



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

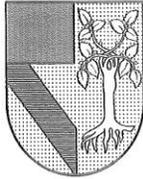
CAMPUS GUADALAJARA

“BIM PARA GENERACIÓN DE ESTIMACIONES”

Arq. Adrián Alejandro Terrazas Bernal

Tesis presentada para optar por el grado de
Maestro en Administración de la Construcción
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios
de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., 11 de octubre 2014



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
CAMPUS GUADALAJARA

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C. Sr. Adrián Alejandro Terrazas Bernal
Presente.

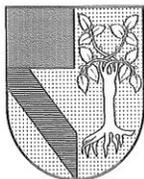
En mi calidad de presidente de la Comisión de Exámenes de Grado, y después de haber analizado el trabajo de titulación presentado por usted en la alternativa de **TESIS**, titulada:

“BIM PARA GENERACIÓN DE ESTIMACIONES”

Le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen de Grado, por lo que deberá de entregar ocho ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

ATENTAMENTE

DR. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN
DE EXAMENES DE GRADO



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
CAMPUS GUADALAJARA

Zapopan, Jalisco, Octubre de 2014

DR. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE
EXÁMENES DE GRADO
P R E S E N T E.

Me permito hacer de su conocimiento que Sr. Adrián Alejandro Terrazas Bernal, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa TESIS, titulada:

“BIM PARA GENERACIÓN DE ESTIMACIONES”

Manifiesto que, después de haber sido dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

A T E N T A M E N T E

DR. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
ASESOR DE TESIS

***Dedicatoria:** A mi Esposa que siempre
Confió en mí para terminar esta misión. A
Mis Padres y Hermanos que siempre me apoyaron.
A Dios gracias por darme conciencia y permitirme
Participar en su creación.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre y a la Santísima Virgen de Guadalupe patrona de México por permitirme ser mejor persona; y darme el privilegio de aprender nuevas cosas y hacerme participe de su Gran Obra. Por darme la oportunidad de ser gente de bien y de provecho. Por librarme sano y salvo de todos los peligros donde me he metido. Por escuchar mis oraciones y darme salud, paz y armonía.

A mi compañera y querida Esposa María de Jesús Plascencia Torres por creer en mí y darme un voto de confianza desde hace mucho tiempo. Por escucharme siempre en mis pláticas largas sobre Tiempo, el Espacio, de la Gran Historia de México, y en especial de mi pueblo purépecha, - el cual nunca olvido. Esposa Gracias por dejar que tome tu mano y conducirme por esta vida hasta la felicidad.

A mi Padre el Dr. Luis Alfonso Terrazas Olivos por darme la vida y arrojarme de lleno y desde el principio de mi vida al mundo científico, de la observación y del razonamiento, por inculcarme la curiosidad y a desvelar un poco más los misterios de la vida.

A mi lindísima Madre por enseñarme el patrón de la disciplina, de la responsabilidad de la dedicación al deporte y al trabajo duro, a empujar los límites del cansancio para forjar un mejor porvenir.

A mis Hermanos Ana y Eduardo y a mi cuñado Mario por escucharme, dar consejo y apoyarme a realizar todos mis sueños, con mucho cariño les dedico esta tesis.

A mis queridos suegros Don Alfredo Plascencia por haberme abierto las puertas de su casa y ofrecerme una amistad sincera y llana; con mucho cariño hasta el cielo. A María de Jesús Torres Franco por apoyar me y querer me como a uno más de sus hijos. A mis cuñados en especial a la Yeya y a mi sobrina Sofi.

A mis Maestros de la Maestría en especial al Mtro. Pedro González López por encender el interés en mí del maravilloso mundo de la programación y que dicho conocimiento me ha llevado a servir mejor a los demás y darme un mejor nivel de vida.

A Grupo Tradeco que me permitió trabajar y estudiar; para hacer posible este Gran Logro.

RESUMEN

Esta Tesis tiene como finalidad demostrar que se pueden generar volúmenes de obra más rápido, evitando cuellos de botella que se generan con el sistema de generación tradicional (AutoCAD, Excel). “Generadores que se hacen solos”.

También tiene como principal interés enfatizar el potencial que la metodología BIM tiene para coadyuvar la producción en las empresas constructoras. Sin embargo, la implantación -es decir, la introducción de una nueva idea a una organización- es un proceso que además de sus dificultades inherentes se ve complicado, en este caso, por la necesidad de adaptar los manuales de implantación como el “Pennsylvania State University Execution Planning Guide” o el “Autodesk Deployment Plan” al contexto de la industria mexicana de la construcción.

Como en cualquier organización, la introducción de nuevas herramientas en la industria mexicana de la construcción presenta grandes retos y esto es especialmente cierto con la tecnología BIM, ya que sus principios requieren de un cambio en la forma de pensar, controlar y administrar de la organización.

La capacidad y disposición de las organizaciones para aprender es crucial para la incorporación de nuevas tecnologías con una resistencia saludable. Peter Senge (Quinta Disciplina, 2010) cuestiona, por qué molestarse, por qué es importante construir una organización que adquiera por sí sola la nueva tecnología y se mantenga siempre innovando y ofrece algunos motivos como la ventaja competitiva que trae consigo un desempeño o una calidad superior, una mayor satisfacción del cliente o el contar con una fuerza laboral alerta, comprometida y lista para el cambio.

De la misma manera este es un documento que ayuda a aumentar el conocimiento y difundir las nuevas tecnologías entre el gremio de Proyectistas, Constructores y Contratistas.

ÍNDICE

1. Introducción.....	14
1.1. El porqué de la tesis	14
1.2. Antecedentes del Problema.....	16
1.2.1. Historia de BIM.....	17
1.3. Hipótesis y Objetivo.....	18
1.4. Alcances.....	18
2. Marco teórico.....	20
2.1. Introducción.....	20
2.2. Visión y cambio en la estrategia de administración de la constructora ¿Por qué mejorar? (Perspectiva Senge).....	20
2.3. ¿Para qué soy bueno?	24
2.4. Ideas Estratégicas “Aprendizaje”	25
2.5. Organizaciones Inteligentes (perspectiva David A. Garvin)	29
2.6. Cambio en los roles laborales del Equipo de Costos con el Uso de BIM ..	49
2.7. Comentarios y Conclusiones	50
3. Medición.....	52
3.1. Introducción.....	52
3.1.1. Tamaño de Muestra y Población	53
3.2. Método de Medición	54
3.3. La Encuesta	55
3.4. Resultados	56
4. Análisis.....	61
4.1. Introducción.....	62
4.2. Análisis de la Muestra	62
4.3. Observaciones y Comentarios.....	68
4.4. Simulación en el proceso de estimación	69
4.5. Propuesta BIM.....	72
5. Conclusiones.....	82
5.1. Introducción.....	83
5.2. Conclusiones.....	83
5.3. Recomendaciones.....	85

5.4. Futuras Líneas de Investigación 87

Bibliografía 88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aportación al sector de la construcción, 2014: Rendimiento per cápita Mexicano es sólo superior al de Brasil (World Bank, 2014).	15
Tabla 2. Ingredientes para el éxito.	24
Tabla 3. Proceso de solución de problemas Xerox	34
Tabla 4. Tamaño de la muestra	54
Tabla 5. Encuesta.....	55
Tabla 6. Tabla de resultados	57
Tabla 7. Tabla de resultados	58
Tabla 8. Tabla de resultados	58
Tabla 9. Tabla de resultados	59
Tabla 10. Tabla de resultados.....	60
Tabla 11. Tablas de premisas de simulación	68
Tabla 12. Simulación	70
Tabla 13. Reporte de Revit de Muros	80
Tabla 14. Schedule Aplanados.	81
Tabla 15. Tabla de recuperación de la inversión.....	86

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Gross Domestic Product (GDP) Industria de la construcción.....	14
Gráfica 2. Tiempo requerido en meses para reducir a la mitad el tiempo de entrega.	47
Gráfica 3. Edad promedio y Años de experiencia	62
Gráfica 4. Frecuencia de edades	63
Gráfica 5. Porcentaje de uso de Herramientas	63
Gráfica 6. Porcentaje de la Muestra que percibe el concepto más tardado para generar	64
Gráfica 7. Porcentaje de Restricción en el proceso.....	64
Gráfica 8. Porcentaje de Frecuencia del Error	65
Gráfica 9. Retribución al equipo de costos.....	66
Gráfica 10. Porcentaje de Empresas que manejan índice de Productividad	66
Gráfica 11. Porcentaje de percepción de dificultad	67
Gráfica 12. Tiempos promedio de la Industria.....	67
Gráfica 13 Promedio de Ingresos Mensual en el Sector de la Construcción en el Estado de Jalisco.....	71
Gráfica 14. Costo de mano de obra para realizar 4 generadores.....	84
Gráfica 15. Percepción de dificultad para menores de 38 años.	84
Gráfica 16. Percepción de dificultad para mayores de 38 años.....	85
Gráfica 17. Gráfica comparativa en proceso de Generación de Estimaciones.	86

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Ciclo de Aprendizaje..... 26

Diagrama 2. Flujo de Proceso de Costeo..... 50

ÍNDICE DE FIGURAS

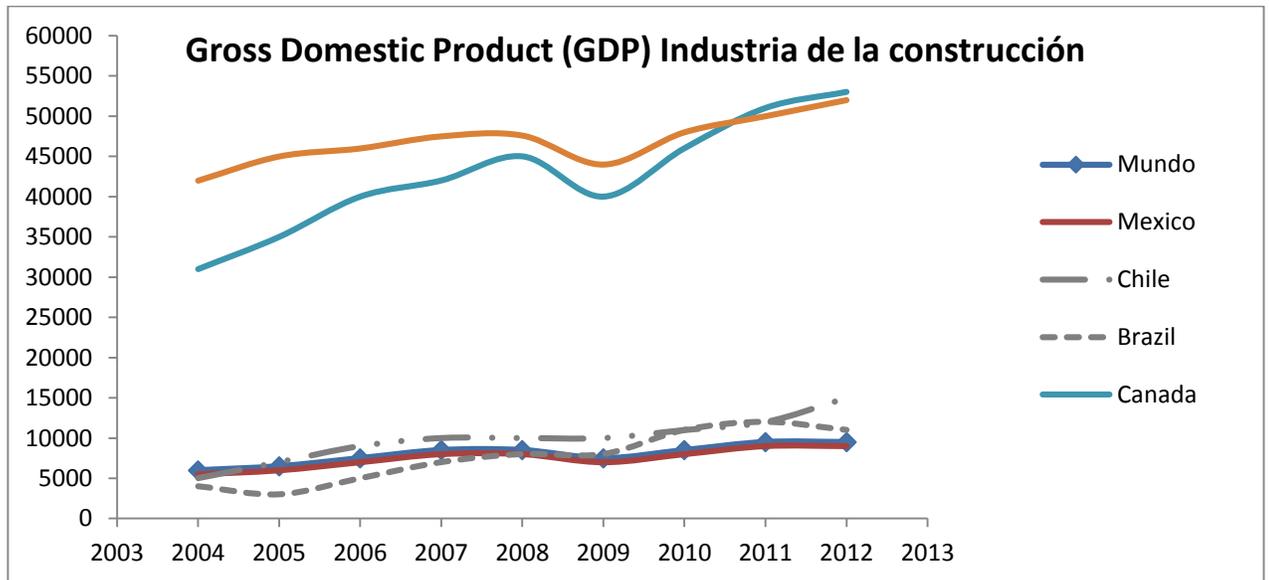
Figura 1. Configuración de la hoja.	73
Figura 2. Herramienta Rooms.....	74
Figura 3. Margen de hoja.....	75
Figura 4. Filtrado de elementos.	76
Figura 5. Schedule Properties.....	77
Figura 6. Reporte de Schedule Properties.	78
Figura 7. Generadores y croquis.....	78
Figura 8. Schedule Wall.....	79

1. Introducción

1.1. El porqué de la tesis

El porcentaje que aporta la industria de la construcción en México, al Producto Interno Bruto (PIB), es menor que en otros países (World Bank, 2014). Tal diferencia, en su productividad (Gráfica 1 y Tabla 1) implica que menos riqueza y bienestar sean generados para los profesionistas y obreros de dicho sector, que así lo demandan.

Como podemos apreciar en los índices de productividad presentados por el Banco Mundial, colocan a México por debajo de Estados Unidos, Canadá y Chile; y de manera preocupante por debajo del promedio mundial.



Gráfica 1. Gross Domestic Product (GDP) Industria de la construcción.

Tabla 1. Aportación al sector de la construcción, 2014: Rendimiento per cápita Mexicano es sólo superior al de Brasil (World Bank, 2014).



Aportación del Sector de la Construcción al PIB								
Country or Area	Year	Item	in US dollars	Habitantes	V. PerCapita	Dolares diarios (360d)		
Brazil	2011	Construction (ISIC F)	\$ 89,194,008,951.89	200,000,000.00	\$ 445.97	\$ 1.24	0.65189649	
Brazil	2010	Construction (ISIC F)	\$ 79,757,589,291.31					
Brazil	2009	Construction (ISIC F)	\$ 64,156,207,206.00					
Canada	2011	Construction (ISIC F)	\$ 119,105,934,089.00	35,158,300.00	\$ 3,387.70	\$ 9.41	4.95197545	
Canada	2010	Construction (ISIC F)	\$ 106,391,596,032.00					
Canada	2009	Construction (ISIC F)	\$ 86,220,956,308.00					
Chile	2011	Construction (ISIC F)	\$ 17,333,269,173.78	16,634,603.00	\$ 1,042.00	\$ 2.89	1.5231441	
Chile	2010	Construction (ISIC F)	\$ 15,350,169,450.54					
Chile	2009	Construction (ISIC F)	\$ 13,991,691,853.06					
Mexico	2011	Construction (ISIC F)	\$ 77,304,627,576.92	113,000,000.00	\$ 684.11	\$ 1.90		
Mexico	2010	Construction (ISIC F)	\$ 69,576,169,959.00					
Mexico	2009	Construction (ISIC F)	\$ 67,829,055,426.75					
United States	2011	Construction (ISIC F)	\$ 611,307,759,775.00	316,017,000.00	\$ 1,934.41	\$ 5.37	2.82762891	
United States	2010	Construction (ISIC F)	\$ 531,204,779,169.00					
United States	2009	Construction (ISIC F)	\$ 563,338,348,715.00					

[Fuente Banco Mundial](#)

Desde mi experiencia personal como contratista, encuentro que entre los distintos obstáculos que enfrenta esta industria, son de especial relevancia aquellos que corresponden al proceso de cobranza de estimaciones, en cuanto a la unificación de sus formas y la agilización y actualización del proceso. Esto, debido a las dificultades para adquirir herramientas informáticas adecuadas y para integrar nuevas tecnologías y conocimientos.

A continuación se describe el proceso de generación y cobranza de estimaciones, tal y como lo he observado:

1. Elaboración de la estimación por el contratista.
2. Revisión de la estimación por parte de la supervisión externa.
3. Devolución de la estimación con señalamientos al contratista.
4. Corrección por el contratista y nueva entrega a la supervisión.
5. Cobro.

Las dificultades más frecuentemente observadas, en mi experiencia, son:

- Errores aritméticos en los pasos 1, 2 y 4.

- Falta de agilidad del proceso por la utilización de formatos y criterios no conciliados previamente con los demás actores que participan en el proceso (Supervisión).

Además, dichas dificultades se ven exacerbadas por la participación de una gran cantidad de personas en el proceso y por las presiones temporales a las que el personal se ve sometido. Ambos factores, incrementan la probabilidad del error humano. (Véase. *Impacts of stress on estimation performance MEI-YUNG LEUNG1*, PAUL OLOMOLAIYE2, ALICE CHONG3 and CHLOE C. Y. LAM1*).

Una posible solución a dichas dificultades, se vislumbra en la implementación de procedimientos y herramientas informáticas que incrementarán la eficiencia de los procesos de generación y cobranza de las estimaciones.

Así, el presente trabajo se propone desarrollar una metodología que aplique la tecnología de Building Information Modeling (BIM) y que, desde la automatización y estandarización de formatos y procedimientos, agilice y haga más eficiente la generación de volúmenes de obra. Para esto, será además relevante tratar lo referente a las necesidades y dificultades de la incorporación de nuevos conocimientos en las organizaciones “Learning Organizations”.

1.2. Antecedentes del Problema

En el presente trabajo se busca enfrentar el problema histórico de cuantificación de volúmenes de obra, y su referencia y correspondencia con un plano. Una aproximación a resolver dicho problema se encuentra en la generación que llamaremos tradicional (CAD y Excel), que consiste en medir conforme a plano digital (CAD) y se ayuda de una hoja de cálculo (Excel) para la cubicación y la medición de los elementos a generar (determinar) y posteriormente a cobrar, cabe mencionar que es práctica de la industria agregar referencia a ejes o a alguna simbología, que relaciona la hoja de cálculo con el CAD.

Entre las opciones que aporta este enfoque tradicionalista son: manuales de construcción como el de *Principios de Estimación de Obra del Colegio de Bachilleres*

de Sonora (2014), además *Tiempo y Costo de Edificación* de Suárez Salazar (1978). Dichos formatos incorporan el software Excel (propiedad de Microsoft) para el cálculo de áreas, volúmenes, pesos, etc. Sin embargo, es importante recalcar que el software se encuentra siempre desligado de la cuantificación del proyecto.

