



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA  
TECNOLOGÍAS

GESTIÓN ESTRATÉGICA DE MODELOS DE INFORMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN (BIM): INTEGRACIÓN DE  
EQUIPOS COLABORATIVOS

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRA EN ARQUITECTURA

PRESENTA:  
EVI ARQ. ILEANA GRACIELA RODRÍGUEZ AMAYA

TUTORA:  
DRA. GEMMA LUZ SYLVIA VERDUZCO CHIRINO  
Facultad de Arquitectura, UNAM

COTUTORES:  
DRA. ESTHER MAYA PÉREZ  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
M. EN I. ELIA INÉS LUNA CEBALLOS  
Facultad de Ingeniería, UNAM  
DR. CARLOS ALFREDO BIGURRA ALZATI  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
MAT. MARÍA DEL CARMEN RAMOS NAVA  
Dirección General de Cómputo y  
Tecnologías de Información y Comunicación, UNAM

Ciudad Universitaria, CdMx, noviembre 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



A mi **familia**

## AGRADECIMIENTOS

---

A mi **Universidad** porque me ha dado todo

A la **Dra. Gemma** Verduzco por las oportunidades y compromisos.

A **Fernando Reyes** por el esmero y amor en esto que es nuestro.

A **Margarita Amaya** y **Roberto Rodríguez** por todo lo que soy y hemos logrado.

A **Tania Rodríguez** y **Minerva Amaya** por ser pacientes y amorosas.

A **Ariel Candal** por guiar mi camino y corazón con ejemplo.

A **Emilia Candal** por ser.

A **Lupita Morales** por cuidar de mi y acompañarme en tantas aventuras

A **Eduardo Reyes** y **Margarita Sánchez** por el cariño y apoyo que me dan cada día.

A mis compañeros y **amigos** de DGOC por la maravillosa compañía:

**Pancho, Ferchito, Beto, George, Paquis, Brisin, Ricky y Joyce**

A los amigos por estar conmigo en las batallas:

**Nirvana, Bro, Susi, Mab, Elia, Jafaz, Maribela, Álvaro y Gamina.**

A la **Dirección General de Obras y Conservación** de la UNAM por la oportunidad de seguir desarrollándome profesionalmente.

A **CONACYT** por el apoyo para el desarrollo de esta investigación.

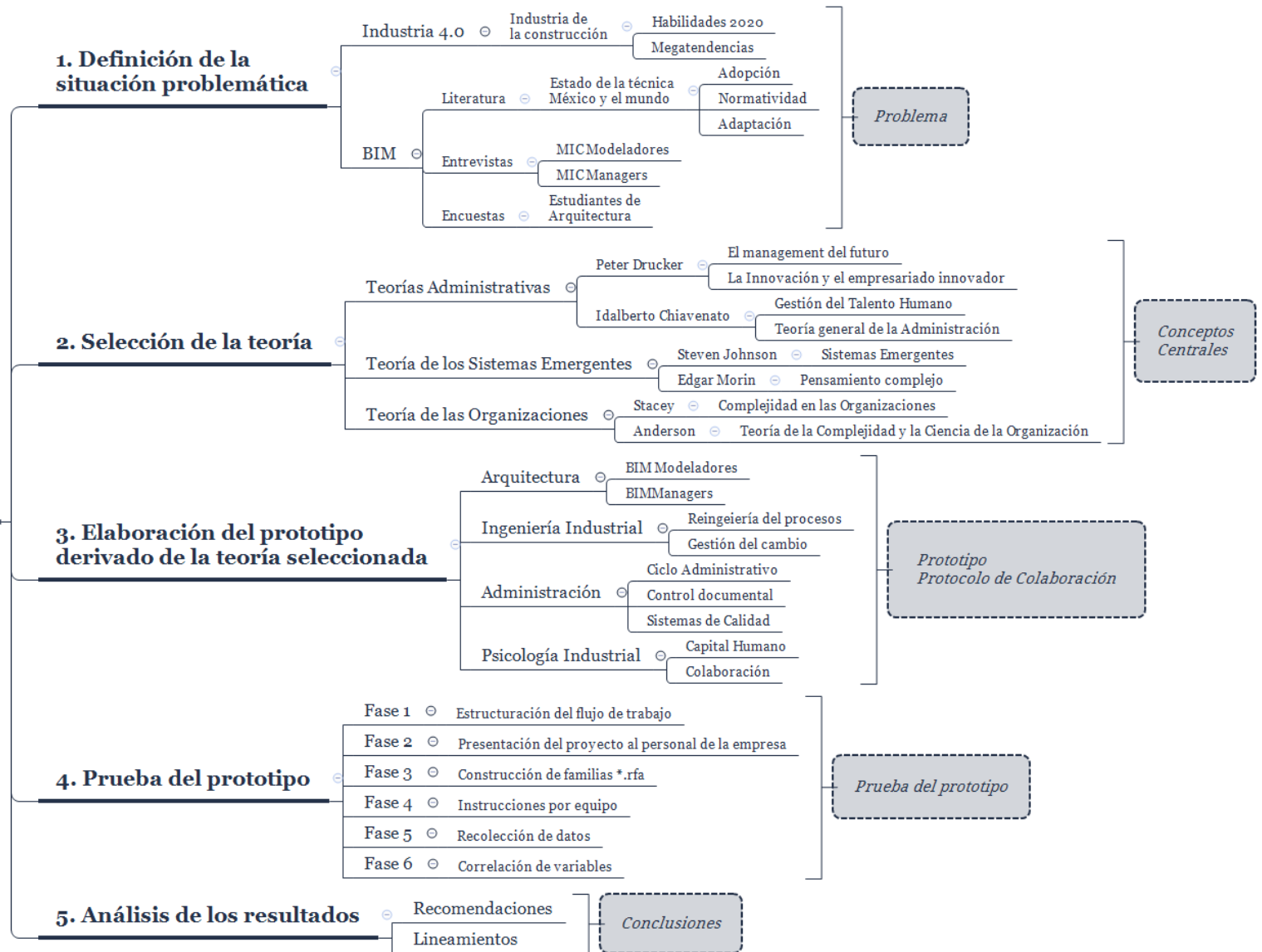
Gracias a todos. Gracias por tanto.

# ÍNDICE

---

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Capítulo 1. Marco teórico</b>	
1.1 Teoría General de la Administración .....	3
1.2 El concepto de gestión .....	5
1.3 Enfoques Administrativos en México .....	13
1.4 Teorías de la Organización .....	17
1.5 El Sistema Complejo Adaptativo .....	19
1.6 El sistema y la cultura .....	24
<b>Capítulo 2. La cuarta revolución industrial o Industria 4.0</b>	
2.1 La Industria de la Construcción .....	30
2.2 La Era del BIM .....	33
2.3 El estado del BIM en México .....	36
2.4 Prospectiva .....	37
<b>Capítulo 3. Gestión estratégica y equipos colaborativos</b>	
3.1 Propuesta de proceso genérico de la gestión estratégica.....	43
3.2 Equipos colaborativos.....	50
3.3 Estructuración de los requerimientos .....	54
3.4 Protocolo de colaboración .....	63
<b>Capítulo 4. Diseño y método de aplicación</b>	
4.1 Caracterización .....	72
4.2 Aplicación y validación.....	73
4.3 Análisis de los resultados .....	76
4.4 Relación de variables .....	84
<b>Recomendaciones y lineamientos</b> .....	87
<b>Referencias</b> .....	90
<b>Glosario</b> .....	99
<b>Lista de Acrónimos</b> .....	100
<b>Anexos</b> .....	101

# MÉTODO DE INVESTIGACIÓN



## INTRODUCCIÓN

---

En 2017, durante el Primer Congreso Internacional BIM en México<sup>1</sup>, el presidente de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), anunció los esfuerzos que realiza dicha entidad para establecer la obligatoriedad del uso de los Modelos de Información para la Construcción (MIC, por sus siglas en español o *Building Information Model*, BIM, por sus siglas en inglés) para los proyectos de la Industria de la Construcción.

Durante más de dos décadas, BIM ha crecido en los seis continentes, sin embargo, en América Latina, y en concreto en México, estos modelos se encuentran aún en la fase de resistencia a la tecnología. Pero ante su inminente uso obligatorio, ¿estamos preparados para su adopción?, ¿qué medidas estamos tomando como Arquitectos y como empresas?, ¿cómo afrontamos esta disrupción tecnológica?

Frente a la cuarta revolución industrial, el enfoque con el que debemos de abordar la disrupción exige habilidades transdisciplinarias. Si bien la Arquitectura es una de las disciplinas poco susceptibles a la automatización, los procesos industriales sí sufrirán un impacto significativo. Históricamente, las industrias han marcado la pauta con respecto a las implementaciones tecnológicas, siendo las detonadoras de los cambios sociales más importantes.

Para nuestro país, la adopción del BIM ha sido un camino infructuoso y frustrante. Las Instituciones Públicas han sufrido grandes pérdidas económicas en su intento de implementación, y han encontrado en la subcontratación el medio para subsanar la falta de conocimiento y capacitación para cumplir los requerimientos que ellos mismos han solicitado en las licitaciones públicas. Por ejemplo, en 2014 el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) lanzó la primera licitación en el país con requerimiento BIM con un nivel de desarrollo alto. Ante el desconocimiento del método BIM, aquella experiencia resultó en un costo tres veces mayor al presupuestado y, tres años después, el modelo seguía sin concluirse.

Sucede que la transición tecnológica no se reduce a un tema de capacitación técnica. Cuando se migró de los procesos manuales hacia el Diseño Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés), se entendía que la industria cambió de un instrumento a otro, y bastaba con aprender una herramienta digital que afectó el proceso de manera marginal. Hoy hablamos de un proceso totalmente nuevo: la preconstrucción virtual.

Pero la literatura que se ha generado en los últimos años se ha enfocado en resolver el problema técnico del BIM. La normatividad que existe es generada y aplicada principalmente en países

---

<sup>1</sup> Como iniciativa del grupo BIM Fórum México, el Primer Congreso Internacional BIM se llevó a cabo en la Ciudad de México del 19 al 21 de julio del 2017.



Europeos, cuyos procesos de licitación difieren de los de México. Los manuales, guías, planes y modelos se refieren al perfeccionamiento del modelo BIM, y en algunos casos a la administración del proceso de modelado.

Lo que no existe y resulta necesario, son herramientas que ayuden al fundamento del BIM: la colaboración. Desde la formación, los Arquitectos carecen de las habilidades colaborativas que exige la profesión en el momento actual, y la inserción al campo laboral se dificulta tanto a nivel individual como a nivel de organización.

La resolución de problemas complejos, así como el trabajo en equipo, son habilidades que requeriremos para ser competitivos en el mercado futuro. Los sistemas emergentes son una alternativa para la estructuración de nuestros procesos industriales, sin dejar de lado la tarea artística del Arquitecto. El enfoque sistémico no es nuevo, pero la emergencia es un factor que pocas veces es considerado en las organizaciones. Esta investigación propone un sistema que coadyuve a la reingeniería de procesos y la gestión del cambio desde una perspectiva transdisciplinaria.

En esta investigación se definen las Teorías Administrativas, Teorías de la Organización, sus enfoques en México y la tendencia a la Administración Estratégica, con el fin de establecer el marco teórico con el que se trabajó. Se hace énfasis en los Sistemas Emergentes, en concreto a los Sistemas Complejos Adaptativos, que son aquellos que reconocen la emergencia y la complejidad dentro del campo de la administración.

En el marco contextual de la cuarta revolución industrial, se da paso a la propuesta de esta investigación: entender la organización y la colaboración como un sistema emergente, con reglas simples para las micro conductas que tienen un impacto en la macro conducta de la estructura organizacional. El desarrollo de la gestión estratégica de equipos colaborativos se desarrolló en conjunto con profesionales de la Ingeniería Industrial, Psicología Laboral, Sociología, Antropología y Arquitectura. Esta propuesta es una respuesta a la problemática de la implementación del BIM en la Industria de la Construcción. El producto final es un Protocolo de Colaboración para producción digital

Este producto fue probado en una empresa que desarrolla principalmente proyectos de plafón, de modo que se comprobó que la estructuración de los procesos colaborativos tiene un impacto significativo en la productividad de la empresa y en el ahorro al cliente final. Fue posible alcanzar el objetivo de mejorar la productividad y evitar pérdidas a una organización mediante un método estructurado entre equipos colaborativos, que establezca roles, responsabilidades, estándares y entregables del BIM; en un periodo máximo de 6 meses.

Con base en el análisis de los resultados obtenidos, se establecieron una serie de recomendaciones y lineamientos que podrán ser materia de futuras. Se sostiene que no es necesario ayudar el modelo BIM, sino que es urgente ayudar al talento humano.

# 1 MARCO TEÓRICO

---

Las empresas u organizaciones son las células que integran los sistemas económicos, y es por eso por lo que el administrador debe conocer los enfoques de las escuelas de la Administración a través de las cuales se genera un criterio acerca de esta disciplina, de los conceptos de organización y de la gestión. La administración de las organizaciones es hoy una práctica que se aprecia común, pero su evolución ha respondido a los cambios económicos y socioculturales a lo largo de la historia (Candelas, Hernández, García, Montero, & García, 2005).

Se debe comprender la importancia de la administración y como se activan los mecanismos para optimizar los recursos, sean estos de un proyecto arquitectónico, de una organización, e incluso de la sociedad. Podría definirse la administración como un concepto de proceso, pero también de políticas y reglas, de técnica, ciencia o bien de herramienta.

El ejercicio de la administración está compuesto por una serie de conceptos cuyo objetivo es la efectividad organizacional, es decir, está basado en aspectos de productividad, filosofía y funcionalidad. Estos conceptos se encuentran contenidos en la herramienta conocida como proceso administrativo, que es la aplicación de las Teorías Administrativas (TA).

El estudio y comprensión de los enfoques administrativos, así como de las Teorías de la Organización (TO), nos conducen a reconocer los desafíos que enfrentamos hoy como arquitectos, constructores, empresarios y administradores, pero sobre todo nos ayudan a definir la postura con la cual se requiere enfrentar y retroalimentar el sistema social.

## 1.1 TEORÍA GENERAL DE LA ADMINISTRACIÓN

La Teoría General de la Administración (TGA), es un estudio desarrollado por autores como Chiavenato<sup>2</sup> y Torres Hernández<sup>3</sup>, y se refiere al análisis de dos elementos: las organizaciones y la

---

<sup>2</sup> Idalberto Chiavenato (Sao Paulo, 1936) es Licenciado en Filosofía/Pedagogía, especializado en Psicología de la educación por la Universidad de Sao Paulo. También Licenciado en Derecho por la Universidad de Mackenzie y obtuvo un posgrado en Gestión de Empresas. Es maestro MBA y PhD en Administración de empresas por la Universidad de la ciudad de Los Ángeles, California. Posee dos títulos de Doctor Honoris Causa por su contribución en el ámbito de la administración general y recursos humanos (Scribd, n.d.).

<sup>3</sup> Zacarías Torres Hernández (México), Ingeniero Químico por la UNAM, Maestro en Ciencias especialista en Economía Industrial. Catedrático del IPN y profesor invitado en ITESM y UVM. Fungió como director del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales (CIECAS) y del Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), ambos del IPN (Escuela Superior de Comercio y Administración, n.d.).

práctica profesional del administrador. Permite visualizar la evolución de las corrientes administrativas, los cuales según Chiavenato (2000), comenzaron con Taylor<sup>4</sup> y su análisis de las tareas dentro de la organización.

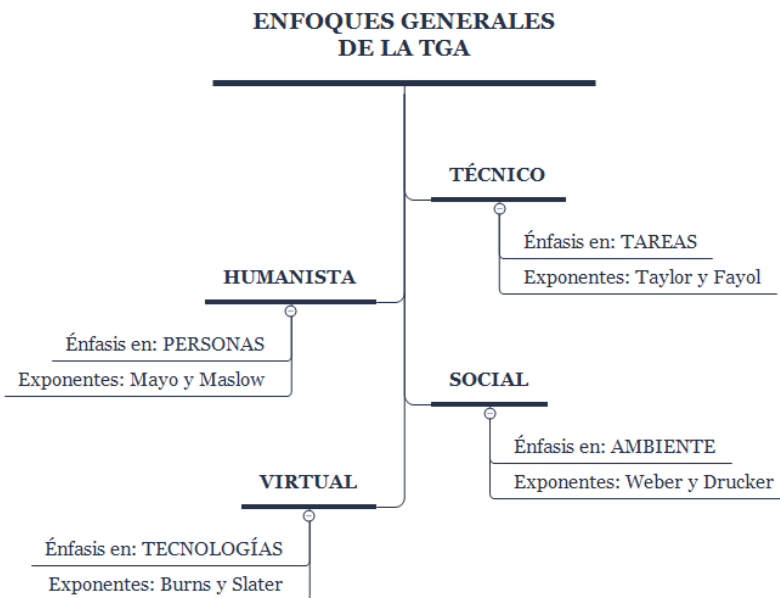


Diagrama 1. Enfoques generales de la TGA. Fuente: Elaboración propia.

La gran aportación de la TGA es la identificación de las cinco variables sobre las cuales se desarrollaron las Teorías Administrativas:

- Tareas
- Estructura
- Personas
- Ambiente
- Tecnologías

Los cambios sustanciales en las sociedades y economías permitieron el surgimiento

de enfoques estructuralistas, y posteriormente humanísticos, como los de Mayo<sup>5</sup> o Maslow<sup>6</sup>.

Cada una de las Teorías Administrativas hace énfasis en alguna de estas variables, pero no se disocia de las restantes, por lo que se puede concluir que son estas las que conforman de manera general el ejercicio de la administración y la organización.

<sup>4</sup> Frederick Winslow Taylor (Pennsylvania, 1856-1915) fue un Ingeniero norteamericano que ideó la organización científica del trabajo. El método que planteaba Taylor permitía a los empresarios emplear a trabajadores no cualificados (inmigrantes no sindicados) en tareas manuales cada vez más simplificadas, mecánicas y repetitivas. (Biografías y vidas, n.d.)

<sup>5</sup> Elton Mayo (Adelaida, 1880-1949) estudió Filosofía en la Universidad de Adelaida, Australia. Realizó sus investigaciones bajo el enfoque de la sociología organizacional y psicología en ambientes laborales. En 1927 comenzó su investigación más destacada: Hawthorne, en la escuela de negocios de Harvard. La investigación de Hawthorne es considerada un experimento socioeconómico pionero en el área de la industria, el cual consistía en someter a los trabajadores de la compañía eléctrica Hawthorne a una serie de cambios en horarios, salarios, recesos, iluminación y grados de supervisión, con el fin de determinar las condiciones más favorables para la productividad. Determinó que la causa del aumento de la eficiencia no eran los estímulos económicos, sino la atención que se les prestaba a los trabajadores (Caro, n.d.).

<sup>6</sup> Abraham Maslow (Nueva York, 1908-1970) fue un Psicólogo y Psiquiatra impulsor de la Psicología Humanista basada en conceptos de autorrealización y la trascendencia. Su gran aportación fue la pirámide de necesidades jerárquicas de los seres humanos. Definió que el objetivo fundamental de la psicoterapia es la integración personal. Su teoría se establece dentro del holismo, partiendo de la premisa de que el ser humano es un ente integrado y organizado, sin partes aisladas (Biografías y Vidas, n.d.)

La relación que existe entre el entorno social y la administración se puede entender a través de las organizaciones. La sociedad proporciona escenarios políticos, económicos y culturales en los cuales están insertos las organizaciones, las que a su vez cumplen una función social a través de la solución y/o interacción de las variables identificadas en la TGA.

Este sistema abierto nos muestra que todas las TA son vigentes y válidas, pero también que las organizaciones son agentes multifacéticos que se encuentran expuestos a los estímulos sociales.

## 1.2 EL CONCEPTO DE GESTIÓN

La gestión es una herramienta de la Administración que se encarga de llevar a cabo las actividades productivas de una organización. Gestionar es ocuparse de ejecutar una iniciativa o proyecto en función del cumplimiento de los objetivos de una empresa y a través de la coordinación de actividades eficientes y eficaces, es decir: efectivas (Robbins, 2003).

Para diferenciar el término *gestión* del de *administración*, Brugué y Subirats<sup>7</sup> (1996) plantean que la gestión se refiere a la capacidad de promover la innovación del saber y a obtener el máximo rendimiento al aplicarla a la producción de forma sistemática, y no a la jerarquía organizativa de la administración clásica.

Si bien la organización es necesaria para ejecutar la buena gestión, estos dos términos no son sinónimos. Gestionar significa emplear el conocimiento como la base de la mejora continua de la organización, asumiendo la responsabilidad sobre la acción de un sistema (Brugué & Subirats, 1996).

Peter Drucker<sup>8</sup> (1993), considerado el padre de la gestión, distingue tres periodos dentro del modelo capitalista occidental: La revolución industrial, la revolución de la productividad y la revolución de la gestión.

La revolución de la productividad (1850-1950) se puede comprender a partir de propuestas de autores como Taylor, quien nota que la aplicación del conocimiento tecnológico no debe ser exclusiva de los instrumentos o equipos, sino que puede y debe ser empleado dentro de los procesos y en la

---

<sup>7</sup> Quim Brugué (Barcelona, 1963) es Doctor en Ciencias Políticas por la Universidad de Autónoma de Barcelona. Dedicó su investigación a tres ramas principales: Análisis de políticas públicas, modernización de la gestión pública y la innovación democrática (Universitat de Girona, n.d.).

Joan Subirats (Barcelona, 1951) es Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma de Barcelona. Las ramas principales de su investigación son: Análisis de políticas públicas y exclusión social, y problemas de innovación democrática, sociedad civil y gobierno multinivel (El País, n.d.).

<sup>8</sup> Peter Drucker (Viena 1909-2005), es considerado el pensador más influyente en el campo de la administración de empresas debido a su visión humanista y pluridimensional. Fue consultor de empresas multinacionales desde 1940, y con ello, comenzó a desarrollar la teoría del *management*, tendencias de gestión y sociedad del conocimiento. Consideró que la base de la gestión es la práctica, ya que sin ella los académicos no pueden hacer contribuciones relevantes para la producción (Correa, 2006).

propia organización del trabajo. Esto derivó en un crecimiento significativo de la productividad en el mundo occidental, ya que aumentó la calidad de vida y, al tiempo, dio solución a los conflictos derivados de la revolución industrial como las tensiones sociales.

Pero para la década de los cincuenta las capacidades de crecimiento de las industrias comenzaban a sufrir una desaceleración. Fue en ese momento en el que Drucker aprecia la oportunidad y, sobre todo la necesidad, de revolucionar la gestión.

Este paradigma en la administración empresarial significa que el saber tecnológico no se emplea únicamente para mejorar la organización del trabajo, sino que también lo aplica a la producción con el fin de continuar con el crecimiento. Surge entonces la idea del sistema que, más allá de la jerarquización de las autoridades, articula relaciones e interacciones surgidas de los procesos productivos.

La forma de organización piramidal<sup>9</sup> de las jerarquías en las empresas ha quedado rebasada por la necesidad de una red compleja cuyo crecimiento, tanto de humano como de procesos, se da de manera horizontal. Esta deducción se puede ejemplificar con algo tan básico como el nombre de los despachos de arquitectura: hoy en día, es menos común encontrar nombres propios que identifiquen a un grupo de trabajo o empresa. Esto ha permitido que se reconozca el esfuerzo y labor que realiza todo un equipo, y no únicamente al personal de mayor jerarquía organizacional.

Visualizar los elementos que han determinado los paradigmas en la administración, nos permite comprender que, para definir un modelo de gestión, es necesario considerar el contexto espacio-tiempo en el que nos desenvolvemos.

El trabajo multidisciplinario en la industria de la construcción ofrece ventajas en cuanto a la división del trabajo, pero al mismo tiempo presenta desafíos como la interoperabilidad exitosa a través de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) (Oti, Kurul, Cheung, & Tah, 2016).

La globalización<sup>10</sup> ha permitido que las tecnologías<sup>11</sup> aplicadas en los trabajos relacionados con la Arquitectura se realicen de manera colaborativa y simultánea en diversos países. Lo anterior puede significar un problema específico en la gestión del proyecto, ya que los datos especializados que pueden obtenerse a través de los modelos de información requieren ser compilados, analizados,

---

<sup>9</sup> Ver anexo 1: Tabla de Modelos organizacionales.

<sup>10</sup> Debe comprenderse que el término “globalización” no se refiere únicamente al proceso económico. Actualmente, existe un debate entre la diferenciación de los conceptos de globalización, internacionalización y mundialización, ya que cada uno de estos conceptos es interdependiente del otro. Según la RAE, la globalización es la “difusión mundial de modos, valores o tendencias que fomenta la uniformidad de gustos y costumbres”. Para efectos de este texto, se hará uso de la palabra “globalización” como el proceso económico, tecnológico, cultural y político que se desarrolla en distintos países de manera simultánea y en condiciones similares.

<sup>11</sup> Se expresa la palabra tecnología como el conjunto de los instrumentos y técnicas que emplea un sector, en este caso, el sector de la industria de la construcción, para el aprovechamiento del conocimiento científico. La RAE la define también como el “lenguaje propio de una ciencia o de un arte”.

sintetizados y aplicados en la ejecución sin que se presenten pérdidas de información en el proceso o minimizando las mismas.

Hoy nos enfrentamos a la realidad de la transferencia de información dentro de un sistema complejo, ya que incluso el lenguaje común entre los especialistas que intervienen en el proceso productivo se ve afectado por la problemática entropía comunicativa.

Como receptores de conocimiento somos propensos a la interpretación natural de los conceptos, haciendo que estos se vuelvan construcciones individuales que buscan representar una realidad, fenómeno o sistema.

En la mayoría de los casos, los conceptos provenientes de distintos lugares y tiempos, son adoptados por los profesionales sin necesariamente ser adaptados al contexto espacial y temporal.

*Es necesario reconocer que nuestra concepción de lo que es la administración y la organización, así como su interacción con el sistema social, deviene esencialmente de lo que se ha sido indicado desde el contexto estadounidense, aunque también en parte del europeo y, más recientemente, del nipón (Sanabria, 2007, págs. 163,164)*

Entenderemos que la gestión es una actividad que alude a las acciones que se realizan para ejecutar un proyecto o iniciativa. Como menciona Sanabria, el gestor es un manejador, un manipulador (alguien que opera con ciertos medios para lograr determinados fines) o procesador (2007, pág. 167).

Esta dificultad que se presenta al intentar definir una actividad y un rol dentro del proyecto, que podría parecer un problema meramente semántico, representa un desafío de comunicación.

Resulta obvio que, durante el proceso de ejecución de una obra, estos problemas de comunicación significarían sin duda un riesgo en el proceso. Aunado a ello, se debe considerar que los equipos multidisciplinarios no necesariamente hablan el mismo idioma, tienen el mismo nivel de experiencia, ocupan las mismas herramientas, ni transfieren la información que generan en una misma forma.

Los grandes paradigmas de la administración se ven íntimamente ligados a la tecnología, ya que es a partir de los cambios en los procesos de producción cuando la organización se ve obligada a renovar su administración y, por tanto, su modelo de gestión.

¿Pero qué ha cambiado en las últimas décadas dentro de la industria de la construcción? Para responder esta pregunta habrá que tomar en cuenta la influencia del desarrollo tecnológico<sup>12</sup> dentro de las tres áreas que consideraremos directrices en el modelo de gestión estratégica:

---

<sup>12</sup> En México, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), define el desarrollo tecnológico como el "uso sistemático del conocimiento y la investigación dirigidos hacia la producción de materiales, dispositivos, sistemas o métodos incluyendo el diseño, desarrollo, mejora de prototipos, procesos, productos, servicios o modelos organizativos" (Desarrollo Tecnológico e Innovación, n.d.).

1. La gestión de proyectos
2. Modelos de Información para la Construcción
3. Transferencia de información

### MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se establecen los conceptos generales a los que se hace referencia a lo largo de esta investigación:

#### **PROYECTO**

Es un conjunto de documentos descriptivos en cuanto al proceso constructivo. Estos documentos, al ser un soporte material que contiene información y que tiene como fin transmitir conocimientos, pueden ser planos, archivos electrónicos, maquetas, modelos tridimensionales, memorias descriptivas y de cálculo, presupuestos, calendarios de obra, manuales, etc. Esta es la solución constructiva del diseño arquitectónico, y está representada de forma gráfica, bidimensional o tridimensional (Gómez, 2014).

Es también el producto de los trabajos interdisciplinarios que intervienen en la Arquitectura, y el resultado de la aplicación de los recursos de cada experto.

En cuanto al ciclo de vida del proyecto, este es a la serie de etapas por las que atraviesa desde su inicio hasta su desactivación<sup>13</sup>. El proyecto tradicionalmente se desarrolla en dos dimensiones y se le denomina CAD, el cual desarrolla sus fases de manera secuencial, mientras que con el proyecto BIM estas etapas pueden ser secuenciales o simultáneas. Para comprender la terminología de cada una de las etapas del proyecto, se expone el siguiente comparativo (es.BIM, 2017):

Tabla 1. Ciclo de vida del proyecto CAD y BIM

CAD	BIM
Proyecto	Preconstrucción
Construcción	Construcción
Uso/Mantenimiento	Postconstrucción
Demolición	Deconstrucción

Tabla comparativa de las fases del proyecto del método tradicional (CAD) y el método BIM. Fuente: elaboración propia.

<sup>13</sup> No se emplea el término “finalización”, ya que el proyecto puede incluir la operación, mantenimiento y/o demolición de la edificación, por lo que se determinó que la palabra “desactivación” resulta más adecuada ya que se entiende que ésta engloba la fase en la que el proyecto deja de estar activo.

Los proyectos CAD y BIM presentan diferencias que van mucho más allá de la clasificación de sus etapas o de la terminología que emplea cada uno. Finalmente, ambos tipos de proyecto tienen como objetivo lograr la construcción del producto arquitectónico, pero poseen procesos distintos.

### **PROCESOS**

Los procesos de producción se definen como el “conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios” (EAE Business School, 2017).

Dentro de esta transformación intervienen factores como la información y la tecnología, que a su vez interactúan con los recursos humanos <sup>14</sup>. Debemos considerar que esta transformación inevitablemente genera residuos y que, además del producto final, estos deben administrarse. El objetivo del proceso de producción es obtener un producto enfocado a la satisfacción de una demanda y siempre orientados a la optimización de los objetivos de producción, como pueden ser la validez, confiabilidad, costos, etc. (Ventura, n.d.).

Cada proceso productivo pasa por diferentes etapas, de las cuales destacamos las tres básicas (EAE Business School, 2017):

1. Etapa analítica: En donde además de recolectar la mayor cantidad de materia prima al menor costo, se establece el objetivo de producción y sus características.
2. Etapa de síntesis: Se refiere propiamente a la producción, es decir a la transformación de las materias primas, para lo cual deben seguirse los estándares de calidad.
3. Etapa de acondicionamiento: Enfocada a la comercialización, durante esta etapa se transporta, almacena y distribuye el producto. También se lleva a cabo la tarea de control que permite saber si lo que se ha entregado cumple con los estándares de calidad que el cliente demanda.

Los paradigmas presentados a lo largo de la historia, que han derivado en cambios sustanciales dentro de los procesos de producción, tienen en común la búsqueda de la reducción de costos durante la producción, y con el paso del tiempo, han ido incluyendo la perspectiva humanista en la administración del capital humano.

En el caso de la industria de la construcción, la clasificación del proceso productivo corresponde al proceso por proyecto (Ventura, n.d.), ya que su producto tiene características únicas: la producción se realiza en un lugar fijo, y el flujo del producto no existe.

Por ello, se tiene que considerar que el avance en la construcción del proyecto se da a través de las actividades de los equipos de trabajo (donde si existe el flujo dinámico). Pero al igual que cualquier

---

<sup>14</sup> En el capítulo 3 de esta investigación se aborda el tema de la gestión del talento humano, donde se expone que el término “recursos humanos” es obsoleto, ya que las TA han dejado de considerar a las personas como recursos, para considerarlas ahora como parte del capital de la organización.



industria, se busca evitar al máximo sufrir contratiempos, que el producto cumpla con los estándares de calidad, y se reduzcan los costos de la producción.

## RECURSOS

Al igual que el concepto de gestión, la definición de los recursos de una organización se encuentra dentro de un contexto de interpretación. Por ejemplo, Grant<sup>15</sup> postula que “*los recursos (en sentido amplio) son entradas en el sistema productivo y la unidad básica de análisis a nivel interno de la empresa*” (1991).

Por otro lado, Chiavenato afirma que “*son medios que las organizaciones poseen para realizar sus tareas y lograr sus objetivos: son bienes o servicios utilizados en la ejecución de las labores organizacionales. La administración requiere varias especializaciones y cada recurso una especialización*” (1999).

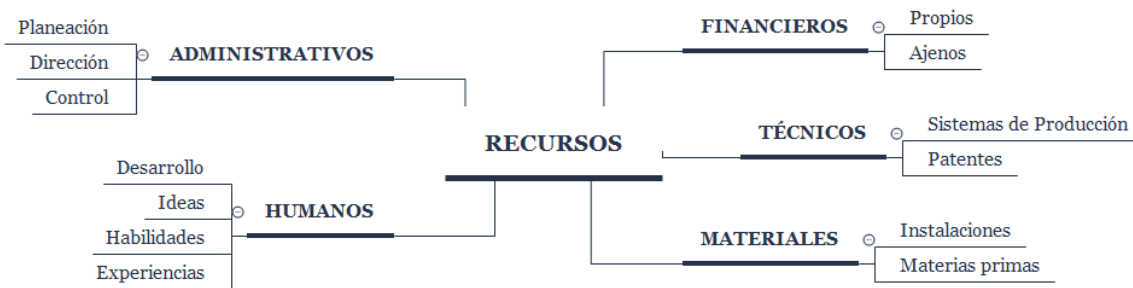


Diagrama 2. Clasificación de los recursos de la organización. Fuente: Elaboración propia.

El concepto de los recursos debe estar directamente relacionado con la ejecución de los procesos, de modo que no se puede limitar a los insumos de cualquier actividad productiva. La flexibilidad de la clasificación permitirá que los recursos se gestionen de manera particular para cada caso de estudio.

El recurso debe considerarse como un elemento estratégico para la organización, ya que su existencia se transforma en un factor competitivo y de prioridad para el desarrollo productivo. La criticidad del recurso radica en su operación directa dentro de un proceso continuo y relevante para la organización. Cuando un recurso es deficiente o ausente, provoca la interrupción del proceso en su totalidad (también puede afectar procesos de comercialización o distribución del producto).

<sup>15</sup> Robert Morris Grant (Bristol, 1948) economista, ha sido profesor de gestión estratégica en escuelas de negocios en Reino Unido, Canadá y Estados Unidos. Actualmente es profesor en la Universidad Bocconi de Milán. Es conocido por su perspectiva empresarial basada en los recursos y conocimiento. Su libro “*Contemporary Strategy Analysis*” ha sido traducido en 12 idiomas diferentes y utilizado en escuelas de negocios de todo el mundo. Se podría decir que la influencia de Grant es el enfoque humanístico aplicado a la administración de empresas. (Wikipedia, 2017)

Finalmente, el recurso deficiente perjudica el desarrollo de la organización, o bien obstaculiza el crecimiento. También hay que considerar que un *“recurso existente puede ser innecesario, pero además de innecesario también se puede convertir en oneroso”* (Blázquez & Mondino, 2011).

### ***COSTOS***

Los costos de producción o de operación son aquellos *“gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento”* (Zugarramurdi & Lupin, 1998).

