

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**FACTORES INFLUYENTES PARA LA ADOPCIÓN BIM DE LAS EMPRESAS DE
ARQUITECTURA Y DISEÑO ESTRUCTURAL EN EL PERÚ**

Tesis para optar el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

James Aaron Palma Villanueva

ASESOR:

Dr. Danny Eduardo Murguía Sánchez

Lima, Septiembre, 2023

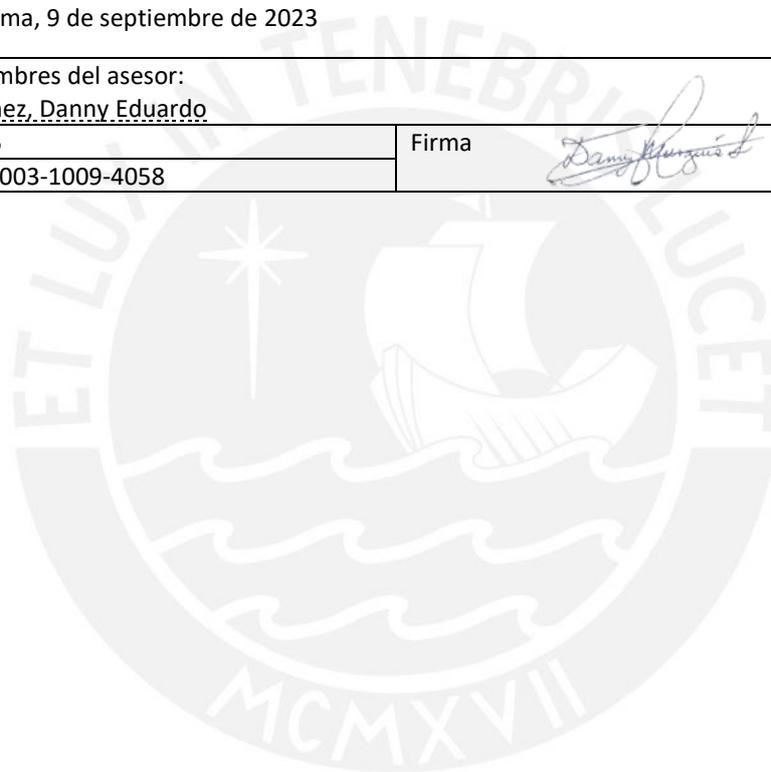
Informe de Similitud

Yo, Danny Eduardo Murguia Sánchez, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada: "FACTORES INFLUYENTES PARA LA ADOPCIÓN BIM DE LAS EMPRESAS DE ARQUITECTURA Y DISEÑO ESTRUCTURAL EN EL PERÚ", del autor James Aaron Palma Villanueva, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 5 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 08/09/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 9 de septiembre de 2023

Apellidos y nombres del asesor: <u>Murguia Sánchez, Danny Eduardo</u>	
DNI: 42283195	Firma 
ORCID: 0000-0003-1009-4058	



Dedicatoria

*Dedicado a mis padres, quienes, con honestidad y buenos valores,
dieron lo mejor para yo poder cumplir todos mis objetivos.*

*Agradecimiento especial a mi asesor, Danny Murguía, por la oportunidad
brindada, la paciencia y el vasto conocimiento obtenido.*



RESUMEN

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo para la creación y gestión de la información de un proyecto de construcción que ofrece beneficios a la industria de la construcción para la creación colaborativa de información digital (Gamez, et al., 2014). En Perú, muchas empresas de ingeniería y construcción se han embarcado en la adopción de BIM. Sin embargo, el Segundo Estudio de Adopción BIM de Lima y Callao (Murguía, et al., 2021) encontró que dentro de los proyectos que han adoptado BIM, aproximadamente solo el 20% de las empresas de diseño crean sus propios modelos BIM. El 80% de los modelos son creados por consultores BIM o la empresa contratista. Este desigual nivel de adopción podría ser problemática en contextos como el peruano, donde el sector público empezará a requerir BIM para sus proyectos de construcción.

Basado en las clasificaciones de estudios previos sobre BIM tales como: la teoría de difusión de innovaciones y la aceptación del usuario al uso de la tecnología de la información, la siguiente investigación logra identificar y clasificar los factores que llevan al punto de adopción del uso de BIM de los proyectistas de arquitectura y estructuras durante la etapa de diseño de un proyecto de construcción. Mediante el análisis de datos cualitativos, con base en entrevistas semiestructuradas a profesionales y gerentes de empresas de arquitectura e ingeniería, se logra clasificar los factores influyentes en 3 diferentes grupos. El primero referente al valor de BIM que, se subdivide en: Modelado, Sistematización y Compatibilización. La segunda comprende las motivaciones al uso de BIM, tales como: Motivaciones sociales (de imagen interna o externa; y de influencia social o exigencia), y motivaciones económicas (proyectos únicos o cruzados; y colaboración y Macro-BIM). Finalmente, en la tercera clasificación, se identifica los factores de la industria que influyen en la adopción, clasificados en: Factores tecnológicos y económicos; del marco normativo; y de aprendizaje y conocimientos.

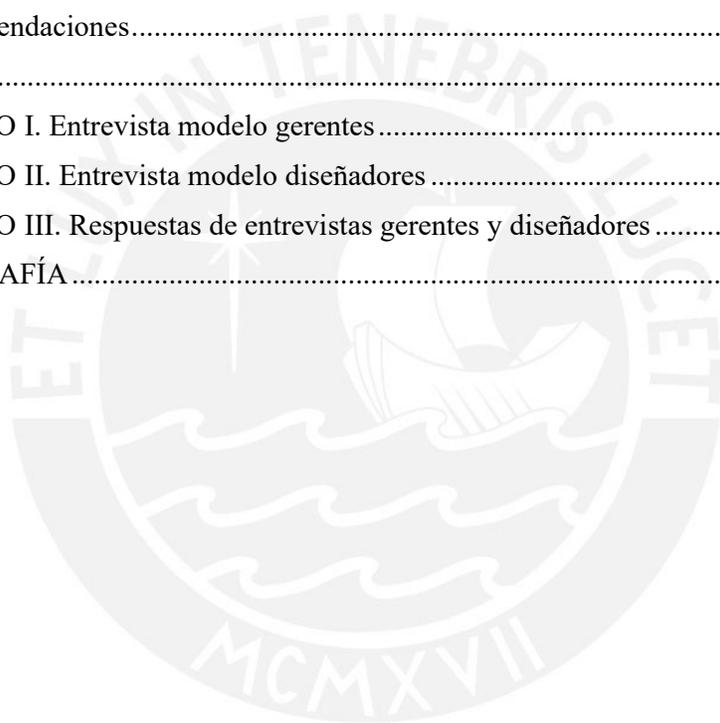
Palabras clave: Building Information Modelling (BIM), Adopción BIM, BIM-Value, Factores de la Industria BIM, Motivaciones BIM.

1. ÍNDICE

RESUMEN	iii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.01 Justificación.....	1
1.02 Objetivo general	2
1.03 Objetivos específicos.....	2
1.04 Metodología del trabajo	2
1.04.01 Actividades	3
1.04.02 Revisión de la literatura	4
1.04.03 Desarrollo del método de investigación	4
2. BIM: METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN.....	5
2.01 Building Information Modeling	5
2.01.01 Entendimiento de BIM	5
2.01.02 BIM en la empresa.....	6
2.01.03 Punto de Adopción BIM.....	7
2.01.04 Aplicaciones y beneficios	10
2.01.05 Barreras de la implementación BIM.....	14
2.02 Situación actual de BIM.....	15
2.03 Etapa de Diseño en un Proyecto de Construcción.....	18
2.04 Factores de Adopción BIM	21
2.04.01 Objetivos, etapas e hitos	21
2.04.02 Campeones e impulsores	21
2.04.03 Marco normativo	22
2.04.04 Publicaciones notables.....	22
2.04.05 Aprendizaje y educación	22
2.04.06 Métricas y referencias.....	22
2.04.07 Partes estandarizadas y entregables	22
2.04.08 Infraestructura tecnológica	22
3. INNOVACIÓN, TECNOLOGÍA, Y MOTIVACIONES EN PROYECTOS.....	24
3.01 Modelo de difusión de innovaciones.....	24
3.01.01 Ventaja relativa.....	24
3.01.02 Compatibilidad	25
3.01.03 Complejidad.....	25
3.01.04 Testeabilidad.....	25
3.01.05 Observabilidad.....	25

3.02	Teoría del uso de tecnologías.....	25
3.02.01	Expectativa de rendimiento	26
3.02.02	Expectativa de esfuerzo	26
3.02.03	Influencia social.....	26
3.02.04	Condiciones facilitadoras	26
3.03	Variables y motivaciones para implementación.....	26
4.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN APLICADA.....	29
4.01	Investigación cualitativa de preguntas abiertas	29
4.02	Diseño de entrevistas.....	29
4.03	Entrevista gerentes	30
4.03.01	Sección 1: Datos Generales	30
4.03.02	Sección 2: Valor de BIM	30
4.03.03	Sección 3: Motivaciones BIM	31
4.03.04	Sección 4: La industria BIM.....	31
4.04	Entrevista diseñadores.....	32
4.04.01	Sección 1: Datos Generales	32
4.04.02	Sección 2: Valor de BIM	32
4.04.03	Sección 3: Motivaciones BIM	33
4.04.04	Sección 4: La industria BIM.....	34
5.	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	35
5.01	Gerentes.....	35
5.02	Diseñadores	36
5.03	Toma de datos	37
5.04	Análisis de datos.....	38
6.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	40
6.01	BIM Value.....	41
6.01.01	Valor BIM en el diseño	41
6.01.02	Modelado	43
6.01.03	Sistematización.....	44
6.01.04	Compatibilización y coordinación.....	47
6.01.05	Matriz Valor BIM.....	50
6.02	Motivaciones BIM.....	52
6.02.01	Motivaciones Generales BIM.....	52
6.02.02	Motivaciones Sociales de imagen.....	54
6.02.03	Motivaciones Sociales de presión y exigencia	56

6.02.04 Motivaciones Económicas y Tiempo	57
6.02.05 Matrices de motivaciones	59
6.03 Industria y limitaciones BIM.....	62
6.03.01 Factores de características de la industria.....	62
6.03.02 Factores tecnológicos y económicos	65
6.03.03 Factores del marco normativo	67
6.03.04 Factores de aprendizaje y conocimientos	71
6.03.05 Matriz Industria BIM.....	74
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
7.01 Conclusiones	76
7.02 Recomendaciones.....	79
8. ANEXOS	81
8.01 ANEXO I. Entrevista modelo gerentes.....	81
8.02 ANEXO II. Entrevista modelo diseñadores	82
8.03 ANEXO III. Respuestas de entrevistas gerentes y diseñadores	83
9. BIBLIOGRAFÍA	84



LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Etapas de BIM en la Fase de Pre-Construcción Adaptado (Latiffi, Mohd, Kasim, & Fathi, 2013).....	10
Tabla 2-2. Planificación de un Proyecto de construcción (Royal Institute of British Architects, 2013).	18
Tabla 2-3. Esquema de servicios arquitectónicos tradicionales (Eastman et al., 2011).	19
Tabla 5-1 Entrevistas a gerentes (Fuente: Propia).....	35
Tabla 5-2 Entrevistas a diseñadores (Fuente: Propia).....	37
Tabla 6-1 Resumen de entrevistas sobre el valor de BIM	41
Tabla 6-2 Resumen de factores individuales y motivaciones BIM	52
Tabla 6-3 Resumen de factores de industria BIM	62



LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Niveles de Capacidad BIM (Succar & Kassem, 2015)	6
Figura 2-2. Niveles de Madurez BIM (Succar & Kassem, 2015).....	7
Figura 2-3. Modelo de Punto de Adopción BIM (Succar & Kassem, 2015).....	8
Figura 2-4. Modelo de Adopción BIM (Barnes & Davies, 2015)	9
Figura 2-5 Beneficios BIM a corto plazo en Norteamérica (McGraw-Hill Construction, 2012)	12
Figura 2-6 Beneficios BIM a largo plazo en Norteamérica (McGraw-Hill Construction, 2012)	13
Figura 2-7 Overview of Global BIM Adoption (Construction IT Alliance, 2017)	16
Figura 2-8 Comparación de autoría de modelos por cada especialidad entre el primer y segundo estudio: % respecto de los proyectos que usan BIM (Segundo estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao, 2021)	17
Figura 2-9. Lean Project Delivery System (Lean Construction Institute).....	20
Figura 2-10 Modelo de componentes de Macro Madurez BIM V1.2 (Succar & Kassem, 2018)	21
Figura 3-1 Modelo Adaptado de la teoría de difusión de innovaciones (Rogers, 1983)	24
Figura 3-2 Modelo Adaptado de Teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología (Venkatesh, 2012).....	26
Figura 3-3. Matriz de Motivaciones Adaptado (Li, Cao, Li, Wang, & Huang, 2016)	28
Figura 5-1 Análisis de datos Adaptado de Thomas (2006).....	38
Figura 6-1 Matriz de Valor BIM para el diseño	51
Figura 6-2 Matrices de Motivaciones BIM para el diseño	60
Figura 6-3 Matriz de Industria BIM para el diseño	75

1. INTRODUCCIÓN

1.01 Justificación

En el Perú, la construcción es mayoritariamente del tipo tradicional, con evidencias de transformación de manera temprana, una de ellas es el uso de BIM. A pesar de su gran potencial, el avance de BIM en muchos países aún se encuentra en una etapa relativamente incipiente, con un porcentaje relativamente alto de proyectos de construcción aún al margen de la implementación de BIM (Aibinu y Venkatesh, 2014), incluyendo definitivamente a nuestro país en el caso citado. Se debe hacer hincapié también al hecho que gracias a la investigación realizada del Segundo Estudio de Adopción BIM de Lima y Callao (Murguía et al., 2021), ha quedado claro que se requiere un mayor entendimiento de la implementación de BIM en el tiempo.

Para poder aprovechar el correcto potencial de BIM, es necesario tener una comprensión de cómo los diversos stakeholders de un proyecto de construcción llegan a tomar decisiones y como aquella decisión es afectada por diversos factores. Estos factores deben ser divididos para poder ser analizados correctamente, para poder entender separadas las motivaciones, definiciones y pensamientos que se tienen sobre BIM, así como el valor que se le entiende a BIM.

En la industria de la construcción existen algunas investigaciones sobre cómo las innovaciones se vuelven posteriormente decisiones, estas no están aterrizadas a nuestro contexto peruano. Por ejemplo, lo más cercano a querer identificar estos factores es una investigación realizada en China (Cao et al., 2016) en la cual se explica cómo las motivaciones van variando de sociales a económicas, dependiendo del tipo de empresa y nivel de madurez de estas. La complejidad de la toma de decisiones en una empresa o en una persona, sumado a las características inherentes de BIM, y esto contextualizados a los factores únicos de un país como Perú, hace que sea necesario especificar esta investigación en un segmento de las empresas dedicadas al rubro.

Se llama el “punto de adopción BIM” al límite en el cual se considera que una empresa ha empezado a utilizar BIM, sea cual sea sus razones o su nivel de este. Esta investigación considera que es importante conocer los motivos por los cuales las empresas de diseño deciden dar este “salto” hacia la adopción BIM. La identificación de estos factores, junto con el valor

que los gerentes de estas empresas que encuentran en BIM, así como de sus mismos diseñadores, ayudaría a entender y gestionar estos conceptos y mejorar la capacidad de las cadenas de suministro de la construcción. Los siguientes objetivos serán obtenidos basado en la teoría de difusión de innovaciones (Rogers, 2015), y la aceptación del usuario al uso de la tecnología de la información (Venkatesh et al, 2012); las motivaciones sociales y económicas encontradas en China (Cao et al., 2016), así como los componentes de madurez Macro-BIM (Succar & Kassem, 2015).

1.02 Objetivo general

El objetivo general del proyecto es identificar y clasificar los factores que llevan al punto de adopción del uso de BIM de los proyectistas de arquitectura y estructuras durante la etapa de diseño en el Perú.

1.03 Objetivos específicos

- Identificar y clasificar las principales motivaciones para el punto de adopción de BIM en las empresas de diseño del país.
- Examinar el valor de BIM (BIM-Value) en las empresas de diseño según la respetiva capacidad BIM de cada empresa.
- Identificar los factores institucionales que limitan o favorecen la entrada al punto de adopción BIM en las empresas de diseño.

1.04 Metodología del trabajo

El trabajo de investigación será una investigación cualitativa la cual seguirá el siguiente lineamiento para poder responder de manera asertiva a los objetivos anteriores.

- Revisión de literatura: Definir la adopción BIM en una empresa y sus etapas, entender cómo se generan las innovaciones en una empresa relacionado a la tecnología e identificar los motivos de adopción BIM en otras investigaciones relacionadas.
- Diseño de entrevistas: Definir el tipo de investigación a realizar y formular las preguntas abiertas tanto para gerentes como para los diseñadores.
- Análisis de datos: Entender y clasificar las respuestas obtenidas en tablas y organizar a los gerentes y diseñadores según empresa y experiencia profesional.
- Discusión de resultados: Analizar de forma extensa cada punto de vista y así encontrar o generar una nueva correlación entre la teoría de la revisión de literatura y los tipos de respuestas prácticas encontradas.

- Conclusiones y recomendaciones: Dar respuesta a los objetivos mediante gráficos y matrices que engloben lo investigado. Explicar y resumir el valor de BIM encontrado, las motivaciones BIM, y los factores institucionales que afectan a la adopción BIM en el país.

1.04.01 Actividades

La investigación intentará contestar a las preguntas de investigación planteadas, resolviendo cada objetivo específico planteado anteriormente, estas se dividen en:

- Actividad: Identificación de factores de motivación para el punto de adopción de BIM aplicables a nuestra realidad peruana.

Se realizará mediante una investigación cualitativa explorativa y revisión de literatura y se ajustará para poder aplicarse a la realidad peruana. Se realizarán entrevistas personales semiestructuradas y estructuradas a 6 empresas (siendo 3 de arquitectura y 3 de estructuras) para obtener los resultados suficientes, para ello se identificará a los trabajadores y jefes de grupo o proyectos.

- Actividad: Examinación del valor de BIM de las empresas de diseño arquitectónico y estructural.

Mediante la investigación cualitativa explorativa con entrevistas personales estructuradas, así como cuestionarios se puede obtener una muestra seleccionada (no al azar) de las empresas que utilizan o planean implementar BIM, se puede examinar la madurez y capacidad BIM en ellas y el valor que se le encuentra a BIM.

- Actividad: Estudio de los factores de la industria peruana en empresas de diseño de arquitectura y estructuras respecto al uso de BIM.

En base a las entrevistas personales se podrá identificar puntos claves de la adopción y posible adopción de BIM en cada una de las empresas de diseño evaluadas, identificando así los factores de la industria existentes que pueden limitar o que han favorecido y favorecen al uso de las metodologías y herramientas BIM aplicables a la realidad peruana.

1.04.02 Revisión de la literatura

La revisión de la literatura se dividirá en el estudio de BIM, sobre la innovación de una empresa para lograr implementaciones, y sobre las empresas de diseño en el Perú. Se trata de obtener diversas definiciones de BIM, autores que muestran la implementación y que comentan sobre el punto de adopción. Se indagará los diversos factores en innovaciones de empresas, para comprender el funcionamiento de las motivaciones para llegar a un cambio u objetivo concreto, lo cual en este caso sería implementar BIM.

1.04.03 Desarrollo del método de investigación

- Formulación de preguntas. En las preguntas de la entrevista se identificarán los factores relacionados a BIM y a una innovación que suelen llevar a una implementación o que ocurren previo a ello.
- Perfil de la muestra. El marco muestral será de empresas de diseño estructural o arquitectónico de la ciudad de Lima. Las personas para entrevistar serán de gerentes generales o de área, así como los mismos ingenieros y arquitectos que realizan el diseño.
- Toma de datos. Las entrevistas serán realizadas en persona en la misma empresa en las oficinas del lugar de trabajo, o bien teniendo veracidad de que se trate de los gerentes e ingenieros y arquitectos que diseñen.
- Análisis de resultados. Los resultados serán tratados con los conceptos obtenidos de la revisión de literatura previos a la formulación de las preguntas.

2. BIM: METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN

Previo al inicio del análisis, se deben tener claros conceptos que serán usados más adelante, en primer lugar, se encuentra la metodología Building Information Modeling como tal, en segundo lugar, la aplicación de esta metodología en el Perú y en el mundo, en tercer lugar, su impacto previo a la construcción, es decir en la etapa de diseño y finalmente los factores que indican adopción BIM en una empresa.

2.01 Building Information Modeling

La metodología Building Information Modeling es el centro de esta tesis, es por ello que a continuación el marco teórico inicia con el entendimiento de BIM, así como su aplicación en la empresa, seguido por un desarrollo de detalles necesarios para este análisis, como son el punto de adopción BIM, sus beneficios y sus barreras de implementación.

2.01.01 Entendimiento de BIM

El entendimiento de BIM es una variable que considerar dentro de esta investigación, la respuesta a la pregunta *¿Qué es BIM?* tiene un papel muy importante en cómo se le encuentra valor a BIM. Lo que se entiende por BIM es la primera impresión que se tiene de esta metodología para una empresa o para un proyecto. Se podría considerar como el tapete de bienvenida al mundo BIM, y de esta percepción podría depender la voluntad de querer implementar BIM o no. El concepto que tenga un trabajador, o el gerente general de la empresa, debe influir muchísimo en la toma de decisiones que se tendrá para una posible implementación. Es de este concepto, o pre-concepto, que se le dará el valor apropiado, equivocado o nulo, hacia los beneficios que traería la correcta implementación. Asimismo, se debe hacer mención que más que una implementación BIM como tal, lo que se trata de hacer entender por implementar BIM es el uso de las herramientas de modelación y colaboración para la entrega de la información de las empresas de diseño. Un gran error del sector de la industria de la construcción es el hecho que los propietarios no tienen un buen entendimiento de BIM, y es por este motivo que la adopción de BIM en la industria de la construcción se está moviendo muy lentamente (Nicoleta, 2016).

BIM se trata de un acrónimo de Building Information Modeling, entendido como modelamiento de la información para edificaciones. Esta primera definición puede generar confusión al pensar que hace referencia únicamente a las herramientas de modelado visual, entendimiento al cual normalmente es asociado. Sin embargo, lo que distingue a BIM de las tecnologías de diseño previas no es el modelado geométrico tridimensional, sino la información

organizada, definida e intercambiable (Smith & Tardif, 2009) que puede brindar vinculado al modelo tridimensional.

Es por ello que el acrónimo también puede significar Building Information Management y otro acrónimo BIM(M) que hace referencia a Building Information Modeling and Management (Barnes & Davies, 2015). Estos últimos ponen en énfasis la gestión y cambios que generaría BIM dentro de una empresa, o en un proyecto, por lo que serán abordados en esta investigación por su importancia en lo que realmente significa BIM. En este trabajo se hará uso de la definición de BIM como una interacción de procesos, tecnologías y políticas o reglas que pueden partir en base de comenzar una implementación BIM (Succar et al., 2012).

2.01.02 BIM en la empresa

Para poder tener un entendimiento apropiado de cómo BIM encaja dentro de una empresa de construcción, se hará referencia a Succar, quien clasifica niveles de BIM mediante Capacidad y Madurez.

En la figura 2-1 se define las tres etapas de capacidad BIM, estas muestran hitos que una empresa debe alcanzar para la correcta implementación de BIM. Estas tres etapas parten de una pre-etapa inicial llamada Pre-BIM, en esta etapa no se tienen aún los conceptos de BIM, no se sabe cómo estos podrían ayudar, no existe personal capacitado, ni las tecnologías. Posterior a esta pre-etapa se presenta la primera etapa de BIM oficial llamada Modelado. El Modelado se caracteriza por empezar a realizar el modelado 3D de cualquier método o forma posible, es decir, tiene información en objetos con BIM aislado o subcontratando al modelador.



Figura 2-1. Niveles de Capacidad BIM (Succar & Kassem, 2015)

La segunda etapa hace referencia a que, partiendo de un modelo existente, las partes involucradas en un proyecto colaboran la información generada en este modelo. La

colaboración abre puertas a reuniones de ingeniería concurrente (ICE) y con ellas poder corregir incompatibilidades e interferencias, mejorando y optimizando el modelo 3D. La colaboración no se limita a un ambiente presencial, pues existen softwares dedicado a la colaboración virtual, en caso exista algún impedimento presencial. La tercera etapa propone integrar BIM más allá del equipo inicial o de la empresa, llevándolo a una red, por ejemplo, de contratistas, llevándolo así a un nivel mucho mayor.