Esta desconexión del software de proyecto (CAD) con la cuantificación del proyecto (volúmenes de obra en Excel), es lo que hace que la generación de cada concepto de cobro tenga que ser realizada de manera manual e independiente (un concepto de otro, Aplanados de Muro, a Muros de Ladrillo), retrasando el proceso de cobranza y generando cuellos de botella para las estimaciones y aumentando el riesgo de error. Por dichas razones la presente Tesis propone una metodología de cobranza BIM que conecte el software de proyecto (CAD) con el de generación de volumen (Excel).

1.2.1. Historia de BIM

Ante esta problemática, en 1962 Douglas C. Englebart, precursor de inventos como el mouse de computadora, vislumbró en su investigación *Augmenting Human Intellect* (1962), un software capaz de contener mucha más información útil que los hasta entonces desarrollados. También el científico Nicholas DeMonchaux's anunciaba el futuro de BIM en su libro *Spacesuit: Fashioning Apollo*. Por otro lado, un elemento que contribuyó al desarrollo virtual de BIM fue sin duda el Building Description System (BDS), primer posibilitado para descomponer un edificio en sus partes.

Otro de los precursores importantes en este tema fue Charles Eastman, con su Graphical Language for Interactive Design (GLIDE), considerada ya una plataforma BIM moderna. Este software permite crear, almacenar, editar, evaluar, y compartir objetos paramétricos (tipos de muro, cimentaciones, etc.), además de reportar información de un proyecto de construcción. Su flexibilidad radica en la posibilidad de nombrar objetos de una misma clase (muro) con diferentes instancias (altura del muro), es decir que varíen sus características externas pero en el fondo compartan una misma estructura. Así mismo, BIM permite ligar el proceso de cuantificación con el diseño, atributo de especial relevancia para el problema que se aborda en el presente trabajo.

Como estos ejemplos, existen otras personalidades y empresas que han desarrollado herramientas a manera de plugin en Revit como Excitech, contribuyendo con ello a la generación de volúmenes de obra, así como a referenciar los mismos mediante coordenadas.

1.3. Hipótesis y Objetivo

La hipótesis del presente trabajo es:

- “Demostrar con tecnología BIM que se pueden generar volúmenes de Albañilería y Acabados”.

Objetivo primario consiste en:

- Evaluar la relación costo-beneficio de generar volúmenes de obra con tecnología BIM.

1.4. Alcances

La presente tesis aborda el proceso de generación-cobranza, entendiéndose desde la elaboración de generadores y croquis. Por ello, para conocer el proceso de generación y sus dificultades se deberá muestrear la realidad en campo, como es que se determinan los volúmenes para estimaciones en la Industria Mexicana de la construcción. La muestra se obtendrá de: la Secretaría de Infraestructura y Obra Pública del estado de Jalisco (SIOP), empresa constructora de obra civil, albañilería y acabados de la región de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Debido al tiempo en el objeto de estudio, se determinó para ello muestrear 40 empresas constructoras.

El alcance de BIM (Revit) que se pretende estudiar en esta tesis, trata cual es la manera ideal para mejorar la eficiencia en el proceso de la elaboración de estimaciones. Esto bien pudiera ser programando en el lenguaje C#, un plug-in en específico, reporte de cantidades por medio de REVIT, o fórmulas personalizadas de cuantificación. Es necesario agregar que para realizar esto, es fundamental conocer criterios básicos de diseño y manejo del Software Revit. Cabe recalcar entonces, que

no es parte del objetivo de este trabajo desarrollar códigos nuevos (algoritmos nuevos de programación, Schedule columns, walls, etc); más bien se busca hacer uso de las ya existentes funciones y adaptarlas a nuestras necesidades, mismas que apuntan a la generación más rápida de volúmenes de obra.

2. Marco teórico

2.1. Introducción

Esta tesis tiene como principal interés enfatizar el potencial que la metodología BIM tiene para coadyuvar la producción en las empresas constructoras. Sin embargo, la implantación -es decir, la introducción de una nueva idea a una organización- es un proceso que además de sus dificultades inherentes se ve complicado, en este caso, por la necesidad de adaptar los manuales de implantación como el “Pennsylvania State University Execution Planning Guide” o el “Autodesk Deployment Plan” al contexto de la industria mexicana de la construcción.

Así, en los siguientes apartados se examinarán los diversos factores contextuales y las características del software a elegir que puedan influir en la exitosa implantación de la tecnología BIM; además, se discutirán los cambios en el rol del departamento de Costos que implica la implantación de dicha tecnología y la relación entre ésta última y la filosofía de producción sin desperdicios (Lean Manufacturing). Además, creo conveniente mencionar temas de Management y de Organizaciones Inteligentes porque son una buena antesala, para una buena implantación BIM.

2.2. Visión y cambio en la estrategia de administración de la constructora ¿Por qué mejorar? (Perspectiva Senge).

Como en cualquier organización, la introducción de nuevas herramientas en la industria mexicana de la construcción presenta grandes retos y esto es especialmente cierto con la tecnología BIM, ya que sus principios requieren de un cambio en la forma de pensar, controlar y administrar de la organización.

La capacidad y disposición de las organizaciones para aprender es crucial para la incorporación de nuevas tecnologías con una resistencia saludable. Peter Senge, (Quinta Disciplina, 2010), cuestiona, ¿por qué molestarse, por qué es importante construir una organización que adquiera por sí sola la nueva tecnología y se mantenga siempre innovando? y ofrece algunos motivos como la ventaja competitiva

que trae consigo un desempeño o una calidad superior, una mayor satisfacción del cliente o el contar con una fuerza laboral alerta, comprometida y lista para el cambio.

“La esencia del Management en Occidente parece consistir en extraer ideas de la cabeza de los directivos para ponerlas en las manos de la gente que ocupa los niveles inferiores. Konosuke Matsushita, fundador de la innovadora compañía que lleva su nombre, creía que este era el principal motivo por el cual occidente nunca estaría a la par del Japón. Matsushita que falleció en 1989 quizá tuviera razón sobre el Management occidental del pasado, pero en los últimos años la mayoría de las organizaciones que conocemos procuran lograr lo que el describía. Los Directivos lo mencionan de diversas maneras quieren construir organizaciones de alto desempeño u obtener ventaja competitiva. Otros hablan de gestión de la calidad total, sistemas temporales de ciclo rápido, equipos de autogestión, personal con mayor capacitación, innovación y productividad, de encontrar aptitudes esenciales, de construir organizaciones inteligentes. Fuera cuales fuesen las palabras todos describen diversas facetas del mismo propósito: unir el desarrollo individual de cada persona de la organización con un desempeño económico superior”. (La quinta disciplina, 2010).

Peter Senge, (La quinta disciplina, 2010), menciona que la principal característica de las empresas inteligentes consiste en estar preparadas para responder a los cambios del ambiente, y que esto es especialmente cierto en nuestros tiempos. Recalca que “cambio” y “aprendizaje”, aunque no son lo mismo, se encuentran indisolublemente ligados y que en la medida en que responda mejor y más rápido a los cambios de las condiciones socioeconómicas que la rodean, una organización tiene mayor oportunidad de persistir. Sin embargo, advierte, una organización inteligente no es invulnerable a la crisis o a su desaparición por otras causas.

“Por ejemplo: es factible que en los próximos 30 años, los cambios tecnológicos de punta serían incorporados a la vida cotidiana. Es posible que las fábricas produzcan automóviles el lunes, refrigeradores el martes y robots el viernes. Los nuevos sistemas de energía y comunicaciones contribuirán a alterar la estructura política de las comunidades locales. Los integrantes de las organizaciones inteligentes podrán participar en la creación de ese nuevo mundo, en vez de limitarse a reaccionar pasivamente”. (La quinta disciplina, 2010).

En mi opinión, la herramienta BIM podría facilitar el ahorro de tiempos, preservando el “Know How” correspondiente a una obra particular al mismo tiempo que permite mantener marcos de referencia para la cotización de proyectos similares.

¿Por qué mejorar?

La perspectiva de William O’Brien, ex gerente general de Hanover insurance Company, hoy integra la junta directiva del centro de aprendizaje organizacional del MIT.

La mayoría de las personas con las que hablo en el mundo de los negocios convienen en que se están produciendo cambios extraordinarios en el universo empresarial. Estos cambios van más allá de un desequilibrio entre la oferta y la demanda o la aparición de nuevas tecnologías. Representan una adaptación a fuerzas de gran alcance, las cuales incluyen una evolución a la fuerza laboral internacional que no tiene precedentes.

En el periodo que podríamos denominar la era de la tecnología industrial moderna que va desde 1920 hasta 1990, cuando Ford, General Motors, Du Pont, y muchas otras grandes empresas, estaban en crecimiento, varias fuerzas impulsaban el éxito de la compañía. En ese entonces la más importante era la eficiencia en la manufacturación, otra la capacidad de producir en masa, el trabajo especializado, la reducción de costes.

Segundo las compañías de éxito aprendían a comercializar sus productos en masa, un tercer atributo era la rápida adopción de la tecnología y un cuarto la pericia financiera, la capacidad de analizar una actividad en detalle para obtener las mejores tasas de rendimiento y mantener el capital produciendo. La quinta fuerza impulsora era un conjunto de aptitudes elementales en el personal; la mano de obra.

Creo que hoy se está formando una nueva ola; el comienzo de una nueva época para los que dirigimos organizaciones, por ejemplo, nadie sabe qué aspecto cobrará su industria en la cresta de la próxima ola. Si trabajamos en seguros -mi actividad- no sabemos cómo se modificará el marco legal y reglamentario, si estamos en manufacturación, todos los aspectos de la competencia el comercio; la tecnología internacional son inciertos. Para cualquier grupo de directivos basar sus decisiones en una predicción sería como jugar a la ruleta rusa. Si alguien está seguro de lo que ocurrirá creo que necesita una dosis urgente de humildad.

En mi perspectiva la única medida prudente consiste en preguntarse cuáles son los requisitos para afrontar este cambio. Personalmente apuesto a que se necesitarán cuatro aptitudes. No digo que sólo sean cuatro, ni siquiera que éstas sean las cuatro correctas. Pero son las cuatro a las cuales apostaré.

La primera consiste en difundir el poder de forma ordenada. En este momento se habla mucho de delegar poderes, en lo cual huelo cierto peligro. Otorgar poder sin un método para remplazar el orden y la disciplina que surgía de una burocracia verticalista genera caos. Debemos aprender a difundir el poder del modo que la autodisciplina remplace la disciplina impuesta desde afuera. Ello nos lleva al acampo de la cultura: remplazar la burocracia con aspiraciones, valores y visiones.

El segundo atributo de las compañías ganadoras será la comprensión sistémica. En la industria del seguro tenemos gran cumulo de datos; grandes ordenadores; y actuarios avispados, pero cuando los juntamos nadie está satisfecho con el desempeño del sistema de seguros para automóviles. Sabemos solucionar los problemas que se prestan a soluciones científicas y al pensamiento reduccionista, pero somos totalmente analfabetos en temas que requieren una comprensión de los sistemas y sus interrelaciones.

El tercer atributo que necesitarán las compañías del siglo XXI es la conversación. Es la mayor herramienta de aprendizaje de la organización, más que los ordenadores o las investigaciones complejas. En cuanto sociedad; conocemos el arte de la charla menuda; sabemos hablar de un equipo de futbol o de nuestras últimas vacaciones, pero cuando abordamos temas conflictivos, nuestros mecanismos de defensa traban la comunicación. Para afrontar el enorme cambio que enfrentamos; una empresa debe dominar la conversación en el sentido más cabal de la palabra. Por último, en nuestro viejo sistema de gestión podíamos valernos de la autoridad. Si uno tenía la habilidad para trepar la escalera, obtener poder y controlarlo, podía imponer estos cambios. Pero la compañía del futuro necesita seguidores voluntarios. La mayoría de nuestros líderes no quieren simpatizantes voluntarios, sino obtener el control. (La quinta disciplina, 2010).

Tabla 2. Ingredientes para el éxito.

Ingredientes para el éxito	
1920-1990	1990-Futuro
Manufacturación eficiente	Autodisciplina
Marketing masivo	Pensamiento sistémico
Rápida adopción de tecnologías	Mejoramiento de la conversación
Pericia financiera	Seguimiento voluntario
"teoría Y"	

Las aptitudes de la izquierda del cuadro conservan importancia, pues a final de cuentas han contribuido a elevar nuestro estándar de vida material y a rescatarnos de la opresión de las tareas físicas agobiantes. Sin embargo, cabe resaltar que cuando una organización pone en marcha cambios hacia una manufactura perfecta, dirigiendo su marketing hacia la obtención de flujo de caja y utilidades sin tomar en cuenta el crecimiento económico de los individuos que la componen, no se está construyendo una gran organización.

2.3. ¿Para qué soy bueno?

Es importante preguntarnos en algún momento: ¿Qué quiero hacer con el resto de mi vida?, enfrentar el politiqueo y otras enfermedades empresariales o trabajar para construir una gran organización.

Es necesario pues, considerar algo especialmente importante si se desea lograr un desempeño superior, mejorar la calidad, brindar un mejor servicio a los clientes, obtener una ventaja competitiva, prepararse para el cambio, o simplemente aprovechar mejor nuestro tiempo. Y es que para iniciar una gran organización, es preciso realizar una reflexión profunda, enfrentar nuestros temores y preguntarnos: ¿por qué es necesario mejorar?, ¿cuándo lo queremos hacer?, ¿es indispensable romper relaciones laborales con mi empresa para lograrlo? Es necesario saber también que el aprendizaje por sí solo conlleva salir de nuestra zona de confort, así como socializar, comunicar y, en ocasiones, separarnos de nuestros seres queridos

y nuestro hogar. Todo este sacrificio llega a realizarse tan solo para tener una esperanza de perpetuar nuestra organización en el tiempo, o a nosotros mismos.

2.4. Ideas Estratégicas “Aprendizaje”

El pensamiento estratégico comienza con la reflexión sobre la naturaleza más profunda de un proyecto y sobre los desafíos que plantea. Se desarrolla con la comprensión del foco y la sincronización. Foco significa saber dónde concentrar la atención. ¿Qué es lo esencial? ¿Qué es lo secundario? ¿Qué factores no pueden ignorarse sin poner en jaque el éxito de la empresa? Sincronización significa tener presente una dinámica de desarrollo. Aunque cada entorno empresarial es único, todas las organizaciones desarrollan aptitudes de acuerdo con ciertos lineamientos genéricos. (Peter Senge, 2010).

Este pensamiento también se encuentra relacionado con dilemas de tipo esencial, por ejemplo: se desea distribuir el poder y la autoridad, pero también mejorar el control y la coordinación; se quiere que las organizaciones respondan mejor a los cambios del contexto, pero además que sean más estables y coherentes con su identidad, propósito y visión; se busca elevar la productividad, pero también la creatividad. El buen pensamiento estratégico lleva estos dilemas a la superficie, y los utiliza para estimular la imaginación y la innovación.

Es necesario pues, antes de empezar con la Implantación BIM o de cualquier otra idea, reflexionar junto con la Dirección General en torno a las preguntas esenciales que plantea Peter Senge. Es esencial también saber de antemano que la implantación BIM es un proceso de aprendizaje en equipo; que lleva tiempo y requiere de un esfuerzo adicional a las cargas de trabajo; y que el resultado esperado de esta metodología, se subordinará a las grandes premisas, Subtema 2.3 ¿Para qué soy bueno? , así como al nivel de compromiso que muestre la Dirección General y el resto del equipo de trabajo.

En algún momento de nuestra vida, todos hemos sido parte de un gran equipo (laboral, de fútbol, artes escénicas). Reflexionando en esta experiencia, quizás

recordemos relaciones de confianza, aceptación y sinergia, así como los resultados que de ellas obtuvimos. Pero muchas veces olvidamos que los equipos exitosos no nacieron siendo grandes, sino que se construyeron poco a poco.

Es fácil perder de vista el hecho de que los grandes equipos son producto del aprendizaje, la labor y la adaptación constante de sus integrantes, quienes con el tiempo logran establecer condiciones que aumentan la capacidad de realizar las aspiraciones de los individuos que los componen. Pero se requiere transitar un periodo para desarrollar el trabajo en conjunto (aprender a jugar futbol o a representar una obra de teatro). Observando el desarrollo de un equipo, observamos que sus miembros sufren grandes cambios, en un ciclo de aprendizaje profundo donde adquieren nuevas aptitudes que alteran sus actos.

Sobre este proceso (Senge, 2010) comenta que los individuos desarrollan nuevas sensibilidades y cambian su percepción, experimentando el mundo de una manera distinta a través de nuevas creencias y nuevas premisas, mismas que conllevan al desarrollo de nuevas actitudes.

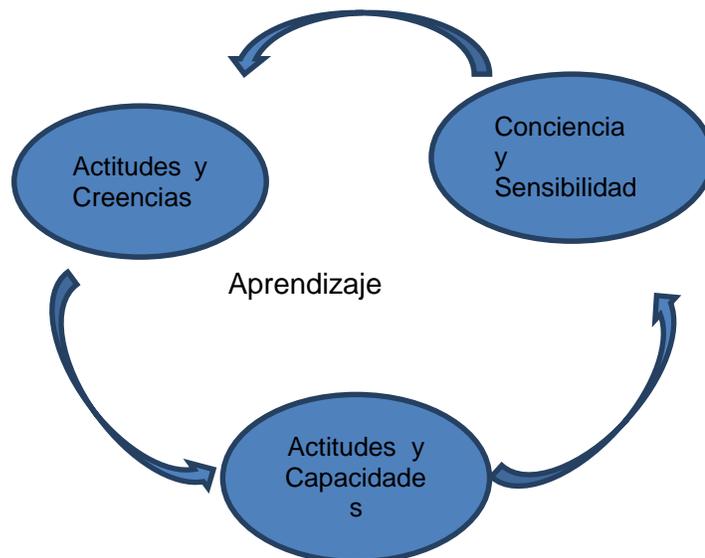


Diagrama 1. Ciclo de Aprendizaje.