Dentro de las organizaciones empresariales la diferencia entre el ingreso y el costo de producción es el indicador del beneficio bruto. Mientras que el ingreso se asocia a la comercialización de la empresa, el costo de producción se encuentra estrechamente relacionado a la tecnología.

Zugarramurdi y Lupin (1998) plantean que el costo de producción tiene dos características opuestas:

- Para producir bienes se generan costos.
- Los costos deberían ser tan bajos como sea posible y eliminados los innecesarios.

Lo anterior no debe suponer que los costos de producción se eliminen indiscriminadamente. Es necesario anotar que no todos los gastos son costos, pues sólo son considerados como tal a aquellos están vinculados a los procesos internos y los que sean indispensables para el desarrollo del proyecto.

Aunque los costos no tienen una influencia directa en el producto (en este caso el proyecto) son necesarios para los procesos operativos e indispensables para la cadena productiva. Aquí se consideran también los costos de tipo operativo o financiero.

Los costos de producción cobran importancia debido a que representan uno de los factores que determinan la maximización de los beneficios de una empresa, los cuales finalmente determinarán la rentabilidad y productividad de la empresa.

### ***RENTABILIDAD Y PRODUCTIVIDAD***

Estos dos conceptos deben diferenciarse de manera puntual, ya que se refieren a relaciones distintas, pero ambas son herramientas con las que se mide la efectividad de las organizaciones (UneAbasto, 2013).

Por una parte, la rentabilidad es la relación entre la utilidad y la inversión, es decir, el beneficio que se obtiene de una inversión y que es medible a través de dos factores principales: el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR). En cuanto a la evaluación de la gestión de una empresa se emplean los índices de rentabilidad que constituyen una medida de la eficiencia operativa de la empresa (Sepúlveda, 2004).

La productividad, por otra parte, responde a la relación entre el producto y los insumos de producción (Gestiópolis, 2002). Es también muy importante aclarar que la productividad no es lo mismo que la producción<sup>16</sup>.

Como se ha mencionado, es la relación entre la cantidad de producto obtenido y la cantidad dada de insumos o factores productivos. Se entiende que la unidad productiva o actividad económica es más productiva cuando se obtiene una cantidad mayor de producto con un mismo costo. Es decir, este concepto se refiere a la eficiencia productiva (Sepúlveda, 2004).

### ***PRODUCCIÓN DIGITAL***

Si bien la tecnología en la ejecución de una obra se ha hecho presente de manera puntual en los materiales de construcción, técnicas, representación gráfica, equipos, etc., se puede suponer que actualmente la aplicación de la tecnología en el área de gestión y administración de obra se ha visto detenida por el desconocimiento de los avances en esta materia. Un indicador de este desconocimiento es el hecho de que las estadísticas sobre los resultados en materia de productividad son generadas en otros países. La información de uso libre que se tiene disponible es generada principalmente por el Reino Unido y, en menor medida, por los Estados Unidos.

En ese sentido, se puede observar que en nuestro país las herramientas de producción digital no son de uso común y que aún queda mucho camino por recorrer en cuanto a la adopción de los sistemas de preconstrucción virtual.

Al referirnos a la producción digital, hablamos entonces de la elaboración de productos virtuales que apoyan la ejecución del proyecto arquitectónico, el cual a su vez resultará en un producto tangible. Son aquellas actividades relativas a la preconstrucción en el entorno de la virtualidad.

### **OPERATIVIDAD VS ESTRATEGIA**

Los procesos que abarca la administración dentro de una organización engloban desde los alcances operativos diarios hasta las metas a largo plazo (5 o más años). Impulsadas por la tercera revolución industrial, a finales de la década de 1970, las organizaciones comenzaron a repensar sus estructuras y administraciones, pasando del pensamiento lineal operativo hacia los ambientes estratégicos (Hermida, Serra, & Kastika, 1992, pág. 17).

Mientras que el enfoque de operatividad se encuentra directamente relacionado con la transformación de recursos principalmente internos, en las organizaciones con perfil estratégico se genera un proceso que la gestión operativa no incluye: el reconocimiento de la interacción de la organización con el ambiente externo. Este proceso es la referencia sobre la cual se toman decisiones y se formulan estrategias (FCA, UNAM, n.d.).

---

<sup>16</sup> La producción es el proceso de combinación de factores para elaborar un producto o servicio. Por lo tanto, mayor número de producción no necesariamente significa mayor productividad.

Podría decirse que la gestión estratégica es una visión enfocada a aprovechar los recursos limitados para prever los requerimientos futuros., lo cual supone la obtención de ventajas competitivas a través del análisis constante del ambiente externo. En ese sentido, la dirección de la organización adopta una filosofía empresarial enfocada en las actitudes y aptitudes para proyectar a la organización en un escenario a largo plazo (Montero, n.d.).

Algunas de las principales diferencias entre ambos enfoques son (FCA, UNAM, n.d.):

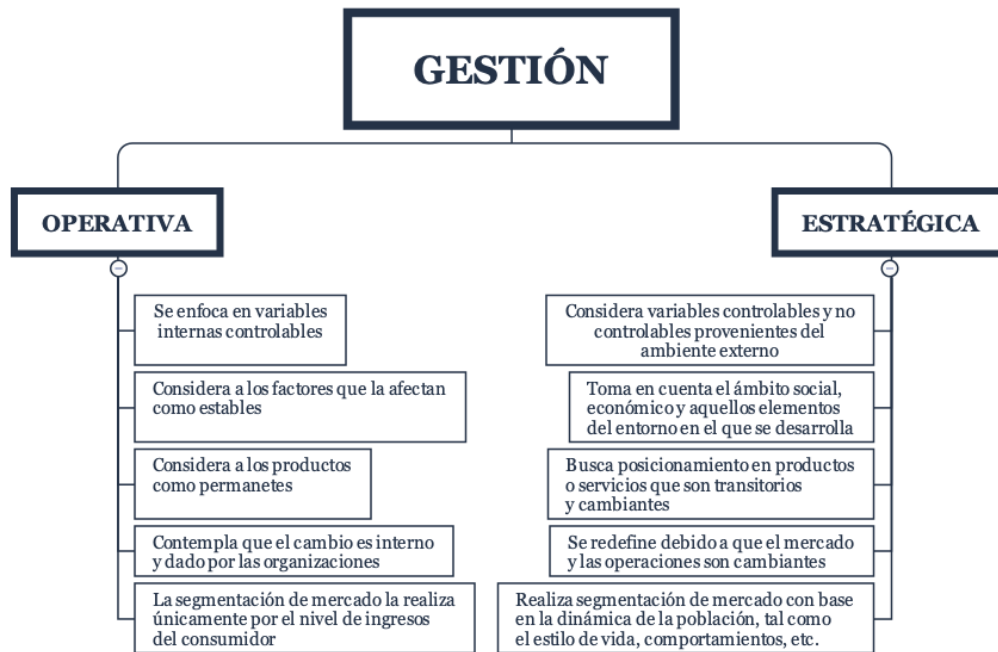


Diagrama 3. Comparativa de las características de la gestión operativa y estratégica. Fuente: Elaboración propia.

### 1.3 ENFOQUES ADMINISTRATIVOS EN MÉXICO

La teoría administrativa en México se ha desarrollado a partir de la influencia cultural y científica, pero sobre todo tecnológica de los países con mayor desarrollo; y es por ello por lo que la administración moderna es producto de organizaciones extranjeras con visiones multidisciplinarias que responden a fenómenos culturales ajenos a los de nuestro país. Como respuesta a esta problemática, algunos autores se han dado a la tarea de generar teorías, desde la perspectiva mexicana, con enfoques técnicos, científicos y humanistas (Candelas, Hernández, García, Montero, & García, 2005). De los autores más destacados, podemos mencionar a Agustín Reyes Ponce, José Antonio Fernández Arenas y Miguel F. Duhalt Krauss.

**AGUSTÍN REYES PONCE**

Quizá el autor más reconocido en la administración en México. Basa su trabajo en investigaciones en empresas mexicanas. En primer lugar, hace una distinción entre la Administración Pública y la Administración Privada, pero de manera general la define como un “conjunto sistemático de reglas que llevan a lograr la máxima eficiencia en las formas de estructurar y manejar un organismo social” (Reyes Ponce, 2007).



Diagrama 4. Modelo del proceso administrativo de Agustín Reyes Ponce. Fuente: elaboración propia

Relaciona de manera explícita la Administración con el Derecho, ya que es éste el que establece la estructura de la organización social: los bienes materiales, el ser humano y los sistemas. Por ello identifica tres tipos de empresas: artesanales, familiares y de sociedad (FCA, UNAM, 2016).

La importancia de su modelo de proceso administrativo radica en la separación de dos etapas: mecánica y estática. Destaca su aportación de las características de la administración, las cuales son (FCA, UNAM, 2016):

- Universalidad de la administración: Referida a que todo organismo social presenta la coordinación sistémica de sus elementos.
- Especificidad: Cada situación y organización posee aspectos específicos.
- Unidad temporal: Sus elementos responden a un periodo específico.
- Unidad jerárquica: En distintos grados existen jefaturas en cada organismo.

## JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ ARENA

Hace énfasis en la Administración como ciencia social, y la define como aquella que *“persigue la satisfacción de objetivos institucionales por medio de una estructura y a través del esfuerzo humano coordinado”* (Fernández Arena, 1990).

Su aportación se distingue por tener un enfoque social, ya que concibe a la organización como un ente con objetivos de servicio, sociales y económicos. Propone simplificar la planeación, de modo que ésta facilite la implementación y el control para el logro de los objetivos (Díaz, 2012).

Con respecto a la organización, clasifica dos elementos clave:

1. Objetivos institucionales: Ya sea de servicio, sociales o económicos
2. Mecanismos de operación: Entendidos como la dirección, asesoramiento, información, participación, planeación, implementación y control.

El proceso administrativo es concebido como un proceso racional de trabajo, el cual está integrado por tres momentos fundamentales: pensar lo que se va a realizar, llevarlo a la realidad, y finalmente medir y comparar los resultados obtenidos (Montero, n.d.). Estas tres etapas las clasifica en el alfa y el omega del proceso, el cual está definido de la siguiente manera:

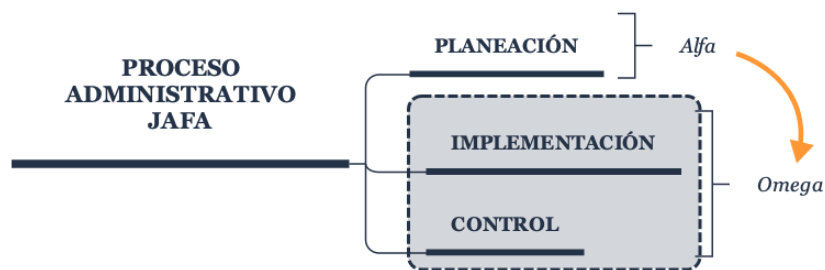


Diagrama 5. Modelo del proceso administrativo de José Antonio Fernández Arenas. Fuente: Elaboración propia.

## MIGUEL F. DUHALT KRAUSS

Su obra muestra un interés por la organización pública, con el objetivo de contribuir al conocimiento, desarrollo y aplicación de manuales de procedimiento dentro de las mismas. Más que una teoría, se podría catalogar su aportación como una técnica elemental para la organización administrativa.

Clasifica los tipos de manuales que existen dentro de las empresas, y considera que deben elaborarse con base en las distintas actividades internas y generar un lenguaje gráfico uniforme: la diagramación administrativa (FCA, UNAM, 2006).

La aportación principal es la asignación de tareas y actividades a través de manuales apoyados en signos. Lo anterior tiene dos objetivos principales: medir la eficiencia a través de los propios manuales, y la definición de la planeación adecuada de funciones.

Puede deducirse que la elaboración de los manuales que propone sería insuficiente para lograr la efectividad si éstos no cuentan con una clara comunicación organizacional, y por ello propone también una serie de técnicas de la comunicación administrativa. La clasificación de manuales de procedimientos que propone puede resumirse en la siguiente ilustración:

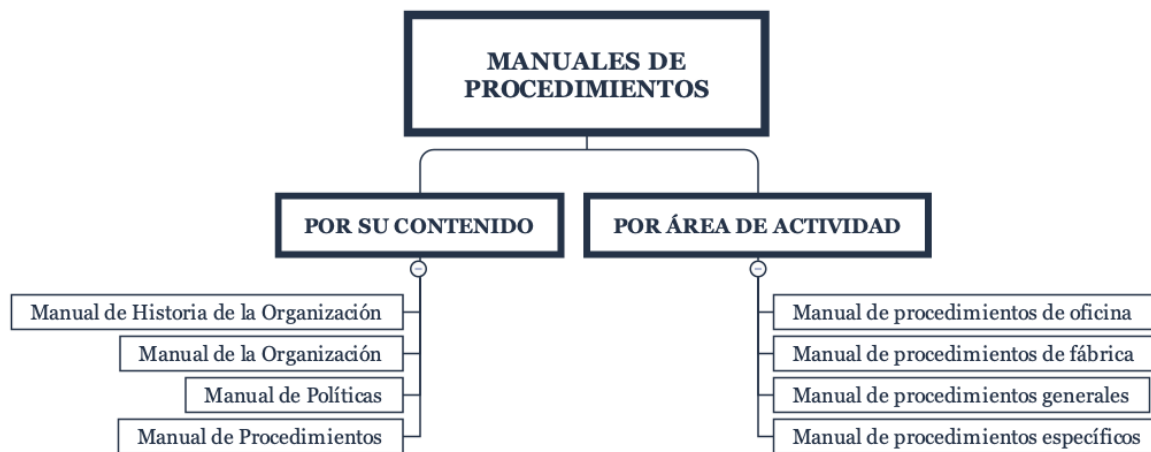


Diagrama 6. Clasificación de los manuales de procedimientos de Miguel F. Duhalt Krauss. Fuente: elaboración propia

Estos tres enfoques seleccionados, muestran algunos de los intereses que tiene nuestra sociedad con respecto a la administración de empresas e instituciones. En el caso del proceso de ARP, las etapas mecánica y estática se pueden relacionar con la planeación y ejecución de una obra. Al reconocer los conceptos de universalidad y especificidad, destaca la importancia de la administración en todas las organizaciones y, al tiempo, subraya que cada entidad es única. Por ello, se considera que este proceso reconoce la adaptación de los sistemas emergentes como una necesidad.

Por otro lado, el proceso Jafa absorbe también la emergencia al hacer énfasis en el contexto social. Se menciona a este autor por dos características: su orientación al servicio y la simplificación de su proceso. Ambas características están presentes, como se verá más adelante, en los sistemas adaptativos.

La diagramación administrativa de Duhalt, orientada en su totalidad a la organización pública, obliga al administrador a pensar de manera exhaustiva sobre los procesos y características de la entidad. Poner por escrito, ordenar y acotar los procedimientos, es una tarea que podría parecer la solución de ciertos problemas, pero se debe considerar también que se corre el riesgo de caer en la burocracia. El valor de los manuales también radica en la gestión efectiva de los mismos.

## 1.4 TEORÍAS DE LA ORGANIZACIÓN

La organización es un ente social que nace con el fin de ofrecer productos y/o servicios a la sociedad para satisfacer una necesidad (FCA, UNAM, 2016). Ésta puede tener o no fines lucrativos, pero es una respuesta a las demandas de una sociedad determinada, a la cual también alimentan (ciclo de retroalimentación).

Históricamente, las organizaciones han respondido a los cambios tecnológicos y culturales en un contexto particular, y es por ello por lo que han surgido teorías que buscan explicarlas y orientarlas a las necesidades del entorno.

De acuerdo con Rivas Tovar (2009), el análisis de la evolución de las Teorías de la Organización (TO)<sup>17</sup> permite identificar tres categorías que las componen, las cuales pueden orientar la selección del cuerpo teórico para el diseño de una organización:

- La gestión de la complejidad: Ayuda a comprender las interacciones, tanto entre los agentes organizativos como con su entorno.
- La universalidad: Referida al grado de generalización de la teoría para su aplicación en organizaciones, independientemente de su tamaño, tecnología y ambiente.
- El determinismo conceptual: Es la claridad con la que pueden ser medidos y replicados los principios establecidos, obteniendo los mismos resultados

Con base en estas características, se propone la gráfica 1 (pág. 18) de clasificación de las TO, indicando su grado de complejidad, universalidad y conceptualización.

La dinámica social se puede concebir también como los movimientos sociales en diferentes niveles, el desarrollo de la ciencia, conocimiento, educación, la cultura y la tecnología (FCA, UNAM, n.d.). Y son estos elementos los que transforman el entorno y, por lo tanto, a las organizaciones.

En ese sentido, Chiavenato (2000) identifica que los retos actuales de las organizaciones se pueden englobar en los siguientes:

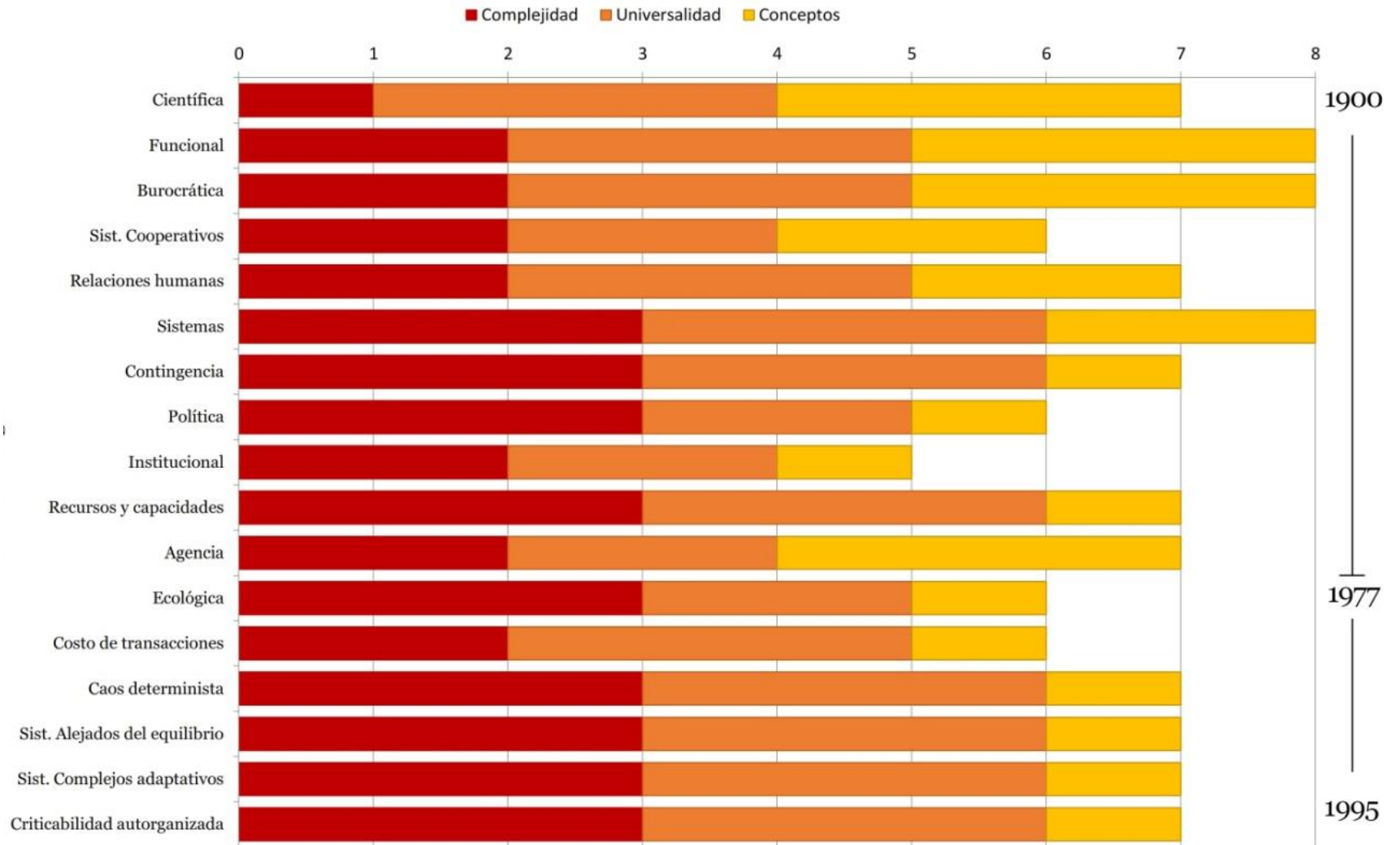
- Crecimiento de las organizaciones
- Competencia aguda
- Sofisticación de la tecnología
- Tasas de inflación elevadas
- Internacionalización de los organismos

---

<sup>17</sup> Ver Anexo2: Tabla de las Teorías Clásicas y Modernas de la Organización.



Gráfica 1. Gráfica de los grados de variables identificadas en las TO. Fuente: Elaboración propia.



## 1.5 EL SISTEMA COMPLEJO ADAPTATIVO

La introducción de las Ciencias de la Complejidad<sup>18</sup> en el panorama Administrativo tuvo su aparición a finales del siglo XX, y surgen de la necesidad de entender a las organizaciones como sistemas no lineales cuyos comportamientos no son correspondientes con las intenciones surgidas de la planeación. Los resultados inesperados responden a las innovaciones y eventos que suceden dentro y fuera del entorno organizacional, por lo que la emergen dentro de ella patrones azarosos que no se pueden predecir y, por lo tanto, no se pueden controlar (Bohórquez, 2011).

Entender a la organización como un agente vivo nos obliga a generar estrategias empresariales flexibles y adaptativas. De acuerdo con Johnson (2003) el estudio de los sistemas emergentes tiene su origen en los descubrimientos de la Biología, en particular en el comportamiento del *Dictyostelium discoideum*, del cual se observaron comportamientos celulares complejos de adaptación y que despliegan una serie de conductas emergentes de autoorganización. El mismo autor hace un interesante recorrido por el estudio de los sistemas emergentes en las colonias de hormigas, sistemas neuronales, el desarrollo de las ciudades, y finalmente en el aprovechamiento de estos conocimientos desde la Informática.

Algunas de las características que identifica en cada uno de los temas mencionados son:

1. La conducta global que sobrevive a cada una de las partes que la componen
2. La permanencia del “todo” a lo largo del tiempo
3. Dependen tanto de la estructura y organización como de la interconexión
4. Son sistemas de autoorganización ascendentes, no descendentes
5. Evolución de reglas simples a complejas (emergencia)
6. Sus múltiples agentes interactúan en forma dinámica y de múltiples maneras, siguiendo reglas locales e independientes de cualquier instrucción de nivel superior
7. A partir de acciones locales no coordinadas emergen patrones mayores
8. Los sistemas descentralizados dependen de la retroalimentación, tanto para su crecimiento como para su regulación
9. Los micro motivos estrictamente locales se combinan para formar una macro conducta superior

---

<sup>18</sup> En el contexto de las revoluciones científicas, Campos (2010) refiere una serie de reconocidos personajes que han dado rostros y nombres a las crisis y al surgimiento de las teorías científicas —de las que hablaba Kuhn (2006) en su clásico *The Structure of Scientific Revolutions*—. Al lado de Galileo Galilei (1564-1642), René Descartes (1596-1650), Isaac Newton (1642-1727) y Adam Smith (1723-1790), aparecen figuras más recientes como Edward Lorenz (1917-2008) y Benoit Mandelbrot (1924-2010), que hacen parte del grupo de científicos que durante la segunda mitad del siglo XX dieron origen a las llamadas Ciencias de la Complejidad. “*Entre los retos de la universidad está el de entender los conceptos y visiones del mundo que han surgido de las revoluciones científicas*” (Campos, 2010), entre las cuales las Ciencias de la Complejidad merecen una atención especial, por sus implicaciones en el campo de la investigación científica interdisciplinaria, de las escuelas de pensamiento y de los estudios sobre el desarrollo, entre otros.

10. Los sistemas emergentes se construyen a partir de la retroalimentación, las conexiones bidireccionales que promueven un aprendizaje de nivel superior.

La gran aportación de estos estudios a la Administración y a las TO, es sin duda la comprensión de los sistemas como elementos abiertos y que requieren un nivel de adaptabilidad mayor a los sistemas cerrados.

### LA ORGANIZACIÓN, EL SISTEMA Y LA COMPLEJIDAD

El Sistema Complejo Adaptativo (CAS, por sus siglas en inglés) dentro del contexto organizacional ha sido estudiado por diversos autores, entre los que destacan Holland, Anderson, Stacey y Mitleton. Cada uno de ellos plantea una caracterización de los CAS desde el estudio de distintas propiedades fundamentales, los cuales se enlistan a continuación:

Tabla 2. Características del CAS en la organización según autores.

Autor	Características del CAS en la organización
<b>Holland</b>  <b>1995</b>	Bloques de construcción: Mecanismos de construcción de modelos internos  Marbetes: Mecanismos facilitadores de interacción selectiva que permiten la construcción de agregados  Modelos internos: Mecanismo para el surgimiento de patrones de comportamiento  Diversidad: Propiedad explicativa de la aparición de novedades con base en la interacción entre agentes  Agregaciones: Propiedad explicativa de la recombinación de categorías similares  Flujos: Propiedad explicativa de la interacción entre nodos de red  No linealidad: Propiedad en la cual el comportamiento del todo es superior a la suma de las partes que lo componen
<b>Stacey</b>  <b>1995</b>	Inestabilidad limitada: Coexistencia de estabilidad e inestabilidad como condición de la dinámica organizacional  Autoorganización espontánea: Emergida de las interacciones entre los componentes del sistema

Autor	Características del CAS en la organización
<p data-bbox="293 472 410 499">Anderson</p> <p data-bbox="321 541 383 569">1999</p>	<p data-bbox="456 247 1422 321">Diferentes estructuras de conocimiento: Determinan la acción que toman los agentes en un periodo determinado</p> <p data-bbox="456 363 1422 478">Bucles de retroalimentación: Ningún componente individual dicta el comportamiento colectivo del sistema, sino que este emerge de las interacciones entre los agentes (autoorganización)</p> <p data-bbox="456 520 1422 636">Coevolución: Cada agente individual se adapta a su ambiente dependiendo de la elección que otros agentes han hecho, por lo que el paisaje adaptativo de cada agente está en constante cambio</p> <p data-bbox="456 678 1422 793">Recombinación de elementos: Nuevos agentes pueden formarse por la existencia de elementos previamente exitosos, por lo que las relaciones evolutivas cambian el patrón de interconexiones, la fuerza de cada conexión y la forma de su función</p>
<p data-bbox="302 1035 402 1062">Mitleton</p> <p data-bbox="321 1104 383 1131">2003</p>	<p data-bbox="456 846 1198 873">Emergencia del orden a partir de procesos de autoorganización</p> <p data-bbox="456 915 1422 989">Interrelación, interacción e interconectividad de los elementos del sistema y entre este con el ambiente</p> <p data-bbox="456 1031 1422 1104">Coevolución de los sistemas, la cual se presenta en la medida en que un elemento influye y a la vez es influenciado por los demás</p> <p data-bbox="456 1146 1422 1220">Exploración del espacio de posibilidades y generación de variedad como condición para la supervivencia</p> <p data-bbox="456 1262 1422 1335">Intercambio de información con el entorno, lo cual mantiene a las organizaciones como sistemas alejados del equilibrio al crear nuevas estructuras y orden</p>

Tabla de clasificación por autor de las características del CAS dentro de las organizaciones. Fuente: Elaboración propia.

Como se expuso en la sección anterior, los CAS en la organización abordan la complejidad en un alto grado, pero tienen bajo grado de determinismo en sus conceptos; esto se debe, quizá, a que puede considerarse una teoría joven. Pero de las caracterizaciones expuestas, podemos observar puntos de coincidencia, lo que nos permite agrupar las características de los CAS en tres bases fundamentales (Alfaro, González, & Álvarez, 2013):

- Emergencia: Dada a partir de los procesos de autoorganización
- Autoorganización: Por las interacciones, relaciones y conectividad entre los elementos internos y externos
- Coevolución: Derivada del intercambio de información entre agentes y el entorno, generando un ciclo de retroalimentación mutua (proceso de adaptación)

Otra manera de entender esta caracterización es a través de los elementos básicos que componen a las interacciones entre los agentes que componen a la organización, de modo que se puede comprender la complejidad que supone el CAS (Alfaro, González, & Álvarez, 2013):

Tabla 3. Comparativa entre sistemas simples, caóticos y complejos adaptativos.

Característica	Sistema simple	Caos:	
		Sistema desordenadamente complejo	Sistema Complejo Adaptativo
<b>Número de estados</b>	Pocos estados	Máximo de estados posibles	Gran número de estados posibles
<b>Conexiones</b>	Conexiones fijas entre los componentes	Componentes dispersos y pueden interactuar localmente con libertad	Componentes dispersos y pueden interactuar localmente con libertad dentro de una estructura jerárquica
<b>Comportamiento</b>	Simple – Predecible	Desorganizado – Caótico	Emergente – Impredecible
<b>Ejemplo</b>	Sistema de calefacción	Sistema climático	Sistema organizacional

Tabla comparativa de los elementos que componen los sistemas simples, caóticos y complejos adaptativos de la organización. Fuente: Elaboración propia con base en (Alfaro, González, & Álvarez, 2013).

Cuando hablamos de complejidad, nos referimos a la naturaleza emergente de la innovación y la adaptación tanto interna como externa. En ese sentido, las metáforas biológicas nos ayudan a comprender los sistemas complejos como lo son las redes y la variedad.

Si se entiende a la organización como un ecosistema o como un organismo biológico, la complejidad dentro de nuestras entidades puede ser absorbida o reducida. Para que la variedad sea absorbida por el organismo, éste requiere que el sistema de control tenga la misma variedad que el sistema que controla (Ashby, 1977). En el momento en el que estas variedades son asimiladas, se entiende que la organización absorbe la complejidad; por ejemplo: el nivel de complejidad dentro del departamento de mercado en una organización debe ser igual al nivel de complejidad de las necesidades del cliente y al del departamento de finanzas (Alfaro, González, & Álvarez, 2013).

Como se ha dicho, la libertad entre interconexiones no significa desorden. Por ello, dentro de la organización y en su relación con la complejidad, las jerarquías cobran especial importancia. La absorción de la complejidad no significa la eliminación de la estructura jerárquica, por el contrario, es a través de ésta que las redes se relacionan de una manera correcta. Si la jerarquía no existe o no funciona, aparece la burocracia dentro de la organización (Alfaro, González, & Álvarez, 2013). Se

deben comprender entonces tres elementos básicos dentro de la complejidad organizacional: las redes, las jerarquías y el mercado.

### ***REDES***

De los factores de éxito de una empresa, la gestión del conocimiento juega un papel fundamental en las estrategias de empoderamiento de las redes de negocio. En este tipo de redes, la complejidad obliga a la adaptabilidad para generar ventajas competitivas, y se entiende a sí existen pocas conexiones los elementos individuales (por ejemplo, las sucursales) trabajan como elementos aislados que no transmiten información a través de la red. Y, al contrario, si existen demasiadas conexiones (por ejemplo, elementos de control) la red puede congestionarse con un alto volumen de información.

Las redes de organización se distinguen de las redes de negocio porque las primeras trabajan con la jerarquía en funciones y cargos, mientras que las segundas se generan a partir de condiciones de igualdad. Las interacciones dadas entre las redes de organización y la jerarquía pueden producir efectos positivos como el dinamismo en los procesos, pero también efectos negativos como las tensiones internas. En ambos casos se debe identificar el efecto para generar estrategias que permitan la evolución de la organización (Alfaro, González, & Álvarez, 2013).

### ***JERARQUÍAS***

Jerarquías naturales: Son aquellas que se relacionan con la autoorganización de los agentes en distintos niveles, los cuales son el soporte funcional para los niveles que emergen con características nuevas. Ejemplo de ello es el mercado financiero, cuyas fluctuaciones dependen de las macroeconomías más que de la organización.

Jerarquías formales: En este tipo de jerarquías existe una variación de poder entre los distintos niveles. Es en este tipo de jerarquías donde se sitúa la complejidad interna (variaciones dentro de la organización).

Algunas de los efectos positivos de las jerarquías formales pueden ser (Alfaro, González, & Álvarez, 2013):

- Simplificación: Complejidad del entorno absorbida por la jerarquía.
- Conservación del conocimiento: Experiencia acumulada a través de los niveles superiores
- Gestión de lo inesperado: Toma de decisiones por los niveles superiores respecto a las situaciones inesperadas
- Capacidad de predicción: La estabilidad de la organización produce, a través de la experiencia, la capacidad para pronosticar actividades futuras

Por otro lado, como efectos negativos de la jerarquización podemos destacar la tendencia a obstaculizar la gestión del cambio dentro de la organización, por lo que éstas deben ser establecidas

como componentes no lineales que permitan encontrar el equilibrio para la coexistencia de la conservación y las fuerzas de cambio propias de los mercados.

### **MERCADO**

Los mercados pueden ser tanto sistemas caóticos como complejos, y esta diferenciación se genera por los constantes cambios en el entorno económico y social. Cuando existe una crisis económica en cierto contexto se pueden observar comportamientos caóticos, y, por el contrario, cuando existe la estabilidad se generan redes complejas en ambientes optimistas.

La intrínseca relación de los mercados con los procesos internos de las empresas es un elemento que las organizaciones pueden prever, pero no controlar. En este sentido, se debe considerar que el mercado cumple las funciones de redistribución, fijación de precios y puntos de referencia que forman parte de los sistemas emergentes (Alfaro, González, & Álvarez, 2013).

## **1.6 EL SISTEMA Y LA CULTURA**

Cuando se habla de CAS, el ambiente externo cobra especial importancia si consideramos que la gestión estratégica del BIM se encuentra dentro de un ambiente inestable debido a la globalización.

Más allá de la definición de la cultura organizacional, la posibilidad de gestionar proyectos o equipos internacionales nos exige un conjunto de habilidades de liderazgo ante personas de diferentes orígenes y culturas (Recursos en Project Management, n.d.). Integrar especialistas provenientes de distintas culturas al equipo colaborativo, puede considerarse como el estado emergente, ya que la cultura no es un factor controlable pero que impacta directamente en la conducta del equipo.

El modelo de las seis dimensiones de las culturas nacionales, desarrollado por Hofstede<sup>19</sup>, identifica las áreas clave de estas, caracterizando cada cultura o país en una escala del 0 al 120 con respecto a cada variable, las cuales son (Hofstede, n.d.):

- **Distancia al poder (PDI):** expresa la actitud de la cultura frente a las desigualdades entre individuos. Es la medida en que los miembros menos poderosos de una organización aceptan y esperan que el poder se distribuya de manera desigual.  
Una puntuación baja refleja estructuras horizontales (igualdad de los componentes para la toma de decisiones). Una puntuación alta significa estructuras verticales (jerarquía donde se espera que los niveles superiores tomen las decisiones).
- **Individualismo (IDV):** Importancia de las necesidades y logros individuales frente a los del grupo. Mide si la imagen propia se define en términos del “yo” o del “nosotros”.

---

<sup>19</sup> Geert Hofstede (Haarlem, 1928) es Doctor en Psicología Social la Universidad de Groningen- Fundó el Departamento de Personal de IBM en 1965 donde, a través de sus aproximadamente cien mil empleados en todo el mundo, reunió datos relativos a los valores y perspectivas culturales. Esto le permitió comparar normas culturales, comportamientos y valores en distintos países. Fuente: (Clayton, 2016).

