total). Estas recomendaciones debían ilustrar a la empresa sobre algunas



cosas generales que podían mejorar en pro de avanzar en su proceso de implementación BIM, pues se determinó que es bastante complicado dar recomendaciones muy particulares puesto que la herramienta solo da un acercamiento a la implementación BIM de la empresa. Para dar recomendaciones particulares a cada caso, el proceso de BPA descrito en el marco teórico es la forma más directa y confiable de hacerlo siempre que esté a cargo de expertos en la materia (consultores BIM o BIM Managers).

Al igual que las preguntas, el desarrollo de las recomendaciones estuvo muy encaminado por las diferencias que hay entre los niveles de madurez. Se determinó que siempre hay una serie de actividades o procesos que se pueden mejorar para "evolucionar" de un nivel de madurez al siguiente. Así pues, con base en lo anterior, se siguió el siguiente esquema para formular las recomendaciones:

<Importancia del nivel de madurez actual>. <Recomendaciones para el nivel de madurez siguiente>. <Importancia de seguir la recomendación para evolucionar al siguiente nivel de madurez>.

Debido a la gran extensión de las recomendaciones, se relaciona [este enlace](#) en el cuál se podrán ver las recomendaciones que la herramienta hará en función de las preguntas y respuestas del usuario. Tenga en cuenta que debe acceder con el correo institucional de la Universidad de Antioquia para ver el contenido del enlace.

## **6.2. PROGRAMACIÓN DE LA HERRAMIENTA Y SISTEMA DE CALIFICACIÓN**

Escoger la plataforma web fue uno de los retos más importantes de superar durante el desarrollo del proyecto. Se definió que este debía cumplir las siguientes características:

- ✓ Tener una interfaz de usuario amigable para la persona que fuera a realizar el cuestionario.
- ✓ Que funcionara completamente en la nube.
- ✓ Tener la capacidad de almacenar la información (crear una base de datos) cada vez que un usuario realizara la encuesta.
- ✓ Tener la capacidad de procesar los datos que recibía de cada usuario.
- ✓ Tener la capacidad de generar un informe a partir de los datos procesados.

De primera mano se evaluaron las capacidades de diferentes herramientas para realizar cuestionarios (Wufoo, JotForm, Typeform, Zoho Forms, etc). Sin

embargo, ninguna de estas parecía cumplir los requisitos que se definieron con anterioridad.

Finalmente, Google Forms pareció ser la herramienta que mejor cumple con las características, pues esta permite procesar los datos automáticamente pasándolos de Google Forms a Google Sheets y crear un informe automático a partir de la información procesada.

**Imagen 1. Ejemplo del sistema de evaluación**

La programación de la herramienta también constituyó uno de los mayores retos en el proyecto, pues se debía encontrar la forma de que las respuestas se pudieran traducir a los niveles de madurez adoptados. Para esta tarea fue necesario hacer un mapeado en Google Sheets para que se “leyera” la respuesta del usuario y se le asignara su nivel de madurez. En la imagen 1 se muestra un ejemplo para la categoría personas, donde se puede apreciar que ambas opciones fueron la B lo cual sitúa la madurez en un Nivel 2: Repetible

<b>Categoría de evaluación: Personas 20%</b>				
<b>Pregunta</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	
		Con respecto a los programas de entrenamiento de su empresa para BIM:		Con respecto a los roles y funciones BIM en su empresa:
<b>Valoración de la pregunta</b>	50%		50%	
<b>Respuesta</b>	B. Los entrenamientos son ejecutados en función de la solicitud de cada usuario.		B. Hay una definición informal.	
	<b>B</b>		<b>B</b>	
<b>Valoración de las respuestas</b>	A	19%	A	19%
	B	39%	B	39%
	C	59%	C	59%
	D	79%	D	79%
	E	100%	E	100%
<b>Nivel CMM</b>	Nivel 2: Repetible		Nivel 2: Repetible	
<b>Total en categoría</b>	19.50%		19.50%	

tanto para las respuestas individuales como para la categoría en general.

En cuanto al sistema de calificación su principio es muy básico. Partiendo de una de las hipótesis de lo que debe cumplir la herramienta, todas las categorías son de igual importancia dentro de la madurez BIM de la empresa. Por lo anterior se decidió que las 5 categorías tuvieran un 20% de peso sobre la calificación final.

Por otro lado, cada pregunta también tiene un peso igual dentro de la propia categoría. Esto fue con el fin de no crear subjetividades a la hora de darle más o menos importancia a una pregunta y tratar de mantener el equilibrio en toda la evaluación. Así pues, el resultado de cada categoría se podría representar con la siguiente fórmula:

$$C = \sum_{n=1}^i Q_n * W_n$$

Donde,

C = Calificación de la categoría

i = Cantidad de preguntas en la categoría

Q = Valoración de la respuesta

W = Valoración de la pregunta o peso de la pregunta en la categoría

A diferencia de las respuestas que representan porcentajes cerrados según la respuesta del usuario, la categoría como tal sí puede adoptar cualquier porcentaje según la cantidad de preguntas que haya y la selección de respuesta. Por esto se hizo necesario definir unos rangos porcentuales para reportar el nivel de madurez de la categoría, así:

Categoría	Rango porcentual
Inicial	0-19%
Definido	20-39%
Gestionado	40-59%
Integrado	60-79%
Optimizado	80-100%

**Tabla 2. Rangos porcentuales por categoría**

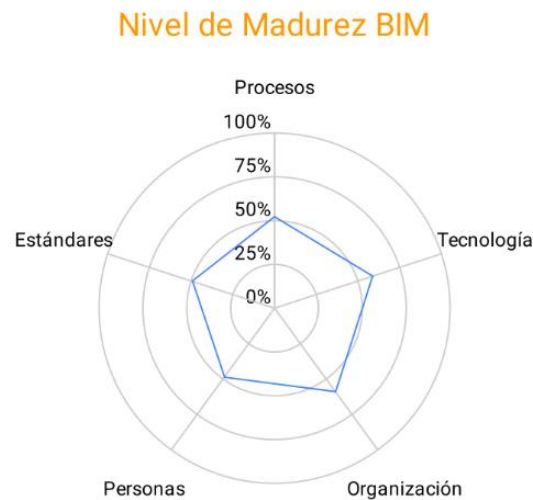
Finalmente, el resultado global de madurez empresarial con respecto a BIM es la suma de los porcentajes obtenidos en las 5 categorías multiplicado por 20%.