Empero, si bien las etapas de capacidad marcan hitos, no basta para poder medir realmente BIM dentro de una empresa o de proyectos, ya que en estas etapas no se ve que tan avanzado se está en alguna de estas fases en particular, para poder medir este nivel de excelencia se crean los cinco niveles de madurez. Como se aprecia en la figura 2-2, el nivel inicial o Ad-hoc muestra una baja estrategia, sin preparación. El nivel (b) definido se caracteriza por ser BIM impulsado por una visión global de alta gerencia. El nivel (c) gestionado, BIM es comunicado y entendida por la mayoría del personal. El nivel (d) integrado, BIM ya está integrado en la empresa y sus demás canales, finalmente el nivel (e) optimizada es cuando se ha interiorizado BIM y se logra de forma activa.



Figura 2-2. Niveles de Madurez BIM (Succar & Kassem, 2015)

2.01.03 Punto de Adopción BIM

Gracias a la unión de las dos rúbricas anteriormente mencionados, se logra conseguir una gráfica en la cual se juntan estos conceptos y se aclaran las etapas adecuadas de la implementación BIM, como se apreció en la figura 2-2 sobre capacidad.

En la figura 2-3 se puede apreciar que al igual que en las etapas de capacidad, la etapa de Pre-Bim no está muy clara, es más, está ubicada fuera del proceso de implementación en la parte inferior izquierda de la gráfica. Por otro lado, el punto de la unión entre la etapa del Modelado (Capacidad) y el de Ad-Hoc (Madurez), ha sido denominado “Punto de Adopción”. Generando

así, incluso mayor confusión con respecto a esta etapa de “Pre-Bim” y su relación con el nuevo denominado “Punto de Adopción”. Para responder a esta interrogante, Succar plantea una rampa de preparación que lleva desde la etapa “Pre-Bim” hacia el punto de adopción.

La preparación BIM es el estado previo a la implementación que representa la propensión de una organización o unidad organizativa a adoptar herramientas BIM, flujos de trabajo y protocolos.(Succar & Kassem, 2015) La preparación se expresa como el nivel de preparación, el potencial para participar o la capacidad de innovar. La preparación puede medirse utilizando una variedad de enfoques: basado en productos, basado en procesos y en la madurez general, y significa las actividades de planificación y preparación que preceden a la implementación. (Saleh et al., 2005)

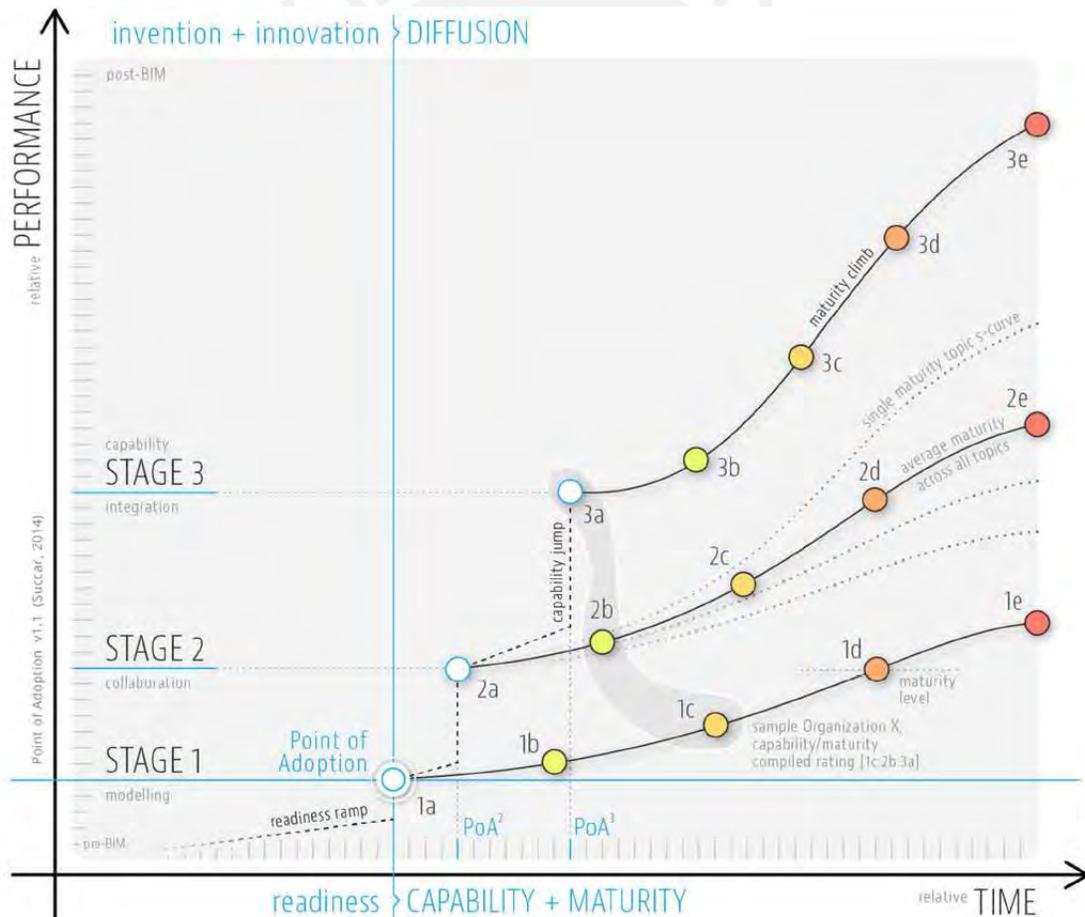


Figura 2-3. Modelo de Punto de Adopción BIM (Succar & Kassem, 2015)

Es este proceso, la preparación previa al punto de adopción, la cual se descubrirá y analizará en esta investigación, descubriendo cuales son los verdaderos factores que llevan a una empresa a querer adentrarse en BIM y finalmente comenzar la implementación. Dejando en claro estos motivos, y no mantenerlo con el nombre de es un estado *previo a BIM*, pues es en este periodo donde podría encontrarse la clave para una correcta implementación.

Son múltiples autores que se basan en la clasificación de la implementación de BIM asumiendo ya existente, es decir dando por hecho este importante proceso previo que es el punto de adopción como son Peter Barnes y Nigel Davies (2015) tal como se aprecia en la figura 2-4.

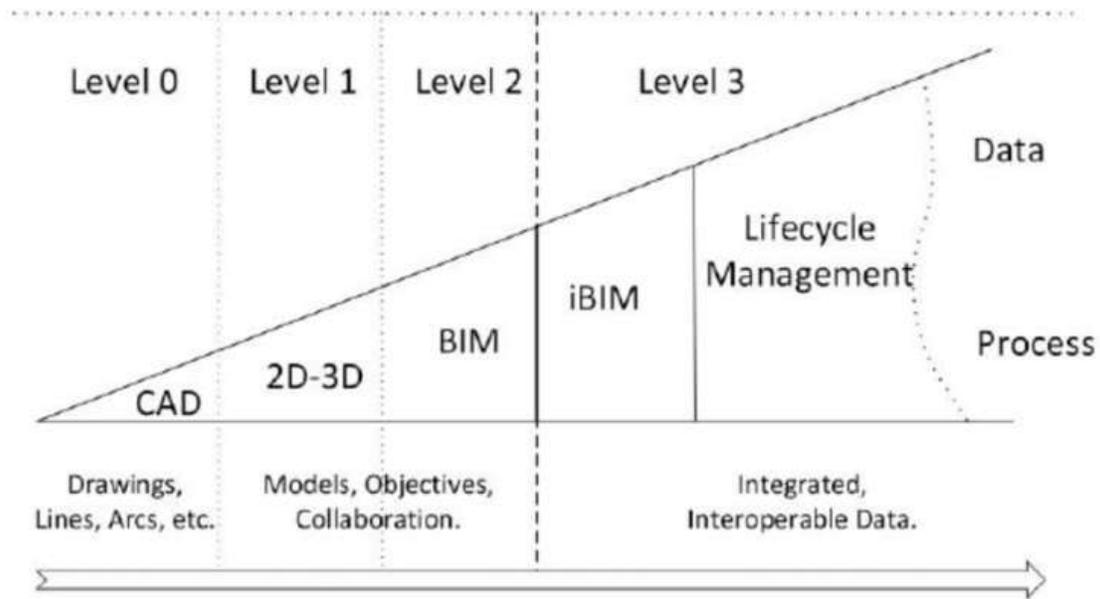


Figura 2-4. Modelo de Adopción BIM (Barnes & Davies, 2015)

Según estos autores, el nivel 0 hace referencia a un nivel CAD 2D que no utiliza una buena administración, se intercambia información en papel o correos electrónicos, por lo tanto, no es considerado BIM. En el nivel 1, Barnes & Davies (2015) consideran un primer paso hacia BIM, junto con el modelamiento 3D y la colaboración, sin embargo, nuevamente se considera la transición como un paso adicional a seguir en la implementación. Además, no se exploran los motivos, ni como se llega a pasar este punto de adopción, aparte de las limitaciones tecnológicas (software 3D) y las limitaciones de aprendizaje y recurso humano (colaboración), existe mucho más detrás de cómo se pasa desde el punto de cero BIM a BIM y muchos autores no explotan ese tema. No se habla de los factores, sobre lo que hay en la transición, factores como el cliente, el tamaño del proyecto, el contexto y el entorno, además de la tecnología y el

recurso humano, la empresa mucho antes debe estar convencida de los beneficios y conocer el valor de BIM.

2.01.04 Aplicaciones y beneficios

BIM es una nueva metodología de trabajo que cambia los roles y relaciones entre los stakeholders, lo que facilita procesos de diseño y construcción más integrados. Esto se traduce en proyectos de mejor calidad a menor costo con plazos de entrega menores (Eastman et al., 2011).

Tabla 2-1. Etapas de BIM en la Fase de Pre-Construcción Adaptado (Latiffi, Mohd, Kasim, & Fathi, 2013)

Fase	Etapa	Usos de BIM
Pre-construcción	Modelado de condiciones existentes	-Mejora la precisión de la documentación.
	Planeamiento	-Identifica la secuencia de programación.
	Diseño	-Facilita la comunicación y decisión de diseño. -Detección de incompatibilidades. -Incrementa la efectividad del diseño
	Programación	-Permite que el gerente de proyectos y el contratista vean la secuencia del trabajo de construcción, los equipos, los materiales, la logística y los plazos.
	Estimación	-Permite la generación de mediciones y metrados directamente de un modelo 3D.
	Análisis de sitio	-Disminuyen los costos de la demanda de servicios públicos y demolición.

BIM es una metodología que abarca todo el ciclo de vida de un proyecto, desde su concepción inicial de una idea, pasando por la construcción, hasta el fin del proyecto con su demolición. La tabla 2-1, explica los usos que se le pueden dar a BIM en la fase de pre-construcción, específicamente en la etapa de diseño, debido a que esta investigación es basada en la etapa de diseño, ya que se tratan de empresas de diseño arquitectónico y estructural, estos son los beneficios que directamente más se relacionan. Según la tabla en cuestión, se pueden apreciar

en primera instancia, que BIM facilita la comunicación y decisión de un diseño, esto va relacionado con la primera etapa de BIM, es decir con el modelado, ya que un modelo 3D de un proyecto, a comparación con planos en 2D, permiten una mejor visualización y por tanto transmisión de las ideas entre, por ejemplo, el diseñador y el cliente, entonces ayuda bastante a la decisión del diseño que se pueda tener, para que esta satisfaga al cliente en su totalidad.

En segunda instancia, se aprecia la detección de incompatibilidades, esta es quizás una de las aplicaciones más comunes del modelado BIM, pero también requiere de la siguiente etapa la cual es la colaboración. La detección de incompatibilidades no ayudaría en nada si no se realiza el siguiente paso a este, el cual es el levantamiento y solución de las incompatibilidades. Si bien las incompatibilidades son obtenidas únicamente gracias al modelado 3D y software, es en la resolución de estas en la cual se aplica la etapa de colaboración pues implica que los involucrados de un proyecto revisen su diseño y lleguen a una solución.

La tercera aplicación de BIM en el diseño mencionada en la tabla hace hincapié nuevamente en el modelado y la colaboración, pues es justamente cuando existe colaboración y con herramientas BIM visuales como en reuniones de ingeniería concurrente (ICE), que se logra mejorar la efectividad del diseño. Como se ha estado discutiendo, estos tres usos de BIM en el diseño están relacionados con los niveles de capacidad, por ello se consideran muy válidos aquellos puntos para un posible encuentro de valor en estas aplicaciones.

La figura 2-5 muestra los beneficios percibidos por usuarios de BIM en el corto plazo, en el que podemos ver cómo reducir errores y omisiones se encuentra en primer lugar, así mismo podemos ver que reducir el trabajo rehecho también es un punto muy considerable.

Beneficios BIM a Corto Plazo (2009 y 2012)

Source: McGraw-Hill Construction, 2012



Figura 2-5 Beneficios BIM a corto plazo en Norteamérica (McGraw-Hill Construction, 2012)

Por otro lado, la figura 2-6 muestra los beneficios percibidos por usuarios de BIM en el largo plazo, en el que podemos ver como automatizar procesos, reducir la duración de un proyecto y aumentar las ganancias son los beneficios con mayor percepción.

Beneficios BIM a Largo Plazo (2009 y 2012)

Source: McGraw-Hill Construction, 2012



Figura 2-6 Beneficios BIM a largo plazo en Norteamérica (McGraw-Hill Construction, 2012)

Se puede utilizar las decisiones sobre el uso de las herramientas BIM de Coates y adaptarlo para poder obtener las aplicaciones y ventajas del uso de BIM, como, por ejemplo:

- Decisión sobre el enfoque para la adopción de BIM, de arriba hacia abajo (dirigido por el cliente) o de abajo hacia arriba (impulsado por los miembros del equipo de construcción).
- Decisión de la escala de la adopción de BIM; todo el proceso de construcción o tal vez en etapas específicas abordando problemas específicos.
- Decisión sobre la adopción de BIM en disciplinas únicas o multidisciplinarias: los principales beneficios se obtendrán a través de un enfoque multidisciplinario de adopción BIM.
- Decisión sobre accesibilidad de modelo único en un solo servidor o accesibilidad modelo en un sistema multiservidor: los procedimientos de trabajo deben reflejar el enfoque adoptado.
- Decisión sobre el equilibrio entre la capacitación y la educación BIM; mientras que la capacitación enseña al personal cómo hacer, la educación le da a la gente cómo pensar.
- Decisión sobre reclutamiento o entrenamiento del equipo BIM

- Decisión sobre la tasa de adopción - programa apropiado (La tasa apropiada de adopción de BIM depende de si es impulsado internamente o impulsado por el mercado. Los adoptantes posteriores pueden necesitar adoptar BIM más rápido para colaborar con otros consultores que ya lo han pasado.)
- Decisión sobre las áreas de la producción a integrar
- Decisión sobre los cambios en el modelo de negocio
- Decisión sobre la adopción BIM dirigida o dirigida por el trabajo
- Decisión sobre la adopción de BIM como una solución única o como parte de un conjunto de soluciones
- Decisión sobre el método de análisis del modelo cuando se adopta BIM; por ejemplo, térmico y Análisis ambiental
- Decisión sobre los métodos de transferencia de datos e interoperabilidad
- Decisión sobre la asignación de tareas y roles al personal (Coates et al., 2010)

Si bien con lo anterior mencionado uno espera obtener de la presente investigación de las entrevistas comentarios similares a los beneficios antes mencionados, podría este no ser el caso. Coates (2010) no aclara quienes han respondido las encuestas en el estudio, por lo que podrían ser mayoritariamente contratistas, y, por tanto, no refleja lo que pasa en empresas pequeñas de ingeniería y arquitectura. Es por ello que ésta presente investigación mantiene su validez, incluso existiendo este tipo de encuestas.

2.01.05 Barreras de la implementación BIM

Las interpretaciones que se dan a BIM suelen estar estancadas en algunas de las etapas que Succar (2009) propone, específicamente en las empresas de diseño peruanas. Un ingeniero estructural podría ver BIM como únicamente modelado y algunos otros solo para colaborar con otros proyectistas, al igual que un arquitecto lo podría visualizar como herramienta de modelado y colaboración. Si no se desarrolla el proceso por el cual los profesionales en empresas de diseño entiendan el concepto de BIM, nunca existirá aquel empuje para que se lleve el potencial que pueda tener hacia sus operaciones como objetivo de negocio.

Por otro lado, existen desafíos en la implementación de BIM en la práctica de construcción del Reino Unido, tales como:

- Superar la resistencia al cambio y lograr que las personas comprendan el potencial y el valor de BIM en lugar del diseño en 2D
- Adaptación de flujos de trabajo existentes a procesos orientados a la inclinación
- Capacitar a las personas en BIM, o encontrar empleados que entienden BIM
- Entender los recursos de hardware de alta calidad requeridos e instalaciones de red para ejecutar aplicaciones y herramientas BIM eficientemente
- La colaboración requerida, la integración y la interoperabilidad se entre los diseñadores y los ingenieros estructurales y de MEP
- Comprensión clara de las responsabilidades de los diferentes interesados en el nuevo proceso por abogados de la construcción y aseguradores (Arayici et al., 2011)

Se trata de luchar contra estas barreras de implementación para poder utilizar BIM de una manera apropiada, sin embargo, también sirve de aprendizaje lo que se sabe y perciban los gerentes y diseñadores para poder identificar una buena ruta de adopción, así como proponer opciones de mejoras en cómo se desenvuelven actualmente las herramientas BIM.

2.02 Situación actual de BIM

Desde hace 10 años algunas de las empresas líderes en construcción, como Cosapi y la actual Aaenza, han realizado esfuerzos individuales por incluir esta metodología en proyectos piloto para percibir el potencial de los beneficios que se podrían obtener de migrar hacia esta nueva metodología. (Jurado-Guerra & Alva-Rivera, 2016)

A pesar de su gran potencial, el avance de BIM aún se encuentra en una etapa muy básica, teniendo la mayoría de proyectos de construcción aun en una posible implementación de BIM internacionalmente (Jensen & Jóhannesson, 2013), este patrón se sugiere puede ser compartido en la situación del Perú.

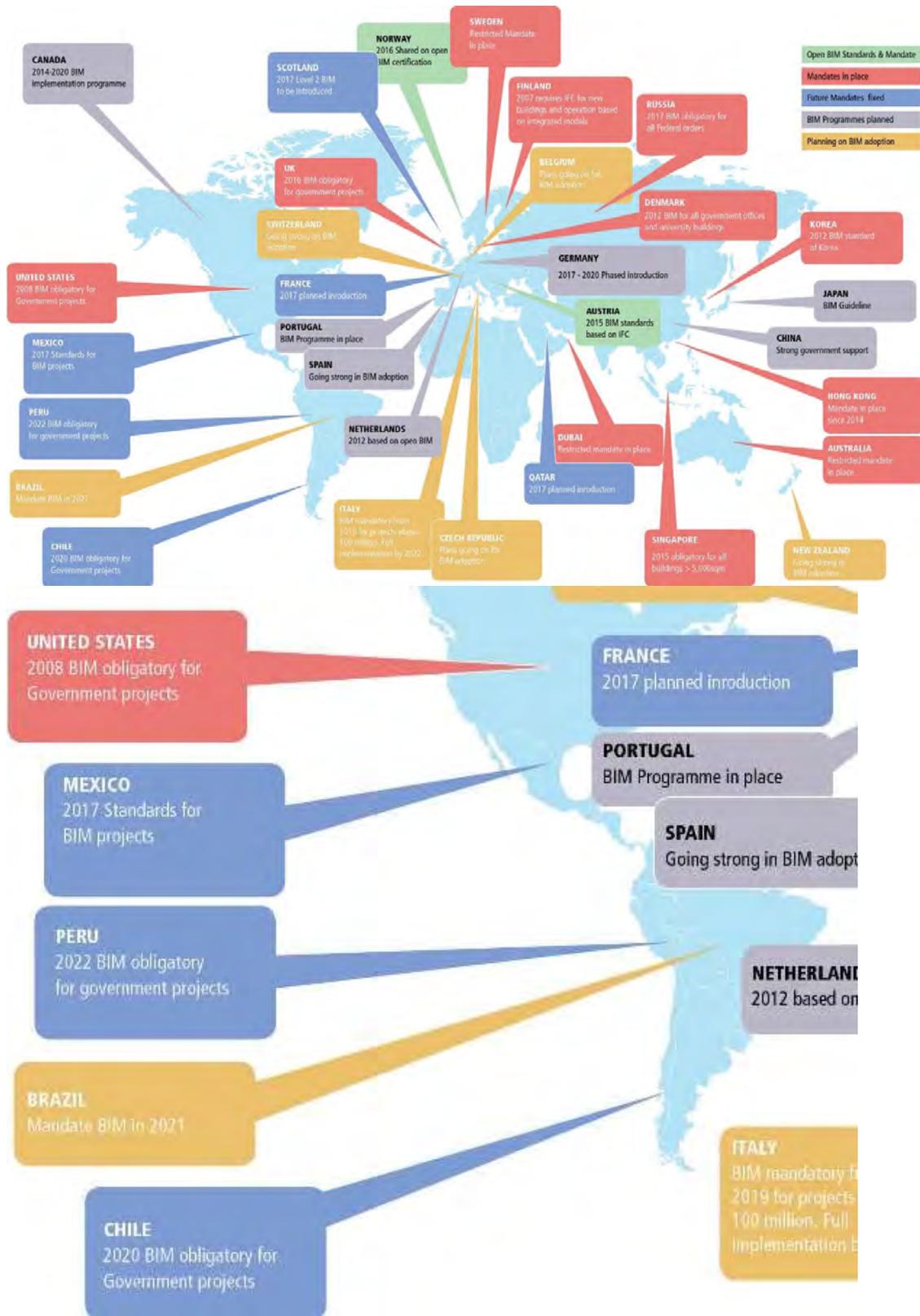


Figura 2-7 Overview of Global BIM Adoption (Construction IT Alliance, 2017)

Si bien en el Perú varias empresas de ingeniería y construcción se han embarcado en la adopción de BIM, el Primer Estudio de Adopción BIM de Lima y Callao (Murguía, Tapia, & Collantes, 2017) encontró que dentro de los proyectos en Lima y Callao que han adoptado BIM, solo aproximadamente el 10% de las empresas de diseño crean sus propios modelos BIM. Asimismo, este número va en aumento desde el primer estudio, pues en el Segundo Estudio de Adopción BIM de Lima y Callao (Murguía et al., 2021) se ve que este número ha pasado a un 15%, siendo igual aún muy pequeño, pero con una clara tendencia. En la figura 2-8 se aprecia que aproximadamente el 85% de los modelos son creados por equipos BIM o consultores externos actualmente. Este tema de desigualdad de información en el proceso podría desembocar en un problema mayor especialmente ahora que el sector público empieza a exigir el uso de BIM para sus proyectos de construcción.

Gráfico 10. Comparación de autoría de modelos por cada especialidad entre el primer y segundo estudio (% respecto de los proyectos que usan BIM)

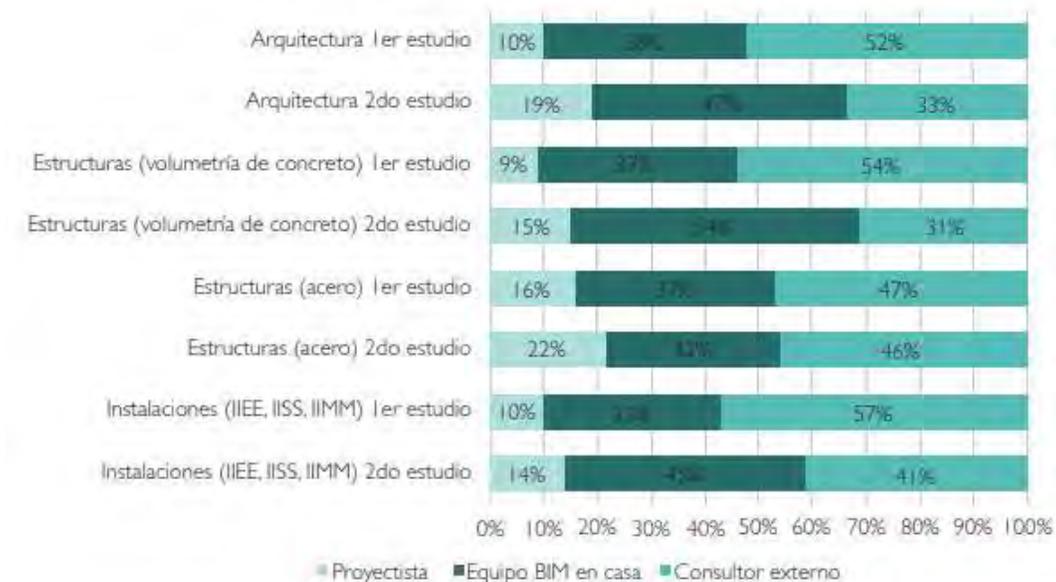


Figura 2-8 Comparación de autoría de modelos por cada especialidad entre el primer y segundo estudio: % respecto de los proyectos que usan BIM (Segundo estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao, 2021)

Podemos apreciar en la figura 2-7 como Perú es mencionado en la Construction IT Alliance como uno de los países que tienen planes de BIM por regular, como indica ahí para el 2022 uso obligatorio de BIM en proyectos gubernamentales del estado, que está en marcha.