Una puntuación baja significa una sociedad colectivista (las personas pertenecen a grupos que deben cuidarlos a cambio de lealtad). Una puntuación alta indica una sociedad individualista (las personas deben cuidar de sí mismas y de su familia directa).

- **Masculinidad (MAS):** Relación entre los roles masculino y femenino. Mide el nivel de competitividad entre los individuos y si existe una preferencia por los logros materiales y la asertividad (masculino) o por la calidad de vida y la cooperación (femenino).

Una puntuación baja indica una sociedad femenina (la calidad de vida representa el éxito). Una puntuación alta significa una sociedad masculina (el logro material o ganar representa el éxito).

- **Evasión de la incertidumbre (UAI):** Aceptación de la indefinición, incertidumbre o ambigüedad. Mide el grado en que una sociedad enfrenta las situaciones desconocidas, acontecimientos inesperados y la tensión del cambio. Se refiere a cómo la sociedad responde ante estos hechos: si trata de controlar el futuro o simplemente deja que las cosas sucedan.

Una puntuación baja significa que se mantiene una actitud más relajada ante los cambios (tienen menos reglas y/o leyes, y pautas flexibles). Una puntuación alta indica un código rígido de comportamientos y creencias (poca tolerancia al cambio; minimiza la ansiedad a través de normas, reglas y/o leyes rígidas).

- **Orientación a largo plazo (LTO):** Conservación de los vínculos con el propio pasado para enfrentar desafíos futuros. Las sociedades priorizan alguno de los dos objetivos existenciales, lo cual define el compromiso con las tareas, ya sea a los objetivos o a los resultados.

Una puntuación baja indica una sociedad que prefiere mantener las tradiciones y normas consagradas (sociedad normativa), donde el pasado proporciona una brújula moral. Una puntuación alta significa que la sociedad adopta enfoques pragmáticos como la inversión en la educación moderna como preparación para el futuro (sociedad pragmática), ya que asume que el mundo está en constante cambio.

- **Indulgencia (IND):** Grado de permisividad con respecto a la gratificación libre de los impulsos humanos básicos, como la diversión y disfrute de la vida.

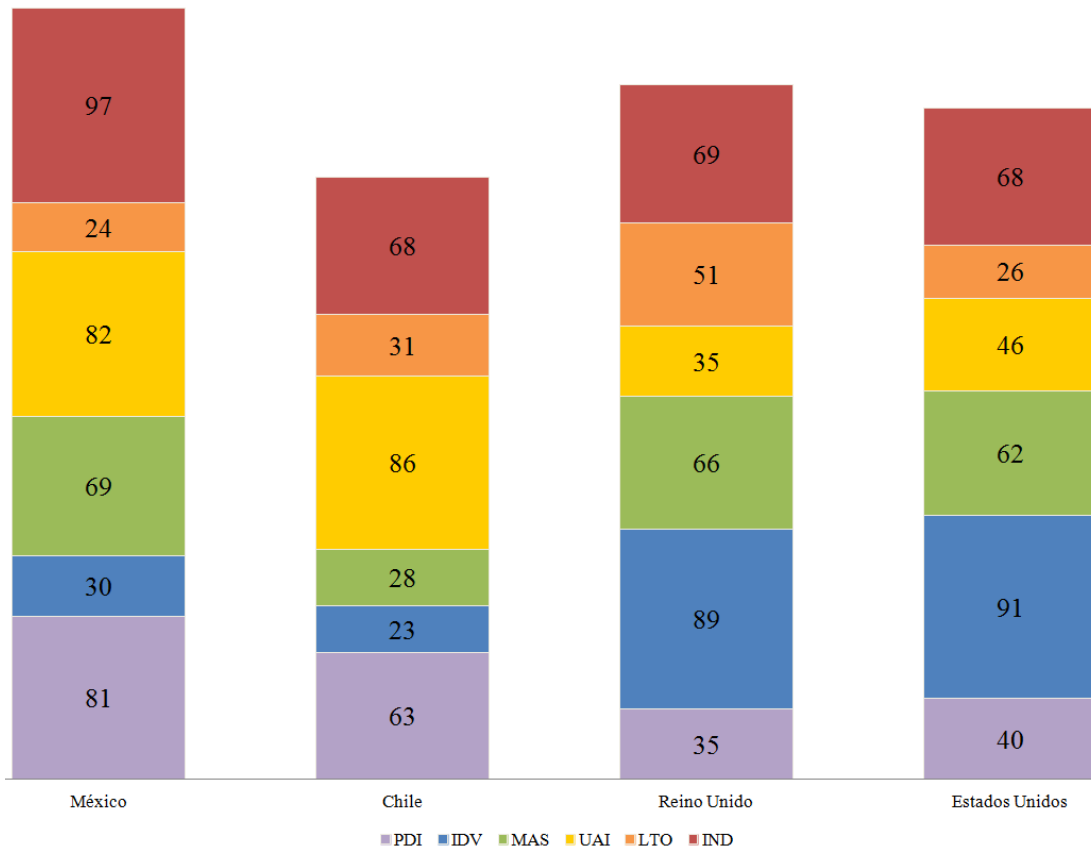
Una puntuación baja indica que la sociedad suprime la satisfacción de las necesidades y las regula mediante normas estrictas (sociedad restringida). Una puntuación alta significa que la sociedad tolera y muestra voluntad para realizar impulsos y deseos (sociedad indulgente).

En el caso de México, sus índices describen una sociedad jerárquica, donde se acepta la inequidad, centralización del poder y subordinación sin mayor justificación (PDI: 81). Con respecto al IDV se muestra una sociedad colectivista, donde las decisiones administrativas deben ser enfocadas a los grupos (IDV: 30). Por otro lado, es también una sociedad masculina, es decir, que hace énfasis en la competitividad (MAS: 69); mientras que su marco de evasión a la incertidumbre muestra códigos rígidos de comportamientos y creencias (UAI: 82), por lo que existe una alta resistencia a la innovación. Finalmente, su orientación a largo plazo exhibe un gran respeto por las tradiciones, que apunta a los logros inmediatos y no a la planificación del futuro (LTO: 24); esto se refleja también en



el alto puntaje obtenido en el indicador de la indulgencia (IND: 97), lo que quiere decir que tiene una alta tolerancia hacia los impulsos y deseos individuales (derroche económico), pero también significa una actitud general de optimismo y control débil.

Se muestran a continuación los indicadores de las seis dimensiones de las culturas nacionales, correspondientes a los países de Reino Unido, Estados Unidos, Chile y México (Hofstede, n.d.):



Gráfica 2. Indicadores de las 6 dimensiones de las culturas nacionales, que compara Reino Unido, Estados Unidos, Chile y México. Fuente: elaboración propia.

Esta herramienta nos permite comparar los resultados entre dos o más países. Este modelo se considera dentro de esta investigación porque nos permite visualizar las diferencias culturales que existen entre México y algunos países que han adoptado los procesos BIM, mismas que hacen evidente que la adopción requiere una visión holística del CAS.

## 2 LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL O INDUSTRIA 4.0

---

A lo largo de la historia, los avances tecnológicos incorporados a los procesos y actividades para la transformación de materias primas han marcado paradigmas para la humanidad. Los verdaderos impactos de estas evoluciones van mucho más allá del uso de nuevas herramientas de trabajo.

Reconocer que la innovación es un fenómeno social complejo, ha permitido que enfrentemos escenarios de adaptación cada vez de manera más veloz y con mayor impacto. Los efectos de cada revolución industrial son más evidentes en sus repercusiones inmediatas como los procesos de producción, pero a su vez transforman a las sociedades de manera profunda.

Con el objetivo de producir cada vez más y mejor, los procesos de industrialización son la fuerza transformadora de las culturas, economías y organizaciones sociales. En retrospectiva, es innegable el cambio de la humanidad con las primeras tres revoluciones industriales. Parece menos evidente la que estamos experimentando en la actualidad.

El concepto de Industria 4.0 (I4.0) nace en la Feria de Hanover en 2011<sup>20</sup>; y para el año 2013 esta nueva definición de la industria ya había sido analizada por la compañía Siemens para ser presentada ante el mundo. La cuarta revolución industrial se refiere a la transformación digital aplicada a la industria, sus procesos y productos, mediante la incorporación de sistemas de información.

### IMPACTO

Según Schwab (2017, pág. 46), fundador del Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés), existen dos corrientes económicas que explican los impactos de esta revolución industrial: los tecno pesimistas, quienes aseguran que las aportaciones de la digitalización ya se han hecho presentes y que su productividad está finalizando; y por otro lado la corriente tecno optimista, la cual afirma que los puntos de inflexión de la tecnología y la innovación desatarán el aumento de la productividad y mayor crecimiento económico.

Para Brynjolfsson y McAfee (2014), profesores del Massachusetts Institute of Technology (MIT), en periodo en el que vivimos es “la segunda era de las máquinas”, y afirman que el punto de inflexión en el que los efectos de las tecnologías digitales está por manifestarse con fuerza a través de la automatización, creando productos y relaciones sin precedentes.

---

<sup>20</sup> La Feria de Hannover o *Hannover Messe* se reconoce como el evento de exposición industrial más importante del mundo, donde los expositores presentan novedades y avances en materia de maquinaria, automatización y energías. Se ha llevado a cabo de manera anual desde el año de 1947 en Hannover, Alemania, con el fin de impulsar el avance industrial y económico de los países participantes. Fuente: <http://www.promexico.mx/es/mx/hannovermesse>.

Podría decirse que la disrupción de la tecnología digital en las industrias habría sido marginal en varios sentidos, porque la incorporación de los avances tecnológicos se limitaba a las herramientas de trabajo. Hoy, el salto de la digitalización y automatización hacia los sistemas de información afecta también a la organización y a sus procesos.

Encontrar en la transdisciplina una nueva forma de innovación ha permitido que la misma economía se vea obligada a reestructurar el pensamiento lineal. El surgimiento de formas empresariales parece más un problema de creatividad ante la voraz competencia en el mercado, pero la realidad es que el acceso a la tecnología y sobre todo a la información, permite la creación de nuevas empresas con el simple hecho de tener una conexión a internet y las habilidades para la programación. Hoy, empresas como Uber o Netflix generan grandes ganancias con poca inversión o costos bajos, al mismo tiempo que no requieren (dentro de su estructura organizacional) incrementar la oferta de empleos.

Conceptos como las plataformas digitales y la Inteligencia Artificial (IA), ofrecen posibilidades para la transformación absoluta de las industrias.

Repensar nuestros esquemas organizacionales es ahora una necesidad para la supervivencia de la empresa o industria. El estudio de los sistemas complejos en la ciencia podría ayudarnos a mejorar nuestra capacidad de adaptación ante la emergencia de los factores tecnológicos y su impacto social.

Cada revolución industrial ha traído consigo una serie de mejoras y crecimiento económico, al tiempo que se incrementa en grado de complejidad tecnológica. Por ello, no deberíamos abordar los problemas que presentan (como el desempleo generado por la automatización) de la misma forma en que lo hemos hecho históricamente. La evolución exige también innovación en la toma de decisiones y resolución de problemas complejos.

La industria inteligente parece para muchos una visión del futuro, sin embargo, la velocidad y la amplitud del crecimiento tecnológico significan hoy un desafío necesario para la competencia en el mercado de todas las organizaciones.

Para Schwab (2017, pág. 28), tanto las empresas como las industrias ya no se preguntan si experimentarán algún tipo de disrupción, sino cuándo, en qué forma y cómo afectara en su organización.

En ese sentido, debemos reconocer que la industria 4.0 plantea escenarios que obligan al pensamiento complejo, a dejar del lado los procesos lineales para poder ser competitivos. Algunas de las nuevas formas de estructuración organizacional que ofrece esta revolución están sujetas a sistemas complejos como:

- Capacidad de adaptación constante
- Personalización de los servicios
- Aportación de servicios post venta de manera directa con el cliente
- Reducción de tiempos de diseño, producción y venta de productos

- Integración de productos más servicios
- Series productivas más cortas y rentables
- Explotación de la información de múltiples canales a través de su análisis en tiempo real.

## MEGATENDENCIAS

Los factores diferenciales de esta revolución parecen radicar en las relaciones del proveedor con la producción.

Si asumimos que la innovación es un proceso social, entenderemos el impacto de los ejes entorno a los cuales se articula la I4.0, los cuales son principalmente nueve (Del Val, 2016):

- Macro datos o *Big Data*
- Computación en la nube o *Cloud Computing* (CC)
- Ciberseguridad
- Robótica
- Internet de las Cosas o *Internet of Things* (IoT)
- Simulación o prototipado
- Realidad Aumentada
- Fabricación Aditiva o *Additive Manufacturing* (AM)
- Sistemas de Integración vertical y horizontal

El verdadero desafío no radica en la integración de estos ejes a nuestros sistemas industriales<sup>21</sup>, sino en las habilidades humanas para lidiar con transformaciones constantes dentro de las organizaciones, en la adaptación a los nuevos entornos y en su comunicación con las máquinas.

Debido a que los principales impulsores de la transformación afectan directamente a las industrias globales, se espera un impacto significativo en los empleos en el sentido de la productividad laboral y la ampliación de las brechas de las habilidades requeridas.

Para entender este cambio disruptivo, se puede pensar en el hecho de que el 65% de los niños que ingresan hoy a las escuelas primarias, terminarán en trabajos de tipos completamente nuevos que aún no existen. La urgencia de las acciones de adaptación es real y evidente.

---

<sup>21</sup> La integración de los ejes de la Industria 4.0 se plantea, desde el punto de vista económico, como accesible en países de primer mundo. Incluso, Schwab menciona en su libro "La cuarta revolución industrial" que los principales problemas ante esta transición no se darán en el ámbito del acceso al capital económico, sino al del capital humano que sea capaz de cumplir con las habilidades para enfrentar la disrupción tecnológica. Sin embargo, en países subdesarrollados como nuestro, este acceso a la tecnología sigue siendo una visión futurista, ya que existen poblaciones dentro del territorio que aun no han experimentado los efectos de la segunda o tercera revolución industrial. El costo sigue siendo en ocasiones inalcanzable para una parte de las pequeñas y medianas empresas, y por lo tanto, un factor importante a considerar en durante la integración de nuevas tecnologías en los sistemas industriales.

Hablemos entonces de lo que significa la cuarta revolución industrial para nuestro país, para la industria de la construcción y qué medidas debemos de considerar para enfrentar este cambio que, para las potencias mundiales representa una revolución.

## 2.1 LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Quizá la disrupción de los avances tecnológicos es más evidente en industrias como la automotriz, en la Informática o la Medicina. Pero en la Industria de la Construcción o la llamada AECO (*Architecture, Engineering Construction & Operations industry*) el ritmo de evolución ha sido menos repentino.

La llegada de la IA hace más propensas a la automatización a ciertas profesiones. De acuerdo con la investigación de Benedikt y Osborne (2013), las profesiones más afectadas serán las relacionadas con las ventas vía telefónica, los Contadores y los proveedores de entregas y mensajerías. Por otro lado, coloca a los Psicólogos, Gestores de Recursos humanos, Ingenieros Marinos y Arquitectos, como los menos propensos a la automatización.

Debemos de reconocer que, a pesar de pertenecer a la Industria de la Construcción, los procesos de la Arquitectura no son enteramente industrializados. Por ello, se podría decir que los verdaderos impactos de la Industria 4.0 se darán en el ámbito de la transferencia de la información.

Los impulsores de las mega tendencias se dividen en tres grandes tópicos (Schwab, 2017, pág. 29):

- Físicos
- Biológicos
- Digitales

El estudio de los impactos en la Industria AECO podría proporcionar un panorama diferente para las gestiones estratégicas de las empresas. La incorporación de los factores supone un sistema emergente para la Industria.

En ningún caso debemos olvidar que los impulsores aquí planteados se encuentran en diversos contextos socio culturales, lo que implica que la comprensión, acceso e incorporación a cada uno de ellos es distinto en cada región del mundo.

### **IMPULSORES FÍSICOS.**

Para la Industria AECO, algunos de los impulsores físicos más fáciles de detectar son:

#### ***FABRICACIÓN ADITIVA.***

La impresión 3D es la forma más conocida de la AM, y se refiere a la creación de objetos físicos “mediante la impresión capa por capa de un modelo o dibujo digital en 3D” (Schwab, 2017, pág. 31).

Los primeros equipos y materiales empleados para la AM surgieron en la década de 1980 en el Instituto de Investigación Industrial de Nagoya, Japón, y se basaban en polímeros capaces de modelar objetos en 3D mediante directrices de escaneo (CANACINTRA, 2015).

Más allá del uso obvio de los modelos tridimensionales, como lo son las maquetas o prototipos a escala, con el crecimiento de la robótica hoy es posible imprimir en 3D con materiales como el cemento, dando paso a las primeras viviendas impresas como la *3D Housing 05* en Italia, o la casa *Yhnova* en Francia<sup>22</sup>.

### **CO-ROBOTS.**

El uso de robots en las industrias específicas como la automotriz se ha limitado a tareas muy controladas. Se debe al progreso de los sensores y al desarrollo de la IA, que la incorporación de los robots a industrias como la agrícola o la medicina es una realidad (Schwab, 2017, pág. 32).

Lo anterior nos presenta un panorama en el que la comunicación entre el hombre y la máquina será cada vez más sencilla. La Federación Internacional de Robótica (International Federation of Robotics, 2016) define al Co-robot como *“un robot que opera semi o totalmente autónomamente, para realizar servicios útiles para el bienestar de los seres humanos y equipos, con exclusión de las operaciones de fabricación”*.

En la Industria AECO, los robots de servicio se emplean principalmente como “obreros” para la colocación de ladrillos o impresión 3D *in situ*, pero investigaciones recientes apuntan a la creación de co-robots para la asistencia en el diseño (Galiana, 2017).

### **NUEVOS MATERIALES.**

Al ser la materia prima de la Industria AECO, el surgimiento de nuevos materiales para la construcción representa uno de los ejes transformadores en esta revolución.

La nanotecnología nos ha traído materiales más ligeros, adaptables e incluso reciclables. En la Arquitectura, la aplicación de materiales inteligentes representa múltiples posibilidades de diseño (Schwab, 2017, pág. 33).

### **IMPULSORES BIOLÓGICOS**

---

<sup>22</sup> La llamada *3D Housing 05* es un desarrollo de Arup y CLS Architects, y se presentó en el pasado Salone del Mobile de Milán 2018. Fuente: (Acebal, 2018).

La casa *Yhnova* es una colaboración de la Universidad de Nantes, la ciudad de Council, Bouygues Construction, Lafarge Holcim, la organización Nantes Métropole Habitat y TICA architectes & Urbanistes. Fuente: (3Dnatives, 2018).

La relación entre la Biología y la Arquitectura puede abordarse desde distintas perspectivas. Si hablamos de diseño o de concepciones formales, la geometría de la naturaleza ha inspirado a los Arquitectos.

El máximo exponente mexicano de la llamada Arquitectura Orgánica es el Arq. Javier Senosiain, quien ha plasmado en sus obras una relación fundamental entre el objeto arquitectónico y la naturaleza (INBA, 2017). Aunque el verdadero antecedente de esta filosofía que vincula a la Biología con la Arquitectura es sin duda Frank Lloyd Wright, quien promovió la armonía entre el hábitat humano y el mundo a través de la composición unificada y correlacionada con el entorno natural (Vaquero, 2012).

También relacionamos estas dos disciplinas a través de la Bioarquitectura<sup>23</sup>, o la menos obvia Psicología Ambiental. Nos preocupamos hoy por los efectos de los materiales con los que construimos, así como de los espacios como catalizadores de reacciones biológicas.

Pero en mi opinión, la aportación más importante de la Biología en la Industria 4.0 es el estudio de los sistemas complejos. Es en esta disciplina donde se comienzan a observar los sistemas complejos de adaptación que despliegan comportamientos emergentes en organismos como el moho de fango y las colonias de hormigas (Johnson, Sistemas emergentes: O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software, 2003).

*Los sistemas emergentes pueden ser brillantes innovadores y tienden a adaptarse mejor a cambios bruscos que los modelos jerárquicos, más rígidos. Esas cualidades hacen muy tentadores los principios de la inteligencia ascendente, cuando se trata de negocios que intentan mantenerse en el nivel de cambio característico del siglo XXI (Johnson, 2003, pág. 182).*

En la medida en la que comprendamos y adoptemos los descubrimientos, la industria podría transformarse en organismos adaptativos que responden a las emergencias tecnológicas con base en reglas simples y de autoorganización.

### **IMPULSORES DIGITALES**

Estos impulsores son los que vemos con mayor claridad en la Industria de la Construcción. En particular, en IoT ha permitido la automatización de las edificaciones en niveles cada vez más precisos. Los sensores, transmisores o etiquetas de identificación por radio frecuencia (RFID) permiten rastrear movimientos de paquetes, contenedores o materiales dentro de una cadena de suministro.

---

<sup>23</sup> Se expresa *Bioarquitectura* como el conjunto de materiales y sistemas constructivos de bajo impacto ambiental y cuyas geometrías tienen una relación directa con su entorno.

Los sistemas de información hacen que ese mismo objeto monitoreado pueda brindarnos datos (temperatura, tiempo de vida útil, cantidad, peso, etc.) relevantes para la toma de decisiones, antes, durante y después de los procesos constructivos.

Los Sistemas de Administración de la Edificación o *Building Management System* (BMS) son basados en *software* y *hardware* cuyo objetivo es el de supervisar y controlar el equipo activo de una edificación. Son la evolución de los llamados *Building Automation Systems* (BAS) y consisten en una estructura de administración centralizada de componentes como la detección y protección contra incendios, aire acondicionado, sistema eléctrico, instalaciones especiales, etc. (Brambley, y otros, 2005).

Estos sistemas permiten al personal de mantenimiento monitorear la información de los equipos del edificio, lo cual supone un incremento en la productividad y minimiza el riesgo de pérdida de equipos. Pero el monitoreo de los equipos activos es solamente una parte de la administración de la edificación. Para la coordinación, monitoreo y control de los procesos de mantenimiento existen los sistemas de Gestión del Mantenimiento e Instalaciones de la Edificación (*Facilities Management*, FM).

Estos sistemas tienen como objetivo soportar la actividad referente al funcionamiento de los inmuebles, sus servicios asociados y los relativos al personal de una organización (BIFM, n.d.) Se encargan entonces de la última etapa del ciclo de vida del edificio y contienen la información de la operación el mantenimiento de este, y es posible mantener el monitoreo en tiempo real a través de casi cualquier plataforma.

Al igual que los BMS, estos sistemas son diseñados con base en los requerimientos específicos del cliente. Ofrecen funciones estratégicas de planificación, implementación y administración de instalaciones.

Estos productos permiten centralizar e integrar procesos de la administración de las de instalaciones y acelerar la configuración del sitio de trabajo de la organización (IBM, n.d.).

Cada uno de los productos digitales descritos forman parte de las herramientas de apoyo a la industria de la construcción y que abarcan el control, la operación y el mantenimiento.

Pero es la aparición de los Modelos de Información para la Edificación (Building Information Modeling, BIM) los que tienen mayor impacto en los procesos de producción de la Industria AECO.

## 2.2 LA ERA DEL BIM

Para definir BIM es necesario aclarar que, según la norma ISO/TS 12911:2012 *Framework for Building Information Modelling (BIM) Guidance*, este es un acrónimo se emplea para definir dos conceptos:



a) *Building Information Model* o Modelo de Información para la Construcción: consiste en la representación digital paramétrica de la construcción, la cual incluye la geometría y la información de sus componentes.

b) *Building Information Modeling* o Modelado de la Información para la Construcción: se refiere al método o proceso empleado para el desarrollo del modelo de información. Este proceso apoya las decisiones durante todo el ciclo de vida del proyecto, y por lo tanto requiere de la integración y gestión de la información que provee cada especialista.

Para fines de esta investigación, haremos la distinción de estos dos conceptos usando los términos modelo BIM y modelado BIM.

En palabras de Ramos (2017), el modelado BIM es un moderno proceso para la industria de la construcción, diseñado para mejorar la productividad de la misma. Los flujos de trabajo en el modelado BIM están basados en tecnología informática lo cual no solamente permite, sino que requiere del trabajo colaborativo de todos los involucrados en el proceso.

El modelo BIM es una representación digital compartida de características físicas y funcionales de los componentes de la construcción (Sánchez T. , 2017). Es por ello por lo que se puede decir que este es un modelo de preconstrucción virtual, ya que las entradas que se producen digitalmente son una representación fiel de los atributos de cada elemento.

El Grupo de Trabajo de BIM en Reino Unido o *UK BIM Task Group*<sup>24</sup>, define al BIM como la:

*“...colaboración que genera valor por medio del ciclo de vida integral de un activo, respaldado por la creación, el cotejo y el intercambio de modelos compartidos en 3D así como datos inteligentes y estructurados anexos a los mismos” (Rawlinson, 2016).*

Podemos suponer entonces que los modelos BIM son la evolución de los sistemas de gestión tradicionales, ya que su objetivo es, desde el origen, concentrar e integrar la información del proyecto; todo ello a través de la colaboración de todos los agentes participantes.

## NIVELES DE MADUREZ

El concepto de Madurez (Succar, 2009) existe desde hace tiempo en otros sectores. Ejemplo de ello es el concepto del Modelo de Madurez de Capacidad (CMM) en la Informática (Globales, n.d.). Inicialmente, el CMM fue concebido como una herramienta de evaluación que permite identificar

---

<sup>24</sup> Este grupo de trabajo es financiado por el Gobierno del Reino Unido y administrado por la Oficina del Gabinete. Fue creado en 2011 con el objetivo de impulsar la adopción de BIM en todo el gobierno de Reino Unido. También busca apoyar la propia Estrategia de Construcción del Gobierno. A través de sus actividades buscan fortalecer las capacidades del sector público en la implementación de BIM, con el fin de que todos los departamentos del gobierno central adoptaran el nivel 2 de madurez para el año 2016. Fuente: (BIM Task Group, n.d.)

una serie de niveles de mejora en procesos estandarizados (niveles de madurez), y que a su vez permitiera incrementar la productividad de las empresas.

El CMM no se aplica en la industria de la construcción ya que es un concepto desarrollado específicamente para la Informática. Sin embargo, resaltamos un modelo de madurez propuesto por Bew y Richards (contenido en la PAS 1192-3), que es una extensión del concepto CMM aplicado a la gestión de información del modelado BIM.

Este modelo de madurez indica la capacidad de operar e intercambiar la información dentro de la cadena de producción constructiva. Podría definirse como el flujo de trabajo cuyo objetivo es lograr un proceso totalmente colaborativo, y es por ello por lo que se encuentra dividido en cuatro niveles.

### **EL ESTADO DEL BIM EN EL MUNDO**

Con más de dos décadas de existencia, BIM ha crecido en forma diferencial en cada continente. Estudios recientes muestran un crecimiento de la participación económica de países como Estado Unidos, Canadá, Reino Unido, Alemania o Francia, que ya han integrado BIM en las estrategias dentro de la Industria AECO. Se estima que para 2020, el mercado BIM crecerá hasta 12% en Norte América, 13% en Europa y Asia, y 11% en el resto del mundo según un estudio de mercado (BIMCommunity, 2016).

En el caso de los niveles de madurez, Australia, Estados Unidos y Reino Unido se encuentran en promedio en el nivel 2, y se encuentran en la transición hacia el nivel 3 (Kassem, Succar, & Dawood, 2013).

Los resultados de estudios de mercado demuestran que los países que más han invertido en tecnologías BIM en 2016 son Australia, Países Bajos y Suiza, por delante de Reino Unido o Alemania (Cambashi Insights, 2016).

En cuanto a las estrategias gubernamentales o nacionales se destaca el papel del Reino Unido. En 2011 emitió un mandato referente a la adopción del BIM en la Industria AECO. El objetivo de esta estrategia de construcción gubernamental es garantizar los beneficios del intercambio de información de los activos mediante el uso de los modelos BIM (Rawlinson, 2016).

Este mandato, que entró en vigor en abril de 2016, ha permitido que se genere una perspectiva sobre las problemáticas que deben considerarse en una implementación exitosa del BIM.

Pero la aparición de estrategias nacionales y normativas obligatorias han marcado el mapa europeo como el principal impulsor de la adopción.

En general, América Latina ha tratado de sumarse y adoptar estas medidas ya probadas en los países europeos. Chile, por ejemplo, ha realizado esfuerzos significativos para acortar la brecha del

desarrollo de BIM entre Europa y este país. A través de instancias técnicas como BIMForum<sup>25</sup> Chile, se ha logrado generar una amplia comunidad que apoya y difunde el uso de los Modelos de Información.

Por su parte, Argentina ha adquirido el *software* ArchiCAD con el objetivo de implantarlo en sus programas de educación técnico profesionales (BIMCommunity, 2017). En el año 2017 incorporó carreras de especialización enfocadas al modelado BIM en la Universidad de Buenos Aires (Universidad de Buenos Aires, n.d.)

De acuerdo con el más reciente análisis comparativo del mercado de la macro adopción de BIM, la presencia en los seis continentes ha generado un número importante de estrategias de difusión (Kassem & Succar, Macro BIM adoption: Comparative market analysis, 2017).

## 2.3 EL ESTADO DEL BIM EN MÉXICO

Nuestro país tiene presencia en la mayoría de los estudios de mercado BIM. De acuerdo con Kassem y Succar (2017), México se encuentra dentro de los países con mayor difusión en América Latina. A pesar de ello, en los estudios referentes a los niveles de madurez del BIM, México se encuentra en la transición del nivel 1 al nivel 2 (Kassem, Succar, & Dawood, 2013).

Sin embargo, aún no contamos con datos estadísticos confiables que nos permitan tomar decisiones respecto a sus impactos en la Industria AECO. En entrevista con los Coordinadores de Proyectos de las Instituciones Públicas<sup>26</sup>, los intentos de incorporación han resultado un reto principalmente social-cultural.

En la iniciativa privada sí se pueden encontrar escasos ejemplos de éxito en cuanto a la implementación, pero las empresas suelen reservarse la información correspondiente a sus estrategias por razones competitivas.

Se puede observar un común denominador en los fracasos de implementación BIM: Los planes se han elaborado con base en las normativas europeas, cuyos estándares y procesos no corresponden con el contexto social latinoamericano.

Otro factor importante es el desconocimiento del proceso. En la estructura jerárquica de las empresas, los altos mandos suelen considerar el BIM como un cambio de herramienta tecnológica

---

<sup>25</sup> BIMForum Chile es una instancia técnica y permanente, que reúne a los principales profesionales e instituciones de MIC en ese país. Esta instancia establece "*propósitos netamente técnicos y sesiona bajo la coordinación de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción, entidad que ejerce su secretaría ejecutiva*". Fuente: (BIMForum Chile, n.d.)

<sup>26</sup> Se realizaron entrevistas con los especialistas y/o Coordinadores de Proyectos de las siguientes instituciones: UNAM, ISSSTE, IMSS y CFE, entre los meses de septiembre y diciembre de 2017.

(cambiar un *software* por otro), por lo que enfocan sus esfuerzos en la capacitación técnica de la persona, dejando de lado los múltiples elementos que influyen en el nuevo proceso.

Los entrevistados mostraban un importante desconocimiento de los requerimientos de la reingeniería del proceso que supone la llegada de BIM a la Industria.

Al ser un proceso colaborativo, BIM demanda procesos no lineales. Esta problemática no se presentó de manera tan evidente cuando se migró del dibujo a mano hacia el dibujo digitalizado en 2D (CAD). Pero en esta ocasión, no se trata de dominar la herramienta, sino de dominar el proceso.

La literatura sobre la que se basa la norma NMX-C-527-1-ONNCCE-2017: Industria de la Construcción - Modelado de Información de la Construcción, es principalmente la proveniente de Reino Unido, país que tiene procesos de licitación pública distintos a los de nuestro país.

Asimismo, estudios bibliométricos sobre la literatura BIM, demuestran que gran parte de las investigaciones están enfocadas a resolver los problemas técnicos y administrativos de este proceso (Oraee, Hosseini, Papadonikolaki, Palliyaguru, & Arashpour, 2017). En nuestro país, no existen herramientas que permitan a las empresas o instituciones gestionar el cambio de manera integral, sin enfocarse a la resolución técnica y que coadyuve al cambio de filosofía empresarial para no dañar las estructuras organizacionales.

## 2.4 PROSPECTIVA

De acuerdo con el reporte del WEF "*Las 10 habilidades que necesita para prosperar en la Cuarta Revolución Industrial*", publicado en enero de 2016, se plantea que para el año 2020 muchos de los procesos que hoy realizamos habrán sido automatizados gracias al desarrollo de la IA.

Esto supone que las habilidades que debemos desarrollar para continuar siendo competitivos y no caer en la obsolescencia, deberán desarrollarse con mayor calidad. Estas 10 habilidades son:

- Resolución de problemas complejos
- Pensamiento crítico
- Creatividad
- Manejo de personas
- Trabajo colaborativo
- Inteligencia emocional
- Juicio y toma de decisiones
- Vocación de servicio
- Negociación
- Flexibilidad cognitiva

Hemos explicado que el verdadero sentido de la producción digital y, por lo tanto, su fundamento es el trabajo colaborativo. Teniendo esta idea clara, se puede concluir que los esfuerzos para implementar nuevos procesos de producción deben enfocarse en la parte operativa de los mismos, facilitando al capital humano la comprensión de la importancia de la colaboración.

En ese sentido, si consideramos la importancia de estas habilidades que se requieren, debemos mirar hacia la formación de nuestros profesionistas.

Se realizó una encuesta<sup>27</sup> entre los estudiantes de séptimo a décimo semestre de la carrera de Arquitectura, en la que se obtuvieron datos referentes a la colaboración. La muestra reveló que lo el 58% de los alumnos no han tenido experiencia laboral, el 76% de ellos no ha tenido asesoría o colaboración con profesiones distintas a la Arquitectura, y que el 84% se considera líder.

Estos datos exponen una de las problemáticas que enfrentan los jóvenes al insertarse en el campo laboral: la colaboración. Dialogar con profesionistas que no son Arquitectos les resulta conflictivo, y dentro del mismo equipo de trabajo surgen las competencias individuales que les impiden compartir información para el logro de los objetivos empresariales.

Evidentemente, es necesario replantear los enfoques con los que se forma a los profesionistas, haciendo énfasis en la necesidad de adquirir habilidades que serán básicas para los trabajos que realizarán. Pero resolver el sistema educativo no es materia de esta investigación, por lo que nos enfocaremos en proponer la solución a este problema que hoy enfrentamos.

Los esquemas organizacionales de las empresas de Arquitectura son mayormente jerárquicos, piramidales o verticales. Aun cuando las tendencias mundiales apuntan a los crecimientos horizontales (Chiavenato, 2000), en nuestro país preservamos las características de las organizaciones verticales.

Cuando el BIM aparece, irrumpe en los procesos industriales, por lo que es muy importante considerar el tipo de organización con el que cuentan las empresas o instituciones. La implementación del BIM requiere de una reingeniería de procesos, misma que los Arquitectos suelen omitir.

El entendimiento de este método requiere que todas las partes de la organización comprendan, adopten y adapten la tecnología. El enfoque sistémico apoya estos cambios disruptivos en nuestra industria, pero lo que requerimos son herramientas que comuniquen el cambio de filosofía empresarial desde la base hasta la punta.

---

<sup>27</sup> La encuesta de elaboración propia se llevó a cabo a través de la plataforma Google Forms durante el 21 de marzo y el 20 de mayo de 2018. Se tomó una muestra del 30% de los estudiantes inscritos de séptimo a décimo semestre en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México, y el 100% en la Universidad Marista. En total se obtuvieron 150 encuestas respondidas.