En cuanto a la dirección del cambio, es importante considerar que, aunque el valor de recibir instrucciones es evidente, la experiencia práctica resulta indispensable. De otra manera, las instrucciones contenidas en cualquier manual serían insuficientes, ante todas las posibles situaciones. Aunque en el proceso de implantación de nuevas ideas se puede hacer uso de guías y consejos generales, en última instancia, corresponderá a los operarios utilizar sus propias destrezas y juicios en el uso de tecnologías, de forma que se cumpla la Visión de la empresa. El aprendizaje es evidenciado por cambios en las capacidades del individuo o la organización; éstos pueden ser distinguidos en características como:

- **Aspiración:** La capacidad de los individuos, equipos y organizaciones de mayor envergadura, para orientarse a sus auténticos intereses y cambiar porque así lo desean (el desarrollo de una visión compartida empresa/organización/individuo).
- **Reflexión y Conversación:** La capacidad para analizar premisas profundas y pautas de conducta tanto individual como colectiva. Se trata del desarrollo de habilidades para el diálogo, de tal manera que la comunicación resulte efectiva y conlleve a cambios en los procesos de la empresa.
- **Conceptualización:** La capacidad de ver claramente los sistemas y fuerzas que participan en los procesos, así como de elaborar medios verificables y accesibles para la comunicación de opiniones.

Por su parte, en su libro *La Quinta Disciplina*, (Peter Senge, 2010) señala algunos pasos a través de los cuales puede desarrollarse una estrategia para el cambio organizacional, una vez que se cuenta con el apoyo de la Dirección General. Éstos son los que se enlistan a continuación:

Primer paso: *Si yo tuviera una organización inteligente*

En esta primera fase, es necesario cuestionarse varios aspectos importantes para la empresa:

- ¿Qué medidas, acontecimientos o aspectos de la conducta de esta nueva organización, contribuyen a su prosperidad?
- ¿Cómo se comporta el personal dentro de la organización?
- ¿Cómo interactúan con el mundo externo?
- ¿Cuáles son las diferencias entre la organización ideal y la empresa donde usted trabaja hoy?

Segundo paso: *Afinando la definición*

Tome de esta lista cualquier definición que concuerde con los objetivos de su empresa, y agréguela a su actuar diario.

En una organización inteligente:

1. La gente considera que su labor es importante.
2. Cada individuo de la organización está ampliando o mejorando su capacidad de crear.
3. Las personas son más inteligentes en conjunto que separadas. Si deseamos hacer una tarea creativa, se la asignaremos a un equipo y no a una sola persona.
4. La organización es cada vez más consciente de su base de conocimientos
5. En todos los niveles surgen visiones acerca del rumbo de la empresa. La responsabilidad de los cuadros gerenciales es administrar el proceso que convierte esas nuevas visiones en visiones compartidas.
6. Se invita a los empleados a aprender lo que sucede en todos los niveles de la organización, para que entiendan cómo sus actos influyen en otras personas.
7. La gente está en libertad de cuestionar (pocos temas vedados).
8. Todos se tratan como colegas. Hay respeto mutuo y confianza en el modo de hablar y trabajar en conjunto, aunque existan diferencias de opinión.
9. Nadie es eliminado por cometer algún error.

Tercer paso: *¿Qué obtendría yo?*

Examine cada una de las opciones del segundo paso. Si su organización tuviera todas esas características, ¿qué sucedería como consecuencias?, ¿qué obtendría la organización?, ¿qué obtendría usted mismo?

Cuarto paso: *Afinando las cinco características principales*

Escoja las cinco características que tengan mayor peso para usted.

Quinto paso: *Los obstáculos*

Pregúntese, ¿qué debería de hacer para lograr cada uno de los componentes de esta visión?, ¿qué obstáculos habría que superar? Es decir, si usted escribió “todos se tratan como colegas”, tal vez es preciso revisar los sistemas de asensos de su organización. Quizá se sienta amedrentado por la dificultad de superar estos obstáculos; no obstante, redacte un conjunto preliminar de ideas. ¿Cuáles son los obstáculos? Expláyese en cada uno de los enunciados.

Sexto Paso: Saber que progresamos si...

Ahora examine cada una de las cinco metas primordiales, así como cada obstáculo que acaba de describir. Nombre uno o más indicadores para cada conjunto. Un indicador es un signo o síntoma cuya presencia señala que se ha realizado algún progreso.

Este ejercicio es útil para descubrir que rumbo queremos, tome nuestra empresa. Se trata de una reflexión profunda que nos cuestiona a dónde queremos llegar tanto en la organización como en la vida. Y es que nuestra relación con los colaboradores se ve afectada una vez que echamos a andar las ideas estratégicas, sobre todo si nunca antes había existido el tiempo para pensar en éstas. La metodología BIM es un cambio en el rol que toman todos y cada uno de los participantes de un proyecto, por lo que la organización necesita introducir claramente el concepto desde el principio del proceso. Más adelante, en este marco teórico, se abordará el tema de los cambios de roles de algunos puestos clave.

Por ahora, es importante destacar que la herramienta BIM influye en varios niveles de la dinámica empresarial; desde la manera como nos comunicamos, hasta cómo solicitamos información o trabajamos en equipo; la generación de roles nuevos, surgidos debido al uso de esta nueva herramienta; o bien, actividades que tendrán que suprimirse definitivamente. Reflexionar en estas breves preguntas, contribuye a dar los primeros pasos hacia el cambio en la Estrategia de Administración de la Empresa Constructora.

2.5. Organizaciones Inteligentes (perspectiva David A. Garvin)

Programas de mejora continua han surgido por todas partes, debido a la necesidad de las organizaciones de mejorar su situación y obtener una ventaja mayor. Desafortunadamente, hay más fracasos que éxitos y las tasas de mejoría siguen siendo preocupantemente bajas. ¿Por qué sucede esto? Parece ser que la mayoría de las empresas no han logrado captar una verdad básica: la mejora continua requiere comprometerse fuertemente con el aprendizaje. ¿Cómo si no es adquiriendo conocimientos nuevos, podría una organización superarse?

Para resolver cualquier problema, lograr la introducción exitosa de un nuevo producto, así como la reingeniería de un proceso, se requiere ver el mundo desde una nueva perspectiva y actuar con base en ello. En la ausencia de aprendizaje, las empresas y los individuos sólo repiten las viejas prácticas.

Significado, gestión y medición

Parte de la culpa de esta disociación entre aprendizaje y crecimiento empresarial, la tienen los mismos estudiosos del tema. Sus discusiones respecto a las organizaciones de aprendizaje a menudo han sido reverenciales y utópicas, llena de terminología mística y paradisiaca; tienden a creer que está a la vuelta de la esquina.

Peter Senge, (2010), por ejemplo: quien popularizó organizaciones de aprendizaje en su libro *La quinta disciplina*, describen a las organizaciones inteligentes como lugares

donde la gente se expanden continuamente su capacidad de crear los resultados que realmente desean, donde los patrones de pensamiento nuevos y expansivos se nutren, en donde se establece la aspiración colectiva libre, y donde la gente está aprendiendo continuamente cómo aprender juntos.

Para llegar hasta esta aspiración, Senge (2010), sugirió el uso de cinco *componentes de tecnologías*: el pensamiento de sistemas, personal dominio, modelos mentales, visión compartida y el aprendizaje en equipo. En un espíritu similar, Ikujiro Nonaka llama a las empresas creadoras de conocimiento lugares donde "la invención de nuevos conocimientos no es una actividad especializada... es una forma de comportarse, de hecho, una forma de ser, en la que todos son un trabajador del conocimiento " (Nonaka). Este autor, sugiere que las empresas utilicen metáforas y redundancias del aprendizaje organizacional, fomenten el diálogo y hagan tácito lo instintivamente entendido.

¿Suena idílico?, por supuesto. ¿Deseable?, sin cuestión. Pero ¿proporciona un marco para la acción?, no lo creo. Las recomendaciones son preguntas demasiado abstractas y sin respuestas reales. ¿Cómo, por ejemplo, los administradores saben cuándo sus empresas tienden a convertirse en organizaciones de aprendizaje?, ¿qué cambios se requieren en el comportamiento?, ¿qué políticas y programas deben cumplirse sin falta alguna?

La mayoría de las discusiones sobre las organizaciones de aprendizaje, recae en estas mismas cuestiones. Su enfoque corresponde a una alta filosofía, rodeada de temas importantes y radicales, lejos de los detalles escurridizos de la práctica. Sin embargo, tres temas críticos y esenciales, quedan sin ser resueltos para la aplicación efectiva de este proceso: El primero de ellos se trata del *significado*. Es necesaria una plausible y bien fundada definición de las organizaciones de aprendizaje; ésta debe ser recurrible y fácil de aplicar. El segundo tema es el de la *administración*. Se requieren directrices más claras para la práctica y asesoramiento operativo en lugar de grandes aspiraciones. Finalmente, se encuentra la cuestión de la *medición*, básica para el logro de una mejora continua. Estos tres temas constituyen las *tres M*, denominadas así por Garvin debido a la primera letra de dichas palabras en inglés: meaning, management y measurement.

Una vez que estas *tres M* se aborden, los Gerentes tendrán una base más firme para el lanzamiento de las organizaciones inteligentes. Sin este requerimiento, por otro lado, el progreso es poco probable. El foco se pone entonces en la necesidad de crear mejores herramientas para la evaluación de una organización, con el fin de asegurar una realización efectiva de la plusvalía.

¿Qué es una Organización de Aprendizaje?

Si bien existe una diversidad de enfoques y aproximaciones a la definición del aprendizaje –sus procesos y elementos principales-, no puede establecerse un significado único; los teóricos que han estudiado lo relacionado con el aprendizaje sugieren que todavía existe desacuerdo.

Los estudiosos coinciden en que el aprendizaje organizacional puede considerarse como un proceso que se desarrolla con el tiempo y está vinculado con la adquisición de conocimientos y un mejor desempeño, pero difieren en otros aspectos importantes: algunos enfoques consideran que el comportamiento requiere un cambio para el aprendizaje, mientras que otras perspectivas sostienen que las nuevas formas de pensar son suficientes. O bien, hay quien señala que el procesamiento de la información es el mecanismo a través del cual tiene lugar el aprendizaje, mientras que por otro lado se propone una visión compartida entre las rutinas organizativas, e incluso la memoria.

¿Cómo es posible distinguir entre esta pluralidad de ideas respecto a las organizaciones inteligentes? Como un primer paso, es necesario considerar la siguiente definición “Una organización que aprende es una organización experta en crear, adquirir y transferir conocimiento, y modifica su comportamiento para reflejar los nuevos conocimientos y puntos de vista”. Esta definición comienza con un planteamiento muy simple: que las ideas nuevas son esenciales para que el aprendizaje tenga lugar. Sea cual sea la fuente de estas ideas –la creatividad individual, el trabajo en equipo, o agentes externos a la organización- son el desencadenante para la mejora de la organización, pero queda claro que una organización de aprendizaje requiere de innovación y disposición para poder constituirse.

Es posible que existan más casos de fracasos que de éxitos en el intento de crear una organización inteligente, desde las instituciones educativas, pasando por la iniciativa privada y continuando con las mismas empresas de consultoría. El problema de estas organizaciones es que han sido eficaces en la creación o la adquisición de nuevos conocimientos, pero no han logrado aplicarlo a sus propias actividades.

El tema de gestión de calidad total, incluso en los despachos de consultoría, carecen de los mecanismos necesarios al momento de la implementación de las mejoras en su propia organización, sobre todo por factores relacionados con la resistencia al cambio, los intereses personales y el faccionalismo. Por ejemplo: General Motors, – con excepciones como Saturno y NUMMI-, no ha tenido el éxito esperado al momento de modernizar sus prácticas de fabricación, a pesar de que sus gerentes cuentan con experiencia en la fabricación LEAN, Producción JIT, y cumplen con las certificaciones necesarias para mejorar la calidad de vida laboral. Por otro lado, algunos ejemplos de organizaciones que sí han logrado posicionarse como organizaciones inteligentes son Honda, Corning y General Electric. Estas empresas se han convertido en expertos en traducir el nuevo conocimiento en una nueva cultura organizacional; gestionan de forma activa el proceso de aprendizaje para asegurar que se produce por diseño y no por casualidad; y han realizado políticas y prácticas distintivas que aportan gran parte del trabajo para obtener éxito en la implementación.

Bloques de construcción

Las organizaciones que deciden poner en práctica sus capacidades de aprendizaje, logran un grado de experiencia mayor en cinco actividades, principalmente: (a) la resolución sistemática de problemas, (b) la experimentación con nuevos enfoques, (c) el aprendizaje desde su propia historia y experiencia, (d) el aprendizaje a partir de las experiencias y las mejores prácticas de otras organizaciones, (e) y la transferencia de conocimiento eficiente y eficaz en toda la organización.

La solución de problemas sistemáticos

Esta primera actividad recae en gran medida en la implementación adecuada de una cultura de la calidad total, que incluye tanto los métodos para llevarlo a cabo, como la filosofía de trabajo y convivencia. Las premisas subyacentes que apoyan la solución de problemas sistemáticos como una actividad indispensable, se pueden enumerar de la siguiente forma: (1) Tomar como base en el método científico –en lugar de conjeturas- para el diagnóstico adecuado de problemas, lo que Deming llama el ciclo *Plan, Do, Check, Act*, y que otros autores lo refieren como generadores de hipótesis o pruebas de hipótesis-técnicas. (2) Que la base de la toma de decisiones esté centrada en los datos –en lugar de los supuestos-, lo que se conoce como gestión basada en los hechos. (3) El uso de herramientas estadísticas simples como histogramas, diagramas de Pareto, correlaciones, diagramas de causa y efecto, para organizar los datos de forma efectiva e interpretable, y que de este modo sea posible tomar decisiones y llegar a una conclusión sobre el problema y las soluciones posibles y viables.

Los programas de formación en las organizaciones, se centran en técnicas de resolución de problemas que utilizan ejercicios y ejemplos prácticos. Estas herramientas son relativamente efectivas y fáciles de comunicar. Sin embargo, el principal problema recae en la dificultad para cambiar la mentalidad de los participantes, y establecer de forma adecuada el cambio en la organización. Exactitud y precisión son esenciales para el aprendizaje, los empleados requieren disciplina tanto en su toma de decisiones como en sus actividades, es estar atentos a los detalles; deben preguntarse continuamente, "cómo sabemos que eso es cierto", se debe ir más allá de lo obvio y observable al momento de evaluar las causas subyacentes a un problema determinado, tomar en cuenta el sentido común como

una herramienta, sobre todo en el proceso de recopilación de información, de lo contrario la organización seguirá estando sujeta a los "hechos de tripa", y descuidando el razonamiento y aprendizaje.

Xerox ha dominado este enfoque y lo ha aplicado en toda la empresa. En 1983, los altos directivos lanzaron una iniciativa de calidad, y desde entonces, todos los empleados han sido capacitados en actividades y técnicas de resolución de problemas. Hoy en día, una tabla de seis pasos se utiliza para prácticamente todas las decisiones (ver figura *Proceso de Solución de Problemas de Xerox*).

Tabla 3. Proceso de solución de problemas Xerox.

Xerox; proceso de solución de problemas				
Pasos	Pregunta a ser contestada	Expansión/Divergencia	Convergencia	Que se necesita para ir al siguiente paso
1.- Identificar el problema	Que necesitamos cambiar ?	Muchos problemas para considerar	Una declaración del problema vs un estado deseado (Conciliado previamente entre los miembros del grupo)	Identificar la brecha del punto deseado en términos observables
2.- Analizar el problema	Que nos obstruye para obtener el nivel deseado ?	Muchas causas potenciales de identificar	Causas clave identificadas y verificadas	Documentar y jerarquizar causas clave
3.- Generar soluciones importantes	Como podemos realizar el cambio?	Muchas ideas de como solucionar el problema	Potenciales soluciones verificadas	lista de soluciones
4.- Seleccionar y planear la solución	Cual es la mejor forma de hacerlo?	Muchos criterios para evaluar las posibles soluciones Muchas ideas de como implementar y evaluar las soluciones	Criterio conciliado (miembros del grupo) para evaluar la solución	Plan para hacer y monitorear el cambio. Medir y evaluar la solución y su efectividad
5.- Implementar la solución	Estamos siguiendo el plan?		Implementación conciliada de planes de contingencia	Implementar la solución
6.- Evaluar la solución	Que tan bien hicimos el trabajo?		Efectividad de la solución (criterio conciliado) o Seguimos en el problema?	Verificar que el problema este solucionado, o ¿seguimos en el problema?

Los empleados cuentan con herramientas para desarrollarse en cuatro áreas: (1) la generación de ideas y la recopilación de información –lluvia de ideas, entrevistas, encuestas-; (2) llegar a un consenso –reducción de la lista, calificación de formas, el voto ponderado-; (3) analizar y mostrar datos –diagramas de causa y efecto, la fuerza de campo análisis-, (4) y la planificación de acciones –diagramas de flujo, diagramas de Gantt. Posteriormente se llevan a la práctica estas herramientas durante las

sesiones de capacitación, que duran varios días. La formación se presenta en grupos familiares, que integran miembros del mismo departamento o unidad de negocio equipo, y las herramientas se aplican a problemas reales frente al grupo. Como resultado de este proceso se ha logrado poner en común un vocabulario coherente y del que todos tienen conocimiento, enfocando a toda la compañía para la resolución de problemas. Una vez que los empleados han sido capacitados, se espera que utilicen las técnicas en reuniones y el trabajo diario, y que cualquier tema no sea imposible de resolver.