2.03 Etapa de Diseño en un Proyecto de Construcción

A continuación, se analizará la etapa de diseño de un proyecto de construcción según fuentes internacionales y así poder aterrizarlo en el funcionamiento de las empresas de diseño en el Perú. Así se podrá entender cuál sería el punto de adopción ideal de BIM para una empresa de diseño. Se sabe en un primer lugar que en las empresas del país existen muchas faltas de trabajo colaborativo, la falta de planificación al realizar un proyecto genera pérdidas en las mismas, demoras y una baja productividad. Mediante el uso de la metodología BIM se trata de mitigar estos problemas en la construcción, generando una colaboración de la información en un proyecto desde la etapa de diseño. Sin embargo, en la realidad peruana existe un inconveniente en las etapas de un proyecto, pues no suele ser implementado de la manera que fuentes internacionales lo exigen.

Tabla 2-2. Planificación de un Proyecto de construcción (Royal Institute of British Architects, 2013).

RIBA Plan of Work 2013		The RIBA Plan of Work 2013 organises the process of briefing, designing, constructing, maintaining, operating and using building projects into a number of key stages. The content of stages may vary or overlap to suit specific project requirements. The RIBA Plan of Work 2013 should be used solely as guidance for the preparation of detailed professional service contracts and building contracts.							www.ribaplanoofwork.com
Stages	0	1	2	3	4	5	6	7	
Tasks	Strategic Definition	Preparation and Brief	Concept Design	Developed Design	Technical Design	Construction	Handover and Close Out	In Use	
Core Objectives	Identify client's Business Case and Strategic Brief and other core project requirements.	Develop Project Objectives, including Quality Objectives and Project Outcomes, Sustainability Aspirations, Project Budget, other parameters or constraints and Develop Initial Project Brief. Undertake Feasibility Studies and review of Site Information.	Prepare Concept Design, including outline proposals for structural design, building services systems, outline specifications and preliminary Cost Information along with relevant Project Strategies in accordance with Design Programme. Agree alternatives to brief and issue Final Project Brief.	Prepare Developed Design, including coordinated and updated proposals for structural design, building services systems, outline specifications, Cost Information and Project Strategies in accordance with Design Programme.	Prepare Technical Design in accordance with Design Responsibility Matrix and Project Strategies to include all architectural, structural and building services information, specialist subcontractor design and specifications, in accordance with Design Programme.	Offsite manufacturing and onsite Construction in accordance with Construction Programme and resolution of Design Queries from site as they arise.	Handover of building and completion of Building Contract.	Undertake In Use services in accordance with Schedule of Services.	
Procurement *Variable task bar	Initial considerations for awarding the project team.	Prepare Project Roles Table and Contractual Tree and continue awarding the project team.	The procurement strategy does not fundamentally alter the progression of the design or the level of detail prepared at a given stage. However, Information Exchanges will vary depending on the selected procurement route and Building Contract. A bespoke RIBA Plan of Work 2013 will set out the specific tendering and procurement activities that will occur at each stage in relation to the chosen procurement route.			Administration of Building Contract, including regular site inspections and review of progress.	Conclude administration of Building Contract.		
Programme *Variable task bar	Finalise Project Programme.	Review Project Programme.	Review Project Programme.	The programme route may dictate the Project Programme and may result in certain stages overlapping or being undertaken concurrently. A bespoke RIBA Plan of Work 2013 will clarify the stage overlaps. The Project Programme will set out the specific stage dates and detailed programme durations.					
(Town) Planning *Variable task bar	Pre-application discussions.	Pre-application discussions.	Planning applications are typically made using the Stage 3 output. A bespoke RIBA Plan of Work 2013 will identify when the planning application is to be made.						
Suggested Key Support Tasks	Review Feedback from previous projects.	Prepare Handover Strategy and Risk Assessments. Agree Schedule of Services, Design Responsibility Matrix and Information Exchanges and prepare Project Execution Plan including Technology and Communication Strategies and consideration of Common Standards to be used.	Prepare Sustainability Strategy, Maintenance and Operational Strategy and review Handover Strategy and Risk Assessments. Undertake third party consultations as required and any Research and Development inputs. Review and update Project Execution Plan. Consider Construction Strategy, including offsite fabrication, and develop Health and Safety Strategy.	Review and update Sustainability, Maintenance and Operational and Handover Strategies and Risk Assessments. Undertake third party consultations as required and conclude Research and Development inputs. Review and update Project Change Control Procedures. Review and update Construction and Health and Safety Strategies.	Review and update Sustainability, Maintenance and Operational and Handover Strategies and Risk Assessments. Prepare and submit Building Regulations submission (and any other third party submissions) requiring consent. Review and update Project Execution Plan. Review Construction Strategy including sequencing, and update Health and Safety Strategy.	Review and update Sustainability Strategy and implement Handover Strategy, including agreement of information required for commissioning, training, handover, asset management, future monitoring and insurance and ongoing completion of As-constructed Information. Update Construction and Health and Safety Strategies.	Carry out activities listed in Handover Strategy including Post-occupancy Evaluation, review of Project Performance, Project Outcomes and Research and Development aspects. Updating of Project Information as required.	Conclude activities listed in Handover Strategy including Post-occupancy Evaluation, review of Project Performance, Project Outcomes and Research and Development aspects. Updating of Project Information, as required, in response to ongoing client Feedback until the end of the building's life.	
Sustainability Checkpoints	Sustainability Checkpoint – 0	Sustainability Checkpoint – 1	Sustainability Checkpoint – 2	Sustainability Checkpoint – 3	Sustainability Checkpoint – 4	Sustainability Checkpoint – 5	Sustainability Checkpoint – 6	Sustainability Checkpoint – 7	

Según el Royal Institute of British Architects como se aprecia en la tabla 3-2, el diseño arquitectónico incluye el diseño conceptual, un diseño de detalle y un diseño técnico, previos a la construcción. En estas etapas posteriores a la de diseño conceptual se puede apreciar que existe coordinación entre las estructuras, y los servicios de obra, en donde se trazan especificaciones, información del costo y estrategias de proyecto. Asimismo, el BIM Handbook, dentro de los servicios que se esperan en un proyecto, existen etapas y entre ellas

al igual que en el BIM Handbook, como se aprecia en la tabla 3-3, que luego de un diseño conceptual existe un diseño de detalle e incluso un diseño constructivo (Eastman et al., 2011).

Tabla 2-3. Esquema de servicios arquitectónicos tradicionales (Eastman et al., 2011).

Outline of Traditional Architectural Services
Feasibility Study Nonspatial quantitative and textual project specification, dealing primarily with cash flows, function or income generation; associates areas and required equipment; includes initial cost estimation; may overlap and iterate with predesign; may overlap and iterate with production or economic planning.
Predesign Fixes space and functionality requirements, phasing and possible expansion requirements; site and context issues; building code and zoning constraints; may also include updated cost estimation based on added information.
Schematic Design (SD) Preliminary project design with building plans, showing how the predesign program is realized; massing model of building shape and early rendering of concept; identifies candidate materials and finishes; and identifies all building subsystems by system type.
Design Development (DD) Detailed floor plans including all major construction systems (walls, facades, floor, and all systems: structural, foundation, lighting, mechanical, electrical, communication and safety, acoustic, etc.) with general details; materials and their finishes; site drainage, site systems and landscaping.
Construction Detailing (CD) Detailed plans for demolition, site preparation, grading, specification of systems and materials; member and component sizing and connection specifications for various systems; test and acceptance criteria for major systems; all chases, block-outs, and connections required for intersystem integration.
Construction Review Coordination of details, reviews of layouts, material selection, and review; changes as required when built conditions are not as expected or due to errors.

Según evidencia circunstancial, se ha encontrado que la ingeniería de detalle como una etapa posterior al diseño conceptual en una empresa de diseño es prácticamente inexistente en la industria peruana. En la etapa del diseño de detalle, se detallan procesos y se va al detalle constructivo, como detallar el corte del acero, el proceso de instalaciones de tuberías o ductos y espaciamiento de soportes, etc. Todos estos conceptos son aplicables al uso de BIM, con respecto a un manejo de información desde el diseño por parte de los proyectistas. Sin embargo, en la realidad y el contexto peruano estos detalles al no ser necesarios para obtener la licencia de obra se suelen resolver en el campo, es decir en la misma construcción. En vez de realizarse por la empresa de diseño y haber sido entregado ahí, la labor es dada al subcontratista, al ingeniero residente, o inclusive al maestro de obra, cuando se trata de algo más sencillo como, por ejemplo, el encofrado. La ingeniería de detalle no es un concepto nuevo, y es muy importante, inclusive en las triadas del Lean Project Delivery System como se aprecia en la figura 2-8 aparece previo a la construcción.

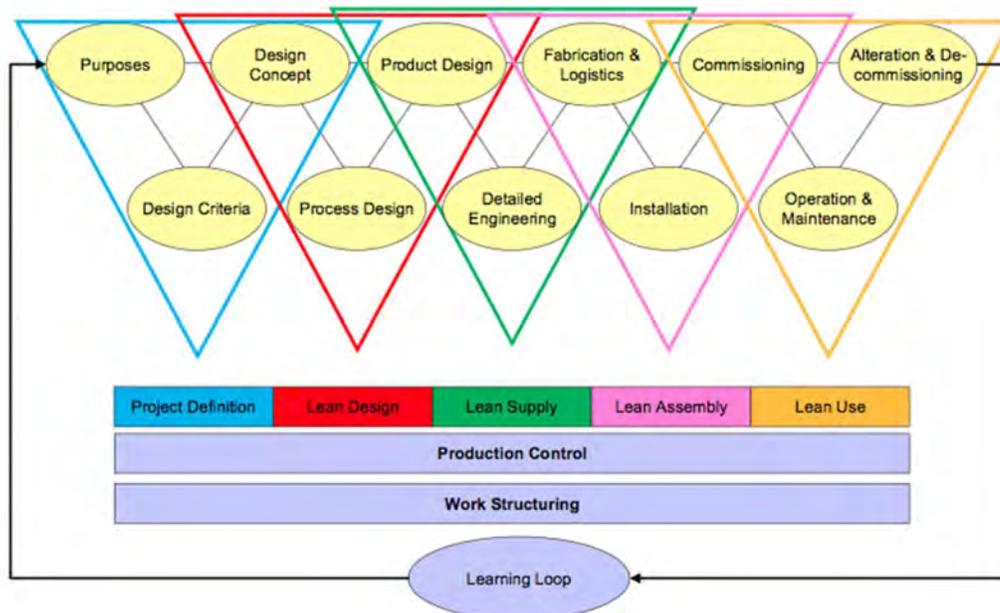


Figura 2-9. Lean Project Delivery System (Lean Construction Institute)

El potencial de la ingeniería de diseño no ha sido explotado por las empresas de diseño peruanas y por lo mencionado y la literatura que existe sobre esta, se sabe que definitivamente agrega valor al proyecto. Mejorando los procesos en la etapa de diseño se busca beneficiar la obra, beneficiar al cliente, y a los mismos diseñadores, no se debe asumir que es un tema de obra, el diseño debería estar lo suficientemente bien realizado, bajo coordinación de los diversos especialistas, conteniendo todos los detalles para que se puedan instalar o construir.

Muchas empresas de diseño cuando se les plantea implementar BIM se contentan con subcontratar a una empresa encargada de realizar un modelo tridimensional de lo que ya se tiene en los planos. BIM realmente nunca se integra a la empresa, al área o incluso al proyecto, simplemente se realiza la labor tradicional agregando el modelado. Esto se debe a que no se le encuentra un verdadero valor, no se ha hallado el verdadero punto de adopción, con ello se trata de llegar al punto de que se les encuentre valor a las empresas de diseño y así se realice un diseño más apropiado, con modelos 3D y colaboración, para automatizar la construcción y obtener verdadera información de la producción.

2.04 Factores de Adopción BIM

Los componentes Macro de BIM para la adopción de diversos países y organizaciones, también lo define Succar, y nombra 8 factores como se aprecia en la figura 2-9, para poder medir y establecer la madurez BIM en ellos. (Succar & Kassem, 2015)



Figura 2-10 Modelo de componentes de Macro Madurez BIM V1.2 (Succar & Kassem, 2018)

2.04.01 Objetivos, etapas e hitos

Representan la disponibilidad de objetivos políticos claros específicos para BIM, metas medibles de capacidad y madurez que generan un objetivo futuro cuantificable. Estos objetivos BIM pueden encontrarse separados e independientes, o bien integrados a un plan de construcción nacional.

2.04.02 Campeones e impulsores

Representa a los individuos o grupos que demuestran la eficacia del proceso innovador para una población que desea adoptar el sistema. Son los adoptadores tempranos que promueven una nueva solución, los campeones siendo experimentalistas voluntarios y los conductores siendo ejecutores designados. Succar indica que mientras más de estos existan en el mercado, mayor será la adopción de BIM.

2.04.03 Marco normativo

Representa el entorno actual, derechos de propiedad y seguro de indemnización profesional que se encuentran en los proyectos BIM que impliquen colaboración. A diferencia de los entregables 2D CAD, los entregables BIM son modelos llenos de información que requieren protocolos contractuales, gestión de proyectos más detallados. Las responsabilidades que conlleva los modelos compartidos, como autoría elemental, propiedad del modelo, superposición de fases del proyecto y participación de subcontratistas en diseño agregan complejidad a las interacciones de un equipo. Complejidad que debe ser mitigado por un marco normativo para aclarar derechos y responsabilidades de todos los actores del proyecto.

2.04.04 Publicaciones notables

Representa los documentos de relevancia disponibles al público en general desarrollado por partes interesadas de la industria que influyen en el mercado. Estos documentos se tratan de publicaciones BIM notables como guías, protocolos, mandatos, y otros.

2.04.05 Aprendizaje y educación

Representa todas las actividades educativas de todo el mercado que cubren todo lo relacionados a conceptos, herramientas y flujos de trabajo BIM. Estos pueden ser mediante capacitaciones, formaciones profesionales o desarrollo profesiones, sea con modelos de aprendizaje de competencias o mediante cursos. Va mejorando según sean modelos los entregables de dichos cursos, si se adicionan en currículos y si son asequibles y accesibles.

2.04.06 Métricas y referencias

Representa mediciones del mercado con las cuales se puede comparar resultados de proyectos existentes y evaluar capacidades de personas, empresas y equipos, esto es necesario para poder evaluar y luego mejorar rendimiento en BIM.

2.04.07 Partes estandarizadas y entregables

Representa las partes de modelos estandarizadas y llenas de información, como las familias y objetos que son utilizadas en los modelos. La disponibilidad de estas piezas y familias señalan un mercado maduro en BIM.

2.04.08 Infraestructura tecnológica

La infraestructura de tecnología representa la disponibilidad, accesibilidad y asequibilidad del hardware, software y sistemas de red. Así mismo también hace referencia a la disponibilidad y facilidad de uso de conectividad y sistemas de información que contengan modelos tridimensionales con información.

Estas componentes serán tomadas en cuenta como factores de la industria para la clasificación de los factores del contexto de BIM, que tan avanzado se perciben según las empresas de diseño y si aportan o limitan la posible y correcta adopción.



3. INNOVACIÓN, TECNOLOGÍA, Y MOTIVACIONES EN PROYECTOS

El siguiente capítulo aun pertenece a la sección de marco teórico, sin embargo, es necesaria una división, ya que se tratarán temas más de índole social con respecto a la innovación y tecnología, y finalmente se aterrizará con las motivaciones de BIM en un estudio realizado en China.

3.01 Modelo de difusión de innovaciones

Rogers (2003) en su modelo de difusión de innovaciones define una innovación como una idea, practica u objeto que es percibido como nuevo por un individuo u otra unidad de adopción. (Rogers, 2003). Cada innovación es única y diferente a cualquier otra, por lo tanto, Rogers (2003) determina que la tasa de adopción de una innovación es dividida en 5 factores individuales como se aprecia en la figura 3-1.

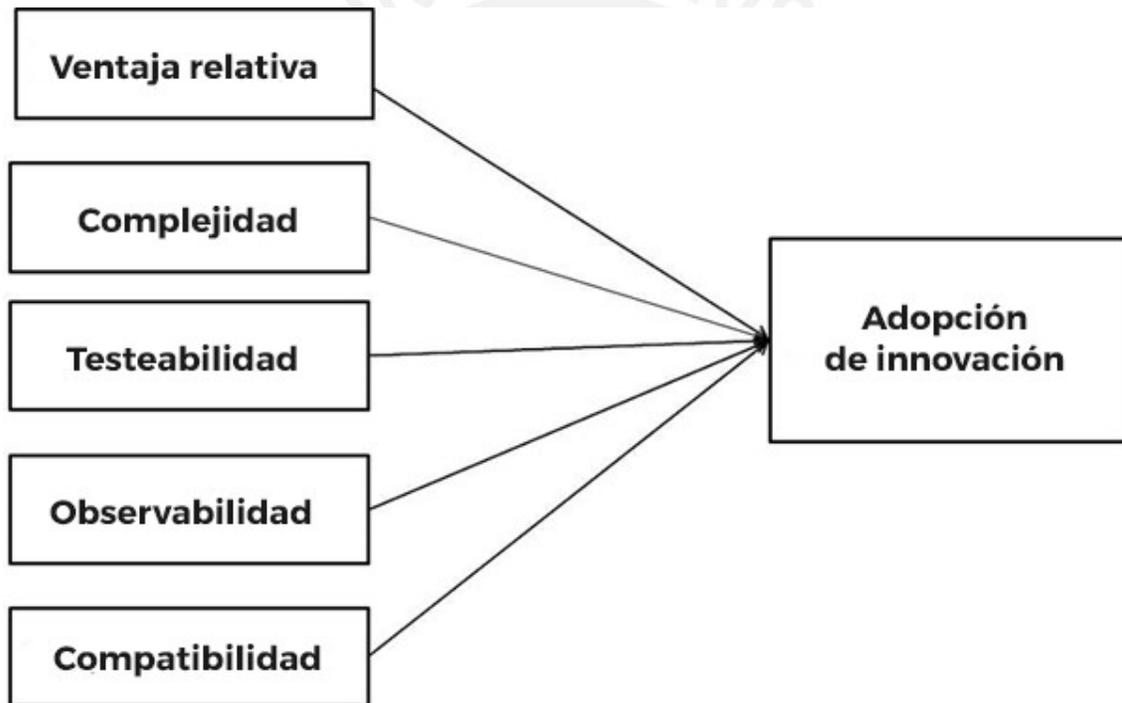


Figura 3-1 Modelo Adaptado de la teoría de difusión de innovaciones (Rogers, 1983)

3.01.01 Ventaja relativa

Se trata de qué mejor idea se percibe la innovación con respecto a la idea anterior que reemplaza. Por más que ésta puede ser medida socialmente, económicamente, etc., lo más importante es que la innovación sea percibida como una ventaja relativa, sin necesariamente ser una ventaja objetiva. Rogers explica que mientras mayor sea percibida la ventaja más rápida será su tasa de adopción.

3.01.02 Compatibilidad

Es el grado en que la innovación se siente coherente con la idea existente, lo aprendido anteriormente y las necesidades de los posibles adoptantes. Si la nueva idea es compatible con los valores y normas sociales se adoptará mucho más rápido que una idea que no lo es.

3.01.03 Complejidad

Es el grado en la que una innovación se percibe más difícil de entender o utilizar. Las ideas que sean fáciles de entender y que no requieran que el adoptante desarrolle nuevas habilidades y entendimientos serán más fáciles de adoptar.

3.01.04 Testeabilidad

Es el grado en que una innovación puede ser probada o experimentada de forma limitada previo a su adopción total. La idea que pueda ser probada en cuotas, siendo divididas genera que exista menos incertidumbre en una idea y le permite al adoptante que pueda aprender mientras realmente realiza la nueva idea.

3.01.05 Observabilidad

Es el grado en que los resultados de una idea son visibles para otros. Mientras más resultados puedan ser vistos por los individuos más probable es que adopten también. La observabilidad suele generar discusión entre pares de una idea, lo que también lleva a la adopción.

3.02 Teoría del uso de tecnologías

La teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología se basa en 4 puntos clave los cuales influyen en la intención de comportamiento de hacer uso de una tecnología. (Venkatesh, Viswanath;Thong, James Y.L.; Xu, 2012) A continuación se mostrarán estos 4 adaptados al uso de tecnología del consumidor y su aceptación de la misma.

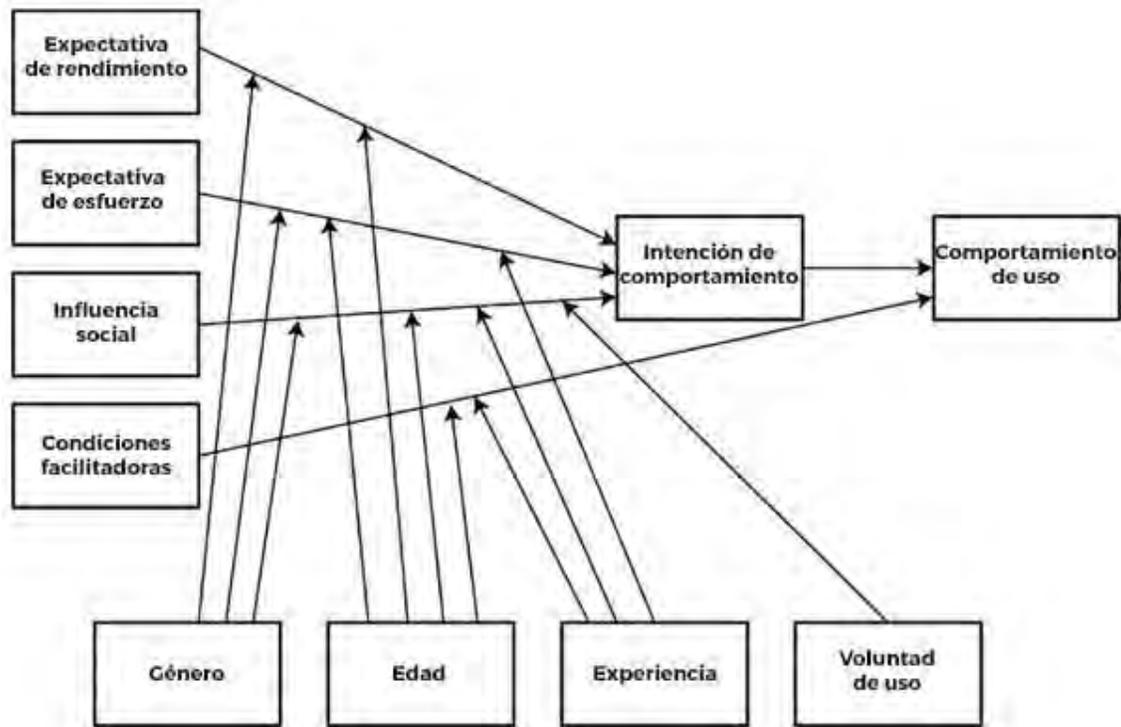


Figura 3-2 Modelo Adaptado de Teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología (Venkatesh, 2012)

3.02.01 Expectativa de rendimiento

Es definida como el grado en el cual la tecnología brindaría beneficios a los consumidores en realizar actividades específicas.

3.02.02 Expectativa de esfuerzo

Es definida como el grado de facilidad que le resultaría al consumidor el uso de la tecnología.

3.02.03 Influencia social

Es definida como el grado en que se percibe que personas importantes socialmente para el consumidor de la tecnología, creen que deben usar dicha tecnología en particular.

3.02.04 Condiciones facilitadoras

Es definida como la percepción de los consumidores sobre recursos y apoyo disponible para realizar un determinado comportamiento.

3.03 Variables y motivaciones para implementación

Las motivaciones para que una empresa implemente BIM, se pueden dividir en primer lugar en motivaciones sociales, dentro de estas existen por un lado motivaciones de imagen, que

hacen referencia a las ganas de adaptarse proactivamente a las expectativas de la industria y al desarrollo y tendencias tecnológicas. Por otro lado, motivaciones reactivas o motivaciones de presión, las cuales son necesidades reactivas para cumplir con los requisitos formales e informales de las organizaciones de las que dependen. (Li, et al. 2016)

Existe un punto importante aquí, el cual es que, en el caso de los contratistas, en las motivaciones de presión, estos podrían ser motivados por las influencias de otros participantes del proyecto, como clientes o propietarios, que defienden con fuerza el uso de BIM.