La postura de esta investigación es la de apoyar la gestión del cambio del CAD al BIM, pero sobre todo la de coadyuvar a la reingeniería de procesos mediante el impulso de la esencia del BIM. Ponernos de acuerdo, hablar el mismo idioma, comprender que tenemos el mismo objetivo, y fomentar el trabajo en equipo.

La herramienta que se propone es un Protocolo de Colaboración para Modelos de Información. Para noviembre de 2016, se habían escrito alrededor de 1,031 estudios relacionados con la metodología BIM en la AECO (Oraee, Hosseini, Papadonikolaki, Palliyaguru, & Arashpour, 2017), la mayoría relacionadas al modelado y a la administración de los modelos de información. Y aunque la literatura es extensa (normatividad, manuales, guías y planes) no existen herramientas que ayuden a las empresas mexicanas a adoptar un nuevo proceso de producción con un enfoque humano y desde la base.

Como se vio anteriormente, el estudio sobre los sistemas emergentes y los sistemas complejos, serán las bases para establecer reglas mínimas de micro conductas (estrategias individuales) que impactan en la macro conducta (estrategias empresariales).

### 3 GESTIÓN ESTRATÉGICA Y EQUIPOS COLABORATIVOS

---

De acuerdo con los problemas mencionados y la teoría seleccionada, se definió que es necesaria la integración de equipos colaborativos dentro de la gestión estratégica de BIM. Esto, como se ha visto, debe formar parte de la implementación de innovaciones tecnológicas dentro de los procesos productivos de las organizaciones.

Para la elaboración de la estrategia organizacional es necesaria la visión transdisciplinaria que permita absorber la emergencia dentro del sistema complejo. Para ello, se conformó un equipo de trabajo integrado por especialistas en diversas disciplinas: Arquitectura, Ingeniería y Psicología Industrial, Sociología, Administración, Especialistas en BIM y Antropología.

Se determinó que, debido a que los procesos productivos dentro de la Industria AECO son obstaculizados por la falta de colaboración y entendimiento de los procesos BIM, la necesidad inmediata para la entera funcionalidad de los BIM debía ser la resolución de estos conflictos identificados.

El producto propuesto es un Protocolo de Colaboración para productos digitales, y para ello, debió establecerse en primer lugar la estrategia general a implementar dentro de una organización. De esta manera, debieron identificarse las características del producto que den respuesta real a la problemática identificada. Posteriormente el producto se aplicó en una empresa específica, como veremos en el siguiente capítulo, para poder recibir la retroalimentación necesaria para la evolución del sistema.

El objetivo general es mejorar la productividad y evitar pérdidas a la organización mediante un método estructurado entre equipos colaborativos, que establezca roles, responsabilidades, estándares y entregables del BIM; en un periodo máximo de 6 meses.

#### **DEFINICIÓN DE LA ESTRATEGIA GENERAL**

Dentro del ciclo administrativo, la gestión estratégica se centró en dos etapas en las que el pensamiento estratégico es fundamental: La planeación y la organización.

Son estas dos fases las que permiten que se lleven a cabo las tácticas (referidas al corto plazo de máximo 6 meses) y las estrategias, concebidas para proyectar a la organización en el largo plazo (5 años o más) y ante un mercado dinámico que exige la ventaja competitiva.

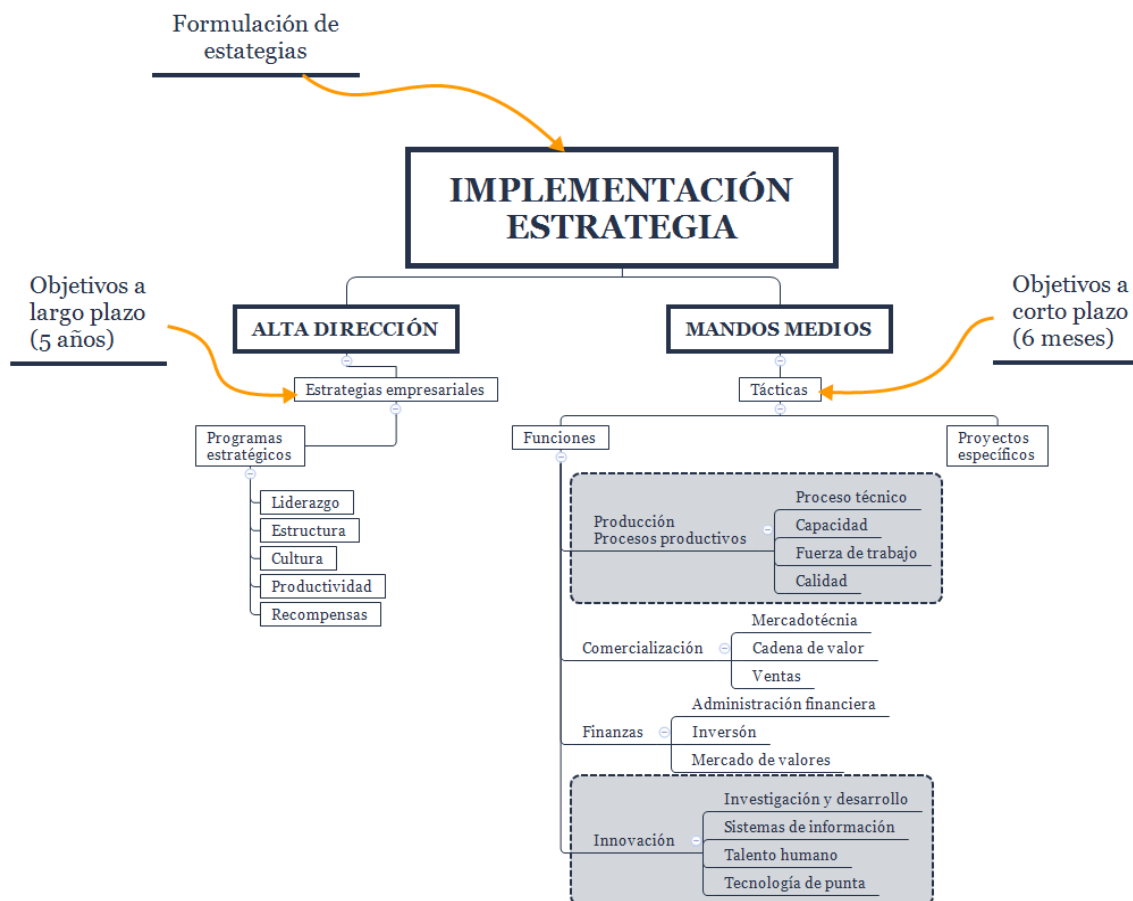


Diagrama 7. Definición de la implementación de la estrategia. Fuente: elaboración propia.

Se tomaron como modelo para la elaboración de la estrategia general las líneas de actuación que propuso el gobierno español en 2016 para enfrentar la cuarta revolución industrial (Secretaría General de Industria y de la PYME, 2016):

- Asegurar el conocimiento y desarrollo de competencias: A través de la concientización y formación.
- Promover la colaboración multidisciplinaria: Con entornos y/o plataformas colaborativas.
- Fomentar el desarrollo de habilitadores digitales: Apoyar la investigación y desarrollo de tecnología aplicable.
- Apoyar la puesta en marca de la I4.0: A través de la estandarización y regulación de las herramientas y procesos de adopción.

Estos ejes serán la base de las acciones que realizará la empresa, por lo que deben ser desarrollados y organizados con herramientas que permitan su ejecución. Se observa que las líneas de actuación definidas enfocan sus esfuerzos en el talento humano, la comunicación organizacional y a la



reingeniería de procesos; más que en la tecnología, se sustentan en aspectos humanos. Por ello, se sugiere estudiar en primera instancia lo relativo al conocimiento y factores humanos, y posteriormente los aspectos técnicos.

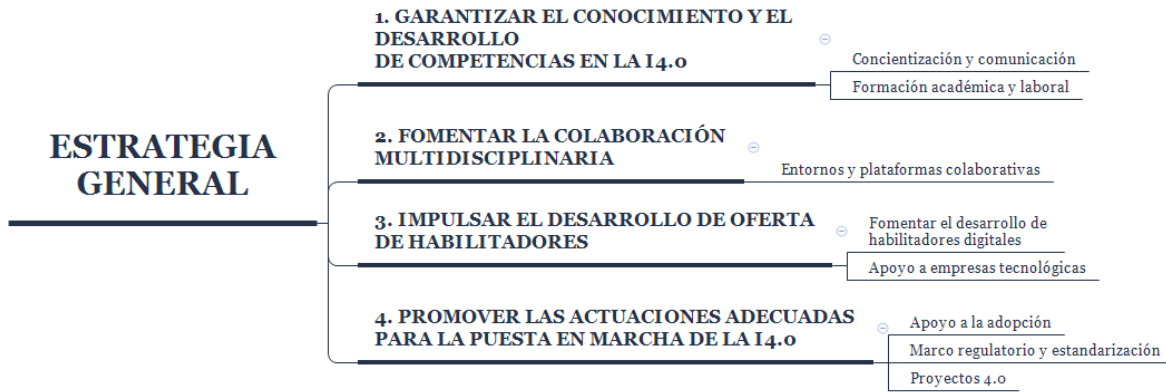


Diagrama 8. Líneas de actuación para la estrategia general. Fuente: elaboración propia con base en (Secretaría General de Industria y de la PYME, 2016)

### FASES DE LA GESTIÓN ESTRATÉGICA

Para fines de esta investigación se expone una propuesta de proceso genérico de la gestión estratégica, en la cual se desglosan los elementos que componen a cada fase y que sirve para comprender la complejidad que requiere la implementación del pensamiento estratégico dentro de las organizaciones.

Cabe mencionar que cada una de las fases expuestas cuenta con una serie de herramientas de formulación, implementación, control y evaluación, las cuales deben ser estudiadas por los altos mandos de la organización, siempre considerando a los mandos medios y operativos.

El proceso de la gestión estratégica se elaboró con base en la información de Montero (n.d.), y representa una propuesta propia que puede ser empleada de manera genérica. Como veremos más adelante, esta herramienta nos ayudará a plantear la gestión estratégica de modelos BIM, aplicados a la integración de equipos colaborativos en organizaciones de la Industria AECO.

El proceso comienza con una fase referida a la preparación, a modo de introducción a la gestión estratégica; en esta fase se han incluido los fundamentos y factores que influyen en el pensamiento estratégico, y los cuales dan paso al proceso de previsión y planeación.

Posteriormente, se consideró una fase para la elaboración del modelo estratégico y la formulación de las estrategias determinadas por la fase anterior. La tercera fase es exclusivamente la implementación de las estrategias, las cuales son controladas y evaluadas en las dos fases posteriores. Aunado a ello, se exponen una serie de principios, los cuales deberán ser los ejes sobre los cuales se desarrollará todo el proceso:

3.1 PROPUESTA DE PROCESO GENÉRICO DE LA GESTIÓN ESTRATÉGICA

Pensamiento estratégico			Previsión	Planeación estratégica	Modelo estratégico	Formulación estratégica
Fundamentos	Factores	Incorporación	Proceso	Proceso	Análisis	Tipos
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Reflexión</li> <li>◦ Enfoque sistemático</li> <li>◦ Ser realista</li> <li>◦ Cuestionar</li> <li>◦ Proactividad</li> <li>◦ Romper paradigmas</li> <li>◦ Creatividad</li> <li>◦ Información</li> <li>◦ Análisis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Visión</li> <li>◦ Ventaja competitiva</li> <li>◦ Tecnología</li> <li>◦ Entorno</li> <li>◦ Sustentabilidad</li> <li>◦ Ética</li> <li>◦ Responsabilidad social</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Responder a demandas externas</li> <li>◦ Fortalecer condiciones internas</li> <li>◦ Compromiso</li> <li>◦ Nace de los altos mandos</li> <li>◦ Se realiza por mandos medios y operativos</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fijar objetivos</li> <li>2. Investigación de factores positivos y negativos que influyen en el alcance de los objetivos</li> <li>3. Coordinar medios de posibles acciones para elaborar planes estratégicos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis de la situación actual de la organización</li> <li>2. Definición del rumbo deseado</li> <li>3. Determinación de elementos y recursos para posicionarse donde se desea</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Entorno</li> <li>◦ Recursos y capacidades</li> <li>◦ Formulación de opciones</li> <li>◦ Elección</li> <li>◦ Implementación</li> <li>◦ Seguimiento</li> <li>◦ Adaptación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Conservadora</li> <li>◦ Agresiva</li> <li>◦ Defensiva</li> <li>◦ Competitiva</li> </ul>
<b>Fase 1</b>					<b>Fase 2</b>	
Implentación	Control		Seguimiento		Evaluación	
Elementos	Elementos	Fuentes	Dimensión	Medición	Perspectiva	Cuadro de mando integral
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Visión</li> <li>◦ Incitación</li> <li>◦ Apoyo</li> <li>◦ Instalación</li> <li>◦ Seguridad</li> <li>◦ Reconocimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Eficiencia</li> <li>◦ Calidad</li> <li>◦ Innovación</li> <li>◦ Capacidad de respuesta al cliente o consumidor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Observación personal</li> <li>◦ Variables estadísticas</li> <li>◦ Informes orales</li> <li>◦ Informes escritos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impacto</li> <li>Cobertura</li> <li>Eficiencia</li> <li>Calidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grado de cumplimiento de los objetivos</li> <li>Grado de influencia de gestión del desempeño</li> <li>Grado de optimización de los recursos disponibles</li> <li>Grado de satisfacción del cliente o consumidor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Financiera</li> <li>◦ Cliente/ consumidor</li> <li>◦ Procesos internos</li> <li>◦ Aprendizaje, innovación y mejora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de la unidad de negocio (elección)</li> <li>1ª ronda de entrevistas</li> <li>1ª taller ejecutivo</li> <li>2ª ronda de entrevistas</li> <li>2º taller ejecutivo</li> <li>3º taller ejecutivo</li> <li>Implementación</li> <li>Revisiones periódicas</li> </ul>
<b>Fase 3</b>	<b>Fase 4</b>				<b>Fase 5</b>	

Principios de todo el proceso	
Ética	Responsabilidad social
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Toma de decisiones</li> <li>◦ Conflicto de intereses</li> <li>◦ Relaciones interpersonales</li> <li>◦ Transparencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Económicas</li> <li>◦ Legales</li> <li>◦ Éticas</li> <li>◦ Filantrópicas</li> </ul>

Tabla 4. Tabla de las fases propuestas de proceso genérico de la gestión estratégica con sus elementos componentes. Fuente: elaboración propia

## GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO

Para este apartado se seleccionó el estudio y propuesta de Chiavenato, ya que se considera que engloba la visión futura de lo que conocemos como Administración de Recursos Humanos (ARH).

Expone que el nombre que le dan las organizaciones a las personas refleja en varios aspectos el grado de importancia que se le da a las mismas: no es lo mismo concebir a las personas como un recurso que como un colaborador. Por ejemplo, las características que tienen las personas vistas como recursos, no son las mismas que si las viéramos como asociados:

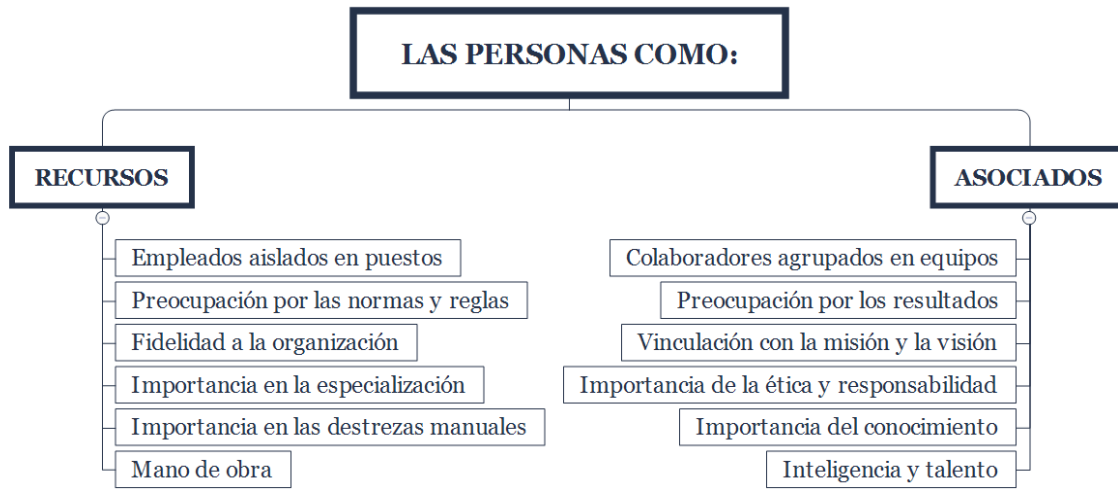


Diagrama 9. Las personas como recursos y como asociados. Fuente: Elaboración propia.

Todavía en la década de los noventa, durante la era denominada como industrial neoclásica, se percibía que las relaciones entre las personas y las organizaciones eran antagónicas, conflictivas y con objetivos incompatibles. Chiavenato propone que para solucionar estas relaciones se requiere de la negociación, la participación y la sinergia de esfuerzos, debido a que las personas no podrían alcanzar sus objetivos mediante el esfuerzo personal aislado.

Las transformaciones en cuanto a la ARH se relacionan más con el talento, las competencias y el capital intelectual que, con las habilidades manuales, es decir, debemos enfocar los esfuerzos en la construcción de habilidades de conocimiento más que en las habilidades técnicas.

Tabla 5. Eras de la ARH y sus características

Era	Industrial Clásica	Industrial neoclásica	Del conocimiento
Periodo	1900-1950	1950-1990	Después de 1990
Diseño	Mecanicista	Matricial	Orgánico
Estructura	Burocrática, piramidal	Mixta, matricial	Flexible, descentralizada
Importancia en:	Departamentos	Unidades estratégicas	Redes de equipos multifuncionales
Cultura:	Teoría X: Valor en tradición y experiencia	Transición: Valor de la renovación y revitalización	Teoría Y: Valor del conocimiento y creatividad
Ambiente:	Estático, previsible	Aceleración de los cambios	Cambiante, imprevisible
Personas:	Ensambladores	Recursos	Seres humanos
Administración de las personas:	Relaciones industriales	Administración de recursos humanos	Gestión del talento humano

Características de la ARH durante las eras industriales y del conocimiento (de 1900 a la actualidad). Fuente: elaboración propia.

Como se ha mencionado, el enfoque sistémico no es de utilidad frente a la I4.0, y en el tema del talento humano, divide, segmenta y separa a las personas. Las nuevas formas de organización exigen equipos autónomos y multidisciplinarios que realicen trabajo en conjunto, y no separarlo en puestos individualizados; concebir la organización como una red de equipos enfocados en procesos con *“actividades provisionales orientadas a misiones específicas y objetivos definidos”*, y no como una máquina funcional.

Los parámetros con los que se determinaba el éxito y permanencia de las organizaciones radicaban en medidas numéricas y cuantitativas de los activos tangibles. De acuerdo con Chiavenato, hoy los principales componentes del costo de un producto son los activos inteligentes, los servicios y la Investigación + Desarrollo (I+D), por lo que enfrentamos dificultades para medir la nueva economía de las organizaciones: el activo intangible (habilidades, experiencia, conocimiento, competencias e información) y el capital intelectual.

Por lo anterior, se debe considerar a la ARH como un componente estratégico. Ejemplo de ello es que hoy contamos con organizaciones virtuales, las cuales funcionan sin límites espaciales, de

distancia e incluso de tiempo. Se presume que esta interconexión electrónica produce trabajo más inteligente y con mayor cercanía al cliente, mientras que los espacios físicos de las oficinas son ocupados ahora para llevar a cabo trabajos colectivos.

De los desafíos que enfrenta la ARH hoy en día (Tabla 6), en esta investigación se destacan:

- **Personas:** La organización debe educar, formar, motivar y liderar a las personas que forman parte del equipo de trabajo. Está comprobado que aquellas entidades que colocan en el mismo nivel a los accionistas, a los clientes y a los trabajadores, obtienen mejores resultados para los accionistas (Thompson, Levine, & Messick, 2012)
- **Tecnología:** Históricamente, los avances tecnológicos han sido aprovechados por las organizaciones, con el fin de obtener el máximo provecho de estos. Pero la nueva visión debe considerar que son las personas las que aplican y operan la tecnología, por lo que son estas las que determinan la eficiencia y eficacia de los procesos (explotación de la eficiencia potencial).

Tabla 6. Desafíos del tercer milenio para las organizaciones.

<b>Desafío</b>	<b>Implica:</b>
Globalización	Visión global del negocio. Comparación y competencia a nivel mundial. Pensar global y actuar localmente.
Personas	Preocupación por educar, formar, motivar y liderar para inculcar el espíritu emprendedor y ofrecer una cultura participativa. Considerar a las personas como asociados y colaboradores.
Clientes	Capacidad para conquistar, mantener y ampliar la clientela.
Productos/Servicios	Necesidad de diferenciar los productos y servicios en términos de calidad y atención (diferenciadores).
Conocimiento	Captar la información y transformarla rápidamente en oportunidad. El conocimiento como recurso organizacional más importante (capital intelectual).
Resultados	Necesidad de fijar objetivos y de perseguir resultados. Las bases de la competitividad son la mejoría de la calidad y el aumento gradual de la productividad.
Tecnologías	Necesidad de evaluar y actualizar la organización. Más que contar con la tecnología más avanzada y compleja, se trata de obtener el máximo provecho de las tecnologías actuales (eficiencia potencial).

Desafíos e implicaciones de estos para las organizaciones en la actualidad. Fuente: elaboración propia.

El capital humano es el elemento organizacional donde convergen las características que se determinan en la planeación y organización estratégica: la cultura organizacional, el estilo de administración, la arquitectura y procesos de organización, y los talentos.

En ese sentido, se debe considerar que no toda persona es un talento. Se identifica como tal si posee *“algún diferencial competitivo que la valore”* (Chiavenato, 2009) Las características esenciales y generales de la competencia individual son:

- Conocimiento: Aprender a aprender de forma continua
- Habilidad: Capacidad de transformación del conocimiento en resultados
- Juicio: Saber obtener datos e información, ponderarlos con equilibrio para definir prioridades
- Actitud: Saber hacer que ocurra, de modo que se alcance la autorrealización potencial



Diagrama 10. Composición del capital humano. Fuente: elaboración propia.

La gestión del talento humano es una red de procesos complejos, los cuales actúan como un sistema equilibrado y abierto. Cada componente requiere planeación, diseño y administración de los elementos que le integran. El proceso general se describe de la siguiente manera:

Tabla 7. Componentes de la gestión del talento humano

Componente	Proceso para:	Incluye la administración de:
Integrar	Incluir, proveer y/o abastecer de talentos a la organización	Selección del personal
Organizar	Diseñar las actividades que los talentos llevarán a cabo	Diseño de orientación y acompañamiento del desempeño, colocación, análisis y descripción de los puestos (organigrama)
Recompensar	Incentivar y satisfacer las necesidades individuales	Recompensas, remuneraciones, prestaciones y servicios sociales
Desarrollar	Capacitar e incrementar el desarrollo profesional y personal	Formación y desarrollo del conocimiento y competencias, programas de cambios, comunicación y conformidad

Componente	Proceso para:	Incluye la administración de:
Retener	Establecer condiciones ambientales y psicológicas satisfactorias para la realización de actividades	Cultura organizacional, disciplina, higiene, seguridad, calidad de vida y relaciones sindicales
Auditar	Dar seguimiento y controlar las actividades de los talentos, así como para verificar los resultados	Bancos de datos y sistemas de información

Componentes, procesos y elementos de la gestión del talento humano. Fuente: elaboración propia.

La conexión entre componentes es el diferenciador entre la gestión del talento humano y la ARH tradicional. Como se ha dicho, esta gestión es una red y, por lo tanto, debe ser tratada como tal. Esto no significa que no se deba priorizar, de acuerdo con los objetivos que se busquen, algún componente en particular; por ejemplo, ante la inclusión de una nueva tecnología en los procesos organizacionales, será importante dar prioridad al desarrollo de las personas.

El pensamiento holístico permite que, aun cuando se ponga especial atención a algún componente, la gestión del talento humano se mantenga en equilibrio. Aquí es donde cobran importancia las herramientas administrativas como el *Cuadro de Mando Integral* (BSC, por sus siglas en inglés), ya que permiten tratar estas redes como un todo y realizar diseños acordes con las influencias ambientales externas y las influencias organizacionales.

En el caso de los procesos BIM, se propone que:

- Las herramientas que se desarrollen, en convergencia con la estrategia general planteada, se enfoquen en la organización y desarrollo del talento humano.
- Se apoye el conocimiento de los procesos BIM a través de la información clara y útil para el personal operativo, quien determina la eficiencia y eficacia de los procesos.
- Se realicen esfuerzos para coadyuvar al desarrollo de habilidades de conocimiento y no de habilidades técnicas o manuales.
- Se priorice la integración y organización de equipos autónomos y multidisciplinarios, considerando las nuevas formas de trabajo a distancia, interconexiones electrónicas y de comunicación organizacional.

## COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL

La comunicación organizacional es “aquella que establecen las instituciones y forma parte de su cultura y sus normas” (De Castro, 2014). En entrevista con los especialistas BIM, se externó la preocupación por la tendencia a no compartir información entre miembros de la organización, ya que erróneamente se concibe a la retención de información como una posición de poder. Esto se percibe (y en algunos casos, se evidencia) como un factor que impacta en las empresas de manera negativa, y va en detrimento de los resultados que se buscan.

De acuerdo con León Duarte (2006), históricamente la comunicación organizacional en México se ha clasificado de la siguiente manera:

- Interna o intrainstitucional: la cual emite mensajes en tres direcciones principales, vertical descendente, vertical ascendente y horizontal
- Externa o interinstitucional: la que se da entre empresas, organizaciones, asociaciones, etc.
- Comercial: que va desde la organización hacia sus usuarios y/o clientes

Menciona que, en la realidad mexicana, este tratamiento significa que existen tres departamentos o áreas encargadas de ejercer la misma función: la comunicación organizacional. Esto se traduce en un desperdicio de recursos, ya que cada departamento aborda la misma función desde criterios diferentes, y por lo tanto existe una inconsistencia para presentar y/o representar la empresa ante sus distintos receptores.

La solución a estas problemáticas debe ser creada desde la estructura y cultura organizacional, a través de redes de comunicación eficientes. En el diagnóstico de las necesidades de capacitación y desarrollo de las organizaciones mexicanas, identifica como una prioridad la necesidad de mejorar los procesos y programas de comunicación interna, adaptarlos a las nuevas tecnologías y garantizar la eficiencia del personal.

En ese sentido, se conoce que las *intranets* permiten integrar en una red interna la información que las áreas necesitan compartir. La transmisión e intercambio de información mediante intranet presenta algunas ventajas para la organización, como lo son:

- Reducción de gastos, principalmente en papelería y administración de información
- Simplificación administrativa y desarrollo de bases de datos útiles, compatibles y compartidas
- Disminución de tiempos de respuesta, agilizando la circulación de la comunicación
- Frenar la corrupción, demoras y negligencias

Nuevamente se tiene que recurrir a la visión holística, ya que la comunicación organizacional productiva no significa que la implementación de *intranets* por sí sola resuelva las necesidades de comunicación. La compañía analítica Cumulus Media, reportó que en 2018 se enviaron 187 millones de correos electrónicos por minuto en todo el mundo (Romero, 2018), y de acuerdo con De Castro (2014), dentro de las organizaciones esto puede significar también una problemática, ya que el personal emplea de dos a cuatro horas de la jornada laboral en la lectura y redacción de correos electrónicos.

Un medio recurrente hoy en día es la mensajería instantánea, ya que permite a los trabajadores mantener comunicaciones informales que se tienen respuesta inmediata. El diseño de la comunicación organizacional debe responder a las necesidades reales, pero también diseñarse considerando las herramientas adecuadas, estableciendo facetas de uso, directrices y protocolos de



intercambio de información. Más importante aún, es comprender que, ya sea por medio oral, escrito o gestual, se debe saber escuchar los mensajes.

La escucha significa la totalidad del éxito de la comunicación organizacional. La informalidad de las comunicaciones está basada en la espontaneidad y no en la jerarquía, y esto trae consigo los beneficios y perjuicios de la interacción social. Para evitar los obstáculos de la comunicación, no existe otra solución más que mantener a la organización bien informada, a través de la comunicación de las decisiones importantes, de forma clara y breve, que se toman en los procesos productivos.

En el caso de los procesos BIM, se propone que:

- La comunicación organizacional se debe diseñar en congruencia con la cultura y planeación estratégica definida por la organización
- Definir modelos de comunicación flexible, es decir, con base en reglas simples que permitan que la auto regulación de la comunicación resulte productiva
- Los mensajes deben ser claros y breves, pero considerando que, cuando se colabora con personal a distancia en otros países, estos deben ajustarse a los protocolos culturales correspondientes para evitar ruidos en la comunicación
- Elegir herramientas tecnológicas que sean accesibles para todos los miembros del equipo
- Mantener informado, en toda circunstancia, a los miembros de la organización sobre las decisiones que son relevantes para el equipo colaborativo. Entre más informado esté el equipo, menor será la incertidumbre que los lleve a especular sobre las direcciones y resultados que persigue la organización
- El flujo de información debe ser constante y abierto. Paralelamente a los beneficios de la *intranet*, esta información servirá para alimentar bases de datos y administrativas
- Al tratarse de la adopción de una herramienta tecnológica disruptiva, la comunicación organizacional es prioridad dentro de la implementación y de la reingeniería de procesos, a fin de lograr que los equipos colaborativos sean productivos

## 3.2 EQUIPOS COLABORATIVOS

El equipo colaborativo es un conjunto de personas que trabaja conjuntamente para realizar una obra común que los guía a objetivos compartidos. No debe confundirse este término con el de grupos de trabajo, ya que estos últimos son grupos de interacción que generan y recaban información individual para alcanzar objetivos propios (De Castro, 2014). Algunas de las principales diferencias entre conceptos son:

Tabla 8. Grupos de trabajo vs Equipos colaborativos

Grupos de trabajo	Equipos colaborativos
<b>Características</b>	
Suministran información individual	Comparten información
Trabajo individual para un fin común	Trabajo común para un fin común
Miembros afines	Miembros complementarios
Metas propias	Metas comunes
<b>Obstáculos</b>	
Prioridades individuales externas al equipo	Exige mayor esfuerzo de coordinación
Pérdida de información por ausencia	Exige la contribución al aprendizaje común

Características y obstáculos de los grupos de trabajo y equipos colaborativos. Fuente: elaboración propia

Tanto la producción del conocimiento como el éxito de las organizaciones, dependen de la eficacia de los equipos (Wuchty, Jones, & Uzzi, 2007), por lo que la integración efectiva de los miembros puede significar un valor añadido para la organización (Gil, Rico, & Sánchez-Manzanares, 2008).

Los equipos colaborativos se forman a través de las siguientes etapas (De Castro, 2014):

- Dependencia: Autoridad formal que provoca que los integrantes esperen que el líder tome las decisiones
- Contra dependencia: Deseo de otras formas de liderazgo, donde persiste la individualidad, pero con menor presencia de la autoridad formal
- Independencia: Cohesión aparente que enfrenta el liderazgo formal de manera individual
- Interdependencia: Seguridad en el grupo, capacidad para colaborar con el equipo sin luchar por el liderazgo. Se adquiere la conciencia de la fuerza grupal, reconociendo el aporte individual

Con respecto a los equipos colaborativos efectivos, el más conocido modelo explicativo de la eficacia de estos es el IPO (*Input-Process-Output*), el cual ha sido criticado por su poca flexibilidad y concepción estática. El surgimiento de modelos como el CORE (*Construction, Operation, Reconstruction, External Relations*), que identifica los procesos básicos y explica el desarrollo de los equipos a lo largo del tiempo, o el modelo IMOI (*Input-Mediator-Output-Input*), que reconoce el ciclo de los procesos de retroalimentación, conciben al equipo como un sistema complejo con fenómenos emergentes (Gil, Rico, & Sánchez-Manzanares, 2008). En ese sentido, se destacan en esta

investigación las principales variables que identifican la eficacia de los equipos colaborativos, las cuales son:

### COMPOSICIÓN DEL EQUIPO

Se refiere a la combinación de los atributos de cada miembro para conformar equipos interdependientes efectivos. La variación en su composición puede ser en:

**Tamaño:** número de personas que integran el equipo. El tamaño óptimo requiere de análisis de las contingencias de la organización. Por ejemplo, la cantidad de recursos disponibles y de la diversidad de los conocimientos, aumentan de manera proporcional conforme se incrementa el número de integrantes, pero también lo hace la necesidad de la coordinación; por otro lado, es recomendable componer equipos pequeños (de 5 a 10 integrantes) cuando se trata de realizar tareas interdependientes y con un ambiente externo inestable, como es el caso de los procesos BIM.

**Estabilidad y variabilidad:** Se recomienda que los cambios en el equipo colaborativo se realicen de manera gradual, ya que la modificación de la composición puede perjudicar su eficacia. La memoria transactiva, referida al conocimiento que adquieren los miembros del equipo a lo largo del tiempo, ayuda a coordinar acciones debido a que el conocimiento que adquieren es común y preciso.

**Competencias:** Más allá del conjunto de habilidades, aptitudes y conocimiento que aporta cada miembro, se debe contemplar también la competencia del trabajo en equipo, ya que esta puede predecir el desempeño laboral del conjunto.

### Diseño de la tarea

El equipo colaborativo debe estar dotado de autonomía, ya que esta es una característica básica para el diseño de las tareas que ayuda a minimizar los efectos negativos de la diversidad a través del manejo de conflictos. De esta manera, se aumenta la capacidad que tiene el equipo para tomar decisiones con respecto a sus métodos, horarios y roles, lo cual ha demostrado que mejora la efectividad del equipo.

### Contexto de trabajo

En equipos colaborativos con tareas interdependientes, como es el caso del BIM, el contexto del trabajo se refiere principalmente a la virtualidad, la cual se define a través de tres dimensiones:

- Dependencia a las TIC para la coordinación y ejecución de procesos
- Tipo de información que aporta la tecnología
- Sincronía en las comunicaciones

La limitación de las señales del contexto social reduce las posibilidades de discusión y análisis de temas relevantes, lo que aumenta el riesgo de comunicación menos eficiente, problemas de confianza entre miembros, demoras en la toma de decisiones colectivas y deficientes análisis de

temas relevantes. Pero también hay que considerar que los equipos pueden adaptarse progresivamente a las condiciones de la virtualidad, es decir, conforme se aprende a utilizar la tecnología para comunicarse, se desarrollan nuevas estrategias para la realización de sus tareas, lo cual debilita los efectos negativos de la virtualidad (autoorganización y coevolución).

El soporte que debe dar la organización a sus equipos colaborativos es de tres tipos:

- Entrenamiento, información y recompensas (individuales y grupales)
- Composición apropiada de los equipos para motivar y fomentar procesos interpersonales
- Sistemas de *coaching* y liderazgo para eliminar obstáculos permanentemente

### **PROCESOS DE EQUIPO Y ESTADOS EMERGENTES**

Al hablar de procesos dinámicos, se entiende que la interacción entre miembros del equipo de forma regular y constante genera patrones de conducta y estados emergentes, los cuales dan tienen influencia directa en las siguientes interacciones. En este sentido, se identifican tres tipos de procesos grupales básicos:

Procesos cognitivos: Los equipos deben ser considerados como procesadores de información los cuales poseen procesos y creencias compartidas que les ayudan a anticiparse y coordinarse de manera efectiva. Destacan los modelos mentales del equipo (estructura mental compartida), la memoria transactiva (conocimiento de cada miembro), el aprendizaje grupal (conocimiento empírico), clima del equipo (percepciones comunes), y la confianza (expectativa y adaptación).