Experimentación

Esta actividad consiste en la búsqueda sistemática de nuevo conocimiento y de poner este nuevo conocimiento en la práctica. Se necesitan programas en curso y una demostración de la actividad, como proyectos de demostración. Los programas en curso normalmente implican una continua serie de pequeños experimentos, diseñados para producir ganancias que incrementan el conocimiento. Ellos son el pilar de las acciones para la mejora continua.

Corning, por ejemplo: experimenta continuamente con diversas materias primas y nuevas fórmulas para aumentar los rendimientos y ofrecer mejor calidad de vidrio. Allegheny Ludlum, un productor de acero especial, examina regularmente nuevos métodos de laminación y mejora tecnologías para aumentar la productividad y reducir los costos. El éxito de estos programas en curso comparte varias características: en primer lugar, realizan un trabajo permanente y efectivo para asegurar un flujo constante de nuevas ideas, incluso si tienen que ser importadas desde afuera de la organización. Chaparral Acero envía a sus supervisores de primera línea a tomar sabáticos por todo el mundo, donde visitan líderes académicos y de la industria, desarrollan una comprensión de nuevas prácticas de trabajo y tecnologías, para posteriormente llevar a la empresa lo que han aprendido y aplicarlo a las operaciones diarias. Como resultado de estas iniciativas, Chaparral es una de los cinco plantas acereras con más bajo costo en el mundo.

General Electric manda a sus gerentes de producción a Japón para estudiar las innovaciones de la fábrica, como círculos de calidad y tarjetas kanban, para después aplicarlo en su organización. Como resultado, GE ha registrado aumentos

significativos en sus índices de productividad, registrando un promedio de casi el 5% en los últimos cuatro años.

Los programas en curso exitosos también requieren un sistema de incentivos que favorezca la toma de riesgos. Los empleados deben sentir que los beneficios que les otorga la experimentación superan las expectativas y esfuerzos cotidianos, de lo contrario, no participará. Esto representa un reto para los directivos, que se encuentran atrapados entre dos extremos peligrosos, pues por un lado deben mantener los costos y rendir cuentas de acuerdo al presupuesto, pero también deben mantener el control de los experimentos sin sofocar la creatividad de los empleados haciendo uso indebido de penalizaciones o castigos por los logros o metas que no se logren alcanzar. Allegheny Ludlum ha perfeccionado este acto de malabarismo: mantiene experimentos costosos de alto impacto frente a la tarjeta de puntuación utilizada para evaluar a los administradores, pero requiere aprobaciones previas de cuatro vice presidentes. El resultado ha sido una historia de mejoras de productividad anual promedio de 7% a 8%.

Estas habilidades no son intuitivas y por lo general tienen que ser aprendidas. Cubren una amplia extensión: manejo de métodos estadísticos, diseño de experimentos, comparación de manera eficiente de un gran número de alternativas; elaboración de diagramas de proceso, y el análisis, todos ellos esenciales para el rediseño de flujos de trabajo y técnicas de creatividad, como el storyboard y juegos de roles. Los programas de formación más eficaces están estrechamente enfocados y cuentan con un conjunto de técnicas adaptadas a las necesidades de los empleados. Los proyectos de demostración son generalmente más grandes y más complejos que los experimentos en curso. Implican cambios en todo el sistema integral, deben ser introducidos en un solo sitio, y son a menudo realizados con el objetivo de desarrollar nuevos modelos con capacidades organizativas. Debido a que estos proyectos representan una fuerte ruptura con el pasado de las prácticas organizaciones, son por lo general diseñados desde cero, utilizando el enfoque de “borrón y cuenta nueva”.

Topeka, planta de General Foods, uno de los primeros sistemas de trabajo de alto compromiso en Estados Unidos, fue proyecto de demostración pionero iniciado para introducir la idea de los equipos de autogestión y altos niveles de autonomía de los

trabajadores. Un ejemplo más reciente, diseñado para repensar el desarrollo de coches pequeños, fabricación, y las ventas, es la división Saturn de GM. Los proyectos de demostración comparten una serie de características distintivas: (a) Por lo general son los primeros proyectos que encarnan principios y enfoques que la organización espera adoptar más tarde en una escala más grande, involucra la filosofía de "aprender haciendo", y las correcciones sobre la marcha son comunes; (b) implícitamente establecen lineamientos de políticas y reglas de decisión para proyectos posteriores, los gerentes por lo tanto, deben ser sensibles a los antecedentes que están dando y deben enviar señales notables si esperan establecer nuevas normas; (c) a menudo se encuentran con severas pruebas de compromiso de los empleados que desean ver si la normativa ha cambiado; (d) se desarrollaron equipos multi-funcionales que dependen directamente de la alta dirección; (e) tienden a tener un impacto limitado en el resto de la organización si no se acompañan de estrategias explícitas para la transferencia de aprendizaje.

Todas estas características aparecieron en un proyecto de demostración iniciado por Copeland Corporación, una empresa fabricante de compresores a mediados de la década de 1970. Matt Diggs, el nuevo CEO, quería transformar el enfoque de la empresa para la fabricación. Anteriormente, Copeland había mecanizado y montado todos los productos en una sola instalación. Los costos fueron altos, y la calidad era marginal. El problema principal que Diggs identificó es que era demasiada complejidad. Al principio, Diggs asignó un pequeño equipo a la tarea de diseñar un *Focus Factory* (rediseñar el proceso) para una línea de productos. El equipo reportaba directamente a Diggs y tomó tres años para completar su trabajo. Inicialmente, el presupuesto del proyecto fue de \$10 a \$ 12 millones de dólares, cifra que fue continuamente revisada. La inversión final fue un total de \$ 30 millones de dólares. Sin embargo, todos los objetivos del experimento fueron exitosos y se lograron a través de la premisa de aprender haciendo. El equipo estableció precedentes adicionales durante la puesta en marcha de la planta y las primeras operaciones. Para enfatizar la importancia de la calidad, por ejemplo: el director de calidad fue nombrado segundo al mando en el experimento, un paso significativo para continuar avanzando. El Estatus de fabricación mejoró y la empresa en su conjunto reconoció su competencia.

Un observador del proceso comentó que "Marketing siempre había dirigido la compañía, por lo que no lo podía creer (ahora un equipo multidisciplinario tomaba fuerza dado sus buenos resultados. El cambio fue visible en los niveles más altos, y se fue hacia abajo con fuerza". Una vez que la primera fábrica de concentrado (focus) estaba corriendo sin problemas, se apoderó del 25% del mercado en dos años (nueva línea) y mantuvieron su ventaja en la fiabilidad durante más de un década. Copeland construyó cuatro fábricas más. Diggs asignó a miembros del equipo inicial para el diseño de cada fábrica nueva con la finalidad de asegurar que los primeros aprendizajes no se perdieran; estas personas después fueron transferidas en asignaciones distintas en otras áreas para que ayudaran con su experiencia.

Hoy, las fábricas enfocadas (focus) siguen siendo la piedra angular de la fabricación de Copeland y es parte de su estrategia y ventajas de calidad.

Ya sea que se trate de proyectos de demostración como Copeland o de los programas en curso como Allegheny Ludlum, todas las formas de experimentación buscan el mismo objetivo: pasar del conocimiento superficial hacia la comprensión profunda. En suma, la distinción está entre el saber cómo se hacen las cosas y saber por qué ocurren. Saber cómo es un conocimiento parcial, cómo está arraigado en las normas de conducta, normas de práctica, y la configuración de equipos.

Aprender de la experiencia pasada

Las empresas tiene la consigna de revisar sus éxitos y fracasos, evaluar sistemáticamente y registrar las lecciones en una forma que los empleados encuentran abiertas y accesibles. Un experto ha llamado a este proceso la "revisión de Santayana", citando el famoso filósofo George Santayana, quien señala que "aquellos que no pueden aprender del pasado están condenados a repetirlo". Sin embargo, existen gerentes y trabajadores de nivel directivo que son indiferentes, incluso hostiles, hacia el pasado, y al no reflejarse en él, dejan escapar valiosos conocimientos.

Un estudio de más de 150 productos nuevos concluyó que "el conocimiento obtenido de los fracasos [es] a menudo un papel decisivo en el logro de posteriores éxitos (...) En los términos más simples, el fracaso es el último maestro"

El Ordenador de IBM serie 360, por ejemplo: uno de los más populares y rentable jamás construido, se basó en la tecnología de la computadora Stretch que le precedió y que fue un fracaso. En este caso, como en muchos otros, el aprendizaje ocurrió por casualidad y no por una cuidadosa planificación. Algunas empresas, sin embargo, tienen procesos establecidos que requieren de poner a sus gerentes a pensar periódicamente sobre el pasado y aprender de sus errores.

Boeing hizo inmediatamente eso después de sus dificultades con los programas de avión 737 y 747. Ambos aviones fueron introducidos con mucha fanfarria pero también con problemas graves. Para asegurar que el problema no se repitiera, los altos directivos encargaron a un grupo de empleados de alto nivel, denominado Proyecto Tarea, para comparar el desarrollo del proceso del modelo 737 y 747 con los del 707 y 727, dos de los proyectos más rentables de la empresa (707 y 727). Al grupo se le pidió que desarrollara una serie de lecciones aprendidas que podrían ser utilizadas en futuros proyectos. Después de trabajar por tres años, produjeron cientos de recomendaciones y un folleto de una pulgada de espesor. Varios de los miembros del equipo fueron trasladados a los 757 y 767, empresas de nueva creación, y guiada por la experiencia previa, produjeron el lanzamiento más exitoso y sin errores en la historia de Boeing.

Otras empresas han utilizado una retrospectiva similar. Al igual que Boeing, Xerox estudió su proceso de desarrollo de productos examinando los problemas de su producción y haciendo un esfuerzo para entender por qué los nuevos negocios fallaban tan a menudo. Arthur D. Little, la empresa consultora, se centró en sus éxitos pasados. Por eso, la Alta Gerencia decidió organizar un evento donde invitó a los consultores de ADL de todo el mundo a una *jamboree* (junta) de dos días donde se expusieron una amplia gama de casos de éxito y técnicas que habían resultado buenas para Xerox en años pasados.

British Petroleum fue aún más lejos y estableció la unidad (equipo) de evaluación posterior al proyecto para revisar los principales proyectos de inversión, parte de sus tareas fue redactar casos de estudio y lecciones para que esa información resultara útil posteriormente a los planificadores de proyecto, que luego fueron incorporados a

la revisión de directrices para la planificación de la empresa. Un equipo de 5 personas reportaba directamente al consejo de administración y revisaba seis proyectos anualmente. La mayor parte del tiempo se invirtió en el campo entrevistando gerentes, de acuerdo con los comentarios de algunos integrantes del equipo.

Este tipo de examen se realiza ahora regularmente a nivel de proyecto. En el corazón de este enfoque, se encuentra

una mentalidad que permite a las empresas reconocer el valor de la insuficiencia productiva en contraste con éxito improductivo. El fracaso productivo es el que puede conducir a renovar o iniciar a la visión, comprensión, y por lo tanto una adición generalizada de la sabiduría de la organización. Un éxito improductivo ocurre cuando algo va bien, pero nadie sabe cómo o por qué.

Ese es el propósito del equipo de 5 personas de Post-Project Análisis, descubrir por qué fue exitoso o por qué no.

El legendario fundador de IBM, Thomas Watson Sr., parece haber entendido la diferencia. Señala que un joven director, después de perder \$ 10 millones de dólares en una inversión de riesgo, fue llamado a la oficina de Watson. El joven director comenzó diciendo: "Supongo que quieres mi renuncia." Watson contestó: "No puedes estar hablando en serio. Acabamos de pagar 10 millones de dólares en educarte" (Garvin, 1993). Afortunadamente, el proceso de aprendizaje no tiene por qué ser tan caro. Los estudios de casos y comentarios posteriores al proyecto, como los de Xerox y British Petroleum, se puede realizar con poco costo, pues se trata de que los directivos inviertan su tiempo analizando la información relevante de proyectos pasados. Las empresas también pueden solicitar el apoyo de profesores y estudiantes de las universidades o escuelas técnicas, pues traen nuevas perspectivas; además, se debe considerar que las pasantías y estudios de casos son oportunidades para adquirir experiencia y aumentar su propio aprendizaje. Algunas empresas han establecido bancos de datos computarizados para acelerar el proceso de aprendizaje.

Aprender de los demás

Por supuesto, no todo aprendizaje proviene de la reflexión y el autoanálisis. A veces las ideas más poderosas vienen de observar el entorno inmediato fuera del propio para obtener una nueva perspectiva. En ocasiones las empresas pueden ser fértiles

fuentes de ideas y catalizadores de creatividad incluso en áreas totalmente diferentes a su objetivo. Lo que en términos coloquiales sería “robar ideas descaradamente”, aunque el término más amplio para ello es el benchmarking.

Según un experto "la evaluación comparativa es una experiencia de investigación y aprendizaje permanente que asegura que las mejores prácticas de la industria queden al descubierto" (Garvin, 1993). Los mayores beneficios provienen de estudiar las prácticas, la forma en que el trabajo se ha hecho, en lugar de los resultados, y de la participación de los gerentes de línea en el proceso. Casi cualquier cosa puede ser susceptible de entrar en la práctica del *benchmarking*. Xerox lo ha aplicado a la facturación, almacenamiento, y automatizado de fabricación. Milliken ha sido aún más creativo: en un momento de inspiración, capturó (benchmarked) el enfoque de Xerox para la evaluación comparativa. Sin embargo, todavía existe confusión acerca de lo que se requiere para lograr el éxito del benchmarking.

Es necesario aclarar que benchmarking no es turismo Industrial, una serie de visitas *ad hoc* a empresas que han recibido una publicidad favorable o que han ganado premios a la calidad. Más bien, es un proceso disciplinado que comienza con una búsqueda exhaustiva para identificar organizaciones de mejores prácticas, y la mejora continua con un cuidadoso estudio de las propias prácticas y desempeño, un proceso de benchmarking progresa a través de visitas de campo sistemáticas y entrevistas, y concluye con un análisis de los resultados, el desarrollo de las recomendaciones, y la implementación. A pesar de que se requiere de una buena inversión de tiempo, el proceso no implica altos costos. AT & T Group Benchmarking estima que un proyecto de tamaño moderado toma de cuatro o seis meses e incurre en gastos aproximados por \$20 000 dólares (cuando se incluyen los gastos de personal, la cifra es de tres a cuatro veces mayor). El benchmarking es una manera de obtener una perspectiva del exterior.

Otra fuente, igualmente fértil, son las ideas de los clientes. Las conversaciones con los clientes Invariablemente estimulan el aprendizaje, y además son después de todo, los expertos en conocer el producto. Los clientes pueden proporcionar información puesta al día de productos, comparaciones competitivas, ideas sobre el cambio de preferencias y respuesta inmediata sobre el servicio y los patrones de uso. Y las

empresas necesitan estos conocimientos en todos los niveles, desde los altos ejecutivos hasta el personal de manufactura. En Motorola, los miembros del Comité de Operaciones y Políticas -incluyendo el CEO-, tienen la obligación de conocer personalmente y de forma regular establecer contacto con los clientes. En Worthington Acero, todos los operadores de maquinaria realizan viajes periódicos a las fábricas de los clientes para discutir sus necesidades.

Es posible que se presenten ocasiones en que los clientes no pueden articular sus necesidades, o identificar realmente sus necesidades en el producto, o recordar los problemas más recientes que han tenido con un producto o servicio. Si ese es el caso, los gerentes deben observarlos en la acción. Xerox cuenta con cierto número de antropólogos en su Centro de Investigación de Palo Alto para observar a los usuarios de los nuevos productos, de modo que con los resultados obtenidos de las observaciones sea posible replantear las mejoras en el laboratorio.

Digital Equipment ha desarrollado un proceso interactivo llamado "investigación contextual" que es utilizado por los ingenieros de software para observar usuarios de las nuevas tecnologías. Milliken ha creado "first delivery", que son equipos que acompañan el primer envío de todos los productos, los miembros del equipo siguen el producto a través del proceso de producción hasta llegar al cliente para ver cómo se utiliza y luego desarrollar ideas para seguir mejorando.

Cualquiera que sea la fuente de las ideas del exterior, el aprendizaje sólo se producirá en un entorno receptivo. Los administradores no pueden estar a la defensiva y deben estar abiertos a la crítica o malas noticias. Este es un reto difícil, pero es esencial para el éxito. Las empresas comúnmente piensan que deben estar en lo cierto, y el otro tiene que estar equivocado, mientras que las organizaciones de aprendizaje, por el contrario, cultivan el arte de escuchar abierta y atentamente.

Transferencia de conocimientos

Para que el aprendizaje sea más que un asunto local, el conocimiento debe difundirse de manera rápida y eficiente a lo largo de la organización.