Se separarán las demás motivaciones al ámbito económico, haciéndolas independientes de las sociales, al ser las económicas barreras de una implementación BIM usualmente, debido a que BIM es usado para agilizar los procesos del ciclo de vida del proyecto y abordar los problemas de rendimiento en la industria de la construcción. (Francom & El Asmar, 2015)

Las motivaciones económicas se dividen en motivaciones de corto plazo basadas en proyectos y motivaciones de largo plazo basadas en el aprendizaje entre proyectos. En las empresas de diseño, las mejoras económicas normalmente no solo por el uso de las nuevas tecnologías y el rendimiento en un proyecto determinado, sino también en la curva de aprendizaje que esta genera, utilizando así habilidades de un proyecto (a corto plazo) y mejorar el rendimiento y calidad de los proyectos a futuro (largo plazo) (Brady and Davies, 2004; Gann and Salter, 2000).

El gráfico matriz obtenido por Cao et al. (2016) mostrado en la figura 4-1, se obtuvo en una investigación en China realizada para poder identificar la correlación existente entre lo que entendemos por nivel de madurez y motivaciones en la construcción para la implementación de BIM. El mismo ha sido adaptado para poder visualizar las posibles motivaciones agrupadas en los grupos mencionados con anterioridad.



Figura 3-3. Matriz de Motivaciones Adaptado (Cao, Li, Wang, & Huang, 2016)

Por un lado, la parte social se mantiene de dos maneras, protegiendo la imagen actual de la organización, evitando que esta se degrade, o mejorándola con oportunidades. Esto debe ser independiente del nivel de BIM en el cual se encuentre la empresa. Por el lado de los motivos económicos, se entiende que las empresas que tengan menor uso de BIM buscaran una mejora en proyectos independientes de corto plazo, mientras que las que tengan mayor uso de BIM, buscaran beneficiarse económicamente en compartir informaciones entre proyectos de largo plazo.

4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN APLICADA

En el siguiente capítulo de esta investigación se profundiza en la metodología que se usa para esta investigación. Se explica los motivos por los cuales se ha escogido el tipo de investigación a realizar, así como la manera en la que se desarrolla.

4.01 Investigación cualitativa de preguntas abiertas

Para la identificación y posterior análisis de esta investigación, se debe tener en claro que se trata de una investigación exploratoria cualitativa, ya que es este tipo de investigación la cual es usada para obtener resultados que no pueden ser cuantificados, como por ejemplo examinar opiniones y organizaciones, como es en el caso de esta investigación. Si bien algunos datos podrán ser cuantificados posteriormente, el análisis que se realiza es cualitativo, debido a que este tipo de investigación produce datos descriptivos como las palabras habladas o escritas de las personas, así como inclusive el comportamiento observable. La manera de obtener esta información es mediante un cuestionario de preguntas abiertas, con las cuales se hará un análisis exploratorio de datos. (Naoum, 2012)

Es necesario recordar que las muestras cualitativas no deben ser utilizadas para representar a una población (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006), por lo que no se pueden generalizar resultados en porcentajes. La idea es profundizar los conceptos y obtener los pensamientos de los entrevistados, por ello se consideró apropiado entrevistar a seis empresas de diseño, siendo tres de diseño estructural y tres de diseño arquitectónico. El tipo de muestreo que se empleó fue aleatorio con respecto a las empresas, gracias al contacto de algunos trabajadores también y ellos posteriormente facilitaron información de otros contactos quienes aceptaron colaborar en esta investigación.

4.02 Diseño de entrevistas

Las siguientes entrevistas buscan identificar en primer lugar, las principales motivaciones para adoptar BIM de los gerentes y diseñadores de empresas de diseño estructural y arquitectónico del Perú. En segundo lugar, obtener el verdadero y adecuado valor que se le encuentra a BIM en las empresas de diseño estructural y arquitectónico del Perú para una correcta adopción.

Las entrevistas han sido divididas en entrevistas para gerentes y entrevistas para ingenieros y arquitectos que diseñan. En cada una de ellas se encuentran preguntas diferentes de diferentes secciones para obtener lo mencionado anteriormente, usando teoría mencionada en capítulos anteriores de la investigación de la revisión de literatura.

4.03 Entrevista gerentes

Las entrevistas para gerentes han sido realizadas teniendo en cuenta que quien realmente aprueba el hacer uso de una nueva metodología es el gerente. Es decir, independientemente si la idea del uso de BIM debido a la difusión de esta llegó a él primero o no, es el gerente quien finalmente decide adoptar BIM. Analizando BIM como la adopción de una innovación, pues finalmente se rigen los mismos factores para su adopción, es que se decide hacer uso de los factores individuales del modelo de Rogers, el cual ya ha sido analizado en la revisión de la literatura. Asimismo, se tienen en cuenta los factores de industria BIM de Succar y Kassem (2015) para poder, con la ayuda del modelo de Rogers (2003), enfocarlo más a esta adopción. La entrevista de los gerentes ha sido dividida en 3 secciones, que corresponden a los objetivos específicos a obtener en esta investigación.

4.03.01 Sección 1: Datos Generales

La primera sección de la entrevista corresponde a los datos generales del entrevistado, en este caso el gerente, en los cuales se les pide:

- Profesión: Para conocer si se trata de un ingeniero, arquitecto, o bachiller.
- Años de experiencia profesional: Indicador para saber su tiempo en el rubro.
- Años de experiencia de la empresa en BIM: Ya que estas entrevistas no discriminan si tiene o no tiene experiencia la empresa en BIM, se realiza esta pregunta para saber si utiliza o no, y obtener una posible madurez en BIM.
- Años de funcionamiento de la empresa: Indicador para saber su tiempo en el rubro de la empresa y su madurez en el área.
- Cantidad de trabajadores de la empresa: Indicador para obtener el tamaño de la empresa.

4.03.02 Sección 2: Valor de BIM

En la segunda sección de la entrevista se trata de identificar cual es el valor que se le da a BIM por parte de los gerentes de las empresas de diseño. Las preguntas para realizar son:

- ¿Cuáles son sus percepciones sobre BIM? ¿Es importante para una empresa de diseño?

Estas preguntas buscan saber cuál es la definición en general que el entrevistado tiene sobre BIM, también conocer el estado de la empresa siendo con uso o sin uso de BIM. Asimismo, entender cuál considera el punto de inicio para BIM, independiente de si considera que ya lo superaron o aún están en camino a llegar a hacerlo, y poder diferenciarlo de su definición de

BIM. Estas preguntas pueden ser complementadas con las siguientes preguntas en caso de que la entrevista se aleje de la respuesta buscada: ¿Qué actividades significa para usted usar BIM? ¿Qué formas de aplicar BIM en el diseño conoce?

- ¿Por qué su empresa debería usar BIM?

Esta pregunta busca obtener los factores individuales de los gerentes, basados en los factores de Rogers. En caso de que esté aplicando BIM en la empresa, se busca también que pueda contar su experiencia de como adoptó. En caso de que no utilicen BIM se busca conocer cuando lo usará toda la empresa, así como los motivos de por qué no ocurre actualmente eso, qué lo limita. En caso de que no utilice BIM o se esté alejando de la respuesta buscada se puede complementar con la siguiente pregunta: ¿Considera que sería ventajoso para la empresa conocer más de BIM?

4.03.03 Sección 3: Motivaciones BIM

En la tercera sección de la entrevista se hace hincapié en las motivaciones tanto internas como externas, dividiéndolas en sociales y económicas. Las preguntas para realizar son:

- ¿Cuál es el rol del cliente que contrata para usar BIM?

La opinión sobre el rol del cliente es fundamental para entender las motivaciones que se tiene sobre el uso de BIM, usualmente el cliente no quiere pagar de más, por lo que esta pregunta debe responder también el tema del costo. Preguntas complementarias a esta serian: ¿Cómo el cliente afecta en la innovación con respecto a BIM? ¿En qué punto afecta la remuneración económica a la innovación?

- ¿Cuál es la actitud de los trabajadores de diseño (staff) respecto a BIM?

Si bien se hará entrevistas separadas también a diseñadores, es bueno saber desde la perspectiva del gerente, como siente los demás trabajadores con respecto a BIM, así mismo esto también ayuda a identificar motivaciones internas y sociales.

4.03.04 Sección 4: La industria BIM

En la cuarta sección de la entrevista se busca analizar las características de la industria BIM en el pensamiento de los gerentes. Las preguntas para realizar son:

- ¿Ves un futuro de la empresa en solo BIM, así como ahora es solo en CAD?

Se trata de identificar las características de la industria con esta pregunta, al buscar que considera que facilita la transición de BIM, o en caso contrario que factores limitan esta transición.

- ¿Qué características de la industria puede limitar el uso de BIM para la empresa?

Se busca identificar similar a la anterior el colchón que ya existe sobre el cual se puede generar madurez en BIM, en qué factores de la industria ya se está avanzando a nivel más general y como lo percibe así el gerente.

4.04 Entrevista diseñadores

Las entrevistas para los ingenieros y arquitectos que realizan el diseño han sido realizadas pensando en que ellos son los que realmente realizan la actividad de diseñar, son quienes realmente utilizarían o utilizan las herramientas BIM para los proyectos. Por lo tanto, la percepción que tienen ellos sobre BIM puede ser distinta de la del gerente y es igual de importante. Para el análisis de estas se ha tomado en cuenta los factores de industria BIM de Succar y Kassem y ya que, en el caso de los diseñadores, realmente aplican estas nuevas herramientas en su trabajo diario de diseño, se decide utilizar los factores individuales de la teoría unificada de aceptación y uso de tecnologías de Venkatesh.

4.04.01 Sección 1: Datos Generales

La primera sección de la entrevista al igual que en la de gerente, corresponde a los datos generales del entrevistado, en este caso el diseñador, en los cuales se les pide:

- Profesión: Para conocer si se trata de un ingeniero, arquitecto, o bachiller.
- Años de experiencia profesional: Indicador para saber su tiempo en el rubro.
- Años de experiencia personal en BIM: Ya que estas entrevistas no discriminan si el entrevistado tiene o no tiene experiencia en BIM, al igual que en la empresa, se realiza esta pregunta para saber si utiliza o no, y obtener una posible madurez en BIM personal.

4.04.02 Sección 2: Valor de BIM

En la segunda sección de la entrevista se trata de identificar cual es el valor que se le da a BIM por parte de los diseñadores de las empresas. Las preguntas para realizar son:

- ¿Cuáles son sus percepciones sobre BIM? ¿cree que ayuda su uso?

Estas preguntas buscan en primer lugar, saber cuál es la definición en general que el entrevistado tiene sobre BIM, también conocer su opinión sobre su trabajo y BIM, independiente si lo usa o no. Se busca asimismo obtener los factores individuales de los diseñadores, basados en los factores de Venkatesh et al. (2012). Estas preguntas pueden ser complementadas con las siguientes preguntas en caso de que la entrevista se aleje de la respuesta buscada: ¿Qué actividades significa para usted usar BIM? ¿Qué formas de aplicar BIM en el diseño conoce?

- ¿Utiliza BIM? ¿Cómo comenzó a usarlo? ¿Por qué no lo usa?

Se busca saber si aplica o no BIM en su trabajo, en caso de que esté aplicando BIM en sus tareas de diseño, se busca también que pueda contar su experiencia de como adoptó. En caso de que no utilice BIM se busca conocer cuándo lo hará y los motivos de por qué no lo hace. En caso de que se esté alejando de la respuesta buscada se puede complementar con la siguiente pregunta: ¿Considera que sería ventajoso conocer más de BIM?

- ¿Qué actividades significa para usted usar BIM?

Esta pregunta complementa en algo a la pregunta anterior, asimismo, busca cómo se podría usar BIM en el diseño, es decir ubicar el punto de inicio para BIM, independiente de si ya lo realiza o aun no, y poder diferenciarlo de su definición de BIM.

4.04.03 Sección 3: Motivaciones BIM

En la tercera sección de la entrevista se hace hincapié en las motivaciones de los diseñadores tanto internas como externas, dividiéndolas en sociales y económicas. La pregunta para realizar es:

- ¿La empresa facilita el uso de BIM? ¿Qué debe suceder para que todos los ingenieros / arquitectos usen BIM?

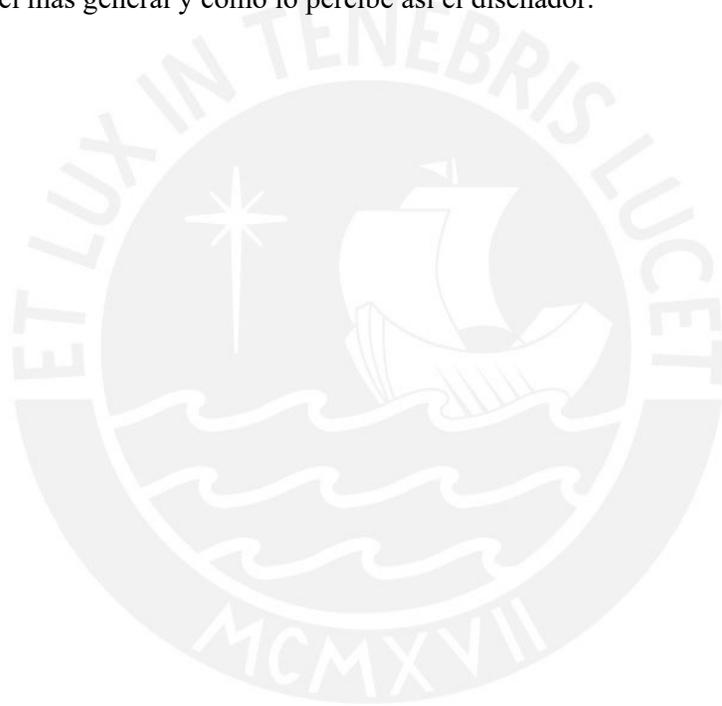
La pregunta va a dar a conocer el punto de vista del diseñador con respecto a BIM, si bien en las preguntas anteriores de la entrevista a gerentes ya se ha preguntado si está aplicando o no BIM, es bueno saber desde la perspectiva de quien realmente diseña. Por otro lado, conocer cuando lo usará toda la empresa, y los motivos de por qué no ocurre actualmente eso, y qué los limita a los otros diseñadores, ayuda a identificar motivaciones internas y sociales.

4.04.04 Sección 4: La industria BIM

En la cuarta sección de la entrevista se busca analizar las características de la industria BIM en el punto de vista de los diseñadores. La pregunta para realizar es:

- ¿Qué características de la industria puede limitar el uso de BIM en los ingenieros y arquitectos que diseñan y construyen?

Se trata de identificar las características de la industria con esta pregunta, al buscar que considera el diseñador que facilita la transición de BIM, o en caso contrario que factores limitan esta transición. Se busca identificar similar a la pregunta para gerentes, el colchón que ya existe sobre el cual se puede generar madurez en BIM, en qué factores de la industria ya se está avanzando a nivel más general y como lo percibe así el diseñador.



5. PROCESAMIENTO DE DATOS

Los resultados a continuación son análisis de 15 entrevistas, siete a Gerentes y ocho a Diseñadores, sumando un total de 6 horas y 45 minutos de audio transcrito en 28 páginas de texto. La data ha sido analizada agrupando las distintas respuestas de cada entrevistado usando citas puntuales de las transcripciones para definir su punto de vista sobre el tema. Estas han sido divididas según los objetivos planteados, cabe recalcar nuevamente que estos resultados son obtenidos de forma cualitativa por opinión y experiencia de cada entrevistado y no deben ser usados para generalizar el universo de diseño en BIM del Perú.

5.01 Gerentes

Las entrevistas a los gerentes han tenido una duración entre 25 a 45 minutos y han sido un total de siete entrevistados, que corresponden a siete empresas de diseño, siendo de estas cuatro de diseño arquitectónico y tres de diseño estructural. Los nombres de las empresas, así como de los gerentes han sido reservados, sin embargo, para hacer referencia a cada una de las entrevistas encontradas en los anexos, la tabla 6-1 muestra la distribución en base a códigos de los gerentes, así como de las empresas a las que pertenecen.

Tabla 5-1 Entrevistas a gerentes (Fuente: Propia)

N° de Gerente	Gerente 1	Gerente 2	Gerente 3	Gerente 4	Gerente 5	Gerente 6	Gerente 7
Experiencia Profesional	10 años	25 años	7 años	10 años	15 años	29 años	23 años
Empresa	Estructuras 1	Estructuras 2	Estructuras 3	Arquitectura 1	Arquitectura 2	Arquitectura 3	Arquitectura 4
Años de Empresa	3 años	50 años	25 años	9 años	7 años	10 años	7 años
Cant. De Trabajadores	6 personas	4 personas	50 personas	3 - 4 personas	4 - 11 personas	5 personas	5 personas
Años de empresa en BIM	1 año	Menor a 1 año	3 años	0 años	1 año	9 años	2 años
Descripción	Ingeniero, gerente general	Ingeniero, gerente general	Ingeniero, gerente de proyectos	Arquitecta, gerente general	Arquitecto, con experiencia profesional internacional, gerente general	Arquitecto, gerente general	Arquitecta, gerente general
Duración de entrevista	30 min	25 min	35 min	35 min	45 min	35 min	25 min

La distribución ha sido dividida en 6 rubros para poder dar una idea más específica de cada uno de los entrevistados. La experiencia profesional es mucho más elevada que la encontrada

en los diseñadores, por tratarse de gerentes. Las empresas serán descritas en esta tabla al haberle preguntado estos datos al gerente, en la cual se aprecian rangos de funcionamiento desde los 3 años hasta los 50 años, así mismo desde 4 trabajadores hasta 50 trabajadores, se considera favorable esta gran división pues permite abarcar diferentes tipos de empresa y en diferentes etapas de madurez de una empresa de diseño. Se puede apreciar que los años de experiencia en BIM de las empresas van de nulo a 3 años, por lo que se tiene un buen balance para poder reconocer el valor y motivación del uso de BIM. Asimismo, cabe recalcar que el nombre que se le ha dado a las empresas es el mismo en concordancia al cual se le ha dado en la tabla 6-2 de los diseñadores, es decir que si un gerente y un diseñador pertenecen a la misma empresa se mostrará el mismo nombre de la empresa, por ejemplo, a la empresa “Arquitectura 2” pertenecen el Gerente 5 y el Diseñador 5. En la descripción se puede apreciar que todos los gerentes son titulados en su área, ya sea ingenieros o arquitectos, así como su cargo actual y algún dato importante.

5.02 Diseñadores

Las entrevistas a los diseñadores han tenido una duración entre 15 a 40 minutos, siendo menor a las de los gerentes, y han sido un total de seis entrevistados, que corresponden a siete empresas de diseño diferentes, siendo de estos ocho diseñadores, cuatro de diseño arquitectónico y cuatro de diseño estructural. Los nombres de las empresas, así como de los ingenieros y arquitectos han sido reservados, sin embargo, para hacer referencia a cada una de las entrevistas encontradas en los anexos, la tabla 6-2 muestra la distribución en base a códigos de los diseñadores, así como de las empresas a las que pertenecen.

Tabla 5-2 Entrevistas a diseñadores (Fuente: Propia)

N° de Diseñador	Diseñador 1	Diseñador 2	Diseñador 3	Diseñador 4	Diseñador 5	Diseñador 6	Diseñador 7	Diseñador 8
Experiencia profesional	13 años	18 años	11 años	2 años	2 años	2 años	4 años	3 años
Empresa	Estructuras 2	Estructuras 2	Estructuras 3	Arquitectura 1	Arquitectura 2	Arquitectura 3	Arquitectura 4	Estructuras 4
Años de experiencia BIM personal	Menor a 1 año	Menor a 1 año	6 años	0 años	Menor a 1 año	0 años	2 años	1 año
Descripción	Bachiller en ingeniería civil, Ha asistido a reuniones BIM	Bachiller en ingeniería civil	Ingeniero civil, Trabajando en área BIM de diseño	Bachiller en Arquitectura	Bachiller en Arquitectura	Bachiller en Arquitectura	Arquitecto, uso de ArchiCAD	Ingeniero civil, diseñador en empresa internacional
Duración de entrevista	15 min	15 min	30 min	20 min	20 min	15 min	20 min	40 min

La distribución ha sido dividida en 4 rubros para poder dar una idea más específica de cada uno de los entrevistados. La experiencia profesional es mucho menor que la encontrada en los gerentes, demostrando así que los diseñadores suelen ser personas más jóvenes en el sector, en comparación al gerente. Así mismo, cabe recalcar que son los estudios de arquitectura los que suelen tener a diseñadores con menor experiencia profesional en estos entrevistados. Se puede apreciar que los años de experiencia en BIM personal de cada diseñador van de nulo a 6 años, por lo que se tiene un buen balance para poder reconocer el valor y motivación del uso de BIM a nivel personal. De igual forma, cabe recalcar que el nombre que se le ha dado a las empresas es el mismo en concordancia al cual se le ha dado en la tabla 6-1 de los gerentes, como ya se mencionó anteriormente. En la descripción podemos apreciar que la mayoría de los diseñadores entrevistados son solo bachilleres en su área, mas no titulados, si bien este dato escapa de la investigación, es correcto mencionarlo y se ha añadido a la tabla.

5.03 Toma de datos

El método de recolección de las entrevistas ha sido realizado de forma presencial, acercándose a la oficina del estudio de diseño en cuestión, mediante cita previa, o bien, mediante una reunión en algún lugar acordado por ambas partes. Las entrevistas han sido grabadas y posteriormente transcritas y adjuntadas en anexos. Inicialmente las entrevistas fueron realizadas en el periodo de mayo y junio del 2019, correspondientes a los gerentes del 1 al 5, y los diseñadores del 1 al 6. Posteriormente, se realizaron unas entrevistas adicionales correspondientes a los gerentes 6 y 7, así como a los diseñadores 7 y 8, estas últimas entrevistas fueron realizadas en el periodo de enero y marzo del 2020. En el Anexo III se encuentra un

enlace a una carpeta de Google Drive, la cual contiene un archivo PDF con las entrevistas a los gerentes sin procesar, igualmente se encuentra un archivo PDF similar que incluye las entrevistas a los diseñadores sin procesar. Las únicas modificaciones u omisiones que puedan tener las entrevistas transcritas sin procesar en los anexos se deben a cualquier rastro o indicio que pueda poner en riesgo el anonimato del entrevistado.

5.04 Análisis de datos

El análisis de datos de esta tesis se ha realizado mediante el método cualitativo inductivo. La elección de este tipo de análisis para esta tesis fue un reto, sin embargo, este fue elegido en primera instancia porque se buscaba la opinión de algo que experimentan los diseñadores y gerentes de empresas de diseño. Para ello, era necesario realizar un desarrollo largo, que permitiese obtener historias individuales en cada entrevista. Al no poder desde un inicio categorizar las respuestas, el proceso inductivo era el ideal para este tipo de análisis, ya que se basa en la interpretación. En segunda instancia, los objetivos del enfoque inductivo estaban en línea con mi modo de investigación previsto. Según Thomas (2006), el enfoque inductivo genérico tiene como objetivo condensar el texto sin procesar en un breve formato de resumen, establecer vínculos claros entre los objetivos de la investigación y los hallazgos resumidos y desarrollar un modelo sobre la estructura subyacente de experiencias, procesos o percepciones derivadas.

Es por lo que se procede a realizar el análisis de los datos de manera inductiva general propuesto por Thomas (2006), mediante el siguiente procedimiento adaptado:



Figura 5-1 Análisis de datos Adaptado de Thomas (2006)

En primer lugar, se ha dado una lectura exhaustiva de todas las respuestas obtenidas por los entrevistados. En segundo lugar, la identificación de las oraciones o segmentos específicos de texto relacionados a la opinión correcta del entrevistado en responder verdaderamente la pregunta en cuestión. En tercer lugar, organizar estos segmentos de texto de una manera general en categorías, logrando así que no se repitan respuestas similares o algún tipo de redundancia.

Finalmente, se llega a un modelo, en este caso específico, matrices con respecto a las categorías que tuvieron más importancia entre los entrevistados.

Cabe recalcar, que adicional a usar esta metodología, esta fue modificada en base al ensayo y error. Al deberse a opiniones y percepciones de personas, se trató de ser lo más general y abierto posible, siempre tratando de no influir en lo absoluto en la respuesta del entrevistado. Sin embargo, como se verá en la discusión de resultados, esta generalidad trata de ser parcializada por mi persona para que pueda caer en cierta categoría. El siguiente capítulo hará un desarrollo de aquellos segmentos específicos de texto y mostrará mi propia capacidad reflexiva y analítica para entender las posiciones de los entrevistados.



6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las dudas con respecto a las empresas de diseño son ¿Que entienden por BIM los gerentes generales de empresas de diseño? ¿Cuál es su concepto? Estas respuestas estarían teñidas de la cultura actual, del país, del contexto, de la experiencia de la empresa de diseño, del gerente y de los trabajadores, con y sin BIM. Asimismo, se debe buscar entender lo que significa que una empresa de diseño implemente BIM. Se plantea una solución preliminar la cual sería que se entregue al cliente la información en 3D, sería mucho pedir que el diseñador ya no utilice los softwares tradicionales como AutoCAD, lo mejor podría ser que el proceso interno se realice de manera tradicional pero que se entregue un modelo BIM. Se tendrá que probar si esto es lo que se entiende por BIM internamente en la empresa.