Procesos motivacionales y afectivos: Destacan la cohesión, eficacia colectiva y los conflictos. Estos factores influyen directamente en la efectividad del equipo, ya que las relaciones entre los integrantes traen consigo una serie de efectos que pueden traducirse en obstáculos. En este punto, la comunicación organizacional juega un papel fundamental ya que los conflictos surgidos pueden ser de relación o de tarea, por lo que la solución de estos no es necesariamente la recomposición del equipo.

Procesos orientados a la acción y a la conducta grupal: La coordinación implícita ocurre cuando los miembros del equipo anticipan las acciones y necesidades de los otros, pero también de la tarea, por lo que pueden ajustar sus conductas de acuerdo con la situación del equipo. Los procesos conductuales de comunicación cooperación y coordinación, resulta en efectos positivos para el logro de los objetivos.

### **MEJORA DEL FUNCIONAMIENTO**

Existe una serie de programas de intervención para mejorar el funcionamiento de los equipos, de los cuales se destacan los siguientes:

- Entrenamiento cruzado: Adquisición de conocimiento referente a los roles y tareas de los otros
- Entrenamiento metacognitivo: Conciencia sobre las estrategias de aprendizaje y selección de las que se consideren apropiadas
- Entrenamiento en coordinación del equipo: Conocer y dominar los procesos determinantes para la efectividad
- Entrenamiento de autocorrección. Adquisición de habilidades para evaluar el desempeño propio, recibir retroalimentación y planificar actuaciones
- Exposición a situaciones de estrés: Aprendizaje sobre los principales estresores con potencial de perjudicar el desempeño grupal, así como de las estrategias para hacerles frente
- *Teambuilding*: Clarificar roles, fijar metas y solucionar problemas para mejorar las relaciones interpersonales

### 3.3 ESTRUCTURACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

Evidentemente, cada organización deberá considerar que los requerimientos para la implementación de procesos BIM son particulares. Existen en el mercado diversas compañías que realizan trabajos de implementación con acompañamiento, y entre su oferta se encuentra la estructuración de los requerimientos para cada caso.

Resulta de suma importancia recalcar que los procesos genéricos son únicamente la base o guía para la implementación, y que el tamaño de la empresa, su cultura organizacional, ubicación, giro y otras variables, son la pauta para realizar la gestión estratégica exitosa.

En esta investigación, los requerimientos materiales, financieros, humanos y de información, son descriptivos y en ningún caso deben ser empleados como un modelo, sino como una orientación para conocer el panorama que se enfrenta.

#### MATERIALES

Los requerimientos materiales para la adecuada ejecución de procesos BIM se dividen en *software* y *hardware*:

#### *SOFTWARE*

En el mercado, existen alrededor de 60 programas BIM<sup>28</sup>, los cuales abarcan desde el proceso de conceptualización de modelos paramétricos, hasta la gestión del mantenimiento de la edificación.

---

<sup>28</sup> De acuerdo con BIM Fórum Chile. Fuente (BIMForum Chile, n.d.).

El software debe seleccionarse de acuerdo con la especialidad que trabaje cada organización, ya que cada uno responde a distintas necesidades, por lo que conocer los potenciales de los programas nos puede permitir hacer una mejor elección y comparar precios de licencia y/o suscripción.

Para efectos de esta investigación, se describen las características de los tres programas BIM más empleados en el mundo dentro de la industria AECO<sup>29</sup>.

Tabla 9. Ventajas y desventajas de los programas BIM más empleados en el mundo.

Software	Última versión	Ventajas	Desventajas
Archicad, Graphisoft	22	Interfaz intuitiva  Diseño predictivo  Conectividad con formatos de fuente abierta  Compatibilidad con versiones anteriores	Poca variedad de recursos técnicos  Poco soporte adicional en línea  Poca flexibilidad del modelado
Revit, Autodesk	2019	Servicio de soporte potente  Amplia variedad de recursos técnicos  Conectividad con productos Autodesk	Interoperabilidad  Incompatibilidad con versiones anteriores
Allplan, Nemetschek	2019	Sistema CAD orientado a BIM  Flujos de trabajo 2D  Interoperabilidad	Sin soporte adicional en línea  Pocos usuarios

Ventajas y desventajas de los tres programas BIM más empleados en el mundo. Fuente: elaboración propia

Se recomienda que el talento operativo emplee las opciones disponibles antes de adquirir licencias y/o suscripciones, ya que en realidad la elección del programa depende en gran medida del entendimiento del usuario. Otro aspecto por considerar es que, dentro del mercado de cursos, diplomados o talleres BIM, la oferta está limitada a productos de Autodesk, es decir, es más accesible la capacitación técnica para Revit que para algún otro programa.

<sup>29</sup> De acuerdo con las entrevistas realizadas a los Administradores BIM y personal de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) de la UNAM.

Al tratarse de un proceso colaborativo, el software que se adquiere debe tener una amplia compatibilidad con otros programas (los de especialidades), los cuales permiten completar el ciclo del proyecto, desde la conceptualización hasta el mantenimiento. En ese sentido, Open BIM es una iniciativa de los proveedores de software, a través de la organización *BuildingSMART International*, la cual pretende ser un enfoque universal del diseño, realización y operación de los edificios, basado en estándares y flujos de trabajo<sup>30</sup>. Los estándares abiertos de interoperabilidad contienen información estructurada, y el intercambio de datos utiliza un lenguaje universal plasmado en el formato *Industry Foundation Class* (IFC).

Cabe mencionar que, de los principales desarrolladores de *software* BIM, Revit de Autodesk no forma parte de Open BIM, y mantiene la interoperabilidad únicamente entre sus propios productos. Por otra parte, Archicad y Allplan, de las casas Graphisoft y Nemetschek respectivamente, han buscado impulsar los entornos abiertos para no limitar o restringir la comunicación entre las distintas herramientas BIM. Se puede decir que, en congruencia con la necesidad colaborativa del BIM, han creado un nuevo modo de comunicación digital en pro de la interconexión que alude a un entorno de trabajo abierto<sup>31</sup>.

### **HARDWARE**

Las características del Hardware dependen del *software* seleccionado. Se muestran a continuación los requerimientos de cada uno de los tres programas descritos:

Tabla 10. Requisitos del sistema por software BIM.

	<b>Graphisoft, Archicad 22</b>	<b>Autodesk, Revit 2018</b>	<b>Nemetschek, Allplan 2019</b>
Sistema Operativo	Microsoft Windows 10 macOS 10.13 High Sierra	Microsoft Windows 10 de 64 bits: Enterprise o Pro	Windows 10, 64-bit macOS Mojave 10.14
Procesador	64-bit con cuatro o más núcleos	Procesador Intel Xeon o i- Series de varios núcleos, o AMD equivalente, con tecnología SSE2. Se recomienda adquirir un procesador con la máxima velocidad posible.	Procesador Intel Core i5, i7 o compatible
Memoria RAM	16 GB RAM o más recomendado; para modelos complejos y	8 GB de RAM	16 GB RAM

<sup>30</sup> De acuerdo con la definición de Graphisoft, Netmeschek Company. Fuente: (Graphisoft, n.d.).

<sup>31</sup> De acuerdo con la Fundación Laboral de la Construcción de España. Fuente: (Entorno BIM, 2017).

	Graphisoft, Archicad 22	Autodesk, Revit 2018	Nemetschek, Allplan 2019
	detallados se recomiendan 32 GB o más		
Disco duro	Disco SSD (o Fusion). Se requiere un espacio mínimo de 5 GB en disco para una instalación completa. y 10 GB adicionales para cada proyecto activo	5 GB de espacio libre en disco	5 GB de espacio libre en el disco
Monitor	Resolución de 1440 x 900 o superior	Resolución de 1680 x 1050 con color verdadero	Resolución de pantalla hasta 2560 x 1600
Tarjeta gráfica	Compatibles con OpenGL 3.2 con una memoria de 1.024 MB o más	Compatible con DirectX 11 y Shader Model 5.	Compatible con OpenGL 4.2 y 8 GB RAM
Conectividad	Se necesita una conexión de Internet rápida para conectar con BIMcloud en una ubicación remota y para descargar las actualizaciones para ARCHICAD 22.	Conexión a Internet para registro de licencia y descarga de componentes obligatorios	Conexión a Internet
Colaboración	BIMCloud Red tiene que acomodar HTTP 1.1 estándar Se recomienda configurar FQDN (Fully Qualified Domain Names) para todos los componentes de BIMcloud Los puertos de red usados por BIMcloud necesitan estar abiertos en todos los cortafuegos relacionados	BIM 360 Conexión a Internet capaz de proporcionar conexión de 25 Mbps simétrica para cada equipo en transferencias de ráfagas. Espacio en disco: Tres veces (3X) el espacio total en disco consumido por archivos RVT equivalentes para todos los proyectos compartidos en la nube a los que ha accedido el usuario.	Allplan Share Conexión a Internet.

Requisitos del sistema y características técnicas para los programas BIM más empleados en la Industria AECO.

Como se puede observar, en todos los casos el equipo recomendado supera las características generales de una computadora regular, por lo que es necesario trabajar en una máquina *Worstation*



o Estación de trabajo<sup>32</sup>. Hay que considerar también los equipos de protección de descarga y respaldo eléctrico (*no-break*). Los servicios de colaboración en los tres programas requieren conexión a internet con características específicas para el óptimo intercambio de información. Dentro de las Instituciones Públicas, es más común encontrar redes locales que facilitan el alojamiento e intercambio de información; la desventaja de ellas es que, al ser una red local generalmente restringida para terceros, sería necesaria la apertura de los servidores a organizaciones ajenas cuando se colabore con ellas, lo que podría resultar en una vulnerabilidad de la seguridad cibernética.

En ese sentido, los servicios BIM Cloud, BIM 360 y Allplan Share, permiten establecer con mayor facilidad los permisos o restricciones para los datos que puede consultar, editar o eliminar cada miembro del equipo.

### FINANCIEROS

Los requerimientos financieros que se exponen son referentes únicamente a los materiales. No se consideran dentro de estas investigaciones aquellos costos relativos a la reingeniería de procesos. Se muestran los precios en dólares estadounidenses e incluyen impuestos.

Tabla 11. Precios de *software* BIM

Software	Tipo	Precio por licencia y/o suscripción	Observaciones
Graphisoft, Archicad 22	Tarifa reducida anual	\$392 USD	Especial para instituciones académicas. Sin servicios de soporte y mantenimiento. Cantidad mínima de 10 licencias.
	Suscripción anual	\$2,600 USD	Permite cancelar en cualquier momento.
	Perpetua	\$5,200 USD	Incluye mantenimiento, actualizaciones, y mentor BIM
	Renta anual	\$1,900 USD	Recomendada para ampliar usuarios temporales. Incluye soporte técnico y actualizaciones
	BIMCloud	\$235 USD	Complemento para Archicad 22

<sup>32</sup> Las Estaciones de trabajo son equipos cuyos componentes son más potentes que los de una PC regular, los cuales están diseñados para niveles de alto rendimiento. Incluyen mayor capacidad de almacenamiento, puertos de datos especiales, habilidades multitarea, tarjetas gráficas potentes, entre otros. Fuente: (Ordenadores y Portátiles, n.d.).

Software	Tipo	Precio por licencia y/o suscripción	Observaciones
Autodesk, Revit 2019	Suscripción anual	\$1,750 USD	Incluye soporte técnico y acceso a versiones anteriores
	BIM 360 Design	\$700 USD	Complemento para Revit 2019.
Netmeschek, Allplan 2019	Suscripción anual	Entre \$3,200 a \$5,900 USD	No incluye soporte técnico ni mantenimiento
	Service Plus anual	Entre \$980 y \$1,200 USD	Soporte técnico y mantenimiento de Allplan 2019
	Allplan Share anual	\$1,200 USD	Complemento de Allplan 2019

Precios de mercado aproximados de los programas BIM para el año 2019, expresado en dólares estadounidenses.

En el caso de las ofertas de Allplan 2019, no existen precios de lista, sino que estos se calculan de manera individual y de acuerdo con la organización que lo requiera. Por ello, se muestran rangos dentro de la tabla. También se debe considerar que es la única opción dentro de los programas BIM que obliga a adquirir sus servicios de soporte y mantenimiento, por lo que sus precios son más elevados.

Por otro lado, Archicad ofrece opciones más accesibles y diferentes planes para su adquisición, mientras que Revit maneja un único precio para licencia comercial. En cada software se enlistan los precios de los servicios de colaboración, los cuales son necesarios para establecer las comunicaciones requeridas por el proceso BIM.

Esta tabla muestra los precios por unidad, es decir, una licencia por usuario único, por lo que se deberá considerar que cada miembro del equipo requiere mínimamente una suscripción o licencia al *software* BIM, y una suscripción o licencia a los servicios colaborativos.

Para el hardware, se sugieren los siguientes equipos:

Tabla 12. Precios del *hardware* sugerido para BIM

Hardware	Precio unitario	Características
Estación de trabajo	\$4,500 USD	Procesador Inter Xeon Silver 4114, Frecuencia del procesador: 2,2 GHz, tarjeta de video NVIDIA Quadro P2000, memoria interna

Hardware	Precio unitario	Características
		de 16 GB DDR4-SDRAM, capacidad total de almacenaje de 1000 GB, con sistema operativo Windows 10 pro
Monitor de alta resolución	\$580 USD	Pantalla LED de 63,5 cm (25"), tamaño de pixel de 0,216 x 0,216 mm, tiempo de respuesta de 6 ms, resolución de pantalla de 2560 x 1440 pixeles, superficie mate, 1073 billones de colores de pantalla, tipo 2K Ultra HD
No break	\$110 USD	Protección garantizada de alimentación de corriente contra sobretensiones y picos de corriente a estaciones de trabajo, aparatos electrónicos personales y redes

Precios de mercado aproximados del *hardware* sugerido para BIM para el año 2019, expresados en dólares estadounidenses.

De acuerdo con estas estimaciones, se requiere una inversión aproximada de \$7,700 USD por usuario, suponiendo la suscripción anual a Revit y BIM 360 Design 2019, y aceptando la totalidad del hardware propuesto. En el caso del software, los precios presentados son por suscripción anual, por lo que la inversión debe planearse a un año. Este escenario plantea las condiciones óptimas recomendables de los requerimientos materiales, por lo que existen opciones que podrían representar inversiones menores para condiciones básicas o mínimas.

Como se ha mencionado, estos requerimientos financieros no incluyen las inversiones en materia de reingeniería del proceso ni gestión del talento humano. Por ejemplo, se muestran a continuación algunos precios por cursos y diplomados para capacitación en Revit 2019:

Tabla 13. Precios de cursos y diplomados Revit y BIM

Curso/Diplomado	Horas	Precio por persona
Revit básico	25	\$220 USD
Revit intermedio/avanzado	40	\$990 USD
Colaboración en la nube	120	\$500 USD
Diplomado Revit Architecture	300	\$1,500 USD
Diplomado BIM Coordinator	240	\$2,400 USD
Diplomado BIM Manager	100	\$3,000 USD

Curso/Diplomado	Horas	Precio por persona
Asesorías/acompañamiento	Por hora	\$26 USD

Precios de mercado aproximados de los cursos y diplomados BIM para el año 2019, expresados en dólares estadounidenses.

Por lo anterior, se considera que el rango de los requerimientos financieros por usuario puede oscilar entre los \$7,700 USD y los \$16,400 USD, dependiendo del tipo de capacitación y función que desempeñará el usuario BIM. Aunado a ello, es necesario contemplar otros costos para distintos software, hardware y capacitación cuya orientación sea, por ejemplo, la ingeniería de costos o especializaciones como Revit MEP (instalaciones) o Revit Structure (estructuras).

### ***HUMANOS***

Dentro del trabajo colaborativo la definición de roles es más adecuada que la de cargos, ya que se entiende que un cargo se refiere a las tareas individuales que definen la función específica de las personas dentro del organigrama, mientras que el rol indica cómo se desempeñan esas mismas funciones y responsabilidades. En los esquemas de organización vertical, los cargos son necesarios por su funcionamiento escalonado, ya que cada integrante debe cumplir con las actividades que se le asignan para que el flujo de trabajo logre sus objetivos.

Por otro lado, asumir roles implica no solo el cumplimiento de actividades, sino la impronta personal en las funciones y responsabilidades asignadas a un equipo de trabajo. Esto quiere decir que un rol puede ser realizado por más de una persona mientras sean competentes para desarrollarlo, así como pasar de una actividad a otro durante el ciclo del proyecto.

Dentro del ciclo de vida del proyecto BIM, los equipos de trabajo deben asumir los roles que se establecen en el Plan de Ejecución BIM (BEP, por sus siglas en inglés), y la asignación de estos debe ser planeada estratégicamente. Al ser un sistema complejo, una persona puede ejercer más de un rol y éste también puede ser ejercido por varias personas.

En la generalidad, se definen cinco Roles BIM<sup>33</sup>:

- Dirección
- Revisión
- Modelación
- Coordinación
- Gestión

<sup>33</sup> De acuerdo con los datos del Plan BIM elaborado por el BIMForum Chile. Fuente: (BIM Forum Chile, 2017)

Dentro de estos roles principales se encuentran una serie de responsabilidades y funciones, y son la directriz de los equipos de trabajo. De esta manera, se propone que el equipo óptimo para desarrollar procesos BIM esté compuesto por los siguientes roles particulares<sup>34</sup>:

- Promotor/Cliente (Owner/Client): Poner en marcha y financiar el proyecto. Se incluye dentro del equipo colaborativo ya que este proporciona el Entorno Colaborativo (CDE, por sus siglas en inglés), donde se aloja la información del modelo central.
- Director de proyecto BIM (BIM Project Manager): Nombrada por el promotor/cliente, para liderar al equipo y gestionar el proyecto BIM con calidad.
- Director de la Gestión de la Información (Information Manager): Gestiona y controla el flujo de información entre todos los agentes a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Responsable de la disponibilidad adecuada y oportuna de la información, así como de la transmisión de los hitos de datos (*data drops*) al cliente. Crea, desarrolla y gestiona el CDE entre todos los agentes.
- Director Técnico BIM (BIM Manager): Responsable de la calidad digital y la estructura de contenidos del BIM. Lidera la implementación y uso coordinado del modelado y los recursos necesarios para todos los agentes. Genera contenidos con capacidad para comunicar tanto los beneficios como los obstáculos del BIM.
- Director de la Gestión del Diseño (LEAD Designer): Administrar el diseño, aprobación y desarrollo de la información, firmar y aprobar la documentación para el diseño de detalles, antes de ser compartida. Es la comunicación entre equipos de diseño y equipos de construcción.
- Director de la Gestión de la Ejecución (LEAD Construction): Dirigir la ejecución con sistemas BIM. Enlazar la dirección ejecutiva de obra con los diferentes equipos. Trabaja en conjunto con LEAD Designer.
- Director del Equipo de Trabajo (Task Team Manager): Desarrollar el diseño de producción de tareas específicas basadas en disciplinas.
- Coordinador BIM (BIM Coordinator): Coordinar el trabajo dentro de una disciplina específica, de acuerdo con los requerimientos del BIM Manager. Realizar los procesos de control de calidad del BIM y asegurar su compatibilidad con el resto de las disciplinas que intervienen. Debe existir un BIM Coordinator por cada especialidad incluida.
- Modelador BIM (BIM Modeler/Operator): Modelar de acuerdo con los criterios del BEP, así como alimentar y extraer la documentación técnica del BIM.

Existen otros roles que sirven de apoyo para el proceso BIM, los cuales se integran al equipo colaborativo en función del tamaño y complejidad del proyecto y la organización:

- Analista BIM (BIM Analyst):

---

<sup>34</sup> De acuerdo con los datos del documento *Definición de Roles en procesos BIM*, elaborado por esBIM. Fuente: (Choclán, 2017).

- Coordinador CAD (CAD Coordinator)
- Director Técnico CAD (CAD Manager)
- Programador de Aplicaciones BIM (BIM Application Developer)
- Especialista IFC (IFC Specialist)
- Facilitador BIM (BIM Facilitator)
- Consultor BIM (BIM Consultant/Expert)
- Investigador BIM (BIM Researcher)

### ***DE INFORMACIÓN***

Como lo dice su nombre, la importancia del BIM se resume en la información. Para poner en marcha cualquier proceso, se requiere la definición, relevancia, comunicación e intercambio de la información.

Es importante saber que la información que contiene un BIM, deberá ser aquella que resulta relevante para la ejecución del proyecto; no se trata de llenar de datos un modelo, sino de contener aquellos que cumplan el objetivo que persigue el BIM.

En entrevista con los *BIM Manager* citados anteriormente, se concluyó que un error común es solicitar un BIM con un nivel de desarrollo alto (LOD 500) cuando en realidad se podrían ejecutar los proyectos con un nivel menor (LOD 300). El desconocimiento de las definiciones del LOD, llevan a los clientes a recibir información que al final no son capaces de analizar, y ésta se subutiliza.

Se proponen dos requerimientos básicos de información:

- Plan de Ejecución BIM (BEP)
- Los recursos particulares para el BIM (familias, incluyendo pies de plano)

La materia prima de los *BIM Modelers* consiste en las familias de trabajo (en el caso de Revit), ya que estos son contenedores de la información particular de cada elemento con el que se trabaja. En el caso de la empresa en la que se aplica esta investigación, las familias de plafones fueron modeladas por el investigador, lo cual ayuda a definir los estándares internos de la organización para los BIM que comparten con otras empresas.

## **3.4 PROTOCOLO DE COLABORACIÓN**

La herramienta que se desarrolla se elaboró con base en lo descrito anteriormente, es decir, es el resultado del análisis de las teorías, la gestión estratégica y la suma de los requerimientos. El proceso se describe a continuación:

1. Se tomó como base la NMX-C-527-1-ONNCCE-2017, la cual se refiere a la elaboración del Plan de Ejecución para proyectos BIM, así como los BEP de dos empresas con antecedentes de implementación exitosa.
2. Elaboración el primer prototipo genérico para procesos de colaboración con base en las entrevistas realizadas a los *BIM Managers*.
3. Primera ronda de retroalimentación con cuatro *BIM Managers* y cuatro *BIM Modelers*.
4. Elaboración del prototipo genérico con base a retroalimentación y asesoría de la Psicología Industrial para definir diseño gráfico y redacción adecuada.
5. Segunda ronda de retroalimentación con cuatro *BIM Managers* y cuatro *BIM Modelers*.
6. Elaboración del Protocolo de Colaboración para BIM.

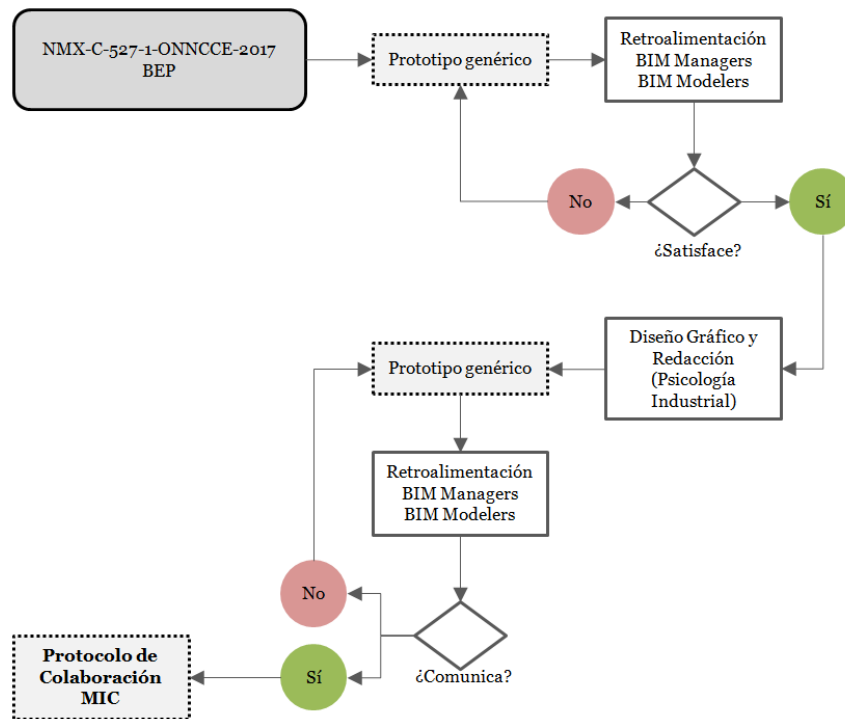


Diagrama 11. Diagrama de flujo de la elaboración del Protocolo de Colaboración. Fuente: elaboración propia.

## ESTRUCTURA

El contenido del Protocolo resultante, con base en los requerimientos establecidos, tiene la siguiente estructura y contenido:

### PORTADA

- Nombre del proyecto: Donde se coloca el nombre y/o clave del proyecto sobre el que va a trabajar el equipo colaborativo. Este deberá ser editado por el *BIM Manager* para ajustarlo en cada caso.

- Número: Consecutivo de control interno, asignado por el personal administrativo.
- Fecha: Se propone colocar mes y año.
- Versión: Número consecutivo de la versión del Protocolo, asignado por el desarrollador.
- Elaborado por: Nombre de la persona que diseñó, elaboró y desarrolló el Protocolo, en este caso el investigador.
- Etapa: Indica la etapa del proyecto (pre-construcción, construcción, uso-mantenimiento o de-construcción).

### 1. GENERALIDADES

Breve texto descriptivo de los objetivos y alcances del Protocolo, con el fin de dar a conocer a cada integrante del equipo la importancia del trabajo colaborativo.

### 2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

- Información general:
  - ✓ Cliente: Especifica el nombre del cliente
  - ✓ Contacto: Nombre de la persona que realizó la solicitud
  - ✓ Nombre del proyecto: Nombre y/o clave del proyecto sobre el que va a trabajar el equipo colaborativo
  - ✓ Número de proyecto: Consecutivo de control interno
  - ✓ Ubicación: Calle, número oficial exterior y/o interior, colonia, municipio, código postal y ciudad
  - ✓ Coordinador del proyecto: Nombre del coordinador general del proyecto
  - ✓ Líder de proyecto: En su caso, nombre del líder designado por el cliente
  - ✓ Residente de obra: Si aplica, nombre de la persona encargada de la residencia de obra
  - ✓ Fecha de solicitud: Día, mes y año de la recepción de la solicitud
- Información adicional: Se puede anotar en esta sección los datos que se consideren relevantes, por ejemplo:
  - ✓ Si el proyecto busca alguna certificación
  - ✓ Fechas programadas de entrega

### 3. CONTACTOS CLAVE

Se anotará la siguiente información, por cada una de las especialidades o disciplinas que intervenga en el proyecto (Arquitectura, Estructura, HVAC, Instalaciones, Instalaciones especiales, otras disciplinas):



- Especialidad: Se nombrará la especialidad o disciplina en la que se trabaja
- Empresa: Nombre de la empresa contratada
- Coordinador de proyecto: Nombre del coordinador de la especialidad
- Director Técnico BIM: Nombre del *BIM Manager*
- Líder de proyecto: Si aplica, nombre de la persona designada por la empresa
- Líder de diseño: Si aplica, nombre de la persona designada por la empresa
- Residente de obra: Si aplica, nombre de la persona encargada de la residencia de obra
- Correo electrónico: Cada contacto deberá proporcionar el medio electrónico por el cual se le contactará
- Teléfono

#### 4. OBJETIVOS Y USOS DEL PRODUCTO DIGITAL

- Objetivos: Listado con la breve descripción de los objetivos del producto digital
- Usos: De acuerdo con cada fase del BIM, selección de los usos específicos del mismo

#### 5. SÍNTESIS Y DESCRIPCIONES

- Síntesis: Se propone una tabla que exprese los objetivos y sus respectivos usos
- Descripciones: Breve texto explicativo de los usos del BIM

#### 6. EQUIPO COLABORATIVO

Roles y responsabilidades: Identificación de los roles requeridos para el desarrollo del proyecto y descripción de las responsabilidades que adquieren. Esta sección contiene:

- ✓ Rol
- ✓ Nombre
- ✓ Empresa
- ✓ Responsabilidad

#### 7. PROCEDIMIENTO DE COLABORACIÓN

- Estrategia de colaboración: Texto introductorio descriptivo de la estrategia de colaboración
- Comunicación: Sección que establece por qué medio y la estructura mediante la cual se llevarán a cabo las comunicaciones entre todo el equipo
- Reuniones: Tabla de reuniones generales básicas previamente establecidas en el BEP, la cual contiene:
  - ✓ Tipo de reunión
  - ✓ Etapa del proyecto

- ✓ Frecuencia
- ✓ Participantes
- ✓ Locación
- Intercambio de información: Breve texto donde se plasman las condiciones y observaciones para el intercambio de información
- Entregables: Establece la frecuencia estimada y fechas compromiso para el intercambio de información y archivos BIM que se producirán durante el proyecto. La tabla está compuesta por:
  - ✓ Nombre del intercambio
  - ✓ Emisor
  - ✓ Receptor
  - ✓ Fecha de entrega
  - ✓ Nombre del archivo y/o modelo
  - ✓ Programa nativo y su versión
  - ✓ Nivel de desarrollo requerido
  - ✓ Extensión del archivo a entregar
  - ✓ Extensión del archivo para interoperabilidad
- Ubicación de la información: Establece el espacio de trabajo interactivo, es decir, la plataforma en la cual se almacenará e intercambiará la información (servidor y carpeta)
- Nomenclatura de las carpetas: Formato con el cual se nombran las carpetas y subcarpetas donde se almacena la información de acuerdo con la disciplina correspondiente. Se expone en una tabla con el siguiente contenido:
  - ✓ Disciplina
  - ✓ Carpeta
  - ✓ Carpeta por versión
  - ✓ Ejemplo de subcarpeta
- Estándar BIM del proyecto
  - ✓ Unidades: Establece la unidad de medida aplicable, así como la cantidad de decimales requeridos
  - ✓ Origen: Coordenadas geo-referenciadas sobre las cuales deberá estar localizado el punto de origen del modelo, así como su punto de elevación

- ✓ División de los modelos: El proyecto puede ser dividido por piso, edificio, zona, disciplina, etc. Se deberá especificar el número de modelos que se manejarán, así como el criterio de división
- ✓ Nomenclatura de los modelos: Formato con el cual se nombrarán los archivos y modelos
- ✓ Fases: Indica el número de fases que componen el proyecto, así como la fase sobre la cual se trabajará
- ✓ Pie de plano: Texto donde se indica el tipo de familia que debe usarse para el pie de plano. También se enlista la información que debe ser modificada por cada especialidad en cada plano, como lo es la escala, nombre del dibujante, fecha de elaboración, título y número del plano, revisiones y nombre del revisor

## 8. SUBPROYECTOS

- Nomenclatura de los subproyectos: Formato con el cual se nombrarán los subproyectos
- Tabla de ejemplo de nomenclatura de los subproyectos

## 9. CONTROL DE CALIDAD

- Listado (checklist) de características que deberán asegurar la calidad del producto digital y que deberá ser revisada antes de compartir la información propia. Este contiene:
  - ✓ Tipo de revisión
  - ✓ Descripción
  - ✓ Frecuencia

## DISEÑO GRÁFICO Y REDACCIÓN

La comunicación gráfica y escrita se definió en conjunto con la Psicología Industrial, a fin de obtener un producto atractivo pero útil.

Se determinó nombrar el producto como –protocolo- ya que se refiere a un documento en el que se acuerdan los procesos de actuación y se establecen las reglas de comunicación. A diferencia de un manual, el protocolo recopila una serie de conductas, acciones y técnicas con las que se define el comportamiento adecuado que tiene un proceso. Asimismo, en entrevista con los usuarios, se concluyó que existe un rechazo entre el talento humano hacia los documentos percibidos como manuales, ya que entienden por ello que se trata únicamente de una guía técnica o una serie de instrucciones de las cuales pueden o no hacer uso.

El diseño gráfico excluye colores institucionales u organizacionales, debido a que se trata de una herramienta adaptable que servirá de comunicación entre empresas. Se designó un color a cada

sección del protocolo, con el fin de que la búsqueda de información a partir del índice sea visualmente accesible y permitir que el usuario se pueda ubicar en una fase determinada del proceso.

Los textos son breves, para evitar la fatiga de la lectura o pérdida de atención. Se resolvió el uso de tablas o listas que facilitan las clasificaciones de actividades o definiciones, así como también la revisión para el control de calidad. El producto final puede ser consultado en el anexo 5.

### **LA SUMA DE TODO**

El marco teórico definido en esta investigación permitió que se desarrollara un criterio holístico de las variables que han de considerarse en la gestión estratégica. Así, el criterio de elaboración del Protocolo tomó sus bases de lo postulado en la Teoría del CAS, pero que incluye criterios del proceso administrativo Jafa (adoptado desde la perspectiva de las Ciencias Sociales).

Esto derivó en el estudio de las características de la sociedad mexicana, lo que nos obliga a tomar en cuenta la tendencia de las organizaciones a resistirse a la innovación y a necesitar de una estructura jerárquica dentro de las mismas.

La flexibilidad y adaptabilidad del Protocolo es evidente, ya que se observa que esta herramienta puede ser empleada para cualquier otro sistema tecnológico, es decir, lo mismo puede funcionar para redes que realizan procesos CAD que para aquellas que optan por procesos BIM. Esto significa que la emergencia es absorbida por la organización a través de herramientas que también permitan tanto la recompensa grupal como la individual.

Sin dejar a un lado la importancia de la técnica, el Protocolo resultó en una herramienta que permite a los miembros del equipo colaborativo conocer el rol que desempeñan dentro del mismo, lo cual puede fomentar la gestión del talento humano.

El Protocolo de Colaboración aporta una de las posibles soluciones para enfrentar la I4.0, ya que se enfocó en la integración de equipos colaborativos que trabajan a través de redes, pero más importante aún es que ayuda a las organizaciones (a los altos mandos) a comprender que los cambios disruptivos que han de enfrentar no se resuelven únicamente con capacitaciones técnicas. El nivel operativo de toda empresa es el que posee el conocimiento con respecto a la ejecución de los proyectos BIM, por lo que el Protocolo no busca desarrollar las habilidades técnicas, sino las de comunicación e interacción.

## 4 DISEÑO Y MÉTODO DE APLICACIÓN

---

La aplicación experimental consiste en comparar los resultados del proceso del método tradicional CAD con el método BIM, midiendo la productividad dentro de una empresa relacionada con la industria de la construcción a partir de dos equipos de diseño.

Se monitorearon los resultados a través de la nube, poniendo a prueba la factibilidad de la gestión de los equipos colaborativos a distancia.

Las observaciones que se obtuvieron se engloban en dos partes:

- La productividad de los equipos (tiempo/costo/calidad)
- El número de especialidades que intervienen (interoperabilidad/complejidad)

La productividad puede ser medida a través de la relación de tres variables principales: tiempo, costo y calidad. Para esta aplicación se medirá también la complejidad, entendiéndose por esta el número de especialidades que intervienen en el proceso de producción.