Las ideas llevan el máximo impacto cuando son compartidas ampliamente en lugar de ser conocidas sólo por pocas personas. Existe una variedad de mecanismos de estímulo para este proceso de compartir el conocimiento, incluyendo informes de forma escrita, oral y visual, visitas y excursiones, la rotación de personal programado, la educación y los programas de formación, y programas de normalización. Cada uno tiene sus fortalezas y debilidades distintivas. Los informes y visitas son los más recurridos, por ejemplo, los informes tienen varios propósitos: resumen los hallazgos, proporcionan listas de control de qué hacer y no hacer, y en general, describen los procesos importantes, cubren una multitud de temas, desde la evaluación comparativa de los estudios en contabilidad hasta los convenios para la comercialización, o nuevas técnicas de producción. Hoy en día los informes escritos pueden complementarse con grabaciones en video, que ofrecen mayor inmediatez y fidelidad. Las visitas son un medio usual en la transferencia de conocimiento, especialmente para las grandes organizaciones que tienen múltiples divisiones con múltiples sitios. Los tours más eficaces se adaptan a los diferentes públicos y necesidades. Para introducir a sus directivos a prácticas distintas de manufactura de New United Motor Manufacturing Inc. (NUMMI), con su empresa conjunta Toyota, GM desarrolló una serie de excursiones especializadas. Algunos se orientaron a alta y media gerencia, mientras que otros se dirigieron a contenidos de acuerdo a su interés. Cada visita describió las políticas, prácticas, y sistemas que resultasen más relevantes para ese nivel de gestión.

A pesar de su popularidad, los informes y las visitas son formas complejas de transferencia de conocimiento. Los detalles que están detrás de su gestión son difíciles de comunicarse de un segundo nivel, o a otros miembros del equipo. La forma en que se asimilan los hechos, la lectura que se realizó de las experiencias y el ver la demostración es una cosa, pero experimentar personalmente es otra muy distinta pues "es muy difícil para adquirir conocimientos de una manera pasiva. Experimentando activamente algo es considerablemente más valioso que tener que describirlo" (Garvin, 1993).

Por esta razón, la rotación de personal con experiencia en algunos programas es uno de los métodos más poderosos de la transferencia de conocimientos. En muchas organizaciones, la experiencia se lleva a cabo a nivel local: en un técnico en

computación especialmente hábil, quizás, un gerente de marca global inteligente, o un jefe de división con una trayectoria de empresas exitosas. Los que están en contacto diario con estos expertos se benefician enormemente de sus habilidades, pero su ámbito de influencia es relativamente estrecho. La transferencia a diferentes partes de la organización ayuda a compartir la riqueza. Las transferencias pueden ser de la división a la división, de un departamento a otro, o de la instalación a las instalaciones, pero también pueden implicar el alta o media dirección, o gerentes de primer nivel.

Un supervisor con experiencia en la producción *just-in-time*, por ejemplo: podría moverse a otra fábrica para aplicar el método, o un gerente de división con éxito podría transferirse a una división con menos avance para vigorizar con las ideas ya probadas. El CEO de Time Life utilizó este último método cuando se cambió al presidente de la compañía de división de música, -que había orquestado varios años de rápido crecimiento y altos beneficios a través de marketing innovador- a la presidencia de la división de libros, donde los beneficios se mantuvieron estables debido a la dependencia de los conceptos de marketing tradicional que ya se habían puesto en práctica en la división anterior.

Es importante considerar la forma en que PPG utiliza la transferencia para avanzar en sus prácticas de recursos humanos alrededor del concepto de alto compromiso en los sistemas de trabajo. En 1986, PPG construyó una nueva planta de vidrio flotado en Chehalis, Washington, empleando una tecnología radicalmente nueva, así como innovaciones en la gestión de recursos humanos, fueron desarrollados por el gerente de la planta y su personal. Todos los trabajadores se organizaron en pequeños equipos de autogestión con la responsabilidad de asignaciones de trabajo, la programación, la resolución de problemas y la mejora continua, y la revisión por pares. Después de varios años funcionando, el gerente de la planta fue ascendido a director de recursos humanos para el grupo de vidrio entero. Sobre la base de sus experiencias en Chehalis, desarrolló un programa de capacitación dirigido a primer nivel de supervisores que enseñaba los comportamientos necesarios para manejar a los empleados en una participativ autogestión (selfmanaging).

Como el ejemplo PPG sugiere, la educación y programas de capacitación son herramientas poderosas para la transferencia de conocimiento. Pero para la eficacia máxima debe estar explícitamente vinculada a la implementación. Con frecuencia, los formadores asumen que nuevos conocimientos se aplicarán, sin tomar medidas concretas para garantizar que los alumnos realmente aprendieron.

Aprendizaje de medición

Los gerentes tienen como premisa que "si no se puede medir, no se puede administrar". Tradicionalmente, la solución tiene que ver con la "curvas de aprendizaje" y "de fabricación funciones de progreso" (indicadores).

Ambos conceptos se remontan a los años 1920 y 1930, cuando los costes de fabricación de fuselajes cayeron de forma predecible con aumentos en el volumen de demanda (a mayor número de manufacturas / horas hombre, mejor rendimiento). Estos incrementos fueron vistos como un mayor conocimiento de fabricación, y la mayoría de los primeros estudios examinaron su impacto en los costos de mano de obra directa. Estudios posteriores ampliaron el enfoque, viendo desde la industria manufacturera los costos y el impacto de la experiencia en otras industrias, incluyendo la construcción naval, refinación de petróleo, y electrónica de consumo. Por lo general, las tasas de aprendizaje estaban en el rango 80% a 85% (lo que significa que con la duplicación de la producción acumulada, los costos cayeron a 80% a 85% de su anterior nivel), aunque hay una gran variación.

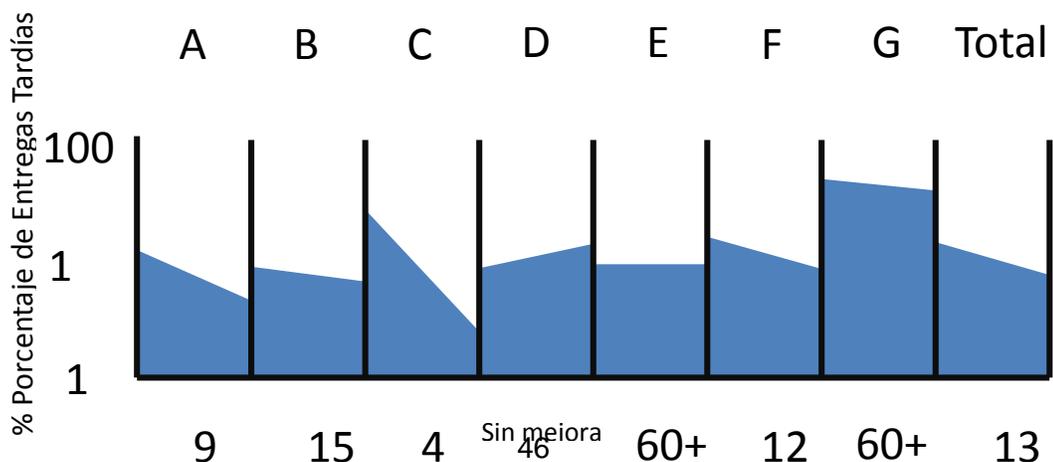
Empresas como el Boston Consulting Group plantearon estas ideas a un nivel más alto en la década de 1970. Para disfrutar de los beneficios de la experiencia, las empresas tendrían que aumentar rápidamente su producción por delante de los competidores para bajar los precios y ganar cuota de mercado. Tanto el aprendizaje y la experiencia son curvas que todavía se siguen utilizando como indicadores, especialmente en la industria aeroespacial, las industrias de defensa y electrónica. Boeing por ejemplo: ha establecido las curvas de aprendizaje para cada puesto de trabajo en su planta de ensamblaje; ayudan en el monitoreo de la productividad, la determinación de flujos de trabajo y los niveles de dotación de personal, y la fijación de precios y márgenes de beneficio en los nuevos aviones.

Las curvas de experiencia son comunes en la industria de semiconductores y la electrónica de consumo, donde son utilizados para pronosticar los costos de la industria y precios. Sin embargo, este indicador está incompleto dado que se centran en un solo compás de la producción (el costo o precio) y hace caso omiso del aprendizaje que afecta a otras variables competitivas, como calidad, entrega, o introducción de nuevos productos. Sugieren un solo controlador posible para el aprendizaje (volúmenes de producción total) y pasar por alto tanto la posibilidad de aprender en industrias maduras, donde la producción es plana, y la posibilidad de que el aprendizaje podría ser impulsado por otras fuentes, tales como las nuevas tecnologías; tal vez lo más importante nos dice muy poco sobre las fuentes de aprendizaje o las palancas de cambio.

Otra medida ha surgido como respuesta a estas preocupaciones. El modelo llamado curva de "vida media", se fue desarrollado originalmente por Analog Devices, un fabricante de semiconductores líder, como una forma de comparar las tasas de mejora interna. La curva media-vida mide el tiempo que tarda en lograr una mejora del 50% en un rendimiento especificado. Cuando en una representación gráfica, la medida de la ejecución (las tasas de defectos, entrega del tiempo, el tiempo de comercialización) se traza en el eje vertical, utilizando una escala logarítmica, y la escala de tiempo (días, meses, años) se traza horizontalmente. Las pendientes más pronunciadas a continuación representan aprendizaje más rápido (véase el inserto "The Half-Life Curve").

Gráfica de Curva de Aprendizaje

Información mensual (Ago. 1987- Jul. 1988)



Gráfica 2. Tiempo requerido en meses para reducir a la mitad el tiempo de entrega.

La compañía “Analog Devices” ha utilizado esta gráfica para comparar el ritmo de aprendizaje de sus 7 divisiones. La División “**C**” es claramente la ganadora; inclusive con la desventaja que comenzó con muchos retrasos en las entregas, su ritmo de aprendizaje rápido la llevo a ser la mejor en desempeño. La División “**D, E y G**”, no han sido tan exitosas, con poco o casi nada de mejora en el servicio.

La lógica es sencilla. Las empresas, divisiones, o departamentos que tienen menos tiempo para mejorar deben estar aprendiendo más rápido que su compañeros. En el largo plazo, sus ciclos breves de formación se traducirán en un rendimiento superior.

Sin embargo, incluso las curvas de aprendizaje de media-vida tienen una importante debilidad: se centran únicamente en los resultados. Algunos tipos de conocimiento tardan años en digerirse, con pocos cambios visibles en el rendimiento durante largos períodos. La creación de una cultura de calidad total, por ejemplo, o el desarrollo de nuevos enfoques para el producto, son cambios sistémicos difíciles.

Debido a su largo período de gestación, las curvas de vida media o de cualquier otra índole se centraron exclusivamente en resultados y son poco utilizables para capturar cualquier cambio a corto plazo que se ha producido en el aprendizaje.

Se necesita un marco para medir el progreso más completo. El aprendizaje organizacional por lo general puede ser trazado a través de tres etapas que se superponen: (a) la primera es cognitiva, los miembros de la organización están expuestos a nuevas ideas, ampliar su conocimiento, y comenzar a pensar de forma diferente; (b) la segunda es el comportamiento, los empleados comienzan a internalizar nuevos conocimientos y alterar su comportamiento; (c) el tercer paso es la mejora del rendimiento, con cambios en el comportamiento que conducen a mejoras medibles en los resultados, calidad superior, una mejor prestación, el aumento de mercado, u otros beneficios tangibles. Debido a los cambios cognitivos y

de comportamiento típicamente preceden mejoras en el rendimiento, un aprendizaje completo debe incluir los tres.

Primeros pasos

Las organizaciones de aprendizaje no se construyen de la noche a la mañana. La mayoría de los ejemplos de éxito integran el cuidado y cultivo de actitudes, de compromisos, de procesos de gestión que han transcurrido lentamente y de manera constante en el tiempo.

Sin embargo, existen cambios que pueden ser llevados a cabo de manera más inmediata. Cualquier empresa que desee convertirse en una organización de aprendizaje puede empezar por tomar e implementar los siguientes pasos.

El primer paso consiste en fomentar un entorno que sea propicio para el aprendizaje. Debe haber tiempo para la reflexión y el análisis, para pensar en planes estratégicos, diseccionar las necesidades del cliente, evaluar sistemas de trabajo actuales, e inventar nuevos productos.

El aprendizaje es difícil cuando los empleados se encuentran bajo estrés, y se atiende únicamente por las presiones del momento. Sólo si la alta dirección da la libertad de tiempo a los empleados, el propósito del aprendizaje resulta significativo. Ese tiempo será doblemente productivo si los empleados poseen las habilidades para aplicar lo que aprenden.

Otro apoyo importante es la apertura de las fronteras interpersonales y el estímulo del intercambio de ideas. Los límites inhiben el flujo de información; mantienen a los individuos y los grupos aislados y refuerzan las ideas preconcebidas. La apertura de las fronteras, mediante conferencias, reuniones y proyectos en equipo, ya sea en los niveles organizacionales transversales o en el vínculo de la empresa con sus clientes y proveedores, asegura un flujo constante de ideas y la oportunidad de considerar las perspectivas de la competencia.

Jack Welch –CEO de General Electric- considera que esta “ausencia de fronteras” es un poderoso estimulante que se ha convertido en la piedra angular en la estrategia

de la compañía. Una vez que los directivos han establecido un mayor apoyo y un entorno abierto, se pueden crear los foros para aprender. Se trata de programas o eventos diseñado con objetivos de aprendizaje explícitos, que pueden adoptar una variedad de formas: revisiones estratégicas, que examinan el cambio competitivo en el medio ambiente y el producto de la cartera de la compañía, la tecnología y posicionamiento en el mercado; sistemas de auditorías, que revisan la salud de los grandes procesos y la entrega de funciones cruzadas; informes de benchmarking interno, que identifican y comparan las mejores actividades en su clase dentro de la organización; misiones de estudio, que se llevan a cabo en las organizaciones líderes de todo el mundo para comprender mejor su rendimiento y habilidades distintivas; y simposios, que reúnen a los clientes, proveedores, expertos externos o grupos internos para compartir ideas y aprender unos de otros. Cada una de estas actividades fomenta el aprendizaje al exigir a los empleados a enfrentarse con nuevos conocimientos y considerar sus implicaciones. Cada uno también se puede adaptar a las necesidades empresariales. Con una mejor comprensión de las "tres M" el significado (*meaning*), la gestión (*managemet*) y medición de aprendizaje (*measurement of learning*), este cambio proporciona una base sólida para la construcción de organizaciones inteligentes.

2.6. Cambio en los roles laborales del Equipo de Costos con el Uso de BIM

Con el nacimiento y crecimiento de BIM como mecanismo de entrega de proyectos – que si bien no encontró el respaldo de la industria de la construcción como se tenía pensado- sí encontró respaldo en los dueños o propietarios que vieron grandes ventajas en las herramientas de control, y como consecuencia se han generado nuevas funciones para el equipo de costos. Existen casos de estudios exitosos donde la metodología BIM ha sido probada en elevar el costo beneficio de los proyectos, y debido a los resultados se ha implementado de modo permanente. Como resultado, las personas que integraban el equipo de generación de costos y armado de estimaciones tienen que adquirir habilidades nuevas.

En un principio, la manera de generar que recomienda la AACEI (Association for the Advancement of Cost Engineering International) en la práctica 11R-88 es meramente

un proceso lineal. Sin embargo, esta ha sido la forma tradicional de trabajar y se han duplicado procesos, por ejemplo: una vez que está el proyecto ejecutivo terminado se procede a la cuantificación de volumen, y aunque este es un proceso que ya pasó por el departamento de proyectos, es necesario volver a pasar por esa etapa para sacar la volumetría, ya que el software del equipo de proyectos no está equipado para esta función.

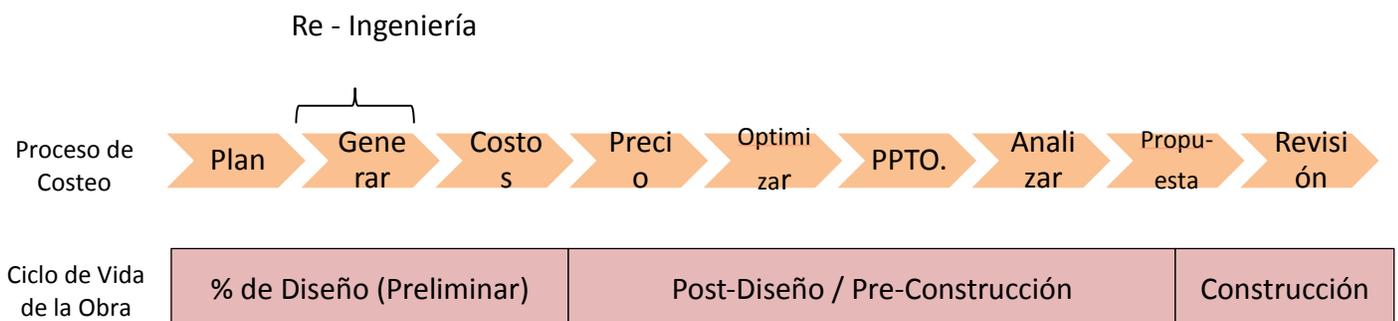


Diagrama 2. Flujo de Proceso de Costeo.

Varios estudios han demostrado que el proceso de *Scope* o Cuantificación/Generación es uno de los que demandan mayor cantidad de horas-hombre y recursos en el proceso de construcción, y es, sin embargo, una ingeniería inversa de un entregable del departamento de proyectos.

2.7. Comentarios y Conclusiones

Como acabamos de ver en las opiniones de estos dos investigadores de la Universidad de Harvard, respecto a la introducción de una idea nueva en una organización, es necesario reflexionar en las preguntas más básicas de la visión de una empresa, que pueden resultar fáciles de contestar para algunos, pero que a la mayoría de nosotros nos llevará a un conflicto interno, y a cuestionarnos de forma profunda: ¿Qué queremos hacer en esta vida? ¿Bajo qué principios? ¿Con qué

valores? ¿Qué sentimientos queremos expresar y dejar como legado en nuestras comunidades y nuestras organizaciones? De esta forma es que encaramos el presente y podemos proyectar congruencia entre nuestro hacer diario y lo que queremos lograr en un futuro.