Se le debe pedir al diseñador que:

- 1) Entregue modelos
- 2) Colabore

La idea no es perturbar el trabajo del diseñador, este puede realizar el trabajo de la manera convencional o como siempre se ha realizado, sencillamente que entregue la información con BIM, y el segundo paso es que colabore, en el proceso de hacer el diseño, para que así todos tengan acceso a la información, que todos los especialistas estén al pendiente la información de otras especialidades.

Se podría creer incorrectamente que esa tarea es de la gerencia de proyectos, sin embargo, es un tema de creencias, de roles. El ingeniero que está entregando planos de otras especialidades vaya viendo interferencias. Está en manos de la gerencia de proyectos, pero lo que está en manos de ellas es que haya gente dispuesta a hacerlo.

El posible punto de adopción se trata de diseñar de manera colaborativa. Con la ayuda de las tecnologías se puede hacer una colaboración virtual, con el uso de software especializado para esto como es por ejemplo BIM 360 o Revizto, este es el futuro del diseño colaborativo. Si bien este proceso no depende del diseñador directamente, ¿pero está dispuesto a realizarlo?

Los resultados a discutir se dividirán según los objetivos planteados inicialmente de la tesis, así como de los posibles patrones encontrados al realizar este análisis. En primer lugar, con la lectura detallada de cada entrevistado, se presentarán tablas con las respuestas a un nivel general sobre el objetivo a analizar para poder encontrar un patrón. En segundo lugar, se mostrarán los segmentos más específicos de las entrevistas que expresen el punto de vista del

entrevistado sobre el objetivo planteado, posterior a ello se hará un pequeño análisis sobre ese segmento extraído con el fin de poder categorizarlo. Finalmente, se presentará una matriz agrupando las opiniones de los entrevistados y dando una primera instancia en la verdadera categorización de las percepciones de las empresas de diseño de estructuras y arquitectura del país.

Cabe recalcar nuevamente que estos resultados son obtenidos de forma cualitativa por opinión y experiencia de cada entrevistado y no deben ser usados para generalizar el universo de diseño en BIM del Perú. Al no existir en la literatura una investigación en el Perú respecto al tema, esta investigación resulta pionera para futuras investigaciones que guarden relación con el momento previo al punto de adopción de las empresas de diseño.

6.01 BIM Value

6.01.01 Valor BIM en el diseño

Siendo las primeras preguntas de la entrevista basadas en el valor y las percepciones de BIM, es justo que sea el tema de inicio de la discusión de resultados. La tabla 7-1 muestra un resumen de lo respondido en las dos primeras preguntas para los gerentes y las tres primeras para los diseñadores, las cuales están relacionadas al tema del valor de BIM, es decir en primera instancia su entendimiento por BIM, y también el valor de BIM que se le da que sientan que funcione apropiadamente en la etapa de diseño.

Tabla 6-1 Resumen de entrevistas sobre el valor de BIM

Entrevistado	Resumen Valor de BIM
Gerente 1	BIM sirve para identificar interferencias y poder darles una correcta solución, sirve para la visualización de todas las especialidades, también ayuda a dar los metrados fácilmente y exactos.
Gerente 2	Usar BIM es un software de modelado en 3D que permite la resolución de incompatibilidades con diferentes especialidades. Considera que sería ideal que todos vean el mismo modelo, no aplica porque el software es pesado.
Gerente 3	La idea de BIM es detectar incompatibilidades que se vayan a tener en obra, programar bien el proyecto, el tiempo y el presupuesto también introducirlos. Por ahora solo se usa para las incompatibilidades, pero lo ve como el futuro.

Gerente 4	Usar BIM es un software de modelado en 3D con facilidades técnicas para especialidades, contabilización de materiales, pero es tedioso hacerlo. No lo considera necesario en diseño, más para construcción. Se podría tercerizar para la compatibilización.
Gerente 5	BIM abarca mucho más que modelado, manejo de la información, automatización con uso de familias para el diseño, compatibilización de especialidades. Su uso está más en la racionalización, previo a construcción, pero en diseño necesitas más libertad. Un modelo es complicado como entregable al cliente por el tema de responsabilidades y manejo.
Gerente 6	La utilidad de BIM se ve más en la construcción, por la compatibilidad entre especialidades. No se utiliza tanto en diseño porque es menos flexible en el diseño, pues se levantan bloques, se tiene que tener claro que estas levantando, es restrictivo creativamente.
Gerente 7	BIM es una herramienta útil que no se está explotando como se debería, te permite controlar más eficiente las compatibilizaciones y cambios del proyecto. Quisiera poder terminar de implementarlo adecuadamente en la empresa.
Diseñador 1	BIM es la unión de todas las especialidades en un modelo 3D que ayuda a la detección de incompatibilidades, pero el proceso es lento y burocrático.
Diseñador 2	BIM es usar un programa para compatibilizar más que para modelar, pero es una herramienta exquisita que tarda para estructuras, apoya para los que ven toda la unión del proyecto.
Diseñador 3	BIM abarca desde la concepción del proyecto hasta la venta del mismo, ayuda a todas las ramas e involucrados. Ayuda con las incompatibilidades de la misma especialidad y con otras, desarrollo de planos de detalle, cortes, elevaciones.
Diseñador 4	BIM es optimizar procesos constructivos y compatibilizar especialidades, no lo ve tanto para diseño, modelaría luego de tener el diseño avanzado.

Diseñador 5	BIM abarca todas las etapas y es hacerlo más eficiente y rápido. Genera los cortes y detalles, pero modelar es más difícil que dibujar, pero sus herramientas son más precisas. Sistematización de detalles en familias y resolución de incompatibilidades en los planos que genera son sus mejores usos.
Diseñador 6	BIM es una herramienta útil para la proyección arquitectónica y diseño, ayuda a ahorrar tiempo y materiales por la precisión de sus metrados y posteriormente presupuestos.
Diseñador 7	BIM es automatizar, simular y tener proyecciones más detalladas que un plano hecho en CAD. Diseños más efectivos y precisos con mejor funcionalidad, más allá de lo estético.
Diseñador 8	BIM es un entorno, o una metodología que más allá del tema del modelado, el tema de la coordinación y comunicación entre especialidades es lo más importante que ofrece BIM.

Se puede apreciar que las respuestas son algo variadas y han permitido generar una división de 3 diferentes tipos de valor de BIM que se le puede dar en la etapa de diseño según lo expresado por los gerentes y diseñadores entrevistados. Han sido divididos los resultados para un análisis más ordenado.

6.01.02 Modelado

El modelo 3D de un proyecto, y más específico de una especialidad únicamente, trae muchas ventajas como la visualización, el mejor entendimiento, y un manejo de la información más precisa.

“Se usó en un proyecto de un almacén que debía ser reforzado su subestructura, manteniendo el techo. Ya que la secuencia de trabajo iba a requerir vistas muy específicas y complicadas, se decidió usar BIM, por la visualización. Se le ofreció al cliente, y como sabía que iba a ayudar se ganó el proyecto, así mismo los metrados de concreto, encofrado y acero fueron obtenidos fácilmente gracias al modelo BIM.” (Gerente 1)

En esta cita dicha por el Gerente 1, se refuerza el punto mencionado sobre que el modelo 3D, a diferencia de los planos en 2D, permiten una mejor visualización del proyecto, en especial

aquellos proyectos que requieran muchas vistas pues estas son generadas desde el modelo. De igual manera, refuerza el punto de la obtención de metrados de manera práctica y precisa del modelo.

“Usar BIM es muy ventajoso por la visualización 3D, que cada uno pueda tener su modelo en la nube, poder verlo en simultaneo y por permitir encontrar las incompatibilidades, y que cada especialista tengo acceso al mismo modelo completo, seria excelente.” (Gerente 2)

Si bien el Gerente 2, tiene una noción perfecta de lo que sería un buen estado de madurez con respecto a la etapa de modelado en BIM, el manejo de un mismo modelo en concordancia con los demás especialistas, requiere de software en red o en nube como las opciones adicionales del mismo Autodesk Revit como BIM360 o bien opciones más enfocadas al recorrido e integración como son Revizto, sin embargo posteriormente comenta que este es un ideal el cual aún no se puede lograr por limitaciones que posteriormente se discutirán.

“...lo utilicé porque me entere que era un programa que haciendo la planta que te pedía darles altura a muros, posteriormente podías obtener los cortes automáticamente, entonces me pareció mucho más efectivo hacer la planta y tener los cortes, que estar haciéndolo todo en CAD.” (Diseñador 7)

El diseñador 7 toca un tema importante que es el tiempo y la precisión de la información al usar un modelado BIM a diferencia de hacerlo simplemente en CAD, sin embargo, nuevamente visualizando al valor del BIM del punto de vista de únicamente un modelado dentro de su propia especialidad de arquitectura.

“Se pueden apreciar mejor las instalaciones con las estructuras, como por ejemplo el cruce con barras de refuerzo dentro de un elemento de alta cuantía de acero.” (Gerente 1)

Nuevamente el tema de la visualización, pero aterrizado más a un problema real en el tema del diseño estructural que ayudaría para evitar interferencias posteriormente, sin embargo, aún no es visto como un entregable, y solo es visto como un modelo aislado para utilizarse dentro de la misma especialidad.

6.01.03 Sistematización

La sistematización hace referencia a los procesos que gracias a las herramientas BIM son más rápidos y eficientes en la etapa de diseño, ya se habló de los metrados exactos en la sección del modelado 3D, que, si bien también es parte de la sistematización que genera la metodología BIM, también existen la creación de planos inmediatos, generando procesos más efectivos y

veloces como mejores planos y más vistas, dependiendo del nivel de detalle y de las familias programadas.

“En cambio, a la antigua se tenía que pensar tengo que hacer mi cimentación, tengo estos desniveles en el sótano y tengo que pensar cómo voy a dibujar mis cortes y eso si era más complejo, tomaba más tiempo, ahora simplemente, dependiendo de los niveles que tengas, le dices al modelador tienes que desplantar del nivel de piso terminado 1.50m. ciertas cosas que hay que explicarle de desniveles, y se reduce a eso. El desarrollo de cortes de techos, y el corte de viga es más rápido” (Diseñador 3)

El Diseñador 3 explica como el procedimiento anterior en 2D era más complejo y tardaba más tiempo que el procedimiento actual con BIM, el cual gracias a la sistematización de procesos se vuelve más eficiente.

“el proceso es muy lento, ya que debe modificarse un plano y luego el modelo que implica las demás especialidades también, cuando se puede haber hecho la modificación solo estructuras en el proyecto. El flujo de información le veo lento y burocrático.” (Diseñador 1)

Sin embargo, aquí vemos que el Diseñador 1, considera el uso de BIM como un proceso que genera un retraso y un reproceso, eso ocurre cuando no se aplica BIM de la correcta manera, pues se está modelando y a la par realizando los planos en 2D, a diferencia del Diseñador 3, quien obtiene sus planos del modelo, por lo que solo modifica uno, y todos los demás han sido modificados automáticamente.

“...creemos que es difícil hacer un proyecto en Revit, ya que el cliente te pide en Revit un modelo, pero también te pide poder manipular el modelo, entonces cuando él quiere manipular estas cosas él prefiere que se lo des en CAD, porque Revit es más pesado, es más caro, requiere la misma versión en la que se creó, ellos no quieren eso, quieren en CAD...” (Gerente 5)

El punto es válido que da el Gerente 5, si bien usar Revit no es usar BIM, es correcto que al fin y al cabo lo que se requieren son planos, pero como se mencionó anteriormente se pueden obtener estos planos del modelo y estos pueden ser abiertos en un programa de CAD 2D sin problemas.

“...la marca de supermercados nos pagaba para que generemos familias o componentes para que puedan ser utilizados en los diferentes supermercados, entonces si el terreno era más largo o más corto o más irregular, lo único que hacías era utilizar estas piezas y adaptarlas al terreno.” (Gerente 5)

El Gerente 5 también menciona como gracias al uso de las familias, en un trabajo anterior se lograba utilizar de forma que automatice el procedimiento de diseño, especialmente en el diseño sistematizado arquitectónico, con detalles y ciertos tipos de elementos ya precargados. Es un punto que se ha visto tocado por otros diseñadores también, y no habían sido contemplados en la revisión de literatura del tema, por lo que se reconoce como un aporte de esta tesis para el reconocimiento de un valor de BIM encontrado en el medio.

“...nos ayuda bastante en lo que es desarrollo de planos de cimentación, porque al tener un modelo en 3D te facilita bastante el desarrollo de cortes de cimentación, no tienes que estar dibujando en 2D y pensándolo en 3D, simplemente ya lo ves en 3D y al hacer los cortes y desarrollos en cimentación solo salen.” (Diseñador 3)

El diseñador 3 engloba tanto la visualización, como la sistematización en su entrevista, hay que tener en claro también que en la empresa 3, se viene ya implementando BIM y el diseñador 3 ya lo viene utilizando en sus labores de diseño. Por ello es que utilizar herramientas BIM para el modelado, la generación de planos asegurándose que no existen interferencias entre la misma especialidad es un punto fundamental de valor para BIM en diseño.

“...los detalles son similares, los bebederos, las bancas, los detalles de duchas, si se pudiera hacer una familia de cada uno de esos detalles, sería incluso aún más sistemático.” (Diseñador 6)

El Diseñador 6 nuevamente hace hincapié sobre el tema anteriormente mencionado de la sistematización por familias creadas que genera una sistematización en el diseño que podría ser aprovechado usando las ventajas de los programas de modelado.

“Las palabras que se me vienen a la cabeza cuando alguien me dice actividades de BIM, son automatización, simulación, y creación de familias, porque para todo hay que crear tus familias.” (Diseñador 7)

Junto con el Diseñador 6, el Diseñador 7, hace mención directamente a la automatización como el valor de actividades BIM, y nuevamente se menciona la creación de familias como un punto crucial para la correcta sistematización.

“BIM también aporta no solo en entregables si no dentro de la empresa, porque hay muchos procesos que van a tomar menos tiempo y van a ser optimizados.” (Diseñador 4)

Al igual que el Diseñador 6, el Diseñador 4, menciona la optimización, pero no solo de los entregables, y aquí se ve un punto mayor, pues es que BIM abarca mucho más que solo los entregables del diseño, como podría ser el modelado. BIM implica cambios de metodologías, de formas de hacer el trabajo en sí, si bien en esta investigación se concluirán los posibles entregables que se deberían realizar para que una empresa de diseño adopte BIM con un valor correcto, hay muchas cosas que deben cambiarse internamente para llegar a este modelo. Todos estos procesos serán optimizados igualmente gracias a BIM.

6.01.04 Compatibilización y coordinación

La compatibilización en BIM, la entendemos como en una primera instancia dentro de la misma especialidad para generar planos compatibilizados, que no tengan interferencias entre ellos, errores de dibujo, vistas que no concuerden, etc. Pero también se hace referencia a la resolución de interferencias entre otra especialidad, como estructuras con instalaciones, arquitectura con instalaciones, o estructuras o arquitectura, llevando así el valor BIM a un nivel más externo y con más madurez.

“...hay proyectos en los cuales es muy compacto, hay espacios reducidos, y se quiere aprovechar mucho el terreno, entonces es posible que existan choques entre especialidades.”
(Gerente 1)

Cuando se tiene un modelo 3D, permite la solución de problemas entre especialidades, en especial con la especialidad que se está diseñando, para así mantener estas interferencias en la etapa de diseño y generar una solución que pueda entregar mayor valor al proyecto y así todas las partes ganar. Hay que destacar que el Gerente 1 es un gerente de una empresa de diseño estructural, y al usar opinar sobre mejor manejo de espacio se está aplicando constructabilidad gracias a BIM, y de esto también se trata la contabilización, de la colaboración de especialidades.

“Todos los RFIs que iban a aparecer en obra, hemos visto que se trasladan a la etapa de diseño del proyecto, entonces ahí se resuelven y eso es más barato resolverlos ahí que cuando estas con la ejecución encima...” (Gerente 3)

Esto refuerza lo analizado anteriormente también dicho por un gerente de diseño estructural, los RFI (Request For Information) son como su nombre lo indica, requerimientos de información que pueden generar al diseñador debido a la existencia de alguna interferencia, cruce de información, o falta de esta, lamentablemente, usualmente estas se suelen dar en obra como menciona el Gerente 3.

“En ese caso se habla de muchos metros cuadrados y muchos ductos de instalaciones que, si no los compatibilizas bien, puedes perder muchos m², entonces ahí quizás sea conveniente.”
(Gerente 5)

El Gerente 5 es un gerente de una empresa de diseño arquitectónico, y al igual que el Gerente 1, le ve conveniencia a BIM en el mejor manejo del espacio, en especial debido a las especialidades de instalaciones. Sin embargo, ahí se cae en el tema de que estas soluciones de interferencias y coordinación ayudan más a la unión de las especialidades, más que dentro del diseño estructural o arquitectónico.

“No genera una ventaja competitiva, por ser estructural, pues esto quizás le sirve más a los de instalaciones.” (Gerente 2)

El Gerente 2 lo tiene claro, como ingeniero estructural considera que en su área no genera una real ventaja objetiva, lo que en parte descarta el tema de diseñar en sí utilizando herramientas BIM, pero más bien a realizar un modelado para identificar interferencias entre propios planos, entre vistas y cortes, y como un medio de coordinación posterior a la concepción del diseño, pero más enfocado a previo a la construcción, pero aun encontrándose en la etapa del diseño como tal, para así evitar RFIs en obra.

“...me parece un poco falso decir que con Revit ya salen todas las plantas y cortes, eso no es cierto, si bien estos salen al toque, dibujar la planta es más tedioso que dibujar en planta en CAD... La ventaja es que Revit es más preciso, no hay error entre tu planta y tus cortes.”
(Diseñador 6)

El diseñador 6 desmiente algo que se suele escuchar seguido con respecto a los programas que utilizan BIM para el modelado 3D, en los que se suele decir que todo se resuelve solo, y no es así, es mayor el tiempo al detalle que le das al modelar que dibujar líneas en CAD, pero esto permite un proyecto con entregables sin incompatibilidades entre ellos.

“Abocado al diseño, teniendo una proyección precisa en qué forma se encuentra tu arquitectura con las estructuras y las especialidades, puedes tener un diseño arquitectónico mucho más efectivo y preciso y con una funcionalidad más correcta, más allá de lo estético.”
(Diseñador 7)

El diseñador 7 al ser arquitecto, identifica el valor de BIM por un lado como un modelado que ayuda a tener un diseño más funcional, pero esto no es posible sin la compatibilización con las otras especialidades, esto para poder generar un mayor valor para el cliente también.

“...creo que más allá del tema del modelado de softwares comerciales como Revit por ejemplo, creo que el tema de la coordinación y comunicación entre especialidades es crucial... son las coordinaciones, estas son bien importantes porque cuando uno quiere ejecutar un cambio, no puede pensar en lo que más te conviene a ti, porque usualmente un especialista dice ya esta solución es lo máximo...” (Diseñador 8)

El Diseñador 8 si bien le da valor al uso de BIM como un modelado aislado en su especialidad, tiene claro que el valor verdadero se encuentra en la coordinación exterior entre otras especialidades también. Muestra experiencia en reuniones de ingeniería concurrente, donde varios especialistas deben ponerse de acuerdo para llegar a una solución correcta, esto demuestra un nivel de madurez superior al resto de encuestados.

“se hacen las planificaciones y coordinaciones con el modelo y entre todas las especialidades, cosa que, si aprovechamos muy bien ya que cuando hacemos entrega de los entregables, las incompatibilidades son mínimas. Inicialmente había muchas, pero en la actualidad han bajado muchísimos, quedamos mejor antes en cliente, entregamos un producto más limpio y eso nos beneficia a todos.” (Diseñador 8)

Nuevamente el Diseñador 8 muestra su experiencia en el campo y refleja como coordinar entre especialidades lleva a un objetivo común para todos los involucrados, que es entregar un producto más producido hacia el cliente, un punto muy importante alcanzable con el uso de las coordinaciones BIM y no solo limitarse a los modelos o automatizaciones aisladas.

“Es importante, porque en el momento de la construcción, en el momento en que vienen los RFI, con BIM salen en color todos los conflictos que ha habido en estructuras e instalaciones, mayormente los conflictos no han sido tanto en arquitectura, sino más bien en instalaciones.” (Gerente 6)

El Gerente 6 entiende que el valor de BIM está en la resolución de interferencias, es decir en la compatibilización, incluso menciona colores diferentes para cada especialidad, demostrando así su experiencia en conocimientos de posibles reuniones de coordinación. Sin embargo, es evidente darse cuenta que le da valor más en un punto posterior al diseño de su propia especialidad como lo es arquitectura, y no tanto en la concepción del mismo.

“Pero el Revit como hay que levantar bloques, ... es súper restrictivo creativamente, o poco flexible al momento del diseño, porque digamos que en una primera etapa aún no se decide todavía si va a haber una ventana o no, estas solo haciendo una línea, y esa línea todavía no

sabes si es un muro, una mampara o que es, entonces esa es la manera como lo hemos utilizado, es como solo una siguiente etapa.” (Gerente 6)

Siguiendo con el Gerente 6, como se mencionada anteriormente, al ser un arquitecto, el diseño requiere algo más de libertad y mejor no lo expresa el mismo, pues no encuentra valor en BIM y sus softwares en ese punto en específico, él le da valor en una siguiente etapa, más externa al diseño, más de coordinación y no tanto de diseño en bruto.

“...también por un tema que te permite controlar más eficiente y más efectivamente las compatibilizaciones, los cambios y presupuestos del proyecto... es más fácil detectar las desviaciones de la programación si les metes todas las dimensiones.” (Gerente 7)

El Gerente 7 siguiendo la línea del Gerente 6 también identifica el mayor valor de BIM en la compatibilización y coordinación incluso con otros stakeholders de un proyecto de construcción al mencionar los cambios, presupuesto y otras dimensiones de BIM. Se puede apreciar como BIM es visto por estos gerentes como algo no cerrado a internamente en su empresa, sino algo colaborativo que debería ser usado de manera más externa y con mayor madurez y capacidad.

6.01.05 Matriz Valor BIM

La figura 7-1 muestra la matriz de Valor BIM, en la cuales se ha agrupado 3 valores que se le ha podido identificar en esta investigación, relacionados por factores que se aprecian y los interconectan y dividen.

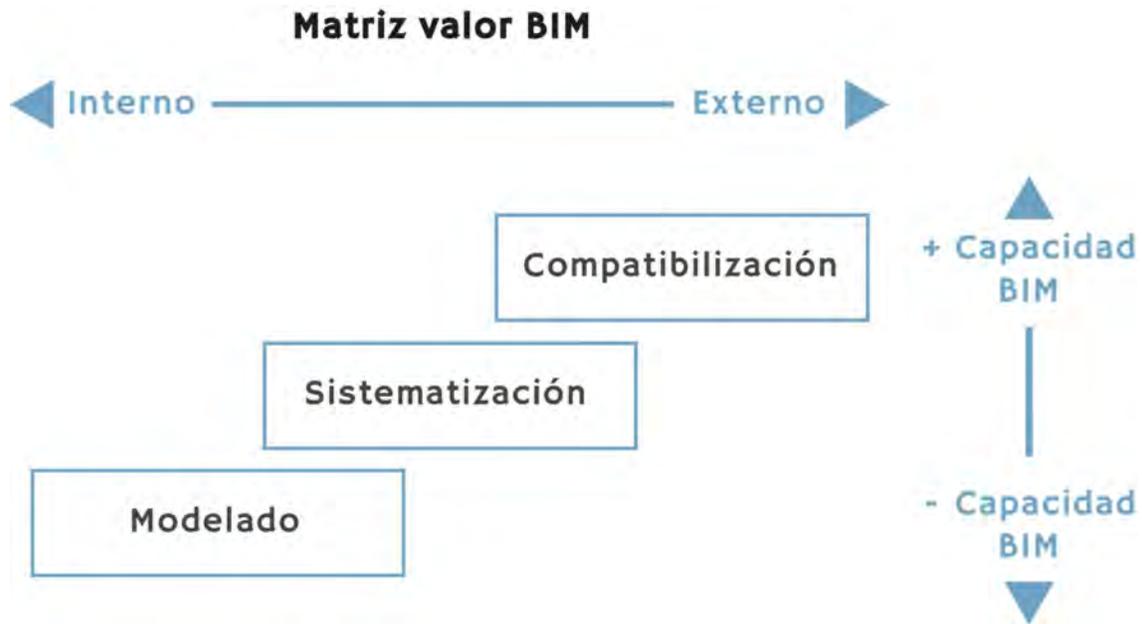


Figura 6-1 Matriz de Valor BIM para el diseño

La Matriz de Valor BIM se divide en primer lugar en el Modelado, este hace referencia que el valor que se le ve a BIM es únicamente como un modelo visual en 3D, el cual es más útil dentro de la misma empresa de diseño y por ser la más básica está de la mano con menor madurez y capacidad (Succar, 2009).