### 6.3. DESARROLLO DE LA PLANTILLA DE INFORME

La plantilla de informe se elaboró directamente sobre Google Sheets y se envía en formato PDF una vez se tengan los resultados de la evaluación de madurez BIM. Se determinó que esta plantilla debía contener al menos 5 secciones:

- **Introducción:** En esta se explica el propósito de la evaluación y las categorías a ser examinadas.

- **Resultados generales:** En esta sección se muestra un gráfico de radar con el resultado por categoría, así:



**Imagen 2. Gráfico de radar para el nivel de madurez BIM**

- **Resultados y recomendaciones de mejora por categoría:** Esta sección hace uso de la matriz de recomendaciones para filtrar qué oportunidades de mejora se le muestran a la empresa en función de las respuestas diligenciadas. Además, se muestran los resultados generales por categoría.
- **Interpretación de resultados:** Se muestra qué significan cada uno de los niveles de madurez y los rangos porcentuales que los representan.
- **Contacto:** Se promueve a la posibilidad de contactar a un consultor de IAC para hacer uso de las recomendaciones y mejorar el proceso de implementación BIM.

## 7. CONCLUSIONES

Si bien el esquema de evaluación propuesto en este proyecto puede funcionar sin problemas, la falta de estandarización para la generación de herramientas que evalúen la madurez BIM en las empresas da lugar a muchas subjetividades por parte de los desarrolladores. Esto es un problema que con el paso del tiempo se espera solucionar progresivamente, incluso llegando al punto de que el gobierno cree su propio sistema de evaluación que permita a las empresas nacionales estar a la par de los requisitos estatales para la ejecución de proyectos BIM. Sin embargo, se espera que la iniciativa la tomen



países más avanzados en la implementación del proceso BIM tales como el Reino Unido.

BIM, como muchas personas piensan, no se limita únicamente a un tema de software o hardware de última generación. BIM va mucho más allá, llegando a ser un cambio en la forma como se da la integración empresarial, afectando de manera directa a todos los procesos que hace parte de esta (desde las áreas comerciales y de mercadeo, hasta las áreas técnicas y de servicios).

La evaluación BIM desarrollada para Ingeniería Asistida por Computador S.A.S no se limita únicamente a una herramienta que permita conocer a las empresas su estado de madurez, sino que puede llegar a ser un elemento comercial y de mercadeo muy potente permitiendo tener bases de datos sobre cuál es el estado actual de implementación y madurez BIM a nivel Colombia y posiblemente de la región.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

The NBS. Accedido el día 03 de noviembre, 2018, desde <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>

Succar, B. (2010). Building Information Modelling Maturity Matrix. Accedido el día 27 de octubre, 2018, desde [https://www.academia.edu/186259/Building\\_Information\\_Modelling\\_Maturity\\_Matrix](https://www.academia.edu/186259/Building_Information_Modelling_Maturity_Matrix)

Fernández Tamames, José. (2018). Grado de implantación del BIM. Accedido el día 27 de octubre, 2018, desde [http://marketing.eae.es/prensa/SRC\\_ImplantacionBIM\\_V1.pdf](http://marketing.eae.es/prensa/SRC_ImplantacionBIM_V1.pdf)

Chengke Wu, M.D. (2017). Overview of BIM maturity measurement tools. Accedido el día 27 de octubre, 2018, desde [https://www.itcon.org/papers/2017\\_03-ITcon-Wu.pdf](https://www.itcon.org/papers/2017_03-ITcon-Wu.pdf)

Select Business Solutions. Accedido el día 15 de enero, 2019, desde <http://www.selectbs.com/process-maturity/what-is-the-capability-maturity-model>

World Economic Forum & The Boston Consulting Group. (2018). An Action Plan to Accelerate Building Information Modeling (BIM) Adoption. Accedido el día 03 de noviembre, 2018, desde

[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Accelerating BIM Adoption Action Plan.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Accelerating_BIM_Adoption_Action_Plan.pdf)

CIC. Accedido el día 28 de octubre, 2018, desde [https://oliebana.files.wordpress.com/2012/10/bim\\_planning\\_guide\\_for\\_facility\\_owner-version\\_1-021.pdf](https://oliebana.files.wordpress.com/2012/10/bim_planning_guide_for_facility_owner-version_1-021.pdf)

## 9. ANEXOS

Enlace a la matriz de recomendaciones BIM desarrollada a la fecha de entrega de esta informe (01 de abril de 2019): <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1J23GpYFoTI2BfXvtuMKqMpTQ9fckbn7Y5Qvd3WaBF5w/edit?usp=sharing>

Enlace a la evaluación de madurez BIM. Válido a la fecha de entrega de este informe (01 de abril de 2019): <https://forms.gle/TVRcKXwzAaUhD4zx9>

**Nota: En caso de no encontrar activo el enlace a la evaluación de madurez BIM, recuerde visitar <https://iac.com.co>**