Si en la reflexión se encuentra la palabra mejorar y se siguen los lineamientos de puertas abiertas y la disposición hacia las nuevas tecnologías --como recomienda Garvin (2010)-, entonces se puede llegar a la Tecnología BIM, lenguaje integrador y que bien implementado llega a ser muy eficaz. Siguiendo las recomendaciones anteriores, sin duda pueden aprovecharse sus ventajas, ya sea para llevar a cabo un benchmarking acertado de empresas que utilizan esta tecnología BIM con buenos resultados; y se realice un viaje de campo a esta empresa y puedan observarse en acción los procesos de mejora. Es necesario hacer hincapié en que para que la organización adopte esta nueva herramienta se requiere que la dirección general permita la reflexión y a que se creen los incentivos adecuados para que el personal pueda aprender al máximo la herramienta, sin temor a castigos o disminución de incentivos en caso de que no se den los resultados esperados.

Estas mejoras no se presentan de la noche a la mañana y el proceso lleva tiempo, sin embargo, es necesario puntualizar los problemas --que pueden convertirse en áreas de oportunidad-, como la corrupción, que es un factor que no ayuda en la implementación exitosa, pues entre la falta de planeación y notificación de los concursos de obra y la carencia de manuales de buenas prácticas, los directivos esperan poder utilizar la tecnología sin contar con un proyecto ejecutivo terminado, o sin un catálogo, etc., lo cual limita el uso efectivo de BIM. Un consultor es un guía que apoya en el proceso de aprendizaje, pero también tiene sus limitaciones, y el éxito depende también de la actitud de quienes quieren aprender; (Garvin, 2010) menciona claramente que no es lo mismo que te digan cómo hacerlo a que realmente tú lo hagas.

Esta breve introducción al concepto y elementos que caracterizan a las organizaciones inteligentes, es parte del marco teórico que una empresa que desea incorporar la tecnología BIM tiene que revisar; pero también estas recomendaciones son útiles para cualquier otra idea innovadora que la empresa desee implementar.

3. Medición

3.1. Introducción

Para cumplir con los objetivos de la presente tesis es necesario obtener la muestra y medir el proceso por el cual se generan actualmente las estimaciones de Albañilería y Acabados de las empresas de la Zona Metropolitana de Guadalajara, y posteriormente compararlo con el método de generación BIM (Building Information Modeling).

En este capítulo se expone, primeramente, el método por el cual las empresas constructoras generan sus estimaciones, es decir, por medio de qué software o herramientas; y en segundo lugar, se identifica cuáles son los conceptos que toman más tiempo para generar y qué tipo de errores o reprocesos presentan.

En la primera medición basta con investigar por medio de qué pasos se realiza el proceso de generar volúmenes y adjuntar su respectivo croquis. En el segundo punto, se realizó una medición del tiempo que tarda un supervisor de costos, en generar conceptos de albañilería y acabados (generador y croquis), y cuál representa para él un mayor nivel de dificultad –entendiendo por nivel de dificultad el nivel de detalle que guarda una correlación con el tiempo invertido en terminar dicho generador-.

Para cumplir con la hipótesis, primero es necesario conocer el método (software, procesos) y los tiempos actuales que le toma a la industria el generar volúmenes de obra de albañilería y acabados, y comparar estas muestras con lo que puede ayudar a ser más eficiente utilizando la Tecnología BIM.

La ventaja de conocer estos resultados es que se pueden encontrar variables importantes que repercuten en toda la organización, en especial en el equipo de costos, transformando a esta parte de la organización en una más eficiente que aumente su capacidad de producción, y que además pueda influir positivamente en incrementar el flujo de caja.

3.1.1. Tamaño de Muestra y Población

El tamaño de la muestra se calculó con base en el Padrón de Contratistas de Secretaría de Infraestructura y Obra Pública donde se tiene una población de 3,513 empresas y personas físicas registradas.

De este modo se obtuvo un tamaño de muestra de 66 empresas o personas físicas, con un 90% de nivel de confianza y un error máximo permitido del 15%.

Sin embargo tras analizar el giro del padrón de contratistas, se observó que la mayoría se dedican a terracerías y obras de infraestructura, y que no realizan trabajos de albañilería y acabados, por lo cual fue necesario depurar la selección y tomar sólo aquellos contratistas de la SIOP que realicen obras de Albañilería y Acabados.

Para obtener el tamaño de la muestra se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(z)^2(p)(q)}{e^2}$$

Tabla 4. Tamaño de la muestra.

Definir el Tamaño de la Muestra		
"N" Población Padrón de Contratistas del Estado SIOP	3513	
"Z" Nivel de Confianza	1.645	90% Nivel de Confianza
"p" Varianza de la proporción	0.5	
"q" Varianza de la proporción	0.5	
"e" Error Máximo permitido	0.130167	13 %
	40	Tamaño de la muestra

3.2. Método de Medición

El método de medición que se utilizó fue el descriptivo, pues la intención era recolectar datos por medio de encuestas.

Las características de los estudios descriptivos son:

- Para especificar las propiedades importantes de un fenómeno que está sometido a análisis.
- Se selecciona una serie de variables y se mide cada una de ellas independientemente, para describir lo que se investiga.
- Requiere considerable conocimiento del área que se investiga para formular las preguntas específicas que busca responder.
- Su objetivo no es indicar como se relacionan las variables medidas.

Las principales variables a medir son:

- 1.- Qué herramientas utiliza la industria para generar estimaciones.
- 2.- Cuál es el tiempo en el que elaboran sus generadores de albañilería y acabados.
- 3.- Cuál es el principal reproceso o restricción.
- 4.- Con qué frecuencia se encuentra el reproceso.

Una vez obtenidos dichos resultados se propone realizar el mismo trabajo de generar estimaciones de Albañilerías y Acabados con la ayuda de la tecnología BIM, y así obtener las conclusiones sobre qué tan efectiva es dicha tecnología al momento de acortar tiempos y reprocesos.

3.3. La Encuesta

Es necesario mencionar que la encuesta pasó por un proceso de calibración, lo cual se encuentra anexado al final de la presente tesis. La encuesta se aplicó a 30 personas de manera presencial y también de manera telefónica, los encuestados debieron cumplir con el siguiente perfil:

- a) Ser jefes o encargados de generación / cobranza / costos.
- b) Contar con mínimo 5 años de experiencia.
- c) Haber construido y cobrado proyectos en la ZMG.
- d) Que su empresa se encuentre registrada ante la SIOP.

Tabla 5. Encuesta.



El Presente cuestionario esta dirigido a los Encargados/Jefes de Costos, de la Pequeña y Mediana Empresa constructora de Jalisco, con experiencia en cobranza de estimaciones de obra civil en especial Albañilería y Acabados.

Toda Información es con fines Académicos de Investigación y Análisis. Agradecemos su participación a este trabajo académico, ya que su valiosa ayuda contribuirá al aumento en el conocimiento en esta área. Cualquier duda favor de comunicarse al tel.: 33 15 82 07 90 con Adrian Alejandro Terrazas Bernal alumno de la Universidad Panamericana.

Nombre:	
Edad:	
Puesto y Empresa:	
Años de Experiencia en el Puesto/Similares	

Indicaciones: Contesta con Sinceridad las Siguietes Preguntas escogiendo la opción que mas se acerque a tu punto de vista.
Para esta encuesta solo aplican los Concepto de Albañilería y Acabados, en particular: Muros, Aplanados, Pisos y Pintura.

Favor de marcar con una X el Software que utiliza para Armar Estimaciones puede tachar mas de una opción.

AutoCAD	
Excel	
Revit	
A Mano	
Otro	

Enumera del 1 al 4 según tu criterio cual concepto es el mas tardado para generar números generadores y croquis para estimaciones , siendo el 1 el mas fácil y el 4 el mas difícil.

Muros (Ladrillo sogá)	
Aplanados	
Pisos	
Pinturas	

Enumera del 1 al 4 según tu criterio cual es la principal restricción en el proceso de elaborar estimaciones, siendo el 1 la menor restricción y el 4 la

Error numérico	
Error de proyecto	
Equipo de Oficina (cual)	
Diferencia de criterio supervisión	

Enumera del 1 al 4 según tu criterio cual representa mayor frecuencia siendo el 1 el menos frecuente y el 4 el mas frecuente.

Error numérico	
Error de proyecto	
Equipo de Oficina (cual)	
Diferencia de criterio supervisión	

Marca con una x si se te paga por nomina o sobre % de Productividad Cobranza

Nomina	
% de Productividad Cobranza (que %)	

Maneja en su empresa indicadores de productividad para el departamento de cobranza

Si (Cuales)	
No	

Marque Cual es el proceso mas difícil para generar estimaciones de manera que entre los Dos sumen el 100%.

Dibujar Croquis	25%	50%	75%	100%
Generar Volúmenes de Obra	25%	50%	75%	100%

Generadores y Croquis

Seleccione en el menú desplegable el tiempo estimado para generar Números Generadores y Croquis de un proyecto de su empresa

M2 del Proyecto _____

Seleccione del Menú desplegable el tiempo estimado para generar **Muros de Ladrillo** 40 min

Menos de 4 min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	Mas de 115min
----------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	---------------

Seleccione del Menú desplegable el tiempo estimado para generar **Aplanados** 105 min

Menos de 4 min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	Mas de 115min
----------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	---------------

Seleccione del Menú desplegable el tiempo estimado para generar **Piso** 30 min

Menos de 4 min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	Mas de 115min
----------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	---------------

Seleccione del Menú desplegable el tiempo estimado para generar **Pintura** Mas de 110

Menos de 4 min	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	Mas de 115min
----------------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	---------------

3.4. Resultados

A continuación se presenta el resumen de las 30 empresas encuestadas.

Tabla 6. Tabla de resultados.



UNIVERSIDAD
PANAMERICANA

Que software utiliza para Armar Estimaciones puede poner check en mas de una opción.

Encuestados	Edad	Años de Experiencia	AutoCAD	Excel	Revit	A Mano	Otro
1	38	5	✓	✓			
2	33	5		✓			
3	58	34	✓	✓			
4	47	20	✓	✓			
5	35	5	✓	✓			
6	54	24	✓	✓			
7	36	9	✓	✓			✓
8	47	20		✓			
9	59	31	✓	✓			
10	42	20	✓	✓		✓	
11	46	23	✓	✓		✓	1
12	58	25	✓	✓			
13	32	5	✓	✓			
14	36	12	✓	✓		✓	1
15	45	20	✓	✓			
16	33	8	✓	✓			
17	27	6	✓	✓			
18	42	15	✓	✓			
19	28	6	✓	✓	✓	1	
20	44	20	✓	✓			
21	32	7	✓	✓			
22	38	10	✓	✓			
23	28	5	✓	✓	✓	1	
24	33	8	✓	✓			
25	36	10	✓	✓			
26	58	35	✓	✓		✓	1
27	27	6	✓	✓			
28	27	5	✓	✓			
29	58	37	✓	✓		✓	1
30	40	15	✓	✓			
31	47	20	✓				
32	69	46	✓	✓			
33	35	4	✓	✓			
34	24	2	✓	✓			
35	36	15	✓	✓			
36	47	20		✓			
37	26	6	✓	✓		✓	1
38	67	38	✓	✓			✓
39	66	30		✓		✓	1
40	36	10	✓	✓		✓	1
Total	41.75	16.05	34	39	2	8	2

Tabla 7. Tabla de resultados.

Tabla 8. Tabla de resultados.

Enumera del 1 al 4 según tu criterio cual concepto es el mas tardado para generar números generadores y croquis para estimaciones , siendo el 1 el mas fácil y el 4 el mas difícil.				Enumera del 1 al 4 según tu criterio cual es la principal restricción en el proceso de elaborar estimaciones, siendo el 1 la menor restricción y el 4 la mayor restricción.			
Muros (Ladrillo sogá)	Aplanados	Pisos	Pinturas	Error numérico	Error de proyecto	Equipo de Oficina (cual)	Diferencia de criterio supervisión
2	3	1	4	4	2	1	3
2	3	4	1	4	3	1	2
2	3	1	4	3	2	2	2
2	4	3	1	1	4	3	2
2	4	3	1	3	4	1	2
2	3	1	4	2	3	1	4
2	4	1	3	2	4	1	3
3	4	2	1	2	3	1	4
3	4	2	1	4	2	1	3
4	3	1	2	3	4	1	2
2	3	1	4	2	4	3	2
3	2	1	4	1	4	2	3
2	3	1	4	1	4	3	2
4	3	2	1	4	2	1	3
2	4	1	3	2	3	1	4
1	3	2	4	1	4	3	2
4	2	1	3	2	3	2	1
2	3	1	4	3	4	1	2
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	3	4	4	3	2	1
4	2	1	3	4	2	1	3
3	4	1	2	4	1	3	2
1	1	1	1	2	4	3	1
1	3	2	4	3	4	1	2
3	4	1	2	4	3	2	1
4	3	2	2	3	4	1	2
4	3	1	2	1	2	4	3
4	1	3	2	1	4	2	3
4	3	1	2	2	4	1	3
3	4	1	2	2	1	3	4
3	4	1	1	1	2	1	4
2	2	2	2	1	3	1	2
1	1	1	1	1	4	2	3
2	3	1	4	2	2	1	3
3	3	2	2	1	2	2	3
3	4	1	1	1	2	1	4
2	3	1	4	3	2	4	1
2	2	2	2	1	1	1	4
3	4	2	1	3	4	1	2
2	4	1	3	2	3	1	4
101	118	61	97	91	117	68	102

Enumera del 1 al 4 según tu criterio cual representa mayor frecuencia siendo el 1 el menos frecuente y el 4 el mas frecuente.				Marca con un check si se te paga por nomina o sobre % de Productividad Cobranza		Marque con un check si Maneja en su empresa indicadores de productividad para el departamento de cobranza			
Error numérico	Error de proyecto	Equipo de Oficina (cual)3	Diferencia de criterio supervisión4	Nomina	% de Productividad Cobranza	Si (Cuales)	A veces	No	
4	2	1	3		✓		✓		
2	4	1	3	✓			✓		
1	3	2	4	✓		✓			
2	4	3	1	✓				✓	
4	3	2	1	✓				✓	
3	2	1	4	✓				✓	
2	4	1	3	✓	✓			✓	
4	3	1	2	✓				✓	
4	2	1	3	✓				✓	
3	4	1	2	✓		✓			
2	4	1	3	✓				✓	
1	4	3	2	✓	✓				
3	4	2	1	✓			✓	✓	
4	3	1	2	✓	✓		✓		
4	2	1	3	✓				✓	
1	2	3	4	✓	✓		✓		
2	1	3	4	✓				✓	
2	3	1	4	✓				✓	
1	1	1	1	✓				✓	
4	3	1	2	✓				✓	
4	2	1	3		✓			✓	
2	4	3	1	✓			✓		
1	4	2	3	✓			✓		
2	3	1	4	✓				✓	
3	4	1	2	✓				✓	
2	3	1	4	✓	✓			✓	
3	1	2	4	✓				✓	
1	4	2	3	✓				✓	
3	4	1	2	✓				✓	
3	4	2	1	✓		✓	✓		
3	1	1	4		✓			✓	
1	3	1	2		✓			✓	
1	4	2	3	✓					
3	3	2	3	✓				✓	
1	2	2	3		✓			✓	
3	1	1	4		✓			✓	
3	2	4	1	✓				✓	
1	4	1	1	✓				✓	
3	4	1	2		✓			✓	
4	2	1	3	✓				✓	
100	117	63	105		33	12	3	8	29

Tabla 9. Tabla de resultados.

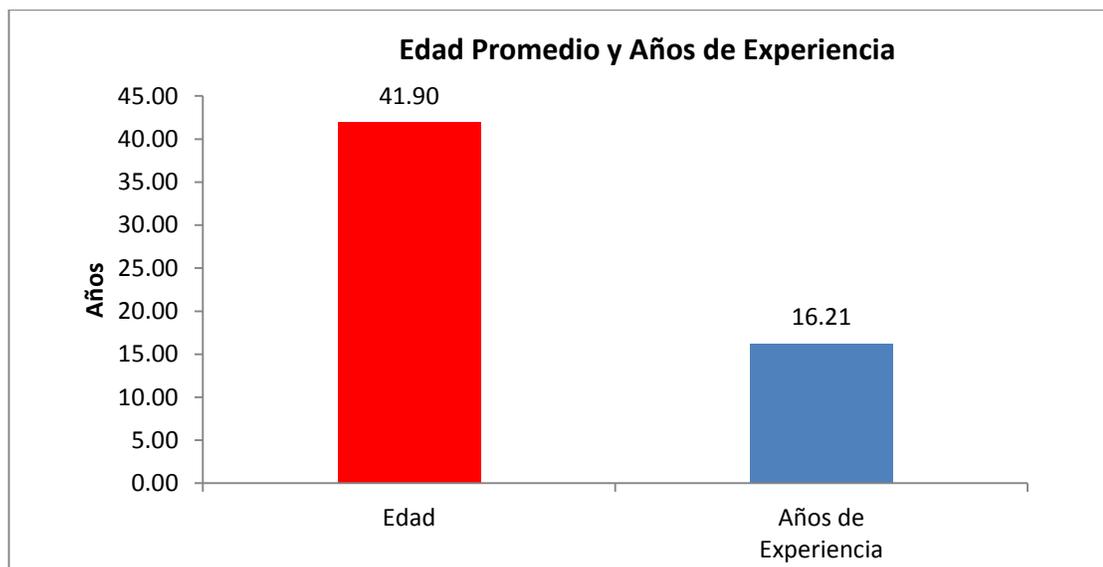
Marque Cual es el proceso mas difícil para generar estimaciones de manera que entre los Dos sumen el 100%.		Tiempos de la Industria				
Dibujar Croquis	Generar Volúmenes de Obra	m2 del proyecto promedio que genera la empresa	Tiempo estimado para generar Muros de Ladrillo	Tiempo estimado para generar Aplanado	Tiempo estimado para generar Piso	Tiempo estimado para generar Pintura
25%	75%	400	30	60	30	60
25%	75%	250	40	105	30	110
50%	50%	200	120	60	30	60
50%	50%	180	40	105	30	110
25%	75%	250	55	110	20	110
75%	25%	600	20	95	25	80
25%	75%	200	65	95	15	95
75%	25%	400	55	85	15	90
50%	50%	250	70	80	25	85
75%	25%	500	80	110	30	80
25%	75%	160	30	60	15	20
25%	75%	200	45	65	25	35
50%	50%	200	120	100	40	110
25%	75%	450	110	65	30	95
75%	25%	180	110	60	40	110
75%	25%	200	65	70	45	80
25%	75%	150	80	105	20	110
75%	25%	140	95	100	25	90
50%	50%	80	30	30	15	30
25%	75%	90	95	110	15	85
25%	75%	180	30	20	15	20
50%	50%	180	120	100	50	105
50%	50%	200	90	95	35	100
75%	25%	250	60	110	60	110
50%	50%	400	110	120	50	110
75%	25%	1000	50	60	20	65
25%	75%	200	100	110	45	110
25%	75%	180	55	40	50	55
75%	25%	120	40	45	25	40
75%	25%	200	30	35	15	35
25%	75%	250	40	105	30	110
75%	25%	400	100	110	50	100
25%	75%	180	60	70	30	100
25%	75%	100	60	70	20	70
25%	75%	200	120	140	40	90
25%	75%	150	80	95	40	100
50%	50%	200	35	60	30	70
50%	50%	180	40	105	30	110
75%	25%	800	30	35	20	15
75%	25%	180	110	60	40	110
48%	53%	265.75	67.88	81.38	30.38	81.75

Tabla 10. Tabla de resultados.