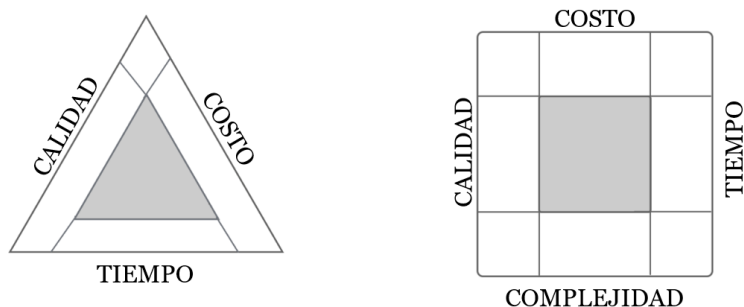


Diagrama 12. Variables que intervienen en la medición de la productividad. Fuente: elaboración propia.

Cuando una de las variables sobrepasa los márgenes establecidos en la planeación, significa que la productividad es susceptible de mejorarse, y muestra las áreas de oportunidad para la gestión. En el caso de esta aplicación, también se consideró la interoperabilidad como una variable definida en la planeación estratégica debido a la naturaleza del método BIM.

Con los datos obtenidos se elaboró un análisis comparativo de los resultados de ambos métodos, lo que permitió comprobar o refutar la hipótesis planteada.

El esquema general de la prueba del prototipo fue el siguiente:

# PRUEBA DEL PROTOTIPO

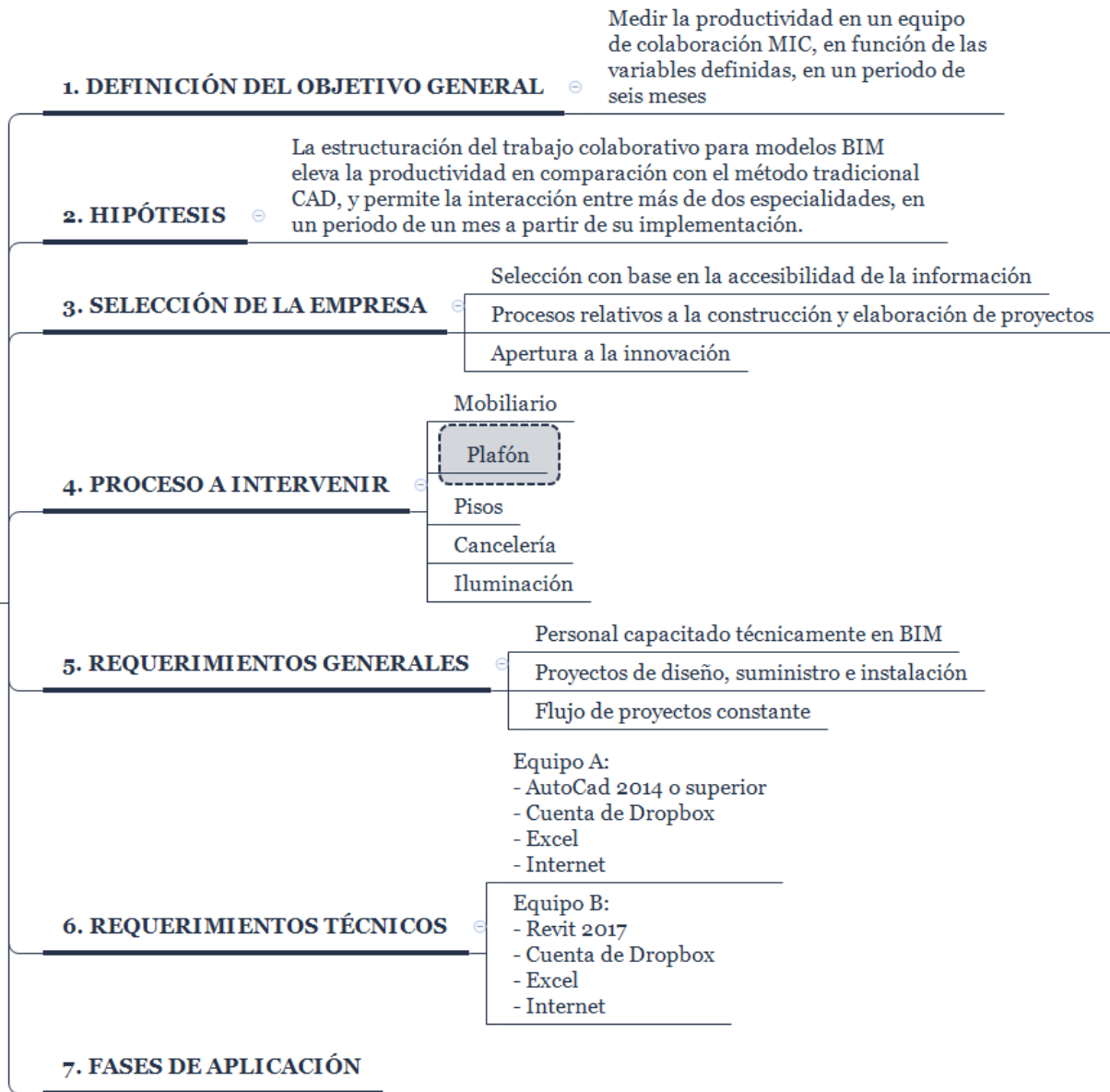


Diagrama 13. Esquema general de la prueba del prototipo. Fuente: elaboración propia.

## 4.1 CARACTERIZACIÓN

### *A. HIPÓTESIS DE LA APLICACIÓN*

La estructuración del trabajo colaborativo para modelos BIM eleva la productividad en comparación con el método tradicional CAD, y permite la interacción entre más de dos especialidades, en un periodo de un mes a partir de su implementación.

### *B. OBJETIVO GENERAL*

Medir la productividad en un equipo de colaboración BIM, en función de las variables definidas, en un periodo de seis meses

### *C. SELECCIÓN DE LA EMPRESA*

La empresa seleccionada está dedicada a la comercialización de líneas de diseño corporativo, residencial y comercial. Brinda asesoría y servicios relacionados con proyectos de interiorismo, los cuales incluyen:

- Mobiliario
- Plafones
- Iluminación
- Pisos
- Cancelería

Cuenta con 30 años de experiencia y aproximadamente un millón de metros cuadrados de productos instalados. Tiene sucursales en Ciudad de México, Monterrey, Guadalajara, Tijuana, Chihuahua, Ciudad Juárez y Panamá.

### *D. SELECCIÓN DEL PROCESO A INTERVENIR*

La medición de las variables y el experimento se realizó en el departamento de plafones, siendo éste el que genera mayor volumen de proyectos<sup>35</sup>.

Actualmente, el proceso de producción dentro de este departamento <sup>36</sup>se realiza a través de documentos en PDF o DWG (2D), y brinda servicios de consultoría a despachos de arquitectura y constructoras. Se encarga también del suministro e instalación de los productos que comercializa, lo cual permite obtener datos duros sobre los ajustes o errores que se cometen durante la

---

<sup>35</sup> De acuerdo con la información proporcionada por el gerente regional en entrevista realizada el martes 6 de febrero de 2018.

<sup>36</sup> Ver anexo 3: Diagrama del proceso de la empresa seleccionada en el área específica.

cuantificación. Este departamento nos permitió traducir el número de correcciones que se hacen por proyecto, en el costo de las pérdidas que tiene la empresa.

### **E. REQUERIMIENTOS GENERALES**

Dos equipos de trabajo dentro de un mismo entorno virtual, conformados por al menos dos personas cada uno<sup>37</sup>. El primer equipo está integrado por personal que trabaja de manera tradicional, registrando la actividad solicitada por el investigador. El segundo equipo está compuesto por personal que está capacitado en el uso de BIM, trabajó con un modelo del proceso propuesto por el investigador, y registró los datos requeridos.

La medición se realizó durante un periodo de siete meses, comenzando en junio y finalizando en diciembre de 2018.

### **F. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS**

Tabla 14. Requerimientos técnicos para la aplicación del producto

<b>Equipo A</b>	<b>Equipo B</b>	<b>Investigador</b>
AutoCAD 2014 o superior	Revit 2017	AutoCAD 2014 o superior Revit 2017
Cuenta de Dropbox	Cuenta de Dropbox	Cuenta de Dropbox
Correo electrónico	Correo electrónico	Correo electrónico
Excel 2013 o superior	Excel 2013 o superior	Excel o superior
Internet	Internet	Internet

Cabe mencionar que el equipo de cómputo requerido fue proporcionado por la empresa, por lo que las características técnicas de cada uno variaron de acuerdo con la disponibilidad.

Las licencias de uso de *software*, así como la capacitación técnica de uso del BIM fueron responsabilidad de la empresa, exceptuando las que empleó el investigador.

## **4.2 APLICACIÓN Y VALIDACIÓN**

### **A. FASES DE LA APLICACIÓN**

<sup>37</sup> Corresponde al personal que la empresa tiene contratado en el área específica.



Fase 1: Estructuración del flujo de trabajo.

Fase 2: Presentación del proyecto de investigación al personal de la empresa.

Fase 3: Construcción de las familias (\*.rfa)<sup>38</sup> en conjunto con los participantes.

Fase 4: Instrucciones correspondientes a cada equipo de trabajo.

Equipo A: El proceso de trabajo permanecerá sin cambios.

- Se solicitó el llenado de una bitácora diaria de proyectos, la cual se alojó en la nube del servicio de Dropbox.
- El monitoreo de los cambios se realizó a distancia, dependiendo únicamente de un archivo de Excel, en el cual se realizó el llenado de la bitácora.
- Todos los participantes alimentaron la misma base de datos sin ninguna restricción.
- No se proporcionó ningún protocolo de intercambio de información ni se limitó el uso de las herramientas digitales.

Equipo B: El proceso de trabajo se realizó en BIM.

- Se solicitó el llenado de una bitácora diaria de proyectos, la cual se alojó en la nube del servicio de Dropbox.
- Se proporcionó un protocolo de intercambio de información (modelo de gestión) al cual debían apegarse durante el proceso de la aplicación. Se limitó el uso de herramientas digitales (sólo se emplearon programas BIM).
- El monitoreo de los cambios se realizó a distancia, que permitió administrar los documentos contenidos en la nube.
- Se restringió el acceso a la base de datos, de manera que cada participante pudiera editar únicamente las celdas asignadas.

Fase 5: Recolección de los datos obtenidos mediante la plataforma propuesta, midiendo las siguientes variables:

- Tiempo de ejecución del proyecto
- Costo de la ejecución del proyecto (horas/hombre)

---

<sup>38</sup> El formato \*.rfa corresponde a los archivos de almacenamiento de las familias de Revit. Se clasifican como aquellos que contienen datos BIM de uno o más modelos y que únicamente pueden ser creados, editados y guardados utilizando el software Revit. Se basa en la recopilación de elementos u objetos paramétricos.

- Número de correcciones (ajustes) del proyecto
- Costo total de los errores de cuantificación (pérdida)

Fase 6: Correlación de las variables para la medición de la productividad en ambos equipos.

El monitoreo de los cambios en la documentación se realizó diariamente y a distancia por el investigador, fungiendo éste como la figura del Coordinador BIM.

Durante la gestión del cambio de proceso productivo, se mantuvo contacto directo con el investigador con el fin de aclarar las dudas que surgieran dentro de los equipos.

### 4.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con la información solicitada en la bitácora diaria de proyectos, se elaboró una tabla de totales mensuales<sup>39</sup>. Se obtuvieron indicadores de desempeño con el fin de comparar la productividad de ambos equipos en función de las variables costo, calidad, tiempo y complejidad. Cabe destacar que las tablas y gráficas presentadas a continuación contienen la totalidad de los datos recabados, sin embargo, para el análisis, procesamiento, sumatorias y promedios, se excluye el primer dato (mes de junio) por considerarse éste como el periodo de aprendizaje del proceso propuesto.

El primer indicador de desempeño se estableció mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum sd}{\sum ti} = in1$$

Donde:  $sd$  = Superficies trabajadas diarias en  $m^2$   
 $ti$  = Tiempo invertido por proyecto en hrs/hombre  
 $in1$  = Indicador de desempeño en  $m^2/hr/hombre$

El resultado nos permite conocer la superficie elaborada por hora de trabajo de cada equipo:

Tabla 15. Indicadores de desempeño  $in1$ .

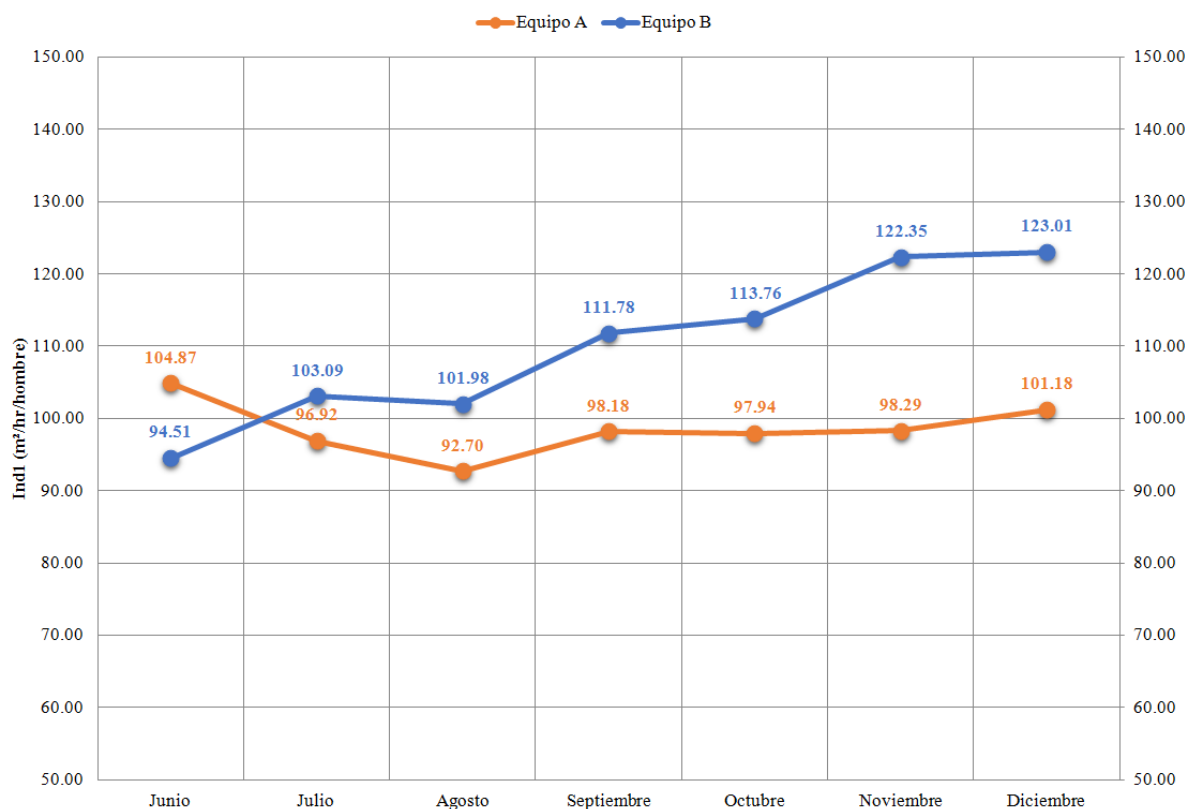
Mes	Equipo A (CAD)			Equipo B (BIM)		
	Superficie $m^2$	Tiempo hrs/h	Indicador $m^2/hr/h$	Superficie $m^2$	Tiempo hrs/h	Indicador $m^2/hr/h$
Junio	29,362	280	104.87	23,532	249	94.51
Julio	23,454	242	96.92	25,978	252	<b>103.09</b>
Agosto	17,983	194	<b>92.70</b>	16,724	164	101.98
Septiembre	19,735	201	98.18	20,456	183	111.78
Octubre	18,314	187	97.94	18,202	160	113.76
Noviembre	20,150	205	98.29	20,800	170	122.35
Diciembre	27,320	270	<b>101.18</b>	23,002	187	<b>123.01</b>

Indicadores de desempeño por equipo, expresados mensualmente en  $m^2/hora/hombre$

El equipo A registró un indicador mínimo de 92.70 y un máximo de 104.87. El rango observado es de 8.49, que representa una variación de la productividad en un 9% a lo largo del ejercicio, teniendo un

<sup>39</sup> Ver anexo 4: Tablas de resultados de la aplicación.

comportamiento que apunta a la horizontalidad. Es decir, la fluctuación de este indicador puede o no ser significativa para la empresa si se considera únicamente el costo de las horas hombre. También se explica este rango debido a la complejidad, ya que se aprecia una influencia del número de especialistas que intervienen en cada proyecto, como veremos más adelante.



Gráfica 3. Indicadores de desempeño mensual, expresados en m<sup>2</sup>/hr/hombre.

Para la empresa, estos datos significan la posibilidad de realizar una planificación estratégica del método tradicional (proceso conocido), ya que se sabe que, al contratar a un empleado, este podrá producir entre 92 y 104 m<sup>2</sup> por hora de trabajo.

Por su parte, el equipo B presentó un comportamiento ascendente, comenzando el ejercicio con un indicador de desempeño mínimo de 103.09 y finalizando con un máximo de 123.01. El rango de 21.03 se traduce en un aumento de la productividad de este equipo en 20.62%. Esto quiere decir que, al finalizar el periodo de aplicación, el equipo B resultó un 11.42% más productivo.

El indicador más bajo en el equipo B se puede explicar por la curva de aprendizaje, pero el comportamiento general en esta primera lectura no parece ser afectado por el número de especialistas que intervienen en sus procesos. Estos indicadores sugieren un análisis orientado a la correlación de variables, el cual se expondrá más adelante.

La diferencia entre indicadores máximos resulta de 21.82, lo cual establece una productividad de 21.56% mayor en el equipo B. Pero este dato no debe interpretarse como un porcentaje de utilidad,

porque es necesario considerar que la inversión económica y temporal de la implementación de procesos BIM dentro de la empresa implica costos de adquisición o adecuación de equipo de cómputo, compra o renta de licencias de *software* BIM, cursos de inducción y capacitación, etc.; mismos costos que se pueden ver afectados por la rotación del personal.

También es importante reconocer que el indicador de desempeño in1 se midió en metros cuadrados proyectados por hora hombre, lo que quiere decir que un proceso BIM puede producir aproximadamente 20% más que el proceso tradicional, pero la jornada laboral y el sueldo (costo) son los mismos para ambos equipos.

Por ello, es necesario realizar un segundo análisis y para este fin, se clasificó el tiempo total invertido en la elaboración de proyectos en variables de acuerdo con el proceso interno: **dibujo (a), cuantificación (b) y ajustes (c)**.

La variable a se refiere a las horas de dibujo 2D en el caso del equipo A, y al modelado 3D del equipo B. En cuanto a la variable b, se entiende que la cuantificación en ambos equipos se realiza de manera distinta: el equipo A cuantifica manualmente cada pieza dibujada en 2D y el equipo B emplea las herramientas del *software* que les permite cuantificar de manera automática lo modelado en 3D. La variable c se refiere al número de horas invertidas en corrección de errores u omisiones dentro de la cuantificación y/o dibujo.

Tabla 16. Variables del tiempo de elaboración de proyectos

Mes	Equipo A (CAD)				Equipo B (BIM)			
	Elaboración en hrs/hombre				Elaboración en hrs/hombre			
	Dibujo	Cuantificación	Ajustes	Total	Dibujo	Cuantificación	Ajustes	Total
Junio	110	87	83	280	112	74	63	249
Julio	93	77	72	242	141	57	54	252
Agosto	77	63	54	194	87	44	33	164
Septiembre	80	65	56	201	100	48	35	183
Octubre	69	62	56	187	91	40	29	160
Noviembre	80	65	60	205	95	45	30	170
Diciembre	102	88	80	270	101	53	33	187
Totales	<b>501</b>	<b>420</b>	<b>378</b>	<b>1,299</b>	<b>615</b>	<b>287</b>	<b>214</b>	<b>1,116</b>

Variables en la elaboración de proyectos, expresadas mensualmente en hrs/hombre.

El segundo indicador de desempeño se elaboró con base en la siguiente fórmula:

$$\left( \frac{x}{t_i} \right) * 100 = \text{in}2x$$

Donde: x = variable mensual de dibujo (a), cuantificación (b) o ajustes (c), expresada en hrs/hombre  
 t<sub>i</sub> = Tiempo mensual total invertido, expresado en hrs/hombre  
 in2x = Indicador de desempeño de variable seleccionada, expresado en porcentaje.

El indicador ind2x en realidad permitió conocer el porcentaje de la jornada laboral que se destina a cada actividad, con el objetivo de identificar las partes del proceso se ve afectada directamente por la introducción del BIM. Los indicadores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17. Indicadores de desempeño in2x.

Mes	Equipo A				Equipo B			
	Elaboración en hrs/hombre				Elaboración en hrs/hombre			
	Dibujo	Cuantificación	Ajustes	Total	Dibujo	Cuantificación	Ajustes	Total
Junio	39.28	31.07	29.64	100	44.98	29.72	25.30	100
Julio	38.43	31.82	29.75	100	55.95	22.62	21.43	100
Agosto	39.69	32.47	27.84	100	53.05	26.83	20.12	100
Septiembre	39.80	32.34	27.86	100	54.64	26.23	19.13	100
Octubre	36.90	33.16	29.95	100	56.88	25.00	18.13	100
Noviembre	39.02	31.71	29.27	100	55.88	26.47	17.65	100
Diciembre	37.78	32.59	29.63	100	54.01	28.34	17.65	100
Promedios	<b>38.60</b>	<b>32.35</b>	<b>29.05</b>		<b>55.07</b>	<b>25.92</b>	<b>19.02</b>	

Indicadores de desempeño por variable, expresados mensualmente en porcentaje. Se excluye el primer dato en el promedio.

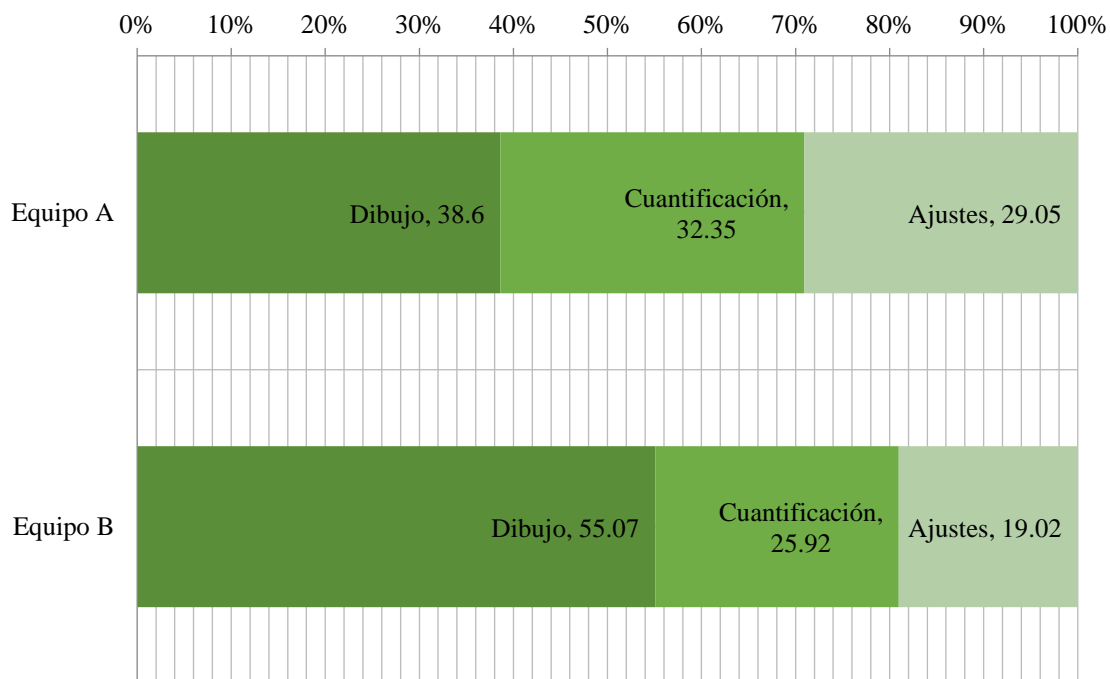
El equipo A invirtió un mínimo de 36.90% y un máximo de 39.80% en el dibujo. En la cuantificación del material se invirtió un mínimo de 31.71% y un máximo de 33.16%. Por otro lado, los ajustes a proyecto representaron un mínimo de 27.84% y un máximo de 29.95%. Esto quiere decir que los

trabajadores invierten cerca una tercera parte de la jornada laboral en realizar ajustes o corregir errores.

Se aprecia en los promedios finales que las variables en este equipo mantienen una distribución similar, ya que el rango máximo en las mismas es de 2.90%, por lo que se puede decir que para cada actividad se destina un tercio del tiempo total.

En cuanto al equipo B, registró un mínimo de 53.05% y un máximo de 56.88% en el indicador de dibujo, lo que significa que invirtió en promedio 16.47% más tiempo en esta actividad que el equipo A. Se interpreta este dato como una mayor inversión en la planificación del proyecto, ya que los indicadores de cuantificación y ajustes obviamente se ven disminuidos, registrando máximos de 28.34% y 21.43% respectivamente.

El rango máximo se presentó en el indicador de cuantificación, pero la observación más relevante para esta investigación es la del comportamiento del indicador de ajustes, ya que la tendencia descendente del mismo produjo una inversión promedio de 10.03% menor a la del equipo A.

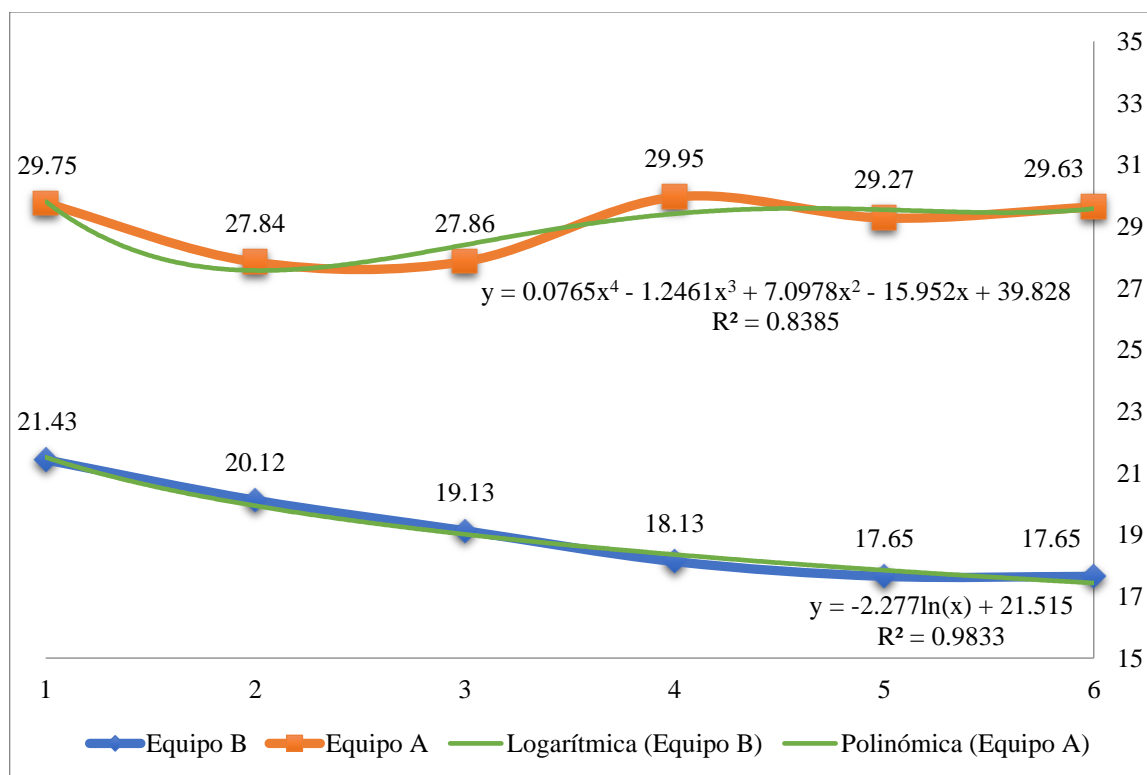


Gráfica 4. Distribución promedio de los indicadores de desempeño por variable de ambos equipos, expresados en porcentaje.

Este margen podría no parecer significativo, sin embargo, demuestra que es posible reducir al mínimo el porcentaje del indicador de ajustes debido a la tendencia observada.

Se entiende que, por la naturaleza de nuestra disciplina, el error humano es un factor difícilmente reductible a cero, pero el tope máximo admisible para la empresa permite establecer los objetivos estratégicos.

A largo plazo, es posible mejorar la distribución de las horas hombre que se invierten en cada proyecto. Correspondiente a los datos obtenidos, la proyección de la tendencia en el indicador de ajustes se muestra en el siguiente gráfico:



Gráfica 5. Líneas de tendencia por equipo sobre datos obtenidos en el periodo de aplicación.

Las líneas de tendencia permitieron hacer pronósticos con base en los cuales la empresa puede tomar las decisiones tácticas y estratégicas, informadas y razonadas, sobre la implementación de los BIM.

En el caso de esta empresa, se ha establecido como objetivo táctico que el porcentaje de errores máximo admisible en los proyectos sea del 5%. Evidentemente, con el método tradicional (equipo A) el porcentaje promedio supera el máximo admisible, y dentro de la estrategia se debe plantear la reducción de este para la optimización de las horas hombre (capital humano), pero también de los recursos materiales.

El hecho de que el equipo A invierta la tercera parte de su proceso en los ajustes, indica que la cuantificación y/o el dibujo han sido erróneamente ejecutados. Esto tiene un impacto directo en costos de:

- Importación de plafones



- Traslado y desperdicio de material
- Retiro y recolocación del plafón
- Pagos de supervisión no planeada
- Penalización por retraso de suministro o colocación de material

Como se ha planteado, el análisis de los resultados muestra que es posible la reducción del indicador de ajustes mediante el Protocolo de Colaboración, ya que el equipo B logró una mayor productividad, entendida como eficiencia.

Con base en las líneas de tendencia del indicador de ajustes, se pronosticó que el proceso BIM alcanzaría un 4.57% en el mes 22 de aplicación, mientras que con el proceso tradicional se obtendría un 29.84% para el mismo mes.

Tabla 18. Indicador in2a con pronóstico por equipo.

Mes	Equipo A (CAD)	Equipo B (BIM)
	In2a	In2a
1	29.75	21.43
2	27.84	20.12
3	27.86	19.13
4	29.95	18.13
5	29.27	17.65
6	29.63	17.65
12	30.45	12.38
18	31.44	7.69
22	32.10	4.57
24	32.43	3.01

Indicadores de desempeño de la variable ajustes y el pronóstico a 24 meses.

Estos pronósticos, si bien contribuyen a la gestión estratégica, deben ser analizados en las condiciones particulares de cada empresa o institución. Pero se puede decir que los beneficios en cuanto a la productividad del BIM, serán considerables para la organización en el largo plazo. De esta manera se subraya la importancia de la planeación estratégica, de la gestión del cambio, de la filosofía empresarial y de la estructuración de la colaboración alineada a los objetivos.

Para comprender el impacto que tiene la colaboración dentro de este proceso, se solicitó que en la bitácora diaria se plasmara el número de especialistas con los que se trabajó cada proyecto.

La escala de especialidades, es decir, la de la complejidad, se explica de la siguiente manera:

<b>Se indica:</b>	<b>Cuando:</b>
0	El proyecto fue elaborado únicamente con la intervención del cliente
Del 1 al 3	El proyecto requirió la colaboración de una hasta tres células internas (mobiliario, iluminación, cancelería y/o pisos)

Lo anterior permitió clasificar la complejidad de los proyectos<sup>40</sup>. En cada caso se obtuvo una moda mensual del número de especialidades:

Tabla 19. Moda mensual de especialidades por equipo.

<b>Mes</b>	<b>Equipo A (CAD)</b>		<b>Equipo B (BIM)</b>	
	<b>Ind1</b>	<b>Especialidades</b>	<b>Ind1</b>	<b>Especialidades</b>
Junio	104.78	1	94.51	1
Julio	96.92	1	103.09	1
Agosto	92.70	3	101.98	3
Septiembre	98.18	1	111.78	1
Octubre	97.94	3	113.76	2
Noviembre	98.29	2	122.35	2
Diciembre	101.18	1	123.01	3
Totales	97.53	1	112.66	1
	Promedio	Moda	Promedio	Moda

Moda mensual por equipo de especialidades que intervinieron en el proceso de elaboración

Se observa que en los meses de menor indicador de desempeño in1 del equipo A, existe una moda de tres especialidades. En el equipo B los datos aparentan no tener relación (indicador de desempeño

<sup>40</sup> Ver anexo 4. Tablas de resultados de la aplicación.

y moda de especialidades). Para corroborar esta afirmación, resultó necesario comprobar mediante procedimiento estadístico si existe una relación entre las variables.

#### 4.4 RELACIÓN DE VARIABLES

Para determinar si existe una relación entre los in2a (horas de ajuste) y el número de especialistas que intervinieron, se seleccionó el método estadístico no paramétrico de la prueba Ji-cuadrada de asociación e independencia, la cual permite establecer si existe una dependencia entre variables dadas.

En primer término, se elaboró una tabla de contingencias mensual<sup>41</sup>. La variable  $j$  está definida por la escala de complejidad anteriormente explicada (del 0 al 3), mientras que la variable  $i$  se agrupó en rangos de horas de ajuste (entre 0 y 2, entre 3 y 5, y más de 5).

Tabla 20. Tabla de contingencias totales por equipo.

Equipo A						Equipo B					
i,j	0	1	2	3	Fj	i,j	0	1	2	3	Fj
Entre 0 y 2	32	46	13	3	<b>94</b>	Entre 0 y 2	11	53	40	32	<b>136</b>
Entre 3 y 5	2	8	13	19	<b>42</b>	Entre 3 y 5	11	10	13	14	<b>48</b>
Más de 5	1	1	3	26	<b>31</b>	Más de 5	1	1	1	1	<b>4</b>
<b>Fi</b>	<b>35</b>	<b>55</b>	<b>29</b>	<b>48</b>	<b>167</b>	<b>Fi</b>	<b>23</b>	<b>64</b>	<b>54</b>	<b>47</b>	<b>188</b>

Frecuencias marginales observadas durante seis meses (julio a diciembre 2018) en ambos equipos

Con base en esta tabla de contingencias, se elaboraron las hipótesis correspondientes, donde:

Ho = Hipótesis nula: las variables en estudio son independientes.

Ha = Hipótesis alternativa: las variables en estudio están relacionadas.

De acuerdo con los grados de libertad obtenidos (6), el valor de  $\chi^2$  crítico resulta de 12.59. Las frecuencias marginales (Fj, Fi) se emplearon para contrastar la Ho, ya que estas son la base para el cálculo de frecuencias esperadas que cabrían si las dos variables fueran independientes:

<sup>41</sup> Ver anexo 4: Tablas de resultados de la aplicación.

Tabla 21. Tabla de frecuencias esperadas por equipo.

Equipo A						Equipo B					
i,j	0	1	2	3	Fj	i,j	0	1	2	3	Fj
R1	19.70	30.95	16.32	27.01	<b>94</b>	R1	16.63	46.29	39.06	34.00	<b>136</b>
R2	8.80	13.83	7.29	12.07	<b>42</b>	R2	5.87	16.34	13.78	12.00	<b>48</b>
R3	6.49	10.20	5.38	8.91	<b>31</b>	R3	0.48	1.36	1.14	1.00	<b>4</b>
<b>Fi</b>	<b>35</b>	<b>55</b>	<b>29</b>	<b>48</b>	<b>167</b>	<b>Fi</b>	<b>23</b>	<b>64</b>	<b>54</b>	<b>47</b>	<b>188</b>

Frecuencias esperadas para identificar la independencia de las variables por equipo.