En segundo lugar, se tiene la Sistematización, aquí se le ve valor a cómo BIM puede generar procesos más efectivos y veloces como mejores planos y más vistas, usando modelos internos, este se encuentra en el medio entre un nivel interno de la empresa, y con algo de miras externas para entregables solicitados por el cliente, así mismo esto tiende a algo más de Madurez y Capacidad que un simple modelado.

En tercer lugar, ver valor en la Compatibilización se entiende como el valor al uso de BIM para la verificación entre una sola especialidad, y también de las van de la mano con ella e involucradas en el proyecto, es decir un uso de modelos a nivel proyecto, para así evitar errores de diseño o de interferencias. Al ver valor aquí, se entiende que se está pensando un poco fuera de su propia especialidad, generando así tendencia hacia lo externo y a una mayor Madurez y Capacidad.

6.02 Motivaciones BIM

6.02.01 Motivaciones Generales BIM

De las respuestas obtenidas de las preguntas que hacen referencia a los factores individuales y motivaciones para la adopción BIM se realiza la tabla 7-2 como un resumen general obtenido por cada entrevistado.

Tabla 6-2 Resumen de factores individuales y motivaciones BIM

Entrevistado	Resumen Factores y Motivaciones BIM
Gerente 1	El cliente debe entender la utilidad de BIM para poder invertir en ello, el cliente debe asumir los costos. No nos beneficia tanto a nosotros, es el cliente quien realmente gana. El staff están aprendiendo, saben que será una herramienta importante a futuro.
Gerente 2	Los clientes solicitan trabajos en BIM y se está aceptando hacer el casco estructural, todo asumido por el cliente. El cliente ha solicitado que se tenga staff capacitado en BIM y se están pagando capacitaciones.
Gerente 3	Hay 2 tipos de clientes, los que tienen un área integradora BIM, compatibilizan y están activos; otros que solo quiere un modelo 3D bonito y ya. Se suele sugerir al cliente, tiene un costo adicional pero no es mucho al ya tener un área BIM desarrollada. Al staff le ayuda mucho en visualización, trabajan constantemente con ella, aunque a veces sea algo tedioso.
Gerente 4	Si cliente se dedica a construir le verá mayor valor, BIM no es solo diseño, abarca más. Le conviene más al cliente que al diseñador, sería un trabajo adicional. Los ingenieros están más al pendiente que los arquitectos, para ellos los distrae con cosas técnicas en vez de diseñar. Es una herramienta de compatibilización, no de diseño.
Gerente 5	Uno debe ofrecer BIM para mostrar que estas actualizado, todos los clientes le ven valor, pero al explicarlo la mayoría prefiere subcontratarlo aparte. El software es caro, la informalidad es muy grande. Los estudiantes ya saben BIM, mientras más herramientas sepas, mejor controlas el diseño.

Gerente 6	Las veces que se ha usado BIM ha sido por solicitud del cliente, no nuestra, nosotros nunca proponemos usar BIM. Siempre hay un sobre costo que él debe asumir. No todos tienen Revit y no todos saben usarlo. Hay ciertos proyectos donde los conflictos no son tan agotantes, entonces no es necesario usarlo. Es una ventaja pero solo como un servicio adicional.
Gerente 7	BIM no está tan valorado para el cliente final, pero es un elemento diferenciador en la gestión que uno puede ofrecer y por ello estás un paso adelante. Objetivamente hay una ventaja, por el orden, y la detección de posibles incompatibilidades. Estoy a favor del BIM completamente, pero no es una ventaja objetiva de cara al cliente que nos lo va a reconocer y nos lo va a pagar.
Diseñador 1	La empresa está dando capacitaciones de Revit, no entramos porque faltan herramientas y capacitación, hay que simplemente atreverse a usar BIM.
Diseñador 2	Se debe usar BIM porque el cliente lo exige, no es práctico, pero se tiene que hacer porque los clientes están con la idea. Solo en proyectos grandes se tiene utilidad, en los demás demora más.
Diseñador 3	Se tienen licencias originales del software, siempre la empresa ofrece el uso de BIM, depende del cliente si acepta. Son costosas las herramientas, pero se está dando de a pocos. Debe valorarse el trabajo, piensan que BIM es lo mismo de siempre y quieren seguir pagando lo mismo, se debe valorar el trabajo.
Diseñador 4	No se hace uso de BIM en la empresa, pero está seguro que si aprendiera a usarlo lo usaría en sus tareas de diseño.
Diseñador 5	No se usa en la empresa, alguien debería manejar las herramientas BIM, los especialistas con los que trabajamos también deberían manejarlo, la idea es que todos también lo manejen.

Diseñador 6	No se usa en la empresa, se deben capacitar todos en las herramientas, en algunos proyectos se tercerizan pues los clientes si utilizan.
Diseñador 7	No se usa en la empresa, pero si lo ha usado desde la universidad, porque facilita vistas y cortes, no lo usa actualmente porque las escalas de los proyectos son mucho menores y el tiempo no lo valdría.
Diseñador 8	Si se usa en la empresa, cada área tiene su modelador, considera que la estructura es la base de todo edificio y BIM ayuda mucho a las comunicaciones entre especialidades, por el ambiente colaborativo para que se pueda ceder para llegar un acuerdo. Cuando entregan sus entregables sus interferencias son mínimas.

A partir de este resumen sobre la opinión de cada entrevistado y de las entrevistas como tal, serán analizados de una manera más detallada las partes de cada respuesta que pueden llegar a ser categorizados como una motivación para la adopción BIM. Para este análisis en particular, al tener resultados tan variados y, por lo tanto, más difícil de categorizar, se dividirán los enunciados, gracias a la literatura, de antemano en motivaciones sociales y motivaciones económicas.

6.02.02 Motivaciones Sociales de imagen

“todavía no es un tema que esta tan valorado para el cliente final, pero sí creo que es un elemento diferenciador en la gestión que uno puede ofrecer, y además por eso mismo estas un paso adelante.” (Gerente 7)

La Gerente 7 tiene motivaciones sociales de imagen, en específico de imagen exterior, pues habla de lo que uno como empresa de diseño puede ofrecer, así como estar un nivel delante del resto. Mostrando así que es motivada por un factor externo, pero proactivo, al ser este de la imagen exterior.

“Yo creo que es el futuro, las empresas que ahora no empiezan a trabajar en su área BIM, eventualmente van a estar desfasadas, destinadas a su separación. Yo no veo de acá a un futuro seguir con CAD, así como eventualmente murió el tablero de dibujo.” (Gerente 3)

El Gerente 3, por otra parte, continua con la creencia a futuro, de aquí viene que es proactivo al proyectarse a algo futuro. Él no viene de ninguna forma reactiva respecto a BIM, él se

concentra más en la imagen de la misma, pero debido a situaciones externas, esta imagen puede ser manchada, al ser una tendencia BIM, está generando observabilidad en el Gerente 3. Las demás empresas que lo utilizan a nivel de su propia competencia y mercado, genera que proactivamente adopte y haga la transición incluso total del CAD al BIM.

“Es importante para una empresa de diseño, especialmente en proyectos grandes o muy densos, pero en el futuro será casi obligatorio su uso en las oficinas de diseño.” (Gerente 1)

El Gerente 1, reafirma la posición del Gerente 3 mencionado anteriormente, generando que varios entrevistados se inclinen más por la imagen externa de la empresa como las motivaciones más importantes. Las oficinas de diseño ven a BIM como el futuro y para proteger su imagen actual y la futura deben adaptarse y comenzar a implementarlo.

“Si el cliente no lo solicita tú tienes que ofrecerle para que piense que estas actualizado. Luego tienes que ver si el cliente lo amerita o no ese esfuerzo.” (Gerente 5)

El Gerente 5, por más curioso que suene el enunciado, toca un punto muy importante, que es cuanto valor tiene la imagen de una empresa frente a un factor externo como es el cliente. El Gerente 5 da un punto crucial en lo que representa la imagen exterior de la empresa de diseño, ya que independiente de si realmente tienes un nivel de madurez de BIM apropiado, igual uno debe sugerirlo, pues esto afecta probablemente la decisión del cliente, indicando que estos usualmente conocen de la herramienta. Esto lamentablemente hace ver el uso de BIM como un truco publicitario, un marketing, una forma de publicitar la empresa y hacer creer que está del lado de la innovación, aunque posiblemente no llegue al nivel que se requiere para el manejo de un proyecto de forma adecuada. Sin embargo, independiente del nivel de BIM que se maneje o se quiera manejar, es una forma de motivarse del gerente y buscar BIM, al fin y al cabo, por lo que esto figura como otro buen ejemplo de las motivaciones sociales de imagen exterior.

“...es bueno que tengan eso porque mientras más herramientas sepas es mejor para que puedas controlar el diseño, porque lo que a nosotros nos importa es el diseño. Si eres ajeno a las nuevas herramientas va a llegar a un punto en el que ya nos vas a poder estar involucrado en el diseño...” (Gerente 5)

Las motivaciones sociales de imagen se tratan de motivaciones proactivas, es decir no de algo inmediato o reactivo, el aprendizaje continuo de más herramientas, el querer hacer uso de más tecnologías es una motivación de imagen interna que está expresando el Gerente 5. BIM es vista como otra de estas herramientas que pueden ser aplicadas al diseño y mientras más

herramientas ayuda más al diseño, por lo que es aceptado proactivamente la adopción de la misma.

6.02.03 Motivaciones Sociales de presión y exigencia

“Lo empecé a usar porque la empresa lo decidió usar debido a un requerimiento de un cliente en ese momento que era XXX S.A.C., eran oficinas corporativas de Av. XXX, como especie de ensayo, y de ahí nos gustó la manera en la que se trabajaba y nos dimos cuenta que era la tendencia mundial, hay países que te exigen trabajar en BIM, en Perú no todavía porque estamos un poco atrasados, pero a la larga va a ser la tendencia.” (Diseñador 3)

El diseñador 3 nos menciona un claro ejemplo de una motivación social externa y reactiva, un cliente le exigió el uso de BIM e ingresó de esta manera a la metodología BIM, sin embargo, sentir que es tendencia mundial, se trata de una presión de actitud ante la posibilidad de encontrarse atrasados. Al tratarse de un diseñador y no un gerente en la empresa 3, su sensación de poder encontrarse lejos de la tendencia, lo lleva a ser una presión interna en la empresa del uso de BIM. Vemos como existe una transición y combinación de motivaciones externa y luego interna, para que finalmente lleguen a adoptar BIM, pues la Empresa 3 viene usando herramientas BIM hace ya 3 años.

“Se usa el BIM por la necesidad de que otros implicados en el proyecto lo utilizan, porque el cliente lo pide...Últimamente los clientes están con la idea de BIM por lo que no queda otra que empezar a usar y adaptarse porque si no uno se queda atrás. No es práctico, pero se tiene que hacer” (Diseñador 2)

La exigencia del cliente es mencionada nuevamente por el Diseñador 2, el cliente lo pide y por lo tanto la empresa tiene que adaptarse. Si bien el diseñador 2 no tiene intenciones internas de querer utilizar, al mencionar que no considera a BIM práctico, pero al mismo tiempo admite que se tiene que hacer igualmente. Esto indica que la exigencia externa al ser reactiva es independiente de los intereses internos de los diseñadores y por lo tanto de la empresa en sí. Se menciona también que los clientes ya están con la idea de BIM, si bien como se ha mencionado anteriormente, muchos de estos no tienen ideas concretas, pero su exigencia eventualmente lleva a la adopción BIM finalmente, por lo que es una motivación social muy importante.

“Actualmente para los clientes que solicitan trabajos en BIM se está aceptando hacer únicamente el casco estructural en BIM de manera externa siendo tercerizado. Todo cargo económico extra que demande un entregable de BIM es asumido por el cliente.” (Gerente 2)

El Gerente 2, muestra el avance hacia la adopción BIM que está teniendo en la Empresa 2, ya que el cliente está exigiendo trabajos con el uso de BIM, en este caso un modelado, y ellos en esta nueva etapa están aceptando con lo que es el modelado de casco estructural, al tratarse de una empresa de estructuras. Probablemente este sea un buen inicio de adopción BIM para las empresas de diseño con la motivación externa del cliente.

“hay 3 trabajadores que están en proceso de capacitación asumido por la empresa, debido a que un futuro cliente ha solicitado que se tenga personal capacitado en BIM.” (Gerente 2)

Continuando con el Gerente 2, se aprecia cómo debido a la motivación social externa del cliente este comienza a reducir sus limitaciones para ingresar más hacia la madurez de BIM. Ya que un futuro cliente ha solicitado staff capacitado en BIM, el Gerente 2 le ha encontrado valor a BIM y está invirtiendo en capacitaciones para sus diseñadores, no es un simple gasto, es una inversión en la adopción por la exigencia de futuros clientes.

“Las dos veces que se ha usado BIM ha sido por solicitud del cliente, no nuestra, nosotros nunca proponemos hacerlo en BIM. Si el cliente lo pide, se acepta...” (Gerente 6)

Vemos aquí que el Gerente 6 y su empresa se mueven por la motivación social de exigencia, en este caso del cliente, el cual les exige usar BIM en sus proyectos y por ende deben hacerlo. Esto muestra una motivación externa, al ser del cliente, y a la vez reactiva, pues no es planeada por ellos, usualmente generando que el modelo sea realizado por un tercero, siendo esto no lo ideal para una correcta implementación de BIM.

6.02.04 Motivaciones Económicas y Tiempo

“... lo otro es también va a la ingeniería de valor, programar bien el proyecto, BIM no es solo hacer el modelo y ya. La variable tiempo y los presupuestos también los puedes introducir, el BIM es un tema integrador bastante amplio.” (Gerente 3)

El Gerente 3, tiene clara las motivaciones económicas del uso de BIM, no solo en proyectos únicos a corto plazo como son el modelado y todos los beneficios que esto trae como se explicó anteriormente, pero también ve la integración de BIM, llevándolo en parte a las motivaciones de largo plazo. Si bien en la Empresa 3 ya se viene utilizando BIM para proyectos de forma independiente, es decir proyectos únicos, se busca una adopción de proyectos cruzados, pero esto es visto más como una mejora en madurez, para implique mucho más BIM dentro de los proyectos y la empresa.

“En proyectos donde he visto el uso de BIM como en XXX S.A.C. se tenían a 5 personas trabajando un mismo modelo y eso parece excesivo.” (Diseñador 2)

El Diseñador 2 no está a favor de las motivaciones económicas de proyectos cruzados, el manejo de varios usuarios en un modelo, en una empresa pionera en el Perú de adopción BIM, representa un nivel de coordinación mucho mayor, en el cual al tener un área BIM, se benefician de las motivaciones de proyectos cruzados. Lamentablemente parece ese no ser el caso del Diseñador 2, y en si ha sido rara vez mencionado en esta investigación.

“En Londres lo usábamos mucho porque veíamos muchos supermercados, la marca de supermercados nos pagaba para que generemos familias o componentes para que puedan ser utilizados en los diferentes supermercados, entonces si el terreno era más largo o más corto o más irregular, lo único que hacías era utilizar estas piezas y adaptarlas al terreno.” (Gerente 5)

El Gerente 5 menciona también el uso de BIM como formulación de familias para poder utilizarlo en proyectos futuros, que ha visto una forma de trabajar así en Londres, por lo que esos se tratan de motivaciones económicas de proyectos cruzados, sin embargo, también expresa que para los proyectos que se manejan en el medio no podrían funcionar de forma adecuada.

“en un edificio, sí, porque ahí intervienen una gran cantidad de componentes estructurales y de infraestructura que normalmente no hay una casa, como aire acondicionado, instalaciones más complejas de eléctricas, de ductos de evacuaciones de humos, monóxido, etc. Que cruzan los espacios, las vigas y eso lo hace un poco más complejo, y si es una inversión más grande si se justifica completamente porque saltan todos los conflictos.” (Gerente 6)

El Gerente 6 se basa también en una motivación económica al referirse a usar BIM, indicando que deben ser usados en proyectos más grandes donde la colaboración si justifica la inversión económica que significa el uso de BIM. En este caso estamos viendo cómo ve esta motivación más externa al hablar de otra especialidad, al ser arquitecto el Gerente 6 y referirse a los conflictos de interferencias, asimismo hace referencia a un proyecto aislado refiriéndose a corto plazo.

“Considero también que existe una ventaja con respecto a otras empresas para los que, si implementan BIM, lo considero objetivamente también una ventaja, las cosas irían más ordenadas, ya que es más fácil detectar incompatibilidades...” (Gerente 7)

La Gerente 7 también muestra motivaciones económicas y de tiempo, específicamente en el ámbito de proyectos cruzados, primero muestra claros indicios de mejoras objetivas internas en la empresa por usar BIM, y posteriormente muestra de hablar en planes a futuro, es decir a largo plazo, por ello estando dentro de las motivaciones de proyectos cruzados.

“...pero si al final ves el costo-beneficio, por la escala de proyectos que se planean atacar, va a ser mucho más beneficio tener un proyecto en el cual puedas detectar los errores en una computadora...” (Diseñador 7)

El Diseñador 7 al igual que la Gerente 7, ven la implementación de BIM como una ventaja objetiva que llevaría a un ahorro de costos real, pensando en múltiples proyectos, por lo que se tendría también una motivación de Proyectos cruzados.

“yo diría que la implementación o ejecución de BIM, es la estandarización y uniformización de entregables, si uno trabaja con diferentes especialidades, todos los entregables, todos los productos ya sean documentos, especificaciones técnicas, planos o memorias, deben seguir un estándar y todos deberían respetar los mismos...” (Diseñador 8)

El Diseñador 8 va a un paso más allá con respecto a las motivaciones, que se nota no son de imagen, pues ve un verdadero resultado económico y de tiempo productivo en BIM, se aprecia que busca la colaboración, pues se entiende que se motiva por formas externas que es el trabajar con otras especialidades. Es motivado por una colaboración a un nivel incluso macro pudiendo llegar a ser de largo plazo, visto como un ideal sí, pero una motivación, al fin y al cabo.

6.02.05 Matrices de motivaciones

Las motivaciones BIM serán divididas en dos nuevas categorías: Motivaciones sociales y Motivaciones económicas, adaptadas de lo obtenido en la revisión de la literatura. Gracias a los factores individuales de Rogers (2003) y Venkatesh et al. (2012), e incluso los factores de la industria relacionados a BIM, aunque estos últimos serán explicados a mayor detalle en un siguiente apartado.

La figura 7-2 muestra las nuevas matrices de motivaciones BIM, en las cuales se han agrupado de manera diferente las motivaciones sociales y económicas.

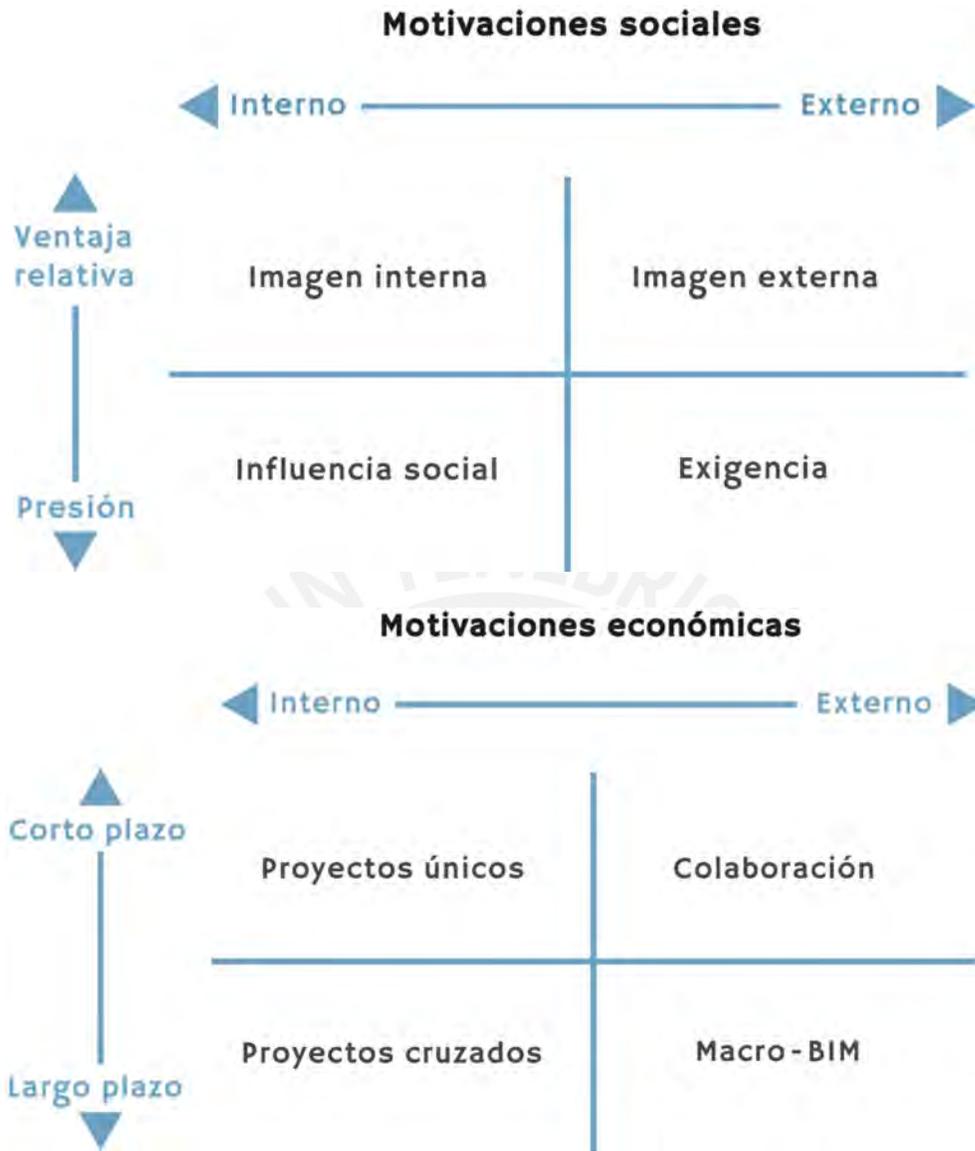


Figura 6-2 Matrices de Motivaciones BIM para el diseño

Las motivaciones sociales son una matriz por separado, en la cual existirá una división de motivaciones internas y externas. La separación es evidente al repasar las respuestas obtenidas por los gerentes y diseñadores, sin embargo, cabe destacar que esto se debe a la inclusión de los factores individuales, las creencias de cada uno sobre BIM y los factores de la industria.

Dentro de las motivaciones sociales, se tiene en primer lugar a la imagen interna, esta representa las motivaciones internas de la empresa que se dan de forma proactiva, como, por ejemplo, la adopción de las nuevas tecnologías, el aprendizaje continuo hacia la mejora como capacitaciones, y la actitud de trabajadores y gerentes.

En segundo lugar, se tiene la imagen exterior, en donde se tiene la percepción de ventaja relativa que genera como un factor externo, así como la observabilidad del mercado y como BIM se va implementado, finalmente las condiciones facilitadoras en general que ayudan al futuro uso de BIM.

En tercer lugar, se tiene la presión, que corresponde a una motivación reactiva pero interna, como es la expectativa de rendimiento, la influencia social interna de algunos *early adopters*, o campeones y conductores.

En cuarto lugar, se tiene la exigencia que corresponde a lo más obligado de la adopción, como sería una normativa, obligaciones de la industria, factores externos que también influyen como el cliente, u otros miembros implicados en los proyectos.

Por otro lado, se encuentran las motivaciones económicas y de tiempo, en estas se tiene en primer lugar los Proyectos Únicos, estos hacen referencia a uso de BIM en proyectos puntuales (usualmente por exigencia del cliente), no se piensa a un largo plazo y únicamente es usado de forma interna como un entregable más.

En segundo lugar, se encuentra la Colaboración, esto hace referencia a cuando si bien suelen ser proyectos puntuales desarrollados bajo la metodología de BIM, estos tienen una mayor madurez, y tienen de motivación servir a otros stakeholders del proyecto, como, por ejemplo, la constructora, o la supervisión, y en un ideal, los proveedores.

En tercer lugar, los Proyectos Cruzados, estos hacen referencia a cuando la motivación va de ir generando mayor madurez en el uso de BIM internamente en la empresa de diseño, para así, tener un banco de familias, generación de plantillas, y un uso estandarizado de hacer las cosas como la creación de un BEP, para poder tener mayor rapidez en el trabajo y más ahorro, es decir la motivación está en el largo plazo.

En cuarto lugar, se tiene el Big Data, en este punto la motivación va en el largo plazo y a la vez en el pensamiento colaborativo externo, se trata de llevar a BIM hacia todos los implicados en el proyecto, y a la vez generar base de datos de elementos técnicos, así como de buenas prácticas, para generar una mejora continua como país y como gestión en general.