4.1. Introducción

En este capítulo se presenta la interpretación los datos obtenidos de la aplicación de encuestas a las empresas seleccionadas; el cuestionario, previamente calibrado fue respondido por 30 jefes del área de costos, encargados de costos, o jefes de presupuestos de la industria de la construcción de la ZMG, y que cumplieron con el perfil establecido para los participantes. Cabe mencionar que conseguir la colaboración para obtener estos datos por parte de los constructores fue un proceso difícil, ya que se detectó gran hermetismo cuando se les solicitaba participar en la encuesta.

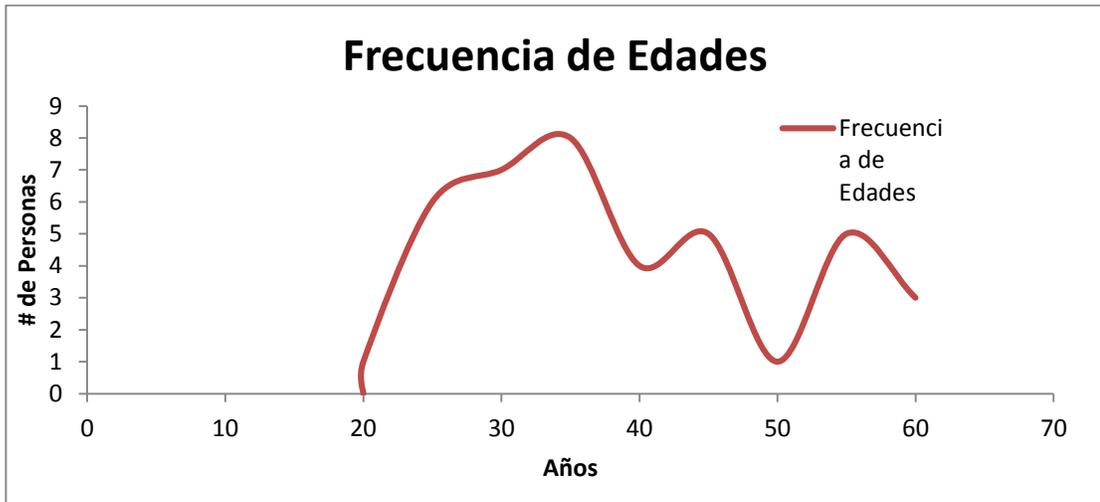
4.2. Análisis de la Muestra



Gráfica 3. Edad promedio y Años de experiencia.

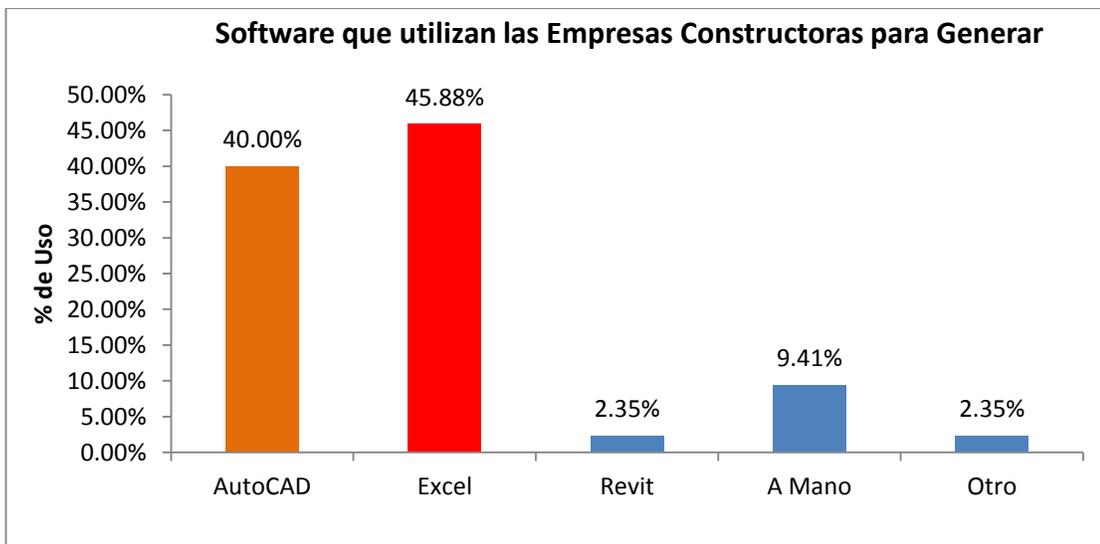
En esta gráfica se puede observar que el promedio de edad de los jefes de costos o generación y cobranza es alrededor de los 40 años, lo que sugiere que para este perfil se busca gente con experiencia en el área.

En la gráfica 4 podemos observar la frecuencia de edades de la muestra encuestada.



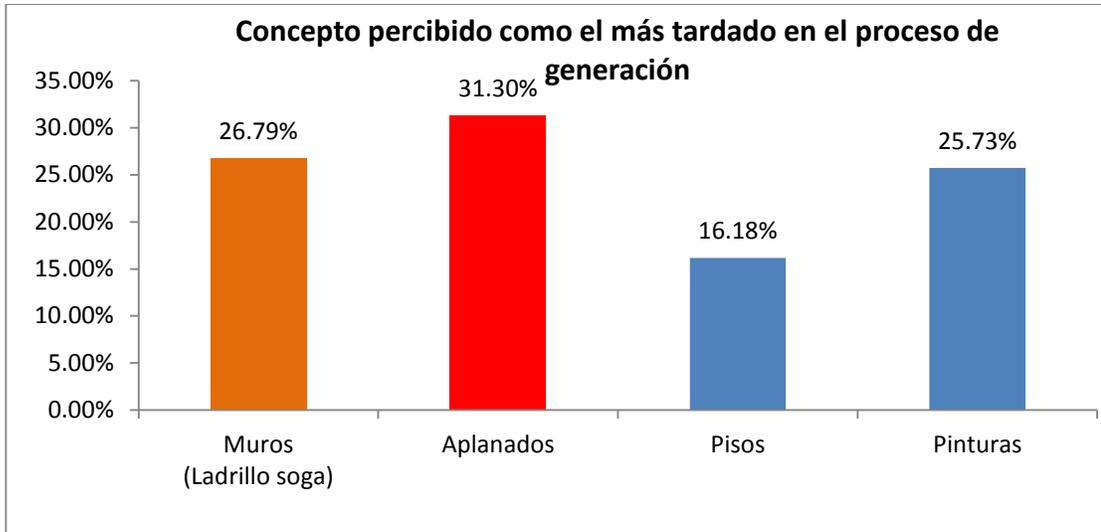
Gráfica 4. Frecuencia de edades.

Por tanto se observa que el 63% de los encuestados tiene entre 35 y 60 años de edad el restante 37% se encuentra en el rango de 25 años a 30 años.



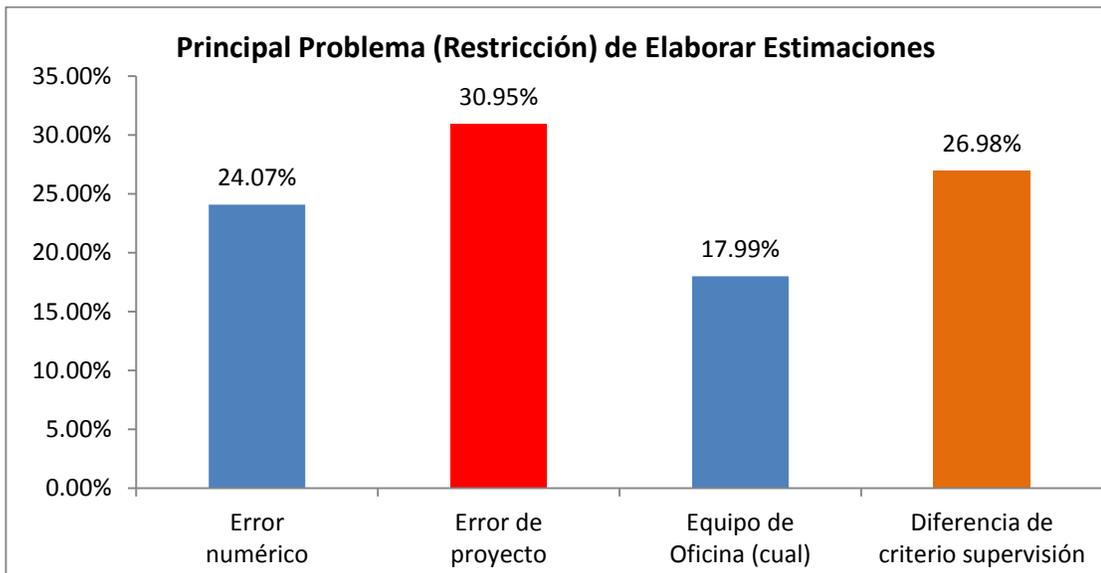
Gráfica 5. Porcentaje de uso de Herramientas.

Como se muestra en la gráfica 5, se observa que el 85.88% de los encuestados genera sus estimaciones utilizando AutoCad y Excel, y solamente un 15.22 % utiliza otro método.



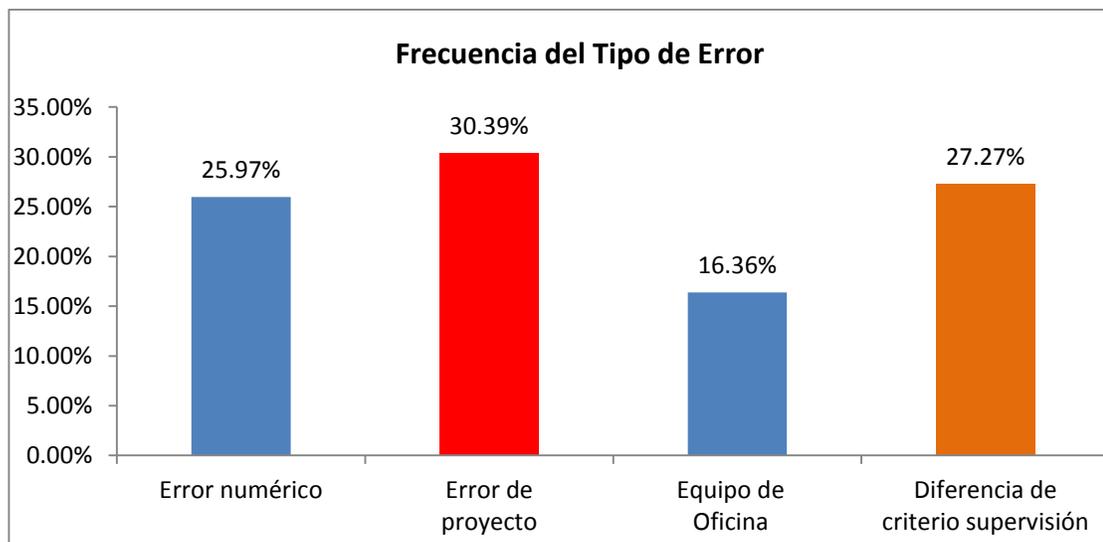
Gráfica 6. Porcentaje de la Muestra que percibe el concepto más tardado para generar.

El 31 % de los encuestados contestó que el concepto que más tarda en ser generado son los aplanados, seguido de los muros, en tercer punto las pinturas y por último pisos. Sin embargo, los encuestados con mayor edad comentaron que todos los conceptos son igual de fácil de generar.



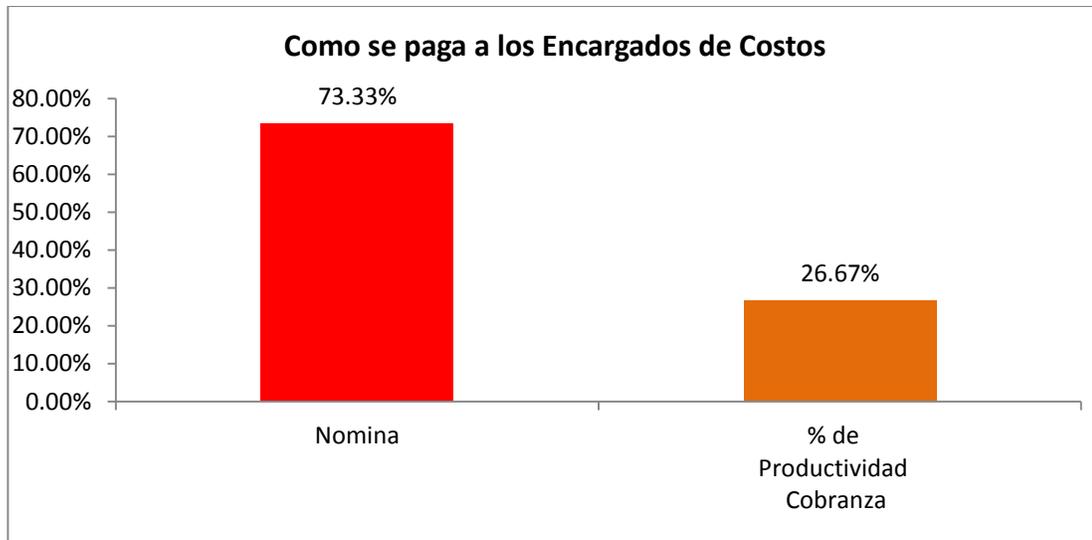
Gráfica 7. Porcentaje de Restricción en el proceso.

Pasando al tema de percepción de restricción en el proceso de generar estimaciones observamos que el 30.95% es error del proyecto, con esto nos referimos a que el proyecto ejecutivo no se ejecutó como marca el plano y por tanto dicho proyecto no sirve para realizar un cálculo volumétrico acertado. Seguido de diferencia de criterio con el supervisor con el 26.98%. Después en el puesto número 3 error numérico (errores aritméticos en la hoja del generador) 24.07%, y en último lugar se equipó de oficina con 17.99% de participación. En esta cabe destacar que los empresarios deberían de cerciorarse de cumplir al 100% con el equipo de oficina y cómputo para la generación de estimaciones.



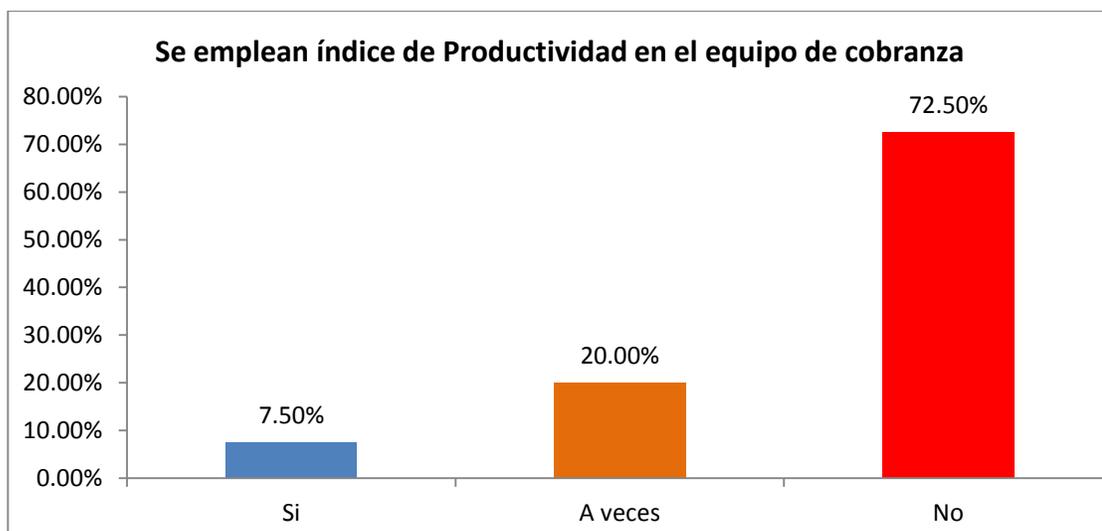
Gráfica 8. Porcentaje de Frecuencia del Error.