El valor de  $\chi^2$  experimental se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\sum \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e} = \chi^2 \text{ exp}$$

Donde:  $F_o$  = Frecuencia observada

$F_e$  = Frecuencia esperada

$\chi^2 \text{ exp}$  = Valor del  $\chi^2$  experimental

Obteniendo:

Tabla 22. Tabla del cálculo del  $\chi^2$  experimental.

Equipo A					Equipo B				
i,j	0	1	2	3	i,j	0	1	2	3
R1	7.67	7.30	0.67	21.35	R1	1.91	0.97	0.02	0.11
R2	5.25	2.45	4.46	3.97	R2	4.47	2.46	0.04	0.33
R3	4.65	8.30	1.05	32.77	R3	0.53	0.09	0.01	0.00
<b><math>\chi^2 \text{ exp} = 99.96</math></b>					<b><math>\chi^2 \text{ exp} = 10.98</math></b>				

Resultados de la aplicación de la fórmula para  $\chi^2$  experimental de ambos equipos

De esta manera, es posible contrastar el valor de  $\chi^2$  crítico con el de  $\chi^2$  experimental, sabiendo que:

- Se rechaza la  $H_o$  cuando  $\chi^2$  experimental es mayor que  $\chi^2$  crítico.
- No se rechaza la  $H_o$  cuando  $\chi^2$  experimental es menor que  $\chi^2$  crítico.

En este caso:

Tabla 23. Tabla comparativa del  $\chi^2$  experimental y crítico.

Equipo A		Equipo B	
$\chi^2$ experimental	$\chi^2$ crítico	$\chi^2$ experimental	$\chi^2$ crítico
99.96	12.59	10.99	12.59

Resultados de la aplicación de la fórmula para  $\chi^2$  experimental de ambos equipos

En el caso del equipo A, el  $\chi^2$  experimental resultó mayor que el  $\chi^2$  crítico, lo que significa que se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ . Para el equipo B, resultó un  $\chi^2$  experimental menor que  $\chi^2$  crítico, por lo que no se rechaza la  $H_0$ .

De esta manera se comprobó que en el proceso BIM, el indicador de las horas de ajuste no está relacionado con el número de especialidades que colaboran. Significa que la importancia de la estructuración adecuada del trabajo colaborativo puede influir directamente en la utilidad del BIM y la obtención de los beneficios de la preconstrucción digital.

No se rechaza esta posibilidad en el método tradicional (equipo A), pero resulta evidente que la relación que existe entre los indicadores provoca que, a mayor número de especialidades, mayor número de errores.

## RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS

---

El análisis estadístico de los resultados obtenidos con la aplicación del Protocolo de Colaboración en una empresa de la industria AECO, permitió comprobar en el método CAD existe una relación entre las horas de ajuste que invierten los empleados y el número de especialistas que intervienen en el proceso. Esta relación no se da en el caso de los procesos BIM, lo que quiere decir que la hipótesis planteada al inicio de la aplicación fue comprobada mediante el análisis.

Un hallazgo importante se refiere al tiempo que destina el personal de la empresa a realizar ajustes. Los arquitectos emplean cerca del 30% de su jornada laboral en corregir los errores de diseño, dibujo, modelado o comunicación, lo que significa una pérdida tanto económica como de calidad. Más allá del costo que representan estos ajustes en términos de las horas hombre, conviene realizar un análisis económico de lo que impactan los errores en esta empresa; por ejemplo, realizar la cuantificación del material que se desperdicia y traducirlo en número de contenedores de exportación al año.

Finalmente, esta aplicación nos muestra que un proceso BIM puede producir aproximadamente 20% más que el proceso tradicional, específicamente hablando de esta empresa y con las herramientas de gestión expuestas en esta investigación.

El papel del Arquitecto dentro de los procesos de implementación puede parecer ambiguo. Los resultados de la mejora a la productividad pueden aparentar un beneficio atractivo para la organización, pero se recomienda que antes de decidir la implementación BIM se realice un estudio (como el realizado en esta investigación) para determinar el tipo y grado de adopción.

Cada organización, e incluso cada arquitecto, deben establecer sus objetivos con claridad antes de adoptar nuevas tecnologías, ya que no se trata únicamente de resolver una técnica nueva, sino de realizar una reingeniería de procesos.

Por ello, se recomienda ampliamente que el Arquitecto o la organización se apoyen en los especialistas que pueden llevar a cabo dicha reingeniería. El trabajo colaborativo, especialmente en los procesos de implementación, resulta fundamental.

Es igualmente importante comunicar a cada integrante de los equipos la posibilidad de implementación del BIM, ya que se ha visto que las interferencias de comunicación o falta de información pueden llevar a la toma de decisiones perjudiciales a la organización. La retroalimentación permitirá que cada integrante aporte, desde su experiencia y perspectiva, una planificación holística.

Se recomienda que antes y durante el proceso de implementación, se fomente el trabajo en colaboración, ya que este será la clave del éxito de este.

El BIM no es un recurso material, es decir, no se trata de un software. Por ello se recomienda que cada organización evalúe las necesidades y posibilidad de los elementos técnicos que requiere para el BIM sea realmente funcional.

Con base en las herramientas seleccionadas, se deberán determinar los requerimientos técnicos para su correcta ejecución. Antes de realizar adquisiciones, se recomienda explorar las opciones disponibles en el mercado; por ejemplo, en el caso del software BIM, existen firmas de las que se pueden obtener pruebas gratuitas o versiones educacionales para que puedan ser utilizados antes de ser adquiridos.

La opinión de los miembros operativos de la organización siempre es relevante en este sentido, ya que es este sector el que debe dominar la herramienta para explotar al máximo sus capacidades.

La cantidad de información que alberga el BIM puede parecer abrumadora, por lo que se recomienda que, como parte de la planificación, se establezcan parámetros de almacenamiento de análisis de los datos.

Para ello, el Arquitecto debe recurrir a especialistas que tengan amplio conocimiento en el tema, ya que hoy la información es también un recurso necesario para las organizaciones. La generación de bases de datos permite que éstos sean la directriz de las estrategias que se formularán en el futuro, además de facilitar la comunicación y transferencia tecnológica.

Es importante que el Arquitecto estructure la información de manera tal que los datos sean realmente útiles para la toma de decisiones. También se recomienda que antes de la implementación BIM se cuente con las plantillas, familias, datos técnicos, etc., de los productos con los que se realizará la preconstrucción virtual.

La información y la planificación son la base de la estrategia. Debemos recordar que las tácticas organizacionales están enfocadas a logros a corto plazo, mientras que las estrategias tienen un fin a largo plazo. Por ello, se recomienda que se realice un análisis de datos de los comportamientos de la organización a lo largo del tiempo para generar estrategias con bases fundadas en sus propias características.

Toda estrategia debe incluir a cada miembro del equipo colaborativo, no debe obviarse la comprensión de ningún nivel jerárquico sobre las decisiones que se toman. Se recomiendan herramientas como en análisis FODA o BSC, para poder visualizar la estrategia antes de implementarla.

El grado de adaptabilidad de las estrategias debe ser alto. Cada una debe considerar el entorno inestable en el que se desarrolla, por lo que las estrategias rígidas o excesivamente controladas no se consideran útiles en este momento. Se recomienda establecer estrategias calculadas que absorban la emergencia dentro del sistema, a través de reglas simples y permitiendo la autoorganización.

La primera y más importante recomendación es fomentar e impulsar el trabajo colaborativo desde la formación del Arquitecto. La Academia debe reconocer que hoy el Arquitecto enfrenta escenarios distintos a los que tenía hace unas décadas, y que requerimos repensar su papel en la sociedad.

Desarrollar nuevas Teorías de la Arquitectura es una necesidad urgente, y deben coincidir con los desafíos que se nos presentan hoy. En ese sentido, los ejercicios académicos deben preparar a los futuros Arquitectos para formar parte de equipos transdisciplinarios y para ser capaces de resolver problemas complejos.



## REFERENCIAS

---

3Dnatives. (12 de julio de 2018). *3dnatives.com*. Recuperado el 09 de agosto de 2018, de ¿Cómo es vivir en una casa impresa en 3D?: <https://www.3dnatives.com/es/como-es-vivir-en-una-casa-impresa-en-3d/>

Acebal, C. (29 de mayo de 2018). *expansion.com*. Recuperado el 09 de agosto de 2018, de Así es la primera casa impresa en 3D habitable y sostenible: <http://www.expansion.com/fueradeserie/arquitectura/2018/05/29/5aeae65f468aebfc168b4628.html>

Alfaro, M., González, E., & Álvarez, A. (2013). Empresa como sistema adaptativo complejo y gestión de la complejidad. *Revista Universitaria Ruta*, 15 (2).

Ashby, R. (1977). *Introducción a la cibernética*. México: Nueva visión.

Autodesk. (n.d.). *Software CAD*. Recuperado el 10 de diciembre de 2017, de ¿Qué es el software de diseño?: <https://www.autodesk.mx/solutions/cad-software>

Barajas, J. (2005). *Curso introductorio a la Administración*. México: Trillas.

Bass, L., Clements, P., & Kazman, R. (2003). *Software architecture in practice, SEI Series in Software Engineering* (2 ed.). Estados Unidos: Addison Wesley.

BCIA. (2017). *The Building Controls Industry Association*. Recuperado el 01 de diciembre de 2017, de <https://bcia.co.uk/>

Benedikt, C., & Osborne, M. (2013). *The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?* Universidad de Oxford. Oxfordshire: Oxford Martin School.

BIFM. (n.d.). *The professional Body for Facilities Management*. Recuperado el 01 de noviembre de 2017, de <http://www.bifm.org.uk/bifm/home>

BIM Forum Chile. (noviembre de 2017). *Plan BIM. Roles BIM*. Recuperado el 16 de marzo de 2019, de <https://bit.ly/2W699sT>

BIM Task Group. (n.d.). Recuperado el 30 de noviembre de 2017, de [www.bimtaskgroup.org/](http://www.bimtaskgroup.org/)

BIMCommunity. (24 de octubre de 2016). *bimcommunity.com*. Recuperado el 21 de marzo de 2018, de La situación actual del BIM en el mundo: <https://www.bimcommunity.com/news/load/329/la-situacion-actual-del-bim-en-el-mundo>

- BIMCommunity. (29 de diciembre de 2017). *bimcommunity.com*. Recuperado el 25 de enero de 2018, de Argentina apuesta por el BIM:  
<https://www.bimcommunity.com/news/load/564/argentina-bets-on-bim>
- BIMForum Chile. (n.d.). *bimforum.cl*. Recuperado el 12 de diciembre de 2017, de BIMForum Chile:  
<http://www.bimforum.cl/que-es-bim-forum-chile/>
- Biografías y Vidas. (n.d.). *Enciclopedia Biográfica en línea*. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de Abraham Maslow: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/maslow.htm>
- Biografías y vidas*. (n.d.). Recuperado el 19 de noviembre de 2017, de La Enciclopedia Biográfica en línea: Frederick Winslow Taylor: <https://goo.gl/3gzQd3>
- Biografías y vidas*. (n.d.). Recuperado el 25 de noviembre de 2017, de La Enciclopedia Biográfica en línea: Henry Ford: <https://goo.gl/KZVpZq>
- Blázquez, M., & Mondino, A. (11 de diciembre de 2011). *Ciencia y Técnica Administrativa*. Recuperado el 19 de noviembre de 2017, de Recursos Organizacionales: Concepto, Clasificación e Indicadores: <http://www.cyta.com.ar/ta1101/v11n1a3.htm>
- Bohórquez, L. (2011). La organización empresarial como sistema adaptativo complejo. *Estudios Gerenciales*, 29 (127), 258-265.
- Brambley, M., Haves, P., McDonald, S., Torcellini, P., Hansen, D., Holmberg, D., y otros. (Abril de 2005). *Advanced Sensors and Controls for Building Applications: Market Assessment and Potencial R&D Pathways*. Recuperado el 01 de diciembre de 2017, de [https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/corporate/pnnl-15149\\_market\\_assessment.pdf](https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/corporate/pnnl-15149_market_assessment.pdf)
- Brugué, Q., & Subirats, J. (1996). *Lecturas de Gestión Pública* (Primera edición ed.). Madrid, España: Ministerio de Administraciones Públicas.
- Brynjolfsson, E., & Andrew, M. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. Nueva York, Estados Unidos: W.W. Norton & Company.
- Building Smart Spain. (n.d.). *La Asociación*. Recuperado el 09 de diciembre de 2017, de <https://www.buildingsmart.es/bssch/la-asociaci%C3%B3n/>
- Cambashi Insights. (2016). *cambashi.com*. Recuperado el 12 de diciembre de 2017, de Cambashi BIM Design Observatory: Market Size in 57 countries: <http://www.cambashi.com/bim-design-software-market-data>
- Campo, R., Domínguez, M., & Raya, V. (2013). *Gestión de proyectos* (1 ed.). Madrid: Ra-Ma Editorial.

- CANACINTRA. (13 de marzo de 2015). *Secretaría de Economía*. Recuperado el 10 de enero de 2018, de Diagnóstico para el desarrollo de procesos de fabricación de manufactura aditiva: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/189123/0018-F-13032015\\_Diagnostico\\_para\\_desarrollo\\_de\\_procesos\\_de\\_fabricacion\\_de\\_manufactura\\_aditiva\\_Parte\\_1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/189123/0018-F-13032015_Diagnostico_para_desarrollo_de_procesos_de_fabricacion_de_manufactura_aditiva_Parte_1.pdf)
- Candelas, E., Hernández, F., García, M., Montero, G., & García, M. (2005). *Facultad de Contaduría y Administración*. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de Administración Básica: <http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/2005/administracion/1/1150.pdf>
- Caro, L. (n.d.). *Elton Mayo: Biografía y aportes más importantes*. Recuperado el 22 de octubre de 2018, de lifeder.com: <https://www.lifeder.com/elton-mayo/>
- Chiavenato, I. (1999). *Administración de los Recursos Humanos* (5ta. ed.). Argentina: Mc Graw-Hill.
- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del talento humano*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Chiavenato, I. (2000). *Introducción a la Teoría General de la Administración*. Ciudad de México, México: Mc Graw-Hill.
- Chien, S.-c., Chuang, T.-c., Yu, H.-S., Han, Y., HeeSoong, B., & Tseng, K. J. (2017). Implementation of Cloud BIM-based Platform Towards High-performance Building Services. (Elsevier, Ed.) *Procedia Environmental Sciences*, 38, 436-444.
- Choclán, F. (mayo de 2017). *Definición de Roles en procesos BIM*. Recuperado el 16 de marzo de 2019, de <https://bit.ly/2GCLmLS>
- Claude, G., & Álvarez, L. (1991). *Historia del pensamiento administrativo*. México: Prentice Hall.
- Clayton, M. (13 de septiembre de 2016). *Geert Hofstede: Cultural dimensions*. Recuperado el 10 de enero de 2019, de <https://bit.ly/2IN6EaV>
- Colin, J. (22 de marzo de 2014). *Miguel Duhart Krauss Administración*. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de SlideShare: <https://es.slideshare.net/JessieColinVillagran/miguel-duhalt-krauss-administracin>
- Correa, E. (06 de Noviembre de 2006). *Gestiopolis*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de Breve biografía de Peter Drucker: <https://goo.gl/QGEZ8o>
- De Castro, A. (2014). *Comunicación organizacional. Técnicas y estrategias*. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.
- Del Val, J. L. (2016). Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática. *Industria 4.0: La transformación digital de la industria* (pág. 10). Deusto, España: CODDII.

*Desarrollo Tecnológico e Innovación*. (n.d.). Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de CONACYT: <https://goo.gl/zpySo9>

Díaz, A. (29 de octubre de 2012). *Principales autores de administración en México desde un enfoque teleológico*. Recuperado el 20 de octubre de 2018, de Gestiópolis: <https://www.gestiopolis.com/principales-autores-administracion-en-mexico-enfoque-teleologico/>

Drucker, P. (1975). *La gerencia. Tareas, responsabilidades y prácticas*. Buenos Aires, Argentina: El ateneo.

Drucker, P. (1993). *La sociedad postcapitalista*. Madrid, España: Apóstrofe.

EAE Business School. (25 de Octubre de 2017). Recuperado el 18 de Noviembre de 2017, de Proceso de producción: En qué consiste y cómo se desarrolla: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/proceso-de-produccion-en-que-consiste-y-como-se-desarrolla/>

*El País*. (n.d.). Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de Política: <https://goo.gl/uriFCB>

Entorno BIM. (9 de mayo de 2017). *¿Qué significa realmente "Open BIM"?* Recuperado el 25 de marzo de 2019, de <https://bit.ly/2qFtvIL>

es.BIM. (mayo de 2017). *Implantación del BIM en España*. Recuperado el 12 de diciembre de 2018, de Definición de Roles en procesos BIM: <https://bit.ly/2GCLmLS>

Escuela Superior de Comercio y Administración. (n.d.). *Instituto Politécnico Nacional*. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de Bienvenida: <http://www.escasto.ipn.mx/Conocenos/Paginas/Bienvenida.aspx>

Fantín, F., & Nuñez, J. M. (n.d.). *Observatorio de conflictos*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2017, de ¿Qué es el Toyotismo?: <https://www.nodo50.org/observatorio/toyotismo.htm>

FCA, UNAM. (2006). *Autores mexicanos más representativos y el enfoque crítico para el estudio de la Administración*. Recuperado el 30 de octubre de 2018, de Fcaenlinea.unm.mx: <http://fcaenlinea.unam.mx/2006/1131/docs/unidad11.pdf>

FCA, UNAM. (n.d.). *Entorno de las Organizaciones*. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia: [http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/20172/administracion/1/apunte/LA\\_1141\\_14116\\_A\\_Entorno\\_organizaciones.pdf](http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/20172/administracion/1/apunte/LA_1141_14116_A_Entorno_organizaciones.pdf)

Fernández, L. F. (n.d.). *Arquitectura de Software*. Recuperado el 12 de diciembre de 2017, de <https://sg.com.mx/content/view/409>

FGV/EBAPE. (08 de Mayo de 2017). Recuperado el 19 de noviembre de 2017, de Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas: <https://goo.gl/gnZ5v7>

*Forta Ingeniería*. (n.d.). Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de Proyecto Ejecutivo Integral de Ingeniería: <http://fortaingeneria.com/que-es-un-proyecto-ejecutivo/>

Galiana, M. (11 de diciembre de 2017). *arquitecturayempresa.es*. Recuperado el 09 de agosto de 2018, de La robótica aplicada a la arquitectura: <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/la-robotica-aplicada-la-arquitectura>

Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., & Vlissides, J. (1995). *Design Patterns: Elements of reusable object-oriented software*. Estados Unidos: Addison-Wesley.

Gerrish, T., Ruikar, K., Cook, M., Johnson, M., Phillip, M., & Lowry, C. (2017). BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential. *Energy and Buildings*, 144, 218-228.

*Gestiópolis*. (07 de Junio de 2002). Recuperado el 25 de Noviembre de 2017, de ¿Qué son rentabilidad y productividad en la empresa?: <https://goo.gl/4mEir2>

*Gestiópolis*. (n.d.). Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de Breve biografía de Peter Drucker: <https://goo.gl/QGEZ8o>

Gil, F., Rico, R., & Sánchez-Manzanares, M. (2008). Eficacia de equipos de trabajo. *Papeles del Psicólogo*, 29 (1), 25-31.

Globales. (n.d.). *CMMI Capability Maturity Model Integration*. Recuperado el 08 de diciembre de 2017, de <https://www.globales.es/imagen/internet/Informaci%C3%B3n%20General%20CMMI.pdf>

Gómez, J. J. (13 de Febrero de 2014). *Blog personal de Juan José Gómez Montaña. Ingeniero civil y Director Responsable de Obra*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de DRO 390: <https://goo.gl/FPzDMA>

Grant, R. M. (1991). *The Resource-Based Theory of Competitive Advantages: Implications for Strategy Formulation*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de Researchgate.net: [https://www.researchgate.net/profile/Robert\\_Grant12/publication/292714014\\_The\\_Resource-Based\\_Theory\\_of\\_Competitive\\_Advantage\\_Implications\\_for\\_Strategy\\_Formulation/links/577377a908aef01a0b66914/The-Resource-Based-Theory-of-Competitive-Advantage-Implicatio](https://www.researchgate.net/profile/Robert_Grant12/publication/292714014_The_Resource-Based_Theory_of_Competitive_Advantage_Implications_for_Strategy_Formulation/links/577377a908aef01a0b66914/The-Resource-Based-Theory-of-Competitive-Advantage-Implicatio)

Graphisoft. (n.d.). *Open BIM*. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <https://bit.ly/2XGVaKf>

Guerrero, O. (1995). *La administración pública del Estado capitalista*. México: Fontamara.

Hermida, J., Serra, R., & Kastika, E. (1992). *Administración y Estrategia*. Buenos Aires, Argentina: Macchi.

Hinojosa, M. A. (07 de Julio de 2002). *Gestiópolis*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2017, de Los costos de la producción: <https://goo.gl/tMLtA9>

Hofstede, G. (n.d.). *Hofstede Insights*. Recuperado el 10 de enero de 2019, de The 6 dimensions of national culture: <https://bit.ly/2kgmrVf>

IBM. (n.d.). *The Internet of Things becomes the Internet that thinks with Watson IoT*. Recuperado el 11 de diciembre de 2017, de <https://www.ibm.com/internet-of-things>

INBA. (01 de febrero de 2017). *inba.gob.mx*. Obtenido de Boletín 101: <https://www.inba.gob.mx/prensa/4724/contin-uacutecua-hasta-el-12-de-febrero-la-muestra-nbspjavier-senosiain-arquitectura-org-aacutenica>

Industria Conectada 4.0. (2014). *La transformación digital de la Industria Española. Informe preliminar*. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Gobierno de España.

International Federation of Robotics. (2016). *ifr.org*. Recuperado el 09 de agosto de 2018, de Service Robots: <https://ifr.org/service-robots>

Johnson, S. (2003). *Sistemas emergentes: o qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. México: Fondo de Cultura Económica.

Johnson, S. (2003). *Sistemas emergentes: O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Comparative market analysis. *Automation in Construction*, 286-299.

Kassem, M., Succar, B., & Dawood, N. (2013). A proposed approach to comparing the BIM maturity of countries.

*Lean Production*. (27 de Abril de 2016). Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de 100 años del nacimiento de Taiichi Ohno creador del Toyota Production System: <https://goo.gl/DN7zXZ>

León D., G. (2006). La comunicación organizacional en México. Enfoques, diseños y problemas de desarrollo. *Análisis*, 34, 287-304.

León, J. C. (2017). Implementación en Chile. *Congreso Internacional BIM en México*, (pág. 26). Ciudad de México.

Montero, G. (n.d.). *Fundamentos de Administración*. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de Apunte electrónico: [http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/20172/administracion/1/apunte/LA\\_1143\\_20016\\_A\\_Fundamentos\\_de\\_Administracion.pdf](http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/20172/administracion/1/apunte/LA_1143_20016_A_Fundamentos_de_Administracion.pdf)

Motta, P. R. (1999). *La ciencia y el arte de ser dirigente: un instrumento indispensable para el desarrollo profesional de actuales y futuros dirigentes*. Bogotá, Colombia: Tercer Mundo.

*OBS Business School*. (2016). Recuperado el 26 de Noviembre de 2017, de Costos directos e indirectos de un proyecto: <https://goo.gl/GvGNqi>

Oraee, M., Hosseini, R., Papadonikolaki, E., Palliyaguru, R., & Arashpour, M. (2017). Collaboration in BIM-based construction networks: A bibliometric-qualitative literature review. *International Journal of Project Management* , 1288-1301.

Ordenadores y Portátiles. (n.d.). *¿Qué entendemos por Workstation o estación de trabajo?* Recuperado el 16 de marzo de 2019, de <https://bit.ly/2tYzquF>

Oti, A., Kurul, E., Cheung, F., & Tah, J. (Mayo de 2016). *Research Gate*. Recuperado el 02 de Octubre de 2017, de The utilization of BMS in BIM for facility management: [https://www.researchgate.net/publication/303814834\\_The\\_utilization\\_of\\_BMS\\_in\\_BIM\\_for\\_facility\\_management](https://www.researchgate.net/publication/303814834_The_utilization_of_BMS_in_BIM_for_facility_management)

Perry, D., & Wolf, A. (1992). *Foundations for the study of software architecture*. ACM Agisoft Software Engineering Notes.

PMI. (n.d.). *¿Qué es la dirección de proyectos?* Recuperado el 02 de diciembre de 2017, de <https://americalatina.pmi.org/latam/AboutUS/QueEsLaDireccionDeProyectos.aspx>

PMI. (n.d.). *Acerca del PMI*. Recuperado el 02 de diciembre de 2017, de <https://americalatina.pmi.org/latam/AboutUS.aspx>

Quirk, V. (07 de Diciembre de 2012). *A Brief History of BIM*. Recuperado el 14 de Mayo de 2017, de ArchDaily: <https://goo.gl/dxVv4N>

Radetich, N. (2016). El capitalismo y el rechazo de los límites: El caso ejemplar del Taylorismo y el Fordismo. *Acta sociológica* (69), 17-50.

Ramírez, C. (2010). *Magíster en Gerencia y Gestión Pública*. Obtenido de <https://goo.gl/e2sthU>

Ramos, C. (2017). BIM, Nuevo paradigma en la construcción. *Congreso Internacional BIM en México*, (pág. 24). Ciudad de México.

Rawlinson, S. (09 de marzo de 2016). *BIMForum México*. Recuperado el 02 de noviembre de 2017, de Estrategia del BIM para México: <http://bimforummexico.mx/wp-content/uploads/2016/09/EbimMEXICO.pdf>

Recursos en Project Management. (n.d.). *Qué son las dimensiones de Hofstede*. Recuperado el 10 de enero de 2019, de <https://bit.ly/2GAhL5m>

Rivas, L. A. (2009). Evolución de la Teoría de la Organización. *Universidad & Empresa* , 11 (17), 11-32.

- Robbins, S. (2003). *La verdad sobre la dirección de personas y nada más que la verdad*. Barcelona, España: Ediciones Gestión 2000.
- Romero, S. (2018). *BBVA*. Recuperado el 26 de enero de 2019, de <https://bbva.info/2XKT4t0>
- Sanabria, M. (Octubre de 2007). *De los conceptos de administración, gobierno, gerencia, gestión y management: algunos elementos de corte epistemológico y aportes para una mayor comprensión*. (U. & Bogotá, Ed.) Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=187217485009>
- Sánchez, A. (25 de octubre de 2016). *Espacio BIM*. Recuperado el 01 de diciembre de 2017, de ¿Qué es LOD?: <https://www.espaciobim.com/que-es-el-lod-nivel-de-detalle/>
- Sánchez, T. (2017). Ventajas del uso de modelos digitales en el diseño, construcción y operación de obras. *Congreso Internacional BIM en México*, (pág. 19). Ciudad de México.
- Schwab, K. (2017). *La cuarta revolución industrial*. México: Penguin Random House.
- Scribd*. (n.d.). Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de Biografía Idalberto Chiavenato: <https://es.scribd.com/doc/259717419/Biografia-Idalberto-Chiavenato>
- Secretaría General de Industria y de la PYME. (2016). *La transformación digital de la industria española: Nuevas actuaciones*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018, de <https://bit.ly/2V1bnNL>
- Sepúlveda, C. (2004). *Diccionario de términos económicos* (11 ed.). (C. Sepúlveda, Ed.) Santiago, Chile: Editorial Universitaria.
- Slater, J. (16 de marzo de 2011). *MIT Technology Review*. Recuperado el 20 de enero de 2019, de La psicología de la colaboración: <https://bit.ly/2DyZvI2>
- Succar, B. (03 de junio de 2009). *BIM ThinkSpace*. Recuperado el 01 de diciembre de 2017, de BIM Episode 11: The difference between BIM Capability and BIM Maturity: <http://www.bimthinkspace.com/2009/06/index.html>
- TCP, UST Global. (n.d.). *Gobierno IT*. Recuperado el 01 de octubre de 2017, de [http://www.tcpsi.com/servicios/gobierno\\_ti.htm](http://www.tcpsi.com/servicios/gobierno_ti.htm)
- Thompson, L., Levine, J., & Messick, D. (2012). *Shared Cognition in Organizations*. Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publishers.
- Trend. (n.d.). *Sistema de control BMS*. Recuperado el 01 de diciembre de 2017, de <https://www.trendcontrols.com/es-ES/bmssystem/Paginas/default.aspx>



UNAM, F. d. (n.d.). *División de Ingeniería Mecánica e Industrial*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de Taiichi Ohno:

[http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/historia/carrera\\_historia\\_ohno.html](http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/historia/carrera_historia_ohno.html)

*UneAbasto*. (05 de Noviembre de 2013). Recuperado el 26 de Noviembre de 2017, de ¿Productividad o rentabilidad?: <https://goo.gl/9KgZBw>

Universidad de Buenos Aires. (n.d.). *fadu.uba.ar*. Recuperado el 25 de enero de 2018, de Modelado de Edificios con Información (BIM): <http://www.fadu.uba.ar/post/969-modelado-de-edificios-con-informacin-bim>

*Universitat de Girona*. (n.d.). Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de Área de Ciencia Política: <https://goo.gl/p2nCZF>

Vaquero, A. (25 de enero de 2012). *Universidad de San Pedro Sula*. Recuperado el 07 de agosto de 2018, de Organicismo y Arquitectura de Frank Lloyd Wright:

[historiaarqups.files.wordpress.com/.../organicismo\\_y\\_arquitectura\\_frank\\_lloyd\\_wright](http://historiaarqups.files.wordpress.com/.../organicismo_y_arquitectura_frank_lloyd_wright)

Vargas, J. (12 de abril de 2016). *Arquitectura y diseño de software en el mundo ágil*. Recuperado el 02 de diciembre de 2017, de <https://jonathan.vargas.cr/es/temas/desarrollo/18287-arquitectura-y-diseno-de-software-en-el-mundo-agil>

Ventura, S. (n.d.). *Gestion.org*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2017, de El proceso productivo: <https://www.gestion.org/estrategia-empresarial/productos-servicios/4476/el-proceso-productivo/>

Waidelich, H., Janssen, M., Galarza, J., Aruda, N., Brizuela, M., & Csatlos, M. (11 de Junio de 2012). *Ingeniería y Sociedad*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2017, de Resumen del Fordismo, Taylorismo y el Toyotismo: <http://ingenieriaysociedad2012unam.blogspot.mx/2012/06/el-fordismo-el-fordismo-es-unaforma-de.html>

*Wikipedia*. (18 de Septiembre de 2017). Recuperado el 19 de Noviembre de 2017, de Robert M. Grant (economist): <https://goo.gl/yWuFxQ>

Wuchty, S., Jones, B., & Uzzi, B. (2007). The increasing dominance of teams in production of knowledge. *Science*, 316 (5827), 1036-1039.

Zimmermann, E. (10 de Junio de 2012). *Taylorismo, Fordismo y Toyotismo*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2017, de <http://iystp2.blogspot.mx/>

Zugarramurdi, A., & Lupin, H. (1998). *Depósito de documentos de la FAO*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2017, de Ingeniería Económica aplicada a la industria pesquera: <https://goo.gl/j9DEjJ>

## GLOSARIO

---

**Modelo MIC:** Se refiere al Modelo de Información para la Construcción y es una representación digital paramétrica de la construcción.

**Modelado MIC:** Método por el cual se desarrollan los modelos MIC. Este método o proceso apoya las decisiones estratégicas durante todo el ciclo de vida del proyecto ejecutivo.

**Producción digital:** Proceso de elaboración de productos virtuales que apoyan la ejecución del proyecto arquitectónico. Se refiere a los modelos MIC y los sistemas BMS y FM.

**Puntos de referencia funcional:** Medida de calidad para determinar el comportamiento de una organización en comparación con otras. Se refiere a la comparación pareada de estándares con empresas o industrias a las que no se pertenece. Identificación de las prácticas exitosas de otras disciplinas con el objetivo de implementar mejores prácticas

**Interoperabilidad:** Capacidad de varios sistemas o componentes para intercambiar información y datos. Permite a las partes involucradas describir los requisitos y capacidad técnica de distintos elementos. Representa la capacidad del funcionamiento de los procesos sin interrupciones y tomando en cuenta el contexto.