6.03 Industria y limitaciones BIM

6.03.01 Factores de características de la industria

La industria BIM ha sido investigada como un factor más que ayude a identificar el valor de BIM y también las motivaciones, y aunque ha ayudado para poder generar la matriz motivacional antes mencionada y demás, también ha servido para darle un enfoque de limitaciones BIM, que originalmente no estaba siendo contemplado, y serian de mucha ayuda para mejorar la industria actual para así generar una mejor adopción de BIM. Para poder analizar adecuadamente estos puntos, la tabla 7-3 resume los factores de industria BIM obtenidos de las preguntas correspondientes a este tema hacia los entrevistados.

Tabla 6-3 Resumen de factores de industria BIM

Entrevistado	Industria BIM
Gerente 1	La transición de BIM es factible, así como se pasó de planos a mano en mesa de dibujo, podría ser en 10 años o algo más. La informalidad es la mayor limitación, costos muy reducidos, con deficiencias de no existir planos. Si el cliente le encuentra utilidad va a invertir en ello, no lo va como gasto, si no como inversión. La limitación es la información, la municipalidad aparte de regular y fiscalizar, debe promover la formalidad de una manera cultural.
Gerente 2	BIM servirá cuando los que hacen modelos salgan al campo, que esté de la mano con la obra. BIM está como una parte independiente de la obra, aunque modelen ese mismo proyecto. La realidad es que nadie quiere darse la responsabilidad de compatibilizar. No se compatibiliza por la informalidad, se busca que salga algo para generar adicionales. Se busca detener la obra para aumentar el plazo, el contratista debería compatibilizar antes de empezar obra pero no se le obliga, no hay normas claras.

Gerente 3	La transición de BIM a CAD ya se está dando y pronto será total. La limitación en el Perú es que no se conoce la herramienta, se debe capacitar a clientes y especialistas. Si se conociera la herramienta y supieran hacerlo lo empezaría a usar. Los equipos no son un inconveniente.
Gerente 4	La gente en el sector construcción siempre se actualiza, se va a usar BIM porque es un beneficio suyo. Si bien los avances tecnológicos dan más facilidades, también generan más entregables y esfuerzo, es una bola de nieve. No es que el 3D reemplace al 2D, es un complemento solo para ciertos elementos, hay otros en lo que no vale la pena.
Gerente 5	Tener todos los detalles antes de ir a obra es retrasar todo, hay detalles que no necesitas hasta estar en obra. Se deben optimizar los procesos de construcción. El mercado te está obligando a potenciarte más, no te limita, lo único es el costo, la tecnología y la infraestructura. Si tienes un equipo reducido difícilmente se podrá contratar a un experto en BIM.
Gerente 6	No creo que haya ese futuro de transición a BIM, porque hay muchos proyectos que se pueden hacer tranquilamente solo en CAD. El software Revit no te da flexibilidad para poder diseñar pues no puedes hacer simplemente un dibujo o un concepto. No se le está enseñando a todos los alumnos Revit o BIM.
Gerente 7	BIM tiene un costo porque si la empresa no lo tiene implementado tiene que comprar el software, si no tiene las capacidades y el conocimiento, tiene que capacitar a su gente y esto no es tan rápido. Creo que la exigencia debería venir de más arriba, es decir las municipalidades y entidades del estado, para que se logre implementar. Limita también que los demás proyectistas no diseñan en BIM ni los proveedores, pues todo debería manejarse en BIM.

Diseñador 1	BIM se presta que no exista fraude por las cantidades exactas y la información, las irregularidades y corrupción que existe dificultan su uso. Los planos generados de modelos son pobres, aún le falta mucho al software por desarrollar.
Diseñador 2	La parte tecnológica es el mayor problema, el programa es pesado, y aún falta que la gente se capacite en el tema. Usualmente solo te lo piden los clientes de obras grandes, los otros al contrario quieren pagar solo lo mínimo necesario.
Diseñador 3	No reconocer el costo y el esfuerzo que cuesta usar las herramientas BIM es el limitante. Cuesta capacitar, las licencias, el tiempo de aprendizaje, todo eso debe financiarlo los clientes en el costo de proyectos, si no lo valoran, no lo pagan entonces las empresas no lo usan.
Diseñador 4	El tiempo es la limitante, que genera capacitaciones y gastos en equipos, la gente aún no piensa en BIM, no saben las ventajas que genera, BIM no es solo los entregables, es desde dentro de la empresa, son los procesos.
Diseñador 5	No se puede lograr que, porque uno usa, todos usen. Mejorar las herramientas y encaminar más el proceso que es gradual. Aun no es moneda corriente.
Diseñador 6	Falta de capacitación, falta de promoción de ventajas de BIM, conocerlo más.
Diseñador 7	Las licencias son muy caras y el hardware que demanda usar los programas es mucho, así todos podrían usarlo y trabajar en simultaneo en la misma plataforma. La gente tiene miedo al cambio, se fomenta muy poco su uso.
Diseñador 8	Hay mucha resistencia al cambio, se ve sobretodo en proyectistas que son un poco mayores. También por falta de conocimiento, porque piensan que BIM es Revit, cuando realmente ofrece más ventajas que solo un modelo. Los que estamos involucrado en BIM deberíamos incentivarlo más, hacer más publicaciones, más investigaciones, y sobre todo darlo a conocer.

Los siguientes entrevistados muestran pruebas de lo mencionado línea arriba, y sería de utilidad para encontrar como lecciones aprendidas de lo investigado sobre la adopción, a continuación, el análisis de las mismas.

6.03.02 Factores tecnológicos y económicos

El tema de la tecnología y la infraestructura de las empresas, y el costo extra que demandan el uso correcto de BIM, así como la forma de trabajo actual en el diseño generan más limitaciones que ventajas para el correcto uso de las herramientas BIM.

“la empresa usaría BIM cuando el software se pueda cargar en cualquier laptop y en cualquier PC que no sea necesariamente una PC potente (con buen hardware) y que pueda ser usado de forma remota, por ejemplo, de un dibujante fuera de la oficina en su laptop que es la forma en la que trabajamos en la empresa.” (Gerente 2)

El Gerente 2 menciona su estilo de trabajo con los diseñadores, siendo el que puedan trabajar fuera de oficina con una laptop, esto lo lleva a la conclusión que no podrían trabajar con herramientas BIM al tratarse de programas muy cargados. La carga de lo software BIM depende mucho de la dimensión del proyecto, y si bien la tecnología y el hardware está avanzando cada vez más, es verdad que generaría una limitación la tecnología actual en comparación con el uso de CAD a la transición BIM.

“aún requiere mayor trabajo y especialista en BIM y aun los clientes no están dispuestos a pagarlo.” (Gerente 1)

El Gerente 1 toma en cuenta factores de la industria con respecto al tema del costo y del cliente, pues aún no se tiene la noción de BIM bien adecuada, no se le encuentra el valor verdadero de BIM, por lo que ni el cliente, ni el diseñador sienten apropiado su uso, y lo ven como una desventaja por ambas partes.

“Conociendo como son los arquitectos, no creo que quieran tener ese trabajo ellos, salvo que sean estudios de diseño, pero especializados en algún tipo de rubro, que se dediquen a arquitectura más en masa, como varios departamentos u oficinas...” (Gerente 4)

La Gerente 4 si bien no habla explícitamente del factor de industria económico en esta cita, lo vemos identificado al mencionar que en estudios de diseño arquitectónico en masa si podría ser rentable el uso de BIM con respecto a la labor de trabajo adicional, que finalmente desemboca en más horas pagadas al diseñador.

“Pero si lo veo desde un punto de vista únicamente de diseño, también con lo poco que se paga en diseño, meterte a hacer algo más, si bien parte de nuestro trabajo es compatibilizar las demás especialidades, ya lo otro es un trabajo aparte, creo que lo más probable es que se tendría que acordar con el cliente para estos proyectos específicos y subcontratar a una persona especialista en BIM para hacer ese proyecto en específico.” (Gerente 4)

La Gerente 4 continúa hablando del tema económico de la industria a un nivel más explícito en esta cita, y nos muestra con mayor detalle la limitación que significa el tema económico para una empresa de diseño el usar BIM, pues se le ve como una carga laboral adicional, y no como una manera de hacer las cosas distintas. Menciona el verlo como un trabajo aparte, incluso prevé el subcontratar a alguien para realizar esta labor, que no sería lo ideal para una implementación correcta.

“...muchas veces al revisar un plano antiguo hecho a mano de 1990, y ves que para una casa son solo 5 planos, cortes, planta, elevaciones y ya, no había detalles porque se dibujaba a mano, pero ahora con el CAD como te facilita hacer los cambios a las cosas entonces puedes agregar los detalles, antes no se requerían hacer 3D, ahora los clientes te lo exigen. Tienes que hacer un 3D de su casa si o si, muy aparte de los detalles, entonces ya tienes los planos, los detalles, el 3D, y ahora te van a exigir BIM, ¿y luego del BIM que más vendrá? Entonces por un lado se simplifica, pero por otro lado también lo complica, es una bola de nieve, pero que al final vas a tener que hacerlo porque va a ser parte de la normalidad hacerlo.” (Gerente 4)

Aquí nuevamente el Gerente 4 hace una crítica al avance tecnológico con respecto al diseño en los últimos años, y vemos como si bien la tecnología nos ayuda mucho más a tener más detalle, a poder automatizar más la construcción como tal, esto conlleva en mayor carga laboral y especialización para los diseñadores. Esto debería ser visto como algo correcto, como se analizó en la literatura, sin embargo, aquí es visto como una carga, y una evidente forma de pensar en contra del cambio y la modernidad.

“Usualmente te piden en este momento clientes que hagan obras grandes, los pequeños no, al contrario, no quieren pagar, solo lo mínimo necesario.” (Diseñador 2)

El Diseñador 2 indica un tema real sobre el BIM con respecto al cliente de la empresa de diseño, en el cual económicamente lo ven rentable si se trata de un proyecto mayor, mas no para pequeños, esto es un indicador en cómo se percibe BIM y también en cómo es afectado por el factor económico de la industria.

“La presentación de planos obtenidos de Revit son muy pobres, al menos en el área de estructuras esa presentación es muy baja, aún le falta mucho al software por desarrollar y mejorar. Solo se pueden ver pequeños detalles, pero no como un plano general.” (Diseñador 1)

El Diseñador 1 expresa su malestar con respecto a la tecnología actual del software existente para las herramientas BIM, si bien otros diseñadores opinan lo contrario, es justamente lo cualitativo de esta investigación que generan las opiniones cruzadas, esto posiblemente se deba más a la falta de conocimientos de las herramientas y softwares, sin embargo no está de más mencionar el punto de la falta de tecnología no solo de hardware dentro de la empresa, pero también la falta de mejora de las mismas herramientas.

“Los costos del programa y licencias, y la parte tecnológica como es los equipos que se necesitan. Yo creo igual que de todas maneras la gente es algo retrograda y tiene miedo al cambio, porque si es que tu trabajas en BIM, tienes que tener la versión en AutoCAD para poder trabajar con otros ingenieros u otras especialidades, a no ser que encuentres un equipo que trabaje en la misma línea que tú.” (Diseñador 7)

El Diseñador 7 sigue el enfoque de la tecnología que se requiere con respecto al hardware y software necesarios para poder tener una correcta implementación BIM, si bien también menciona algo de la mentalidad y el valor que se le debe dar a BIM, la mayor limitante que ve, tiene que ver con el factor de la industria de la tecnología necesaria para aplicarlo.

“El problema es que el costo adicional muchas veces no lo quieren pagar, porque como la mano de obra esta tan barata y hay tanto software informal, hay otra oficina que le va hacer lo mismo al mismo costo...” (Gerente 5)

El Gerente 5 habla de un tema económico real con respecto al costo adicional que genera un modelado BIM y el tema que es complicado realizar esta inversión en especial con la realidad del país. Aunque aquí se habla de un tema económico, este es mezclado también con un marco normativo, pues los temas de la informalidad y regulación en las empresas de diseño con respecto a modeladores BIM son parte de ese ámbito, a continuación, se expresarán más relacionados a esos puntos.

6.03.03 Factores del marco normativo

Los factores del marco normativo se refieren a todos aquellos factores que correspondan a normas existentes, buen manejo de responsabilidades dentro de un proyecto, los temas

fiscalizadores y también de la corrupción existente en el medio que serán tratados por los entrevistados a continuación.

“...tampoco aceptan que uno les cobre más por hacerlo en Revit. Esto es lo que pasa en este mercado, lo que he visto es que las empresas grandes lo que hacen es que una vez que el proyecto está aprobado, antes de ir a obra durante el proceso de licitación, pagan a una tercera compañía que les modela todo en Revit, e integra las especialidades y esta empresa les da un reporte de interferencias y así es como se realiza un segundo proceso de compatibilización para afinar el proyecto antes de ir a obra. Aunque ya se supone que han pagado a especialistas y arquitectos para que le den un proyecto compatibilizado, el cliente no confía y prefiere pagar a una tercera persona, y como la mano de obra es barata y como tú ya no tienes que preocuparte si el software que está usando esa tercera persona es original, a todos le sale más a cuenta que sea así.” (Gerente 5)

El tema de la normativa es un factor muy delicado, y es tocado por el Gerente 5, lamentablemente más que un factor motivador este es el factor de la industria BIM que solo ha sido interpretado como una limitación en el país, por los entrevistados debido a la falta de normativas existentes con respecto a la responsabilidad compartida de la entrega de un modelo. Aquí se menciona un tema importante, y es la poca fiscalización que existe con respecto al software legal o ilegal que se utilice en empresas de diseño y en general. La competencia ilegal abarata sus costos al máximo haciendo que una empresa de diseño legal no pueda meterse a realizar BIM sin generar un sobrecosto que no puede competir con empresas terceras que generan modelos con software ilegal. Esto limita el desarrollo de BIM internamente en la empresa al preferir mandarlo a realizar los modelos e incompatibilidades en una empresa externa, usualmente esto desemboca en modelos que no son utilizados posteriormente, ya que no existe gente capacitada en BIM dentro de la empresa de diseño.

“Yo creo que las oficinas de diseño y los diseños en general, se compite mucho con la informalidad, esto representa un aspecto de costos muy reducidos...” (Gerente 1)

El Gerente 1 apoya el punto mencionado por el Gerente 5 con respecto a la competencia ilegal que abarata mucho sus costos debido a ello, en la que las empresas de diseño que si quieren ser legales deben competir contra la informalidad para poder salir adelante.

“Ahora si tú entregas un modelo con el metrado, no te conviene porque te responsabilizas por ese metrado que entrego, y yo como especialista solo quiero responsabilizarme del diseño, yo no puedo darle al contratista cosas que lo liberen de ciertas responsabilidades, yo prefiero

darle un proyecto entre comillas compatibilizados y que luego ya él se encargué de los replanteos en obra. Si yo compatibilizo especialidades en mi modelo y digo que no hay interferencias según Revit, ellos van a decir que cualquier incompatibilidad puede ser un adicional que venga para ti.” (Gerente 5)

Al existir muchos implicados dentro de un modelo, no únicamente los especialistas de una especialidad en específico, se generan inconvenientes con respecto a las responsabilidades compartidas entre ellos. Cabe recalcar que, en el medio, es usual que el arquitecto sea quien compatibiliza estas otras especialidades, y es donde puede ocurrir que se le responsabilice por otras interferencias que escapen a su diseño arquitectónico. Asimismo, utilizar Revit es visto como una forma de comprobación incluso mayor que la usual compatibilización asumida que haría un arquitecto en su diseño con las otras especialidades, y no existen normas con respecto a esto.

“Se supone que a uno lo contratan para diseñar, BIM no es solo para un arquitecto, abarca todas las especialidades, entonces por qué el arquitecto tendría que asumir cuando en realidad les compete a todos los especialistas.” (Gerente 4)

El Gerente 4 siendo igual que el Gerente 5 un arquitecto gerente de una empresa de diseño arquitectónica, continua su opinión respecto a que no se tienen claras las responsabilidades de una empresa de diseño en el tema de normas. Un modelo abarca todas las especialidades y esto lleva a la identificación de interferencias a un nivel mucho mayor que el de CAD, generando así que se expongan aún más esta falta de normativa peruana.

“Nadie quiere darse esa responsabilidad, nosotros como empresa estructural entregamos los planos, pero cuando este llega al contratista y este realiza su presupuesto no compatibiliza. No compatibiliza por la informalidad... se busca detener la obra para aumentar el plazo y generar adicionales. El contratista debería compatibilizar antes de realizar la obra, pero nunca se le obliga, las normas no están claras.” (Gerente 2)

El Gerente 2 aunque se trate de una empresa estructural, retoma el punto anteriormente mencionado, ningún especialista quiere asumir la responsabilidad de la compatibilización de un modelo, ni el mismo cliente. Sobre el tema normativo se menciona que no hay normas claras con respecto a las compatibilizaciones, que luego al no haberlo hecho generan adicionales y aumentos de plazo, que según el Gerente 2 se deben a la informalidad en el medio.

“BIM se presta a que no exista mucho fraude, ya que las cantidades son exactas, la información que se da es lo que es, por lo que no hay opción a inflar precios o metrados. Las irregularidades y corrupción que existe aquí dificultan su uso.” (Diseñador 1)

El diseñador 1, está a favor con el Gerente 2 que menciona el tema de la informalidad con respecto a la exactitud de las cantidades generados en los metrados por un modelo BIM, ya que la información obtenida de aquí es precisa y podido ser obtenida por cualquiera y visualmente entendible, lleva a que no pueda existir opción a inflado de precios o de materiales, algo que no podría ser implementado adecuadamente por ir contra la informalidad en el medio.

“y también se trata de la municipalidad como ente regulador y fiscalizador, pero también del ministerio para promover la formalidad de una manera más cultural y no solo de fiscalización.” (Gerente 1)

El Gerente 1 va un paso más allá y propone solución al tema de la informalidad y la falta de normativas al respecto. Mencionando que la municipalidad que si bien regula y fiscaliza y es su método para detener la informalidad, también debería de algún modo promover la formalidad de las empresas, para que no exista esta competencia desleal de empresas formales e informales que detienen todo tipo de innovación.

“los demás profesionales que diseñan, es decir los demás proyectistas no implementen BIM y luego el tema de los proveedores. Porque en el mundo ideal sería que todo se maneje con BIM entonces el arquitecto diseña en BIM, se lo pasa a las ingenierías, ellos también hacen su BIM ahí, entonces ya tenemos un modelado con ingenierías, especialidades y arquitectura, eso va a las licencias y luego eso va a las compras.” (Gerente 7)

Según la Gerente 7, el tema de una implementación correcta sería que todos lo implementen simultáneamente en a la cadena de un proyecto, desde el diseño hasta las licencias y el desarrollo del mismo. En este caso para esto sea posible, tendría que tenerse una normativa que imponga este cambio, si no, no podría ser posible, en todos los sentidos.

“...entonces te empieza a pedir información que tú no tienes y te puedes distraer con cosas técnicas, y en realidad tú estás diseñando, por eso considero que el Revit no son programas de 3D para herramientas de diseño, son herramientas de compatibilización una vez que ya el diseño ya terminó...” (Gerente 4)

El Gerente 4 menciona como no es parte de la labor de un diseñador el hecho de tener que modelar y compatibilizar. En este caso si bien cada diseñador debe tener un entregable

compatibilizado en sí mismo, ayudaría bastante si una normativa que exija que un expediente técnico deba estar compatibilizado entre especialidades también mediante el uso de BIM en este caso, cuidando así a las empresas de diseño también para que no caigan en ello como indica el Gerente 4.

6.03.04 Factores de aprendizaje y conocimientos

Los factores de aprendizaje y conocimientos hacen referencia a los factores de industria de aprendizaje y educación que vistos en este caso sirven para impulsar también los conocimientos que se tienen sobre el uso de BIM.

“no tienen mucho conocimiento que es BIM, Revit y Tekla y que simplemente es una mera forma de trabajarlo como el AutoCAD y que te cuesta lo mismo y querer seguir pagándote lo mismo y pedirte encima descuentos y todo eso. Cuando se valore realmente el trabajo y se pague por ello, yo creo que todos estarían dispuestos a trabajar con BIM.” (Diseñador 3)

El Diseñador 3 menciona que no se valora el trabajo de BIM, esto corresponde a una falta de información, de conocimiento del valor de BIM por parte de los clientes. Es una limitación para el uso de BIM pues al fin y al cabo el que le da valor el cliente que es quien paga por el servicio del diseñador es quien va a invertir por esta mejora, por esta adopción.

“La capacitación cuesta, la licencia cuesta, el tiempo de aprendizaje, ya que, si bien te pueden capacitar, hasta que este tu personal listo y preparado para desarrollarlo sin problemas también cuesta. Y todo eso tiene que verse financiado por algo, es decir las cotizaciones, el costo de los proyectos. Si siguen sin considerar ni valorar eso, las empresas van a decir si no me quieren pagar, entonces no lo uso.” (Diseñador 3)

Continúa el Diseñador 3 sobre la explicación de cómo la falta de conocimiento del valor del cliente genera que nadie pueda financiar la adopción a BIM, es decir que limita la adopción esta falta de conocimiento, de modo que las empresas no pueden tener ese impulso para poder invertir tanto socialmente como se vio en el subcapítulo de las motivaciones, como de forma económica como se ve en esta discusión de resultados.

“Implementar BIM, es como fue la implementación en CAD en aquella época, eso generó que los estudios de diseño tengan que comprarse una computadora, ponerle el programa que cuesta, y después se tiene que capacitar a la persona para que aprenda a hacerlo, capacitarse, es igual con el BIM.” (Diseñador 4)

El diseñador 4 hace referencia a la transición que hubo de planos a mano hacia CAD, y la compara con la actual implementación de BIM, haciendo hincapié en la inversión que se tiene que hacer. La inversión con respecto al tema monetario dentro de la empresa, y la inversión en capacitaciones y aprendizaje del staff para que pueda realizarlo.

“Yo he visto elaborar planos a mano en la mesa de dibujo, y no creo que esa transición sea tan jalada de los pelos, yo creo que si es factible. Podría ser entre unos 10 años o un poco más, quizás ahí podríamos estar hablando todo en BIM.” (Gerente 1)

El Gerente 1 menciona el tema mencionado por Diseñador 4, sin embargo, teniendo una idea mucho más positiva y proactiva con respecto a la transición de BIM, incluso se atreve a dar un número de años faltantes para que se dé una transición. Esta idea da un argumento con respecto a que los conocimientos van avanzando al igual que la tecnología y eventualmente habremos adoptado, no tanto como una limitación esto, pero más como un camino progresivo.

“En Perú aún no está implementado, no vas a poder lograr que de un día para otro porque uno usa, todos usen BIM, es gradual el proceso...los especialistas con quienes trabajamos también lo manejen, no depende solo de nosotros, depende también del resto, la idea es que sea que todos lo manejen para que sea moneda corriente, si no, no va a funcionar.” (Diseñador 5)

El Diseñador 5 vuelve al tema del aprendizaje, pero en forma más amplia, no solo es importante el manejo de la empresa de diseño en específica, si no de las demás. Los especialistas con los que trabajan las empresas de diseño, el mismo cliente, todos deben comenzar a utilizar BIM para este se vuelva masivo y funcione de forma correcta. Hace falta una implementación a un nivel más Macro, pero es que esto no funcionara si no se empieza a usar en si en cada empresa por su parte individualmente. Hace falta mucho conocer las herramientas BIM, y capacitar al personal.

“Yo creo que la mayor limitación que se tiene en el Perú con respecto al tema BIM es el conocer la herramienta, la capacitación del cliente y de los especialistas. Yo creo que ese es el punto más incidente, porque si la gente lo conoce y sabe hacerlo lo va a empezar a usar.” (Gerente 3)

De la misma forma el Gerente 3, apunta a los motivos por los cuales BIM no es adoptado en el país, y se refiere a la falta de conocimiento y capacitación por el cliente y especialistas. Si los implicados conocieran sus ventajas y beneficios ellos deberían comenzar a implementarlos.

“BIM solo va a servir el día en que las personas que realizan los modelos salgan a campo. No en obra como oficina técnica, si no que estén en campo, que autorice los vaciados, que esté de la mano con la obra...Los que trabajan en BIM son como una parte independiente de la obra, aunque modelen esa obra.” (Gerente 2)

El Gerente 2 por otro lado toma un tema que no había sido expresado anteriormente, y va al sentido opuesto de las capacitaciones y conocimiento. Con su experiencia viendo empresas trabajando en BIM, considera que esta gente solo está especializada en BIM y no conocen de otros procesos sobre una obra en general. Es el caso inverso de lo que otros gerentes y diseñadores mencionan, no solo se trata que el staff actual conozca de BIM, si no también que los diseñadores de BIM conozcan más sobre el manejo de la obra.