## LISTA DE ACRÓNIMOS

---

- BAS** Building Automation Systems
- BEMS** Building Energy Management System
- BEP** BIM Execution Plan
- BIM** Building Information Model o Building Information Modeling
- BMS** Building Management System
- BSI** Building Smart International
- CAD** Computer-aided design
- CAS** Sistema Complejo Adaptativo
- CMM** Capability Maturity Model for Software
- CONACYT** Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
- FM** Facilities Management
- ISO:** International Organization for Standardization
- PMI** Project Management Institute
- RAE** Real Academia de la Lengua Española
- TA** Teorías Administrativas
- TGA** Teoría General de la Administración
- TIC** Tecnologías de la Información y Comunicación
- TIR** Tasa Interna de Retorno
- TO** Teorías de la Organización
- VPN** Valor Presente Neto

## ANEXOS

---

1.	Tabla de modelos organizacionales.....	102
2.	Tabla de las teorías clásicas y modernas de la organización.....	103
3.	Diagrama del proceso de la empresa seleccionada en área específica.....	106
4.	Tablas y análisis de resultados de la aplicación .....	107
5.	Protocolo de colaboración.....	115

Tabla 24. Modelos organizacionales

Modelo organizacional	Características
 <p data-bbox="305 653 529 680"><b>Diseño mecanicista</b></p> <p data-bbox="297 716 537 743">Era industrial clásica</p> <p data-bbox="354 779 480 806">1870-1950</p>	<ul data-bbox="708 359 1325 751" style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación centralizada</li> <li>• Muchos niveles jerárquicos</li> <li>• Normas rígidas de comunicación</li> <li>• Puestos definitivos y limitados, individuales y especializados</li> <li>• Poca capacidad para el procesamiento de información</li> <li>• Énfasis en la eficiencia de producción</li> <li>• Adecuado para el ambiente estable e inmutable, con tecnología fija y permanente</li> <li>• Capacidad nula para el cambio y la innovación</li> </ul>
 <p data-bbox="321 1136 509 1163"><b>Diseño matricial</b></p> <p data-bbox="272 1199 558 1226">Era industrial neoclásica</p> <p data-bbox="354 1262 480 1289">1950-1990</p>	<ul data-bbox="708 842 1344 1339" style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación descentralizada</li> <li>• Diseño híbrido (de estructura funcional acoplada a la estructura de productos y servicios)</li> <li>• Doble subordinación: a la autoridad funcional y a la del proyecto (producto/servicio)</li> <li>• Normas dobles de interacción en puestos cambiantes e innovadores</li> <li>• Aumento de capacidad para el procesamiento de información</li> <li>• Puestos adecuados para tareas complejas</li> <li>• Ideal para ambiente inestable y tecnología cambiante</li> <li>• Capacidad razonable para el cambio y la innovación</li> </ul>
 <p data-bbox="321 1671 513 1698"><b>Diseño orgánico</b></p> <p data-bbox="289 1734 542 1761">Era del conocimiento</p> <p data-bbox="321 1797 509 1824">1990-actualidad</p>	<ul data-bbox="708 1377 1344 1843" style="list-style-type: none"> <li>• Importancia en los equipos autónomos y no en las divisiones o departamentos</li> <li>• Elevada independencia entre las redes internas de equipos</li> <li>• Organización ágil, flexible, fluida, sencilla e innovadora</li> <li>• Intensa interacción por medio de puestos autodefinidos y cambiantes</li> <li>• Capacidad expandida para el procesamiento de información</li> <li>• Énfasis en el cambio, creatividad e innovación</li> <li>• Ideal para ambiente cambiante y con tecnología de punta</li> </ul>

Tabla de los modelos organizacionales de acuerdo con los periodos identificados en la TGA. Fuente: elaboración propia con base en (Chiavenato, Gestión del talento humano, 2009)

Tabla 25. Tabla de las teorías clásicas y modernas de la organización

## TEORÍAS CLÁSICAS

Teoría	Año	Exponente(s)	Organización
Científica	1900	Town Taylor	Permite medir el esfuerzo individual.
Funcional	1916	Fayol	Basada en la distribución de funciones, divididas en subfunciones y procedimientos desarrollados por uno o más puestos.
Burocrática	1924	Weber	Tiene reglas claras y racionales, decisiones impersonales y excelencia técnica de empleados y gestores.
De las relaciones humanas	1920 1957	Mayo Follet Maslow Herzberg McGregor	Considera e integra a las personas que hacen funcionar a la propia organización
De los sistemas cooperativos	1938	Barnard	A través de un trato justo y beneficios mutuos, asegura la cooperación de los miembros que la conforman
De los sistemas	1956	Bertalanffy Katz Rosenzweig	Se define como un sistema organizacional que coordina armónicamente los diferentes subsistemas que la componen, con un objetivo previamente definido
Del comportamiento	1961 1984	March Simon	Permite a los empleados de todos los niveles tomar decisiones y colaborar para el cumplimiento de los objetivos, de acuerdo con su nivel de influencia y autoridad

Teoría	Año	Exponente(s)	Organización
		Selznick	
<b>Política</b>	1960	Pfeffer	Crea colaboraciones entre distintos grupos de interés y gestiona positivamente el conflicto
		Croazier	
<b>Del desarrollo organizacional</b>	1970	Lewin	Promueve el cambio planeado con base en las intervenciones, donde es posible la colaboración entre distintos niveles organizacionales
		McGregor	
		Burns	
<b>De la Contingencia</b>	1972	Slater	Depende de la tecnología, de su tamaño y del medio ambiente
		Woodward	
		Child	

Tabla de las Teorías Clásicas de la Organización. Fuente: Elaboración propia con base en (Rivas, 2009)

### TEORÍAS MODERNAS

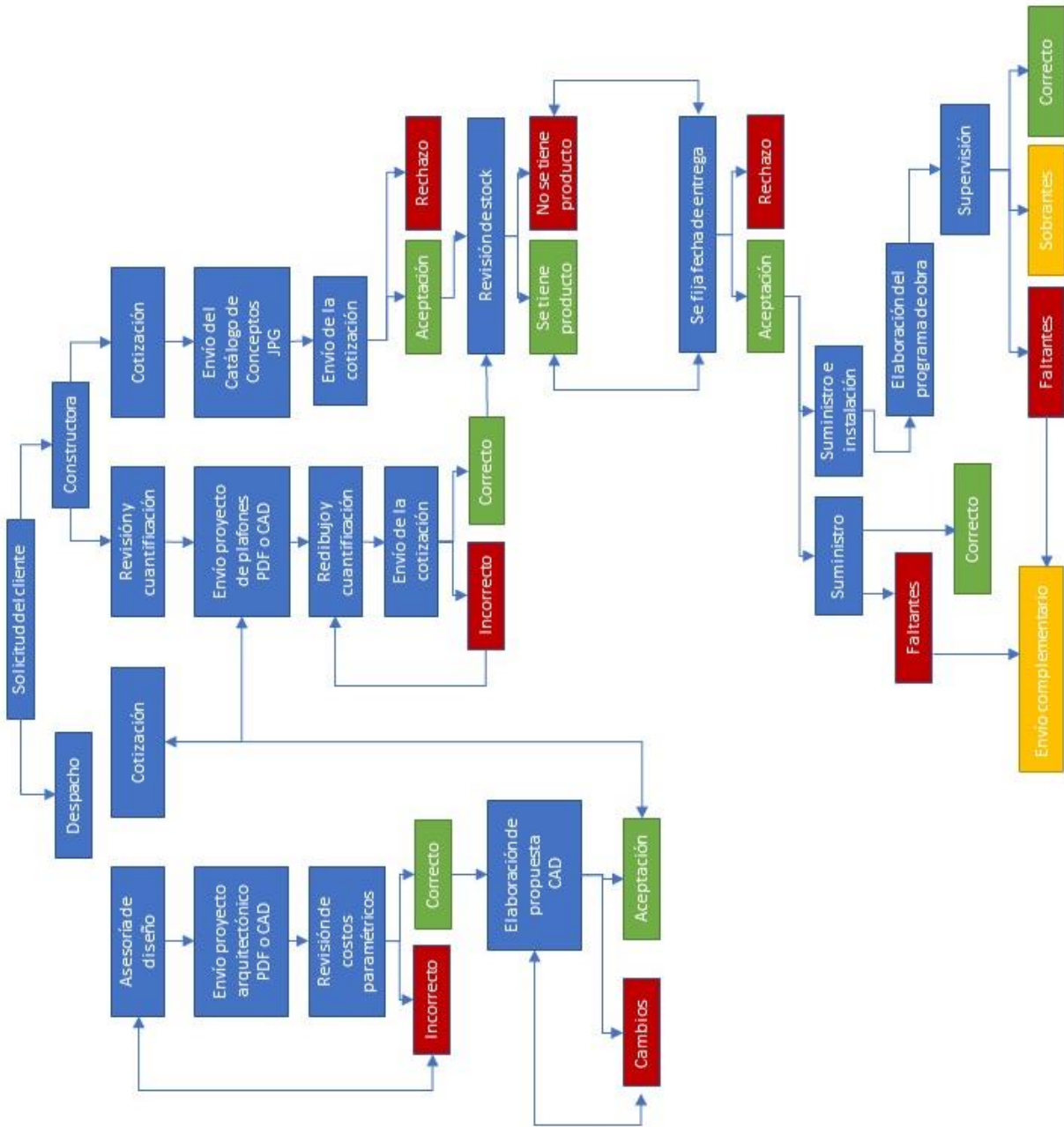
Teoría	Año	Exponente(s)	Organización
<b>De la población ecológica</b>	1977	Hannan	Consigue adaptarse al entorno y operar con eficiencia
	1984	Freeman	
		Di Maggio	
<b>Institucional</b>	1977	Powell	Integra a las personas que hacen funcionar la organización
	1983	Meyer	
		Rowan	
<b>De transacciones</b>	1975	Williamson	Minimiza los costos de transacción
	1985		
<b>De los recursos y capacidades</b>	1991	Barney	Gestiona racionalmente los recursos y las capacidades de sus integrantes

Teoría	Año	Exponente(s)	Organización
De la agencia	1991	Rumelt	Crea mecanismos de prevención: premia al agente si actúa a favor de los intereses de la organización y evita que actúe a favor de los propios
		Schendel	
		Teece	
Del caos determinista	1993	Cambell	Gestiona a través de la complejidad la variabilidad caótica de la organización
De los sistemas alejados del equilibrio	1971	Prigogine	Puede adaptarse y autoorganizarse
	1989		
De los sistemas complejos adaptativos	1995	Kauffman	Permite ajustes continuos entre los propios elementos y con su entorno
De la autocrítica organizada	1980	Maturana	Crea una red de procesos y/u operaciones que pueden crear o destruir elementos del sistema como respuesta a los cambios del medio
		Varela	

Tabla de las Teorías Modernas de la Organización. Fuente: Elaboración propia con base en (Rivas, 2009)



DIAGRAMA DEL PROCESO DE LA EMPRESA SELECCIONADA EN ÁREA ESPECÍFICA



## TOTALES MENSUALES EQUIPO A Y B

Mes	Proy	Superficie m <sup>2</sup>	Elaboracion en hrs			Tiempo hrs	Esp.	Indicador m <sup>2</sup> /hr	Elaboracion en %		
			D	C	A				D	C	A
Julio	24	23,454	93	77	72	242	1	96.92	38.43	31.82	29.75
Agosto	20	17,983	77	63	54	194	3	92.70	39.69	32.47	27.84
Septiembre	24	19,735	80	65	56	201	1	98.18	39.80	32.34	27.86
Octubre	18	18,314	69	62	56	187	3	97.94	36.90	33.16	29.95
Noviembre	22	20,150	80	65	60	205	2	98.29	39.02	31.71	29.27
Diciembre	29	27,320	102	88	80	270	1	101.18	37.78	32.59	29.63
<b>Totales</b>	<b>137</b>	<b>126,956</b>	<b>501</b>	<b>420</b>	<b>378</b>	<b>1,299</b>	<b>1</b>	<b>97.53</b>	<b>38.60</b>	<b>32.35</b>	<b>29.05</b>

Mes	Proy	Superficie m <sup>2</sup>	Elaboracion en hrs			Total hrs	Esp.	Indicador m <sup>2</sup> /hr	Elaboracion en %		
			D	C	A				D	C	A
Julio	25	25,978	141	57	54	252	1	103.09	55.95	22.62	21.43
Agosto	17	16,724	87	44	33	164	3	101.98	53.05	26.83	20.12
Septiembre	26	20,456	100	48	35	183	1	111.78	54.64	26.23	19.13
Octubre	22	18,202	91	40	29	160	2	113.76	56.88	25.00	18.13
Noviembre	28	20,800	95	45	30	170	2	122.35	55.88	26.47	17.65
Diciembre	37	23,002	101	53	33	187	3	123.01	54.01	28.34	17.65
<b>Totales</b>	<b>155</b>	<b>125,163</b>	<b>615</b>	<b>287</b>	<b>214</b>	<b>1,116</b>	<b>1</b>	<b>112.66</b>	<b>55.07</b>	<b>25.92</b>	<b>19.02</b>

# TABLAS DE CONTINGENCIA

JUN-DIC 2018

## EQUIPO A

Junio	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	6	9	4	1	20
	Entre 3 y 5	0	1	2	3	6
	Más de 5	1	0	0	3	4
	i	7	10	6	7	30

Julio	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	8	8	0	0	16
	Entre 3 y 5	0	1	1	1	3
	Más de 5	0	0	1	4	5
	i	8	9	2	5	24

Agosto	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	4	5	3	0	12
	Entre 3 y 5	0	1	1	2	4
	Más de 5	0	0	0	4	4
	i	4	6	4	6	20

Septiembre	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	3	7	3	1	14
	Entre 3 y 5	0	1	2	4	7
	Más de 5	0	0	1	2	3
	i	3	8	6	7	24

Octubre	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	4	5	0	0	9
	Entre 3 y 5	0	0	2	3	5
	Más de 5	0	0	0	4	4
	i	4	5	2	7	18

Noviembre	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	3	4	3	1	11
	Entre 3 y 5	0	1	3	2	6
	Más de 5	0	1	1	3	5
	i	3	6	7	6	22

Diciembre	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	4	8	0	0	12
	Entre 3 y 5	2	3	2	4	11
	Más de 5	0	0	0	6	6
	i	6	11	2	10	29

TOTALES	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	26	37	9	2	74
	Entre 3 y 5	2	7	11	16	36
	Más de 5	0	1	3	23	27
	i	28	45	23	41	137

## EQUIPO B

Junio	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	1	13	6	3	23
	Entre 3 y 5	2	2	2	3	9
	Más de 5	0	0	0	1	1
	i	3	15	8	7	33

Julio	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	1	8	4	0	13
	Entre 3 y 5	2	3	2	5	12
	Más de 5	0	0	0	0	0
	i	3	11	6	5	25

Agosto	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	1	2	4	4	11
	Entre 3 y 5	1	1	2	2	6
	Más de 5	0	0	0	0	0
	i	2	3	6	6	17

Septiembre	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	1	9	5	4	19
	Entre 3 y 5	2	2	1	2	7
	Más de 5	0	0	0	0	0
	i	3	11	6	6	26

Octubre	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	3	6	6	4	19
	Entre 3 y 5	1	0	2	0	3
	Más de 5	0	0	0	0	0
	i	4	6	8	4	22

Noviembre	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	2	8	7	4	21
	Entre 3 y 5	1	1	3	0	5
	Más de 5	1	0	1	0	2
	i	4	9	11	4	28

Diciembre	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	2	7	8	13	30
	Entre 3 y 5	2	1	1	2	6
	Más de 5	0	1	0	0	1
	i	4	9	9	15	37

TOTALES	i,j	0	1	2	3	j
	Entre 0 y 2	10	40	34	29	113
	Entre 3 y 5	9	8	11	11	39
	Más de 5	1	1	1	0	3
	i	20	49	46	40	155

## Relación entre horas de ajuste y Número de especialidades

Para este análisis se tomaron las observaciones levantadas en la empresa seleccionada durante los meses de junio a diciembre de 2018, **Equipo A (CAD)**.

El objetivo es determinar si existe una relación entre las horas de ajuste y el número de especialidades que intervienen en el proceso.

La muestra es de **167** observaciones.

### Horas de ajuste y Número de especialidades que intervienen

#### 1. Tabla de contingencias

i,j	0	1	2	3
Entre 0 y 2	26	37	9	2
Entre 3 y 5	2	7	11	16
Más de 5	0	1	3	23



#### 2. Definición de las hipótesis

$H_0$  = Las variables en estudio son independientes

$H_a$  = Las variables en estudio están relacionadas

Grados de libertad:  $\nu = 6$   
 $\chi^2$  crítico = **12.59**

DISTRIBUCION DE  $\chi^2$

Grados de libertad	Probabilidad										
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	<b>12,59</b>	16,81	22,46
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59
	No significativo						Significativo				

### 3. Obtencion de frecuencias marginales

Frecuencias marginales

i,j	0	1	2	3	Fj
Rango 1	26	37	9	2	74
Rango 2	2	7	11	16	36
Rango 3	0	1	3	23	27
Fi	28	45	23	41	137

\* Esto se hace para poder contrastar Ho

### 4. Cálculo de frecuencias esperadas

Se calcularon las frecuencias esperadas que cabría esperar si las dos variables fueran independientes, mediante la siguiente fórmula:

$$Fe_{ij} = \frac{(\text{Total fila } i) * (\text{Total columna } j)}{n}$$

Con lo cual obtenemos:

Tabla de Frecuencias esperadas

i,j	0	1	2	3	Fj
Rango 1	15.12	24.31	12.42	22.15	74
Rango 2	7.36	11.82	6.04	10.77	36
Rango 3	5.52	8.87	4.53	8.08	27
Fi	28	45	23	41	137

### 5. Cálculo del valor X<sup>2</sup> experimental

Se calculó el valor de X<sup>2</sup> experimental para compararlo con el valor de X<sup>2</sup> critico, mediante la siguiente fórmula:

$$\chi^2 = \sum \left[ \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e} \right]$$

Con lo cual se obtuvo:

Cálculo de X<sup>2</sup> experimental

i,j	0	1	2	3
Rango 1	7.82	6.63	0.94	18.33
Rango 2	3.90	1.97	4.06	2.54
Rango 3	5.52	6.98	0.52	27.55
			X <sup>2</sup> experimental =	86.76

## 6. Análisis de datos

Una vez que se calculó el valor de  $X^2$  se comparó con el valor crítico tomado de la tabla de distribución de  $X^2$ , y se considera que:

- a. Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) cuando:  $X^2_{\text{experimental}} > X^2_{\text{critico}}$ . Quiere decir que se acepta la  $H_a$
- b. Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) cuando:  $X^2_{\text{experimental}} < X^2_{\text{critico}}$ . Quiere decir que se acepta  $H_0$

## 7. Conclusiones

En este caso, contrastamos los valores obtenidos de  $X^2$

$$X^2_{\text{experimental}} = 86.76 \qquad X^2_{\text{critico}} = 12.59$$

Como podemos observar, el valor de  $X^2$  experimental es mayor que el  $X^2$  crítico, con lo que concluimos que la  $H_a$  es válida y por lo tanto **existe una relación entre el número de especialidades que intervienen y las horas de ajuste.**

## Relación entre horas de ajuste y Número de especialidades

Para este análisis se tomaron las observaciones levantadas en la empresa seleccionada durante los meses de junio a diciembre de 2018, **Equipo B (BIM)**.

El objetivo es determinar si existe una relación entre las horas de ajuste y el número de especialidades que intervienen en el proceso.

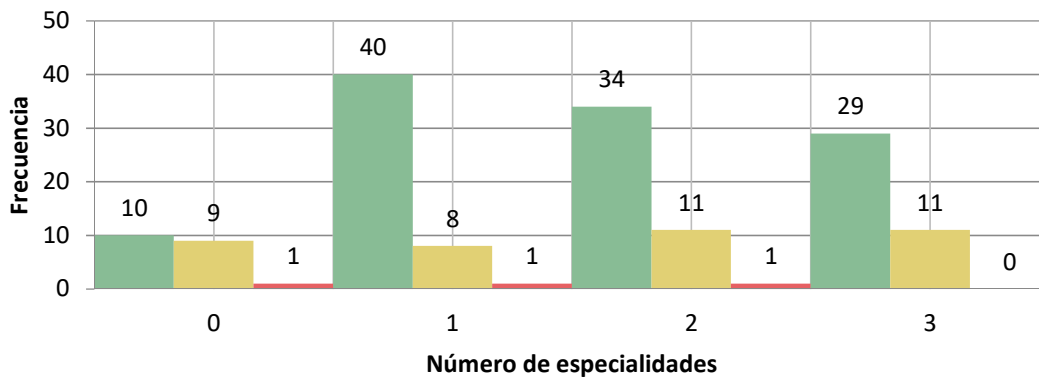
La muestra es de **188** observaciones.

### Horas de ajuste y Número de especialidades que intervienen

#### 1. Tabla de contingencias

i,j	0	1	2	3
Entre 0 y 2	10	40	34	29
Entre 3 y 5	9	8	11	11
Más de 5	1	1	1	0

#### Frecuencias observadas



#### 2. Definición de las hipótesis

Ho = Las variables en estudio son independientes

Ha = Las variables en estudio están relacionadas

Grados de libertad:  $\nu = 6$   
 $\chi^2$  crítico = **12.59**

DISTRIBUCION DE  $\chi^2$

Grados de libertad	Probabilidad										
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	<b>12,59</b>	16,81	22,46
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59
	No significativo						Significativo				

### 3. Obtencion de frecuencias marginales

Frecuencias marginales

i,j	0	1	2	3	Fj
Rango 1	10	40	34	29	113
Rango 2	9	8	11	11	39
Rango 3	1	1	1	0	3
Fi	20	49	46	40	155

\* Esto se hace para poder contrastar Ho

### 4. Cálculo de frecuencias esperadas

Se calcularon las frecuencias esperadas que cabría esperar si las dos variables fueran independientes, mediante la siguiente fórmula:

$$Fe_{ij} = \frac{(\text{Total fila } i) * (\text{Total columna } j)}{n}$$

Con lo cual obtenemos:

Tabla de Frecuencias esperadas

i,j	0	1	2	3	Fj
Rango 1	14.58	35.72	33.54	29.16	113
Rango 2	5.03	12.33	11.57	10.06	39
Rango 3	0.39	0.95	0.89	0.77	3
Fi	20	49	46	40	155

### 5. Cálculo del valor X<sup>2</sup> experimental

Se calculó el valor de X<sup>2</sup> experimental para compararlo con el valor de X<sup>2</sup> critico, mediante la siguiente fórmula:

$$\chi^2 = \sum \left[ \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \right]$$

Con lo cual se obtuvo:

Cálculo de X<sup>2</sup> experimental

i,j	0	1	2	3
Rango 1	1.44	0.51	0.01	0.00
Rango 2	3.13	1.52	0.03	0.09
Rango 3	0.97	0.00	0.01	0.77
	X <sup>2</sup> experimental =			8.48



## 6. Analisis de datos

Una vez que se calculó el valor de  $X^2$  se comparó con el valor crítico tomado de la tabla de distribución de  $X^2$ , y se considera que:

- a. Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) cuando:  $X^2_{\text{experimental}} > X^2_{\text{critico}}$ . Quiere decir que se acepta la  $H_a$
- b. Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) cuando:  $X^2_{\text{experimental}} < X^2_{\text{critico}}$ . Quiere decir que se acepta  $H_0$

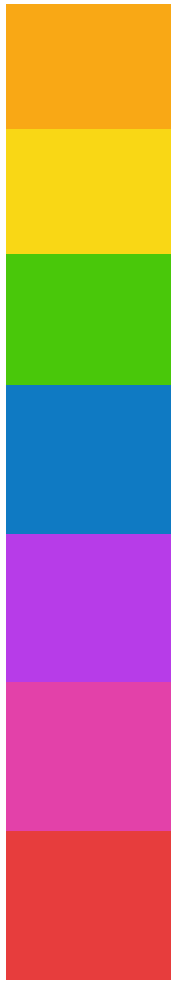
## 7. Conclusiones

En este caso, contrastamos los valores obtenidos de  $X^2$

$$X^2_{\text{experimental}} = 8.48 \qquad X^2_{\text{critico}} = 12.59$$

Como podemos observar, el valor de  $X^2$  experimental es menor que el  $X^2$  crítico, con lo que concluimos que la  $H_0$  es válida y por lo tanto **no existe una relación entre el número de especialidades que intervienen y las horas de ajuste.**

Proyecto: Prueba de prototipo  
Número: 12345PP  
Fecha: junio, 2018

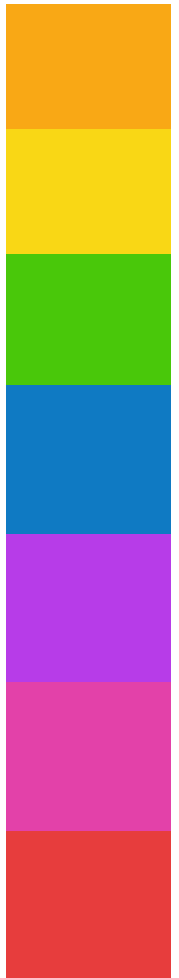


# PROTOCOLO DE COLABORACIÓN

## PRODUCCIÓN DIGITAL

Versión: 1.3  
Elaborado por: Arq. Ileana G. Rodríguez Amaya  
Etapa: Construcción

1. Generalidades
2. Información del proyecto
3. Contactos clave
4. Objetivos y usos del Producto Digital
5. Equipo de trabajo
6. Procedimiento de Colaboración
7. Control de Calidad



# 1. Generalidades



¡Bienvenido al trabajo colaborativo!

La esencia de la producción digital que tú realizas es la mejora continua de tus productos a través del trabajo colaborativo. Ponemos a tu disposición este Protocolo para que, tanto tu trabajo como el de tus colaboradores, resulte en un proyecto exitoso.

Durante la ejecución de este proyecto tendrás la certeza de los trabajos que se realizarán, de su calidad y de la aportación que tú realizas al equipo. Recuerda que el Producto Digital será útil en la medida en la que todos puedan sumar sus habilidades para cumplir el objetivo que tenemos en común.

La información aquí vertida no es una guía, sino un acuerdo con el que aseguraremos que cumpliremos la meta. Por lo tanto, este Protocolo se encargará de lo siguiente:

- \* Definir los objetivos, usos y estrategias del producto digital
- \* Identificar las habilidades y talentos de los integrantes del equipo colaborativo
- \* Establecer la calidad de los entregables para lograr un producto que cumpla en tiempo y forma.
- \* Definir roles, responsabilidades, líneas de comunicación, programación y métodos de colaboración.
- \* Definir y aplicar los estándares del producto digital (BIM, BMS o FM).
- \* Seleccionar el *software* a emplear para mejorar la interoperabilidad en el equipo colaborativo.
- \* Establecer los entregables del proyecto, su contenido y formato para el intercambio.
- \* Proporcionar el sistema de coordenadas a emplear para la información BIM, con el fin de hacer compatibles las importaciones de archivos en caso de requerirse.
- \* Planificar las fases del proyecto y la estructura general del modelo de colaboración
- \* Definir los procesos de revisión y validación de los entregables de dibujo o modelos MIC.
- \* Establecer los protocolos de comunicación, su frecuencia y forma adecuadas para el intercambio de datos.
- \* Definir las fechas de las revisiones del producto digital, las cuales se acordarán bajo la convocatoria y liderazgo del Coordinador MIC.

Esperamos que durante este proceso puedas descubrir los beneficios del trabajo colaborativo y que disfrutes de este método de trabajo que, sin duda, te guiará en el descubrimiento de tus habilidades.

Si tienes alguna inquietud, aportación o sugerencia, comunícalo al equipo. Compartir tu talento con los demás hará que este proyecto sea una buena experiencia para todos, y al finalizarlo estarás orgulloso de la calidad del producto que logramos juntos.

## 2. Información del proyecto

### Información general

Cliente: .....

Contacto: .....

Proyecto: .....

Clave del proyecto: .....

Ubicación: .....

Coordinador de proyecto: .....

Líder de proyecto: .....

Residente de obra: .....

Fecha de solicitud: .....

### Información Adicional

Fase del proyecto	Fecha estimada de inicio	Fecha estimada de entrega

Observaciones:

### 3. Contactos clave

Especialidad		ARQUITECTURA		
Empresa	Nombre	Rol	Correo electrónico	Teléfono
		Coordinador de Proyecto		
		Director Técnico		
		Líder de Proyecto		
		Residente de Obra		

Especialidad		ESTRUCTURA		
Empresa	Nombre	Rol	Correo electrónico	Teléfono
		Coordinador de Proyecto		
		Director Técnico		
		Líder de Proyecto		
		Residente de Obra		

Especialidad		INSTALACIONES		
Empresa	Nombre	Rol	Correo electrónico	Teléfono
		Coordinador de Proyecto		
		Director Técnico		
		Líder de Proyecto		
		Residente de Obra		

Especialidad		OTRAS DISCIPLINAS		
Empresa	Nombre	Rol	Correo electrónico	Teléfono
		Coordinador de Proyecto		
		Director Técnico		
		Líder de Proyecto		
		Residente de Obra		

## 4. Objetivos y usos del Producto Digital

### Objetivos

1. Elaboración de modelos de alta calidad con la integración de todos los sistemas
2. Detección de interferencias para prevenir conflictos en la ejecución de obra
3. Optimizar la programación y planificación de obra
4. Reducir el tiempo de construcción
5. Revisar cambios con el cliente
6. Generar modelos *As-Built*

### Usos

PLANIFICACIÓN		DISEÑO	
	Programación	X	Autoría de diseño
	Análisis de sitio	X	Revisiones
		X	Coordinación (3D)
			Análisis estructural
			Análisis de instalaciones
		X	Planeación (4D)
	Costos / Presupuestos (5D)		Costos / Presupuestos (5D)
	Análisis energético (6D)		Análisis energético (6D)
	Operación / Mantenimiento (7D)		Operación / Mantenimiento (7D)
	Condiciones actuales		Condiciones actuales

CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN	
	Planificación de usos en sitio		Planificación del mantenimiento
	Diseño de sistema constructivo		Análisis de los sistemas (BMS)
X	Coordinación (3D)		Gestión de activos
	Fabricación digital		Gestión espacial
	Control		Prevención de desastres
	Planeación (4D)		Planeación (4D)
	Costos / Presupuestos (5D)		Costos / Presupuestos (5D)
	Certificaciones sustentabilidad (6D)		Certificaciones sustentabilidad (6D)
	Operación / Mantenimiento (7D)		Operación / Mantenimiento (7D)
X	Registro <i>As-Built</i>		Registro <i>As-Built</i>

## 4. Objetivos y usos del Producto Digital

### Síntesis

FASE	USO	OBJETIVO	EMPRESA
D	Autoría de diseño	Generar modelo con LOD 500 del edificio y sus sistemas	Empresa A
D	Revisiones	Revisión con cliente /supervisor	Empresa B
D	Coordinación (3D)	Detección temprana de conflictos para evitar en obra	Empresa C
D	Planeación (4D)	Optimizar programación y planificación de obra	Empresa D
C	Coordinación (3D)	Disminuir tiempo de construcción	Empresa E
C	Registro <i>As-Built</i>	Generar modelo con características <i>As-Built</i>	Empresa E

### Descripciones

#### **Autoría de diseño**

Desarrollo de información empleando modelos 3D con herramientas paramétricas y funciones automatizadas. Incluye la creación de una biblioteca de objetos genéricos con parámetros de valor interno para la organización, así como la alimentación de la base de datos que contiene las especificaciones particulares que son de gran valor para el uso óptimo de la organización.

#### **Revisiones**

Emplear modelos 3D para visualizar y revisar el diseño en un entorno virtual, de modo que sea comprensible para cada equipo de trabajo. La pre construcción digital será el resultado de las revisiones y/o correcciones que realice cada especialidad que comprende el equipo colaborativo.

#### **Coordinación (3D)**

La detección de interferencias entre los sistemas de edificación se simplifica a través de la pre construcción digital, permite la comparación e interpolación de todos los sistemas generados por cada especialidad, y la toma de decisiones durante el proceso de elaboración y/o construcción. Cada miembro del equipo puede retroalimentar el modelo 3D para evitar los conflictos de manera oportuna.

#### **Planeación (4D)**

Enlazar modelos 3D y sus respectivos elementos con un programa de obra, con el fin de elaborar y visualizar la planeación del proyecto y/o construcción de la edificación.

#### **Registro *As-Built***

Proceso mediante el cual se representan las condiciones físicas y recursos de la edificación. En algunos casos se representan también las condiciones del contexto inmediato. Mínimamente debe contener las información de los elementos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones.





# 6. Procedimiento de colaboración

## Estrategia de colaboración

### Comunicación

La comunicación con respecto al proyecto y los archivos BIM, se llevará a cabo principalmente mediante correo electrónico, con el objetivo de documentar el proceso de manera adecuada. Los asuntos en los correos electrónicos tendrán la siguiente estructura:

#### Clave del proyecto - Nomenclatura de Especialidad | Asunto

En el campo "asunto" se puede escribir, por ejemplo: Cita, aclaración, solicitud de acceso a los archivos, seguimiento, nota informativa, etc.

La nomenclatura de tu especialidad la puedes encontrar en la sección de contactos clave (secc. 3.)

La clave del proyecto se localiza en la sección de información del proyecto (secc. 2).

Al establecer comunicación con el equipo, toma en cuenta lo siguiente:

- Marca copia del correo, en todos los casos, al Director BIM de Gestión y Coordinadores BIM, con el fin de asegurar que todo el equipo esté enterado del tema y pueda dar el seguimiento respectivo.
- Notifica por este medio a todos los Coordinadores BIM, la entrega o actualizaciones de modelos BIM.
- En caso de solicitar reprogramación o prórrogas de entregables, debes notificarlo a los Líderes de Proyecto, Director BIM y Coordinadores BIM.
- Si tu rol es el de Coordinador BIM, es tu responsabilidad comunicar al resto del equipo de trabajo los resultados de los análisis de interferencias o conflictos al realizar integraciones de modelos, así como todos aquellos asuntos que sean de su competencia.

### Reuniones

Se llevarán a cabo una serie de reuniones virtuales para mantener el diálogo activo sobre los procesos BIM.

Tipo de reunión	Etapas del proyecto	Frecuencia	Medio / Locación	Fecha	Participantes

# 6. Procedimiento de colaboración

## Estrategia de colaboración

### Intercambio de información

La entrega de archivos se acordó con cada Coordinador BIM, con el visto bueno del Director BIM.

Toma en cuenta que:

- \* Los cambios en el proyecto justificacánel ajuste de fechas de entrega de modelo, según corresponda y bajo previo aviso
- \* Las entregas de modelo se harán a la par de la entrega de planos, por lo que se seguirá la logística de la empresa receptora (consulta con tu Coordinador BIM)
- \* La fecha de inicio del modelado de la especialidades será la misma que la fecha del primer envío del modelo arquitectónico
- \* Una vez realizada la entrega del modelo, debes notificar por el medio establecido al Director BIM y al resto de Coordinadores BIM

### Entregables

Intercambio de información:	Primer modelo BIM			
Nombre de la empresa:	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Especialidad:	Arquitectura	Estructura	Instalaciones	Otra
Recibido por:	Todos	Todos	Todos	Todos
Fecha de envío:	Feb.01	Feb.08	Feb. 16	Feb. 18
Nombre del archivo:	001_AR	001_ST	001_MEP	001_IS
Software y versión:	Revit 2019	Revit 2019	Revit 2019	Revit 2019
LOD requerido:	200	200	200	200
Extensión del archivo	*.rvt	*.rvt	*.rvt	*.rvt
Extensión interoperabilidad:	*.rvt	*.rvt	*.rvt	*.rvt

Intercambio de información:	Elaboración del diseño			
Nombre de la empresa:	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D
Especialidad:	Arquitectura	Estructura	Instalaciones	Otra
Recibido por:	Todos	Todos	Todos	Todos
Fecha de envío:	Cada viernes a medio día			
Nombre del archivo:	000_AR	000_ST	000_MEP	000_IS
Software y versión:	Revit 2019	Revit 2019	Revit 2019	Revit 2019
LOD requerido:	200	200	200	200
Extensión del archivo	*.rvt	*.rvt	*.rvt	*.rvt
Extensión interoperabilidad:	*.rvt	*.rvt	*.rvt	*.rvt

Intercambio de información:	Coordinación 3D
Nombre de la empresa:	Empresa E
Especialidad:	Coordinación
Recibido por:	Coordinaciones   Subcontratistas   Cliente
Frecuencia:	Segundo y Cuarto viernes de cada mes
Nombre del archivo:	2019-MM-DD-000
Software y versión:	Navisworks Manage 2019
Extensión del archivo	*.nwf
Extensión interoperabilidad:	*.nwd 2015





# 7. Control de Calidad

Para asegurar la calidad de tu producto, revisa los siguientes puntos:

### El modelo:

- Tiene las **coordenadas** del origen establecido en la sección 6
- Está en las **unidades** indicadas en la misma sección
- Sus **ejes** corresponden con los del modelo arquitectónico
- Fue **purgado y auditado**
- Está en la **fase** indicada en la sección 6

### Los procedimientos:

- Se realizó la **Transferencia de Normas de Proyecto** para: Organización del navegador, Información del Proyecto, Parámetros del Proyecto y Configuración de las Fases
- Se activó la modalidad **Worksharing**
- Las copias del modelo están **descentralizadas**
- Los elementos fuera del alcance de mi especialidad fueron copiados con la herramienta **copy/monitor**, dentro del subproyecto adecuado

### Los subproyectos:

- La **nomenclatura** de los subproyectos corresponde a la de la sección 6
- No hay vistas **inconclusas** o que no vayan en planos
- No hay **nubes de revisión** en las vistas de los subproyectos

### Los planos:

- Tienen **nubes de revisión** (si aplica)
- Cada subproyecto lleva un plano con **portada y vista 3D**
- El **pie de plano** fue llenado según lo establecido en la sección 6

Adicionalmente, no olvides realizar las siguientes revisiones:

Revisión	Definición	Frecuencia
<b>Visual</b>	Asegurarse de que no existan componentes no deseados en el modelo, y que se respete la intención del diseño	Continuamente
<b>Interferencia</b>	Detectar problemas en el modelo donde dos componentes del edificio estén en conflicto	Continuamente
<b>Copy/Monitor</b>	Utilizar la herramienta copy/monitor de Revit (o aquella que corresponda a su programa BIM), para verificar que los elementos copiados al diseño estén alineados (retículas, niveles, columnas, ejes, etc.)	Antes de compartir actualizaciones del modelo