“No se hace uso de BIM, pero estoy seguro que si supiera usarlo podría aplicarlo para mis tareas del día a día.” (Diseñador 4)

El Diseñador 4 tiene claro que existe un beneficio objetivo en BIM, y menciona que si supiera usarlo e implementarlo entonces lo haría en sus labores de diseñador. Aquí vemos que, si bien el aprendizaje es una limitación en este contexto, eso no quita el valor que BIM tiene para este diseñador.

“...en primer lugar, sería necesario que la gente de la oficina o al menos alguien de la oficina maneje las herramientas y programas.” (Diseñador 5)

El Diseñador 5 expresa la realidad de las empresas de diseño donde BIM solo es usado por algunos cuantos o ninguno, al igual que el Diseñador 4 indica que la falta de aprendizaje y conocimientos son lo que los limita a no poder llegar a una implementación correcta de BIM.

“Los estudiantes ahora ya vienen sabiendo BIM, con algún conocimiento, quizás no suficiente para un proyecto real, pero si tienen algo de conocimiento...” (Gerente 5)

El Gerente 5, ve el factor de aprendizaje y conocimientos como algo que favorece la implementación BIM, pues comenta que los estudiantes ya tienen conocimientos básicos sobre BIM que esto ayudaría a una futura implementación posteriormente, ya que indirectamente indica que en las universidades ya están enseñando a usar software y metodologías BIM.

“Otro factor es que cosa enseñan en las escuelas, sé que en una época enseñaban Revit, pero exactamente cómo va eso ahora, no lo sé. No sé si están enseñando Revit, o CAD, o si los alumnos aprenden por su cuenta ambos.” (Gerente 6)

Al igual que el Gerente 5, el Gerente 6 habla sobre la enseñanza en las universidades a los alumnos sobre el conocimiento de las herramientas BIM, como se ve, el factor de Aprendizaje y conocimientos empezaría en la universidad al brindarle estas herramientas a los alumnos con respecto a BIM.

“pero igual hay un gran porcentaje que pienso que por hacer las cosas como siempre las hacen, no están atreviéndose a implementar esto, y también creo que, por falta de conocimiento, porque piensan que BIM es Revit, que BIM es solamente utilizar el programa o tener un modelo 3D y tener la imagen bonita y poder orbitar por todo el modelo... deben difundir más lo que es la metodología y enseñar a implementarla porque eso finalmente favorece a todos los que estamos involucrados en la industria de la construcción...deberíamos incentivarla más, hacer más publicaciones, más investigaciones, y sobre todo más de eso, darla a conocer, es decir promocionarla.” (Diseñador 8)

El Diseñador 8 toca temas muy importantes con respecto al aprendizaje y conocimientos, pues hace referencia a que por no conocer bien de que se trata BIM es que lo usan erróneamente, o que no se puede implementar como se debería. Asimismo, incentiva a que se investigue del tema, que se enseñe el tema, que se hagan publicaciones para que se entienda el potencial y lo que verdaderamente significa BIM, para que se dé a conocer y este es un punto muy fuerte que debe explotarse como factor de la industria peruana.

“...depende si el cliente va a hacer el proyecto de manera integrada en BIM es algo muy bueno, si solo va a hacer una parte entonces no funciona como debería ser.” (Gerente 3)

El Gerente 3 tiene más claridad sobre el uso correcto de BIM, y aquí en parte demuestra que los conocimientos de poca madurez en BIM suelen hacer que se haga un uso no completo e inadecuado de BIM, que en ese caso lleva a que las cosas no funcionen correctamente, viendo como es una limitación el factor de Aprendizaje y Conocimientos.

6.03.05 Matriz Industria BIM

La figura 7-3 muestra la nueva matriz de industria BIM, en las cuales se han agrupado los factores institucionales que limitan o favorecen la entrada al punto de adopción BIM.

Matriz Industria BIM

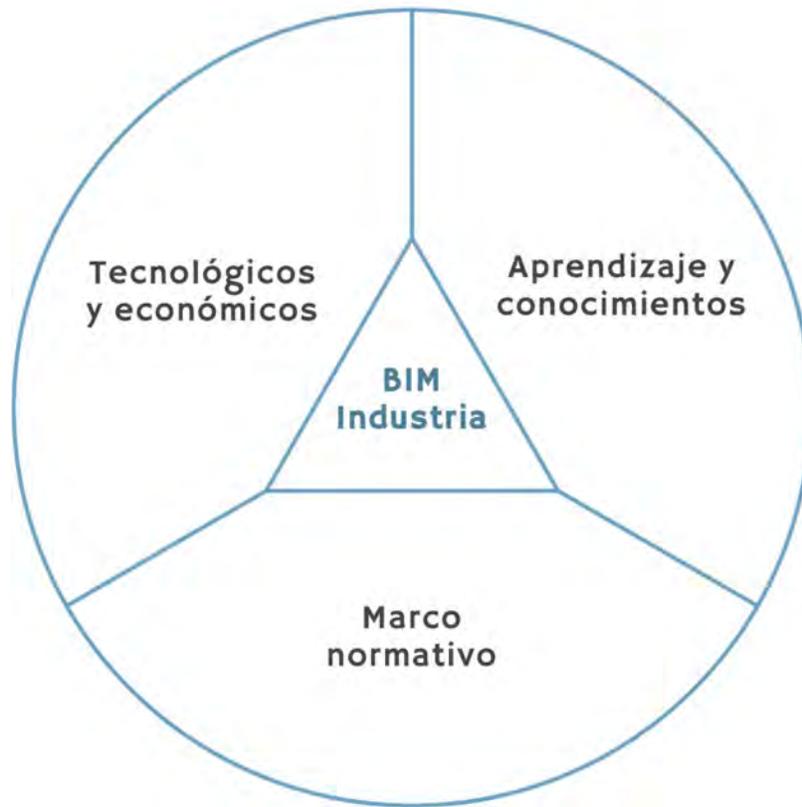


Figura 6-3 Matriz de Industria BIM para el diseño

La Matriz de Industria BIM ha sido dividida en 3 segmentos que son los más representativos del análisis que seguirá a continuación, en primer lugar, se tiene los Tecnológicos y Económicos, donde se agrupan los factores relacionados a toda maquinaria y requisitos de hardware, así como lo que requiera adquirir bienes materiales para la correcta implementación de BIM.

En segundo lugar, se encuentra el Marco Normativo, aquí son agrupados los factores que influyen directamente con los requisitos que se les solicitan a los diseñadores, así como lineamientos, reglas y normas.

En tercer lugar, se tiene Aprendizaje y Conocimientos, este factor tiene hace referencia a toda nueva habilidad, capacitación y aprendizaje extra que requieren tanto los diseñadores como la empresa en sí, que influye desde los cargos más altos hasta los menores dentro de una empresa de diseño.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación desarrolló una clasificación de los factores que influyen a la adopción BIM en empresas de diseño en el Perú, los resultados del análisis obtenido de 8 diseñadores y 7 gerentes de empresas de diseño proporcionan solidez a las matrices y conclusiones planteadas.

7.01 Conclusiones

Las conclusiones irán de acuerdo a cada punto tratado en la discusión de los resultados, y a los objetivos iniciales de la tesis.

- El valor de BIM identificado dentro de las empresas de diseño arquitectónico y estructural se resumen a una etapa de modelado que muestran un nivel de capacidad inferior, y llegan hasta una etapa de compatibilización con un nivel de capacidad superior. Si bien la idea abstracta del diseño, en especial el arquitectónico podrá ser concebido en algún otro programa no compatible con BIM, o incluso a papel y lápiz, posterior a haber cuajado bien el diseño, este podrá ser modelado. La concepción de idea artística de la arquitectura, siempre ha venido de la mente libre de quienes lo conceptualizan y como en las entrevistas se ha visto, ellos mencionan aun recurrir a una primera instancia al lápiz y el papel, incluso antes del CAD. Las herramientas BIM irán mejorando con el tiempo, dando más herramientas posibles para el diseño inicial, pero por ahora la forma en la que podría incursionarse el modelado, es generando el modelo posterior a esta conceptualización. El diseño estructural por otro lado, genera una incursión a herramientas BIM desde un nivel incluso más temprano, debido a la poca abstracción del mismo, y a tener software BIM con mayores herramientas en el mismo, se puede proceder a modelar prácticamente mientras se está haciendo el diseño como tal. En ambos casos el modelo permitirá una mejor visualización de lo que se está realmente diseñando, una mejor transmisión de ideas cuando se desee colaborar con otros especialistas, el cliente e implicados. Asimismo, ayuda a la resolución de incompatibilidades y además se sugiere obtener los planos a partir del modelo 3D, esto también llevaría a una transición suave y adecuada a otros procesos posteriores al diseño en un proyecto, pero en este caso en particular, evita re-trabajos, y evita incongruencias dentro de la misma especialidad. Se tiene en cuenta que hace falta la capacitación y uso de mejor tecnología para lograr el cometido, pero se está en camino a realizar. Automatizar procesos, es el otro punto clave, y esto lleva a puertas a una futura integración, la creación de familias para tener dentro de cada empresa y utilizarlo en mismos proyectos similares, llevando al mínimo el esfuerzo de plasmar el diseño en

planos y modelos genera un nivel de sistematización y manejo de la información que generaría un cambio radical en las empresas de diseño. Sin embargo, el modelo no debería ser un entregable, pues en las limitaciones se ha comprendido la poca normativa que existe en el tema con respecto a un entregable de modelo. Los planos exportados de las herramientas 3D de BIM deben ser los entregables. Asimismo, dependerá las facilidades y herramientas que se puedan utilizar, del tipo del proyecto, se sabe que en el sector de la construcción ningún proyecto es igual al otro, pero habrá algunos que tener una mejor visualización sea mejor apreciado, otros donde las familias calcen adecuado, otros donde se quiera aprovechar más el espacio para las interferencias, etc. Finalmente podemos concluir que la Matriz de Valor de la figura 7-1 ha sido demostrada y respaldada correctamente, concluyendo que en esta se puede agrupar de una manera cualitativa los resultados de esta investigación. Así tendríamos en resumen que el valor de BIM que se puede entender como únicamente el Modelado, el cual se aprecia en gerentes y diseñadores con un nivel de capacidad BIM inferior, seguido de entenderlo como un proceso de Sistematización y finalmente de Compatibilización demostrando un nivel de capacidad superior.

- Los factores o motivaciones para el punto de adopción de BIM, fueron analizados siguiendo las matrices de la figura 7-2, con ella se puede identificar que las empresas de diseño se rigen en su mayoría por las motivaciones sociales para la adopción de BIM. Los gerentes son quienes más expresan este enfoque, al tener al cliente como la máxima expresión de las motivaciones sociales externas y de presión, es decir exigencias. Existen gerentes y en especial diseñadores con ideas de imagen internas sobre la mejora en tecnología y aprendizaje y buena actitud con respecto a BIM, sin embargo, estos son realmente desencadenados una vez que se pasa el punto de adopción, que es dado por el cliente, este patrón es repetido tanto en empresas con años usando herramientas BIM, así como el pensamiento de los que aún no utilizan. Sin embargo, es en las empresas de diseño arquitectónico, que la imagen exterior es algo más notable al no dejarse influenciar tanto por las exigencias reales del cliente y más por lo que las demás empresas y el cliente puedan pensar sobre la misma. Por otro lado, en la parte económica, en las empresas estructurales se tratan más de los proyectos únicos, a corto plazo, los guiados más por los beneficios que genera BIM en corto plazo, pero las empresas arquitectónicas son las que pueden ver ese nivel de generación de familias que ayudarían a nivel de largo plazo a la empresa, como proyectos cruzados, aunque poco viable lo ven en medio actual en el que nos encontramos, y nuevamente estas

motivaciones económicas no son el desencadenante original. Asimismo, los diseñadores de estas empresas generan motivaciones sociales más enfocadas a la presión dentro de la empresa para su adopción, moviéndose más por la influencia social, y la expectativa de rendimiento, que bien podría llevar eventualmente a una adopción por parte de la empresa. En este caso, tanto diseñadores de arquitectura como de estructurales han tenido en su mayoría, una imagen positiva del uso de BIM, pero existen también del otro lado, en especial algunos estructurales. La parte de factores económicos no es muy tocada por los diseñadores tampoco, y lleva a concluir que estos generan más motivaciones sociales en la empresa que realmente económicas. Se concluye en este ámbito finalmente, que por el lado de las motivaciones sociales la matriz resume correctamente las respuestas obtenidas de los entrevistados, sin embargo por el lado de las motivaciones económicas y de tiempo es algo más complejo poder agruparlos, sin embargo se trata de ubicar la motivación interna y externa en ella junto con el tiempo al ver si se trata de ver a la empresa a futuro, en largo plazo o en presente, corto plazo con proyectos únicos, finalmente un ideal es el Macro-BIM, en el que se juntan lo mejor de ambas, que si bien es casi un sueño poco alcanzable, puede ser motivación para algunos, como fue mencionado en el análisis de los resultados.

- Si bien los factores de industria BIM más que favorecer a la implementación de BIM, se convirtieron en una manera de poder identificar las lecciones que aún faltan para poder llegar a una adopción adecuada, generando así las limitantes, se puede concluir en el tema. En primer lugar, la conclusión que se llega de estos factores es que hace falta un marco normativo en el que se toque los temas de entregables BIM, más aún si estos serán exigidos por parte de proyectos estatales a partir del año 2022. La informalidad es un tema recurrente por parte de los entrevistados y debe ser tomado en cuentas por los entes fiscalizadores del Perú, pues, así como esta innovación, cuantas más serán ralentizadas debido a la competencia informal que existe y las prácticas corruptas de información incompleta por falta de normativas adecuadas. De igual manera, debe dejarse en claro la labor de cada uno de los participantes en un proyecto de construcción con respecto a la compatibilización y las responsabilidades frente a un posible entregable de modelo BIM, sin olvidar de dejar puertas abiertas a que posteriormente pueda ser usado por los proveedores también. En segundo lugar, se tiene claro que aún falta mucho por avanzar en el tema del aprendizaje y los conocimientos, el valor de BIM debe ser entendido por los diseñadores, el gerente, el cliente y los demás especialistas para que se logre una adopción adecuada y estable. Sin embargo,

para que se genere una adopción interna y se pase el punto de adopción basta que el cliente entienda su valor y que la empresa lo vaya identificando. Falta aún mucho por capacitar tanto a los diseñadores, como a los especialistas en BIM que están siendo los nuevos campeones y conductores de esta adopción, sobre temas más relacionados al diseño y a la forma de trabajo de una obra y un proyecto. Como fue mencionado en las entrevistas, se debe incentivar la investigación de BIM, mostrar sus beneficios y verdaderas cualidades, así como identificar realmente la manera correcta de implementación en nuestra realidad, como esta investigación trata de hacerlo. En tercer lugar, la tecnología interna de las empresas de diseño, es un tema no muy tocado, y esto en relación al tiempo ira cambiando, pues la inversión de BIM incluye también la reforma de equipos, de modos de trabajo. Con respecto a las tecnologías de las herramientas BIM estas avanzan al igual que cualquier innovación tecnológica a un ritmo de pasos agigantados que pronto podrá realizar todas aquellas tareas que los diseñadores piden para un buen diseño abstracto y una buena sistematización de procesos. Muchos gerentes no están tan a favor del uso de nuevas tecnologías, pero estas vienen para quedarse y deben ser usadas a favor de las empresas de diseño y de la industria de la construcción en general, si se entiende el valor verdadero se verá que es una inversión a largo plazo, especialmente con el uso de metodologías como BIM, la inversión económica es pagada con el mejor manejo de la información que se obtendrá.

Finalmente, estos hallazgos podrían ayudar a entender y desarrollar una comprensión más completa de las razones por las cuales las empresas de diseño implementan BIM en proyectos de construcción, proporcionando evidencia que las motivaciones de los participantes del proyecto para implementar BIM son claramente multidimensionales. Los resultados también podrían ayudar a conciliar los hallazgos existentes sobre la implementación de la innovación en la literatura con respecto a la construcción y profundizar la comprensión de la compleja relación entre los diversos factores obtenidos.

7.02 Recomendaciones

A mediados del desarrollo de esta tesis ocurrió una epidemia mundial por el brote del Corona Virus, esto obligó a muchas obras a entrar en estado de cuarentena, así como forzó a muchos diseñadores a mantenerse en casa y no poder realizar reuniones presenciales. Sería muy interesante poder identificar el impacto de BIM y sus herramientas colaborativas con respecto

a esta nueva realidad virtual que nos obligó a todos a vivir, incluyendo a todos los involucrados presentes a lo largo de todo un proyecto de construcción. Se podría medir el impacto, el valor y cómo la tendencia podría variar a unos años de la pandemia ocurrida en estos últimos años.

Las actuales motivaciones BIM, y todas las matrices presentadas en esta investigación podrían ir variando con los años, debido a múltiples factores en el tiempo, sería interesante ver un contraste en una segunda investigación años después sobre los factores influyentes actuales para la adopción BIM.

El análisis de los resultados actuales y, por ende, la base de las matrices concluidas, fueron realizados bajo un análisis cualitativo inductivo. Realizar un análisis más cuantitativo, así como con la ayuda de algún software podrían mostrar una rigurosidad mayor a los resultados obtenidos. La posibilidad del uso de estas herramientas está abierta para futuras investigaciones.

Finalmente se debe recalcar que este estudio se realizó enfocándose únicamente en empresas de arquitectura y diseño estructural en el Perú. Sin embargo, la etapa de diseño está compuesta por otros especialistas como sanitario, eléctrico, mecánico, etc. Los factores que influyen en ellos, así como su perspectiva sobre la adopción BIM no fueron observados en esta tesis ya que se escapaban del objetivo de esta investigación.

8. ANEXOS

8.01 ANEXO I. Entrevista modelo gerentes

Preguntas Gerentes

Profesión:

Años de experiencia profesional:

Años de experiencia de la empresa en BIM:

Años de funcionamiento de la empresa:

Cantidad de diseñadores:

- 1) ¿Cuáles son sus percepciones sobre BIM? ¿Es importante para una empresa de diseño?
- 2) ¿Por qué su empresa debería usar BIM?
- 3) ¿Cuál es el rol del cliente que contrata para usar BIM?
- 4) ¿Cuál es la actitud de los trabajadores de diseño (staff) respecto a BIM?
- 5) ¿Ves un futuro de la empresa en solo BIM, así como ahora es solo en CAD?
- 6) ¿Qué características de la industria puede limitar el uso de BIM para la empresa?
- 7) ¿Cómo cree que la metodología BIM podría mejorar para que así le sirva más en las tareas de diseño?

8.02 ANEXO II. Entrevista modelo diseñadores

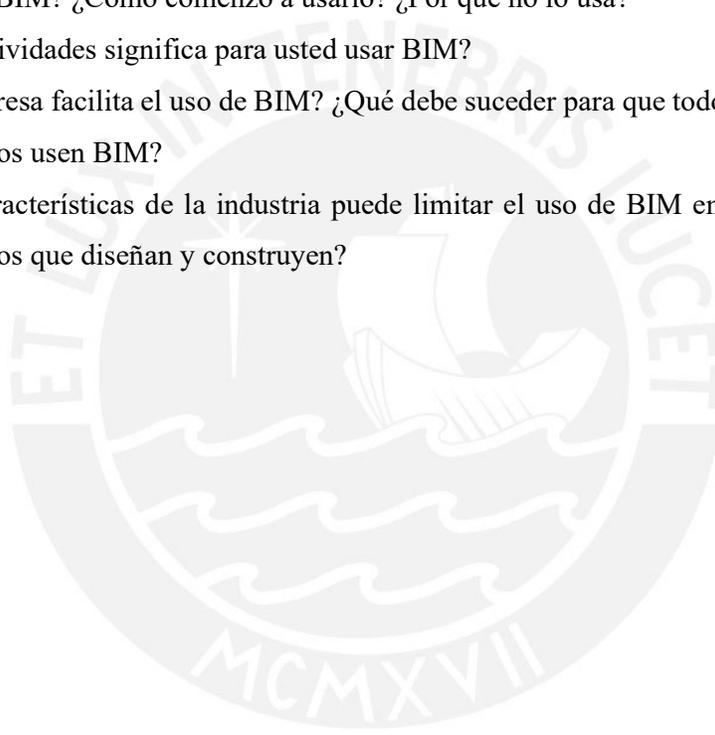
Preguntas Ingenieros / Arquitectos

Profesión:

Años de experiencia profesional:

Años de experiencia personal en BIM:

- 1) ¿Cuáles son sus percepciones sobre BIM? ¿Cree que ayuda su uso?
- 2) ¿Utiliza BIM? ¿Cómo comenzó a usarlo? ¿Por qué no lo usa?
- 3) ¿Qué actividades significa para usted usar BIM?
- 4) ¿La empresa facilita el uso de BIM? ¿Qué debe suceder para que todos los ingenieros / arquitectos usen BIM?
- 5) ¿Qué características de la industria puede limitar el uso de BIM en los ingenieros y arquitectos que diseñan y construyen?



8.03 ANEXO III. Respuestas de entrevistas gerentes y diseñadores

ENLACE: <https://drive.google.com/drive/folders/16LMuQqX9KwJfgDrNAXNJ-a839DodFqhh?usp=sharing>



9. BIBLIOGRAFÍA

Referencias

- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction*, 20(2), 189–195.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016>
- Barnes, P., & Davies, N. (2015). *BIM in Principle and in Practice*. ICE Publishing.
- Cao, D., Li, H., Wang, G., & Huang, T. (2016). *Identifying and contextualising the motivations for BIM implementation in construction projects : An empirical study in China ScienceDirect Identifying and contextualising the motivations for BIM implementation in construction projects : An empirical stud.* 35(April), 658–669.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.02.002>
- Coates, P., Arayici, Y., Koskela, K., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2010). The key performance indicators of the BIM implementation process. *Practice*, 6. Retrieved from http://usir.salford.ac.uk/9551/6/ID_15_camera_ready.doc
- Eastman, C. M. C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., Eastman, C. M. C., Teicholz, P., & Sacks, R. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Francom, T. C., & El Asmar, M. (2015). Project quality and change performance differences associated with the use of building information modeling in design and construction projects: Univariate and multivariate analyses. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(9), 4015028. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO)
- Gámez, F. C., Severino, M. J. S., & Márquez, R. J. G. (2014). Introducción a la metodología BIM. *Spanish Journal of Building Information Modelling*, 4-10.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Editorial McGraw Hill. *México DF, 1*.
- Jensen, P. A., & Jóhannesson, E. I. (2013). Building information modelling in Denmark and Iceland. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 20(1), 99–110.
<https://doi.org/10.1108/09699981311288709>
- Jurado-Guerra, C., & Alva-Rivera, C. (2016). *Valor Real Para El Cliente De La Gestión Bim (Pre- Construcción Virtual) En Proyectos De Edificaciones*. Retrieved from

- https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3040/MDE_1648.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Latiffi, A. A., Mohd, S., Kasim, N., & Fathi, M. S. (2013). Building Information Modeling (BIM) application in Malaysian construction industry. *International Journal of Construction Engineering and Management*, 2(March 2016), 1–6.
<https://doi.org/10.5923/s.ijcem.201309.01>
- Murguía, D., Tapia, J., & Collantes, J. (2017). Primer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao 2017. *Pontificia Universidad Católica Del Perú*. Retrieved from <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/134474>
- Murguía, D., Vasquez, C., Balboa, M., & Lara, W. (2021). Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao, Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima
- Naoum, S. (2012). *Dissertation research and writing for construction students*. Routledge.
- Ozorhon, B. (2013). *Analysis of Construction Innovation Process at Project Level*. 29(October), 455–463. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000157](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000157).
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of innovations*. 3rd ed. New York : London, Free Press.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). New York: Free Press.
- Rogers, E. M. (2015). Evolution: Diffusion of Innovations. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition* (Second Edi, Vol. 7).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.81064-8>
- Royal Institute of British Architects. (2013). RIBA plan of work 2013. *RIBA: London*, 6(2), 1–27. [https://doi.org/ISBN 978 1 85946 519 6](https://doi.org/ISBN%20978%201%2085946%20519%206)
- Saleh, Y., Alshawi, M., Hermawati, A., Mas, N., Hermawati, A., & Mas, N. (2005). An alternative model for measuring the success of IS projects: the GPIS model. *Journal of Enterprise Information Management*, 18(1), 47–63. <https://doi.org/10.1108/EL-01-2017-0019>
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64–79. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.018>
- Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2012). Architectural Engineering and Design Measuring BIM performance : Five metrics Measuring BIM performance : Five metrics. *BIM-Benefit*, 8(2), 120–142. <https://doi.org/10.1080/17452007.2012.659506>
- Thomas, D. (2006). A General Inductive Approach for Analyzing Qualitative Evaluation Data. *American Journal of Evaluation*, 27, 237-246. <http://dx.doi.org/10.1177/1098214005283748>

Venkatesh, V., Thong, J., & Xu, X. (2012). Consumer Acceptance and Use of Information Technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157–178.