En esta gráfica se observa qué tan recurrente se presenta el error en el proceso de generar estimaciones. A pesar de que se tiene conocimiento de cuál es la mayor restricción, en este caso la pregunta refiere a la frecuencia con que se recae en este tipo de errores.



Gráfica 9. Retribución al equipo de costos.

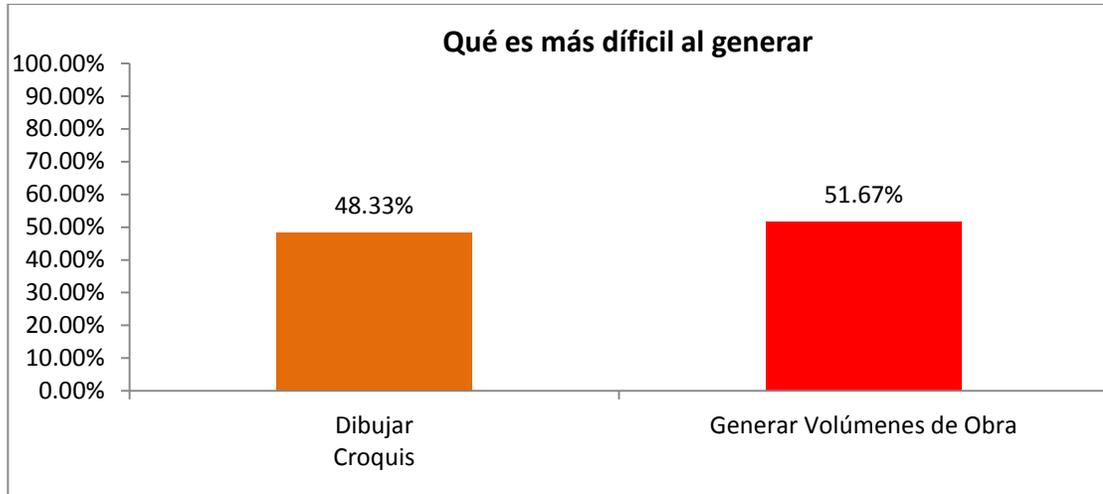
En esta gráfica se observa claramente que al 73.33% de los encuestados la retribución por el trabajo realizado se hace vía nómina, y solo el 26.67% --en algunas ocasiones- se hace sobre el porcentaje de productividad.



Gráfica 10. Porcentaje de Empresas que manejan índice de Productividad.

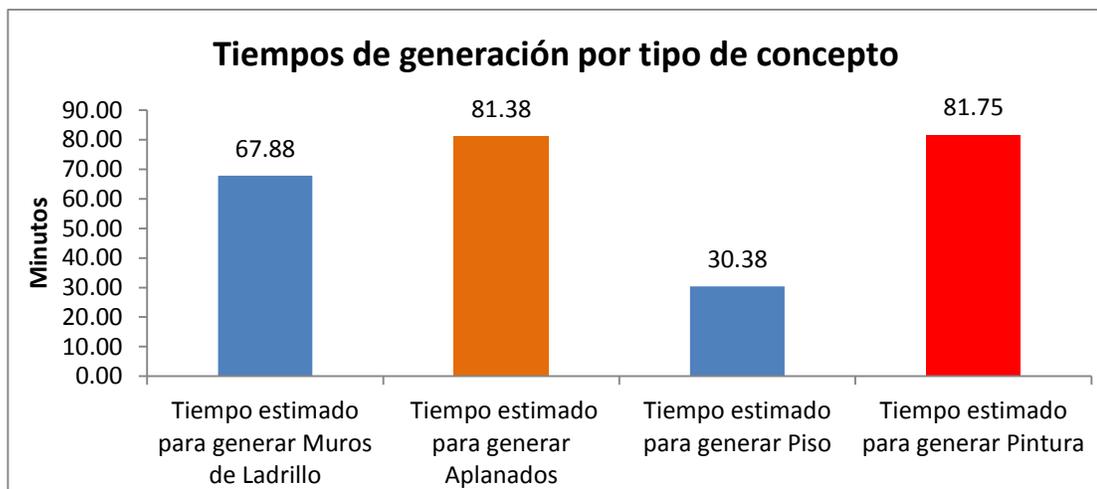
En esta gráfica se observa que un 72.50% de la industria de la construcción no maneja índices de productividad para el departamento de generación o cobranzas; el 20.00 % de los encuestados manifestaron que en ocasiones no está bien definido el alcance

cuando manejan índices de productividad. Inclusive, los que contestaron que sí manejaban índices de productividad comentaron que después no eran tomados en cuenta al momento de realizarse las promociones laborales o económicas.



Gráfica 11. Porcentaje de percepción de dificultad.

En esta gráfica se observan los resultados sobre el cuestionamiento de qué es más difícil generar: croquis o volúmenes de obra. Es importante recalcar que ambas opciones fueron contestadas de forma igualitaria, incluso varios encuestados comentaron que es igual de difícil.



Gráfica 12. Tiempos promedio de la Industria.

Como se puede observar en esta gráfica 12, el concepto más tardado para generar es la pintura, seguido de aplanados, muros y por último pisos. Cabe señalar que se está generando el 100% de acuerdo a proyecto.

4.3. Observaciones y Comentarios

Una vez obtenidos los datos y generadas las gráficas se procede a interpretar aquellos resultados que son de prioridad para la hipótesis de la presente tesis. Antes de comenzar, conviene hacer un recuento de las principales variables a medir:

1. Qué herramientas utiliza la Industria para generar estimaciones.
2. Cuál es el tiempo en el cual elaboran sus generadores de albañilería y acabados.
3. Cuál es el principal reproceso o restricción.
4. Con qué frecuencia se presenta el reproceso.

Es preciso mencionar que para obtener las 40 muestras de la población a quienes se aplicó la encuesta, se encontró gran dificultad porque las empresas no tienen un organigrama bien definido y el departamento de costos no existe como tal. Por ejemplo: los residentes son los encargados de generar y presentar volúmenes, pero sólo para control interno mas no para cobranza; también, se encontró que en muchos casos, las empresas mandan realizar el presupuesto con empresas externas, y al mismo tiempo les entregan a los generadores.

Para dar respuesta a la pregunta número 1, observamos claramente que la industria de la construcción de ZMG utiliza para generar sus estimaciones en un 88 % las herramientas de Auto CAD y Excel, y sólo 2 personas de los 40 encuestados conocen las herramientas BIM. Cabe mencionar que aunque sí cumplen con el perfil del encuestado, son de los más jóvenes y no entran en la media de edades ni experiencia.

Respecto a la segunda variable, el tiempo en el cual elaboran sus generadores para estimaciones (no incluye croquis) es en promedio de:

Tabla 11. Tablas de premisas de simulación.

#	Concepto	
1	Tiempo estimado Muros de Ladrillo	68.00 min
2	Tiempo estimado Aplanados	80.17 min
3	Tiempo estimado Piso	29.50 min
4	Tiempo estimado Pintura	79.83 min
	Tiempo total de Generación	257.50 min
	Equivalente en Horas	4.29

Se mencionó de manera verbal por parte de los encargados de costos, que una persona debe de ser la responsable de generar las partidas que son similares, ya que si se rota al personal se complica el trabajo y es preferible volver a empezar a generar esas partidas. Por tanto, tras esas recomendaciones se procedió a sumar el tiempo estimado en generar para una persona, lo que da como resultado un total de **4.29 horas en proyectos de 260 m2.**

En el tercer punto, la principal restricción que se encontró fue el error de proyecto, pues al parecer hay una gran discrepancia en el proyecto para cobrar que en el proyecto para construir. Habrá que identificar cuáles son estas variables para futuras investigaciones. Los encargados de costos mencionaron que el criterio del supervisor que avala los volúmenes y croquis es un factor importante en el proceso de cobranza.

En la cuarta variable, respecto a con qué frecuencia se presenta el reproceso, en un 31% se encontró que el **error de proyecto** es lo más recurrente, por ejemplo: un dato importante que mencionaron los encuestados fue que una vez iniciada la generación de muros puede presentarse la situación de que no se haya tomado en cuenta el boletín de obra, del cual variaban algunos ejes y medidas de los muros, y el encargado de generar no tenía conocimiento de esta información. Por tanto, el error de proyecto en muros pasa a su vez a aplanados, pisos y pinturas. Se tiene entonces que aunado a los tiempos de generación –que promedian 4.29 horas- se debe añadir el tiempo de corrección, de modo que aumenta el promedio de generación.

4.4. Simulación en el proceso de estimación

En la siguiente Tabla se presentan los pasos de generación de los 4 conceptos, agregando buffer entre un generador y otro, y el proceso de adjuntar croquis e impresión. Estos números fueron generados de forma aleatoria, y sirven para identificar la secuencia y el armado de la estimación. A esto se le añadió al tiempo de corrección debido a un error en proyecto y la segunda impresión. Los tiempos de generación de muros, aplanados, pisos y pinturas, fueron cambiados por una distribución normal con sus respectivas desviaciones:

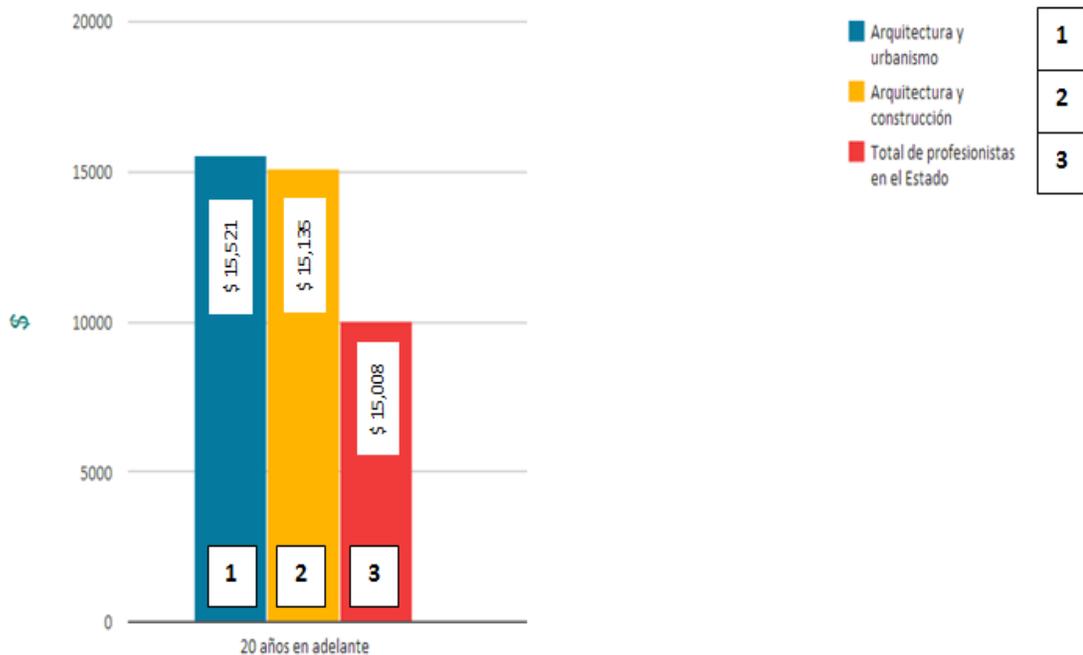
Tabla 12. Simulación.

#	Simulación de Generación	Proyecto promedio 260 m2	Media	Desviación Std.
1	Tiempo estimado Muros de Ladrillo	75.75	68.00 min	5
2	Adjuntar Croquis	7.00		
3	Buffer entre un Generador y Otro	7.00		
5	Tiempo estimado Aplanados	87.01	80.17 min	10
6	Adjuntar Croquis	9.00		
7	Buffer entre un Generador y Otro	6.00		
8	Tiempo estimado Piso	29.35	29.50 min	3
9	Adjuntar Croquis	14.00		
10	Buffer entre un Generador y Otro	8.00		
11	Tiempo estimado Pintura	79.32	79.83 min	10
12	Adjuntar Croquis	11.00		
13	Impresión	11.00		
14	Encarpetado	6.00		
15	Tiempo de Corrección Error de Proyecto	180.77	180.00 min	10
16	Segunda Impresión	14.00		
		545.19 min		
		9.09 hr		

Cabe mencionar que los encuestados comentaron que existe una frecuencia del 16% en errores debido a equipo de oficina, específicamente los problemas al momento de imprimir o fallas con el equipo de cómputo.

En promedio y después de 100 iteraciones, se observa que el generar estos 4 conceptos lleva un poco más de una jornada laboral de 8 horas, eso sin considerar nuevamente el tiempo que corresponde a editar el croquis de manera que cumpla con los requerimientos del supervisor, quien revisa la estimación.

A manera de poder evaluar un importe del proceso de generación tradicional –con Auto CAD y Excel-, y poner indicadores de \$/horas hombre de encargados / jefes de costos, presentamos la siguiente gráfica, con información del INEGI.



Gráfica 13 Promedio de Ingresos Mensual en el Sector de la Construcción en el Estado de Jalisco.

Para fines de esta investigación se tomará como promedio de ingresos mensual de \$15, 328 de modo que si se divide el salario mensual en 184 horas totales al mes se obtiene \$83.30 por hora. Por tanto, utilizando la simulación de la tabla 12; se concluye que generar los cuatro conceptos –muros, aplanados, pisos y pintura- de la manera tradicional para un proyecto de 260 m² cuesta a la empresa: (9.09 hr.) (\$ 83.30) = \$757.197

4.5. Propuesta BIM

Premisas del Modelo 3D Revit ¿Qué es Revit?

Autodesk Revit es un software de modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling) para Microsoft Windows, desarrollado actualmente por Autodesk. Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. BIM es un paradigma del dibujo asistido por computador que permite un diseño basado en objetos inteligentes y en tercera dimensión. De este modo, Revit provee una asociatividad completa de orden bi-direccional. Un cambio en algún lugar significa un cambio en todos los lugares, instantáneamente, sin la intervención del usuario para cambiar manualmente todas las vistas. Un modelo BIM debe contener el ciclo de vida completo de la construcción, desde el concepto hasta la edificación. Esto se hace posible mediante la base de datos subyacente relacional de arquitectura de Revit, a la que sus creadores llaman el motor de cambios paramétricos.

Es fundamental para poder generar estimaciones, el contar con el Modelo 3D (proyecto ejecutivo), para poder generar los reportes de volúmenes, áreas y perímetros.

Para los fines de la presente tesis el objetivo es generar muros de ladrillo, aplanados, pisos y pintura.

Características del modelo a generar: se trata de un proyecto de oficinas y el modelo cuenta con las áreas que actualmente trabaja la industria de la ZMG, con 260 m² de construcción.

BIM para Generación de Estimaciones.

Generar Volumen de Piso

Paso 1. Configuración de la hoja: se debe establecer el tamaño de hoja carta o doble carta con el fin de imprimirla para anexarla a la estimación impresa (croquis). Este proceso se puede configurar de la siguiente manera:

- En el Project Browser, buscar Sheets. Insertar una New Sheet, que es el equivalente a la hoja de croquis.

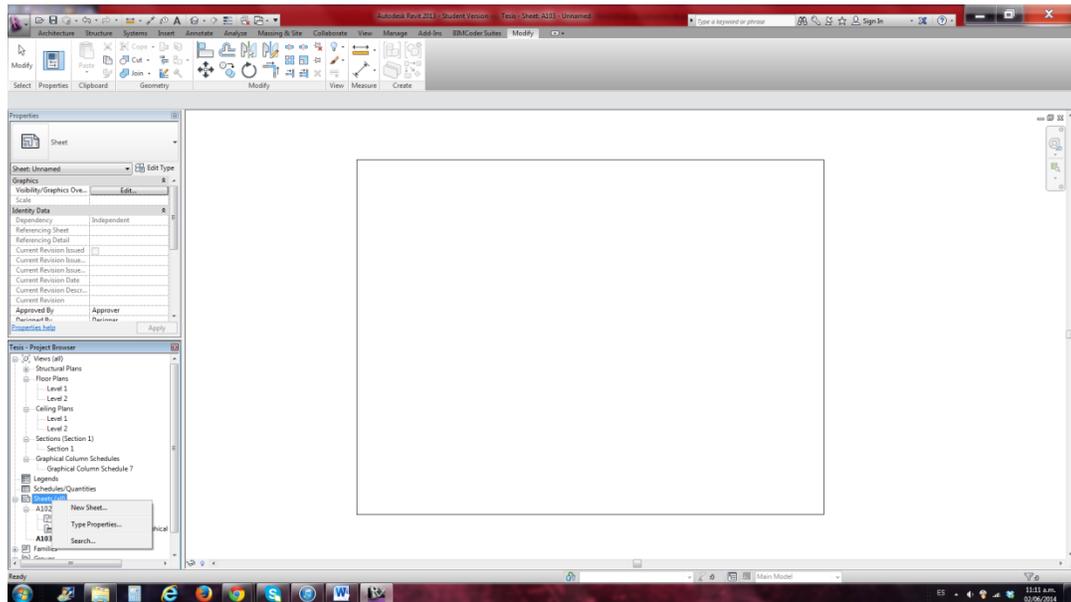


Figura 1. Configuración de la hoja.

Una vez que se tiene insertada la hoja, esta se puede modificar seleccionando los márgenes de la misma y editar Familia. En este caso es una hoja tamaño carta.

Paso 2. Utilizar la herramienta Rooms para graficar las áreas del proyecto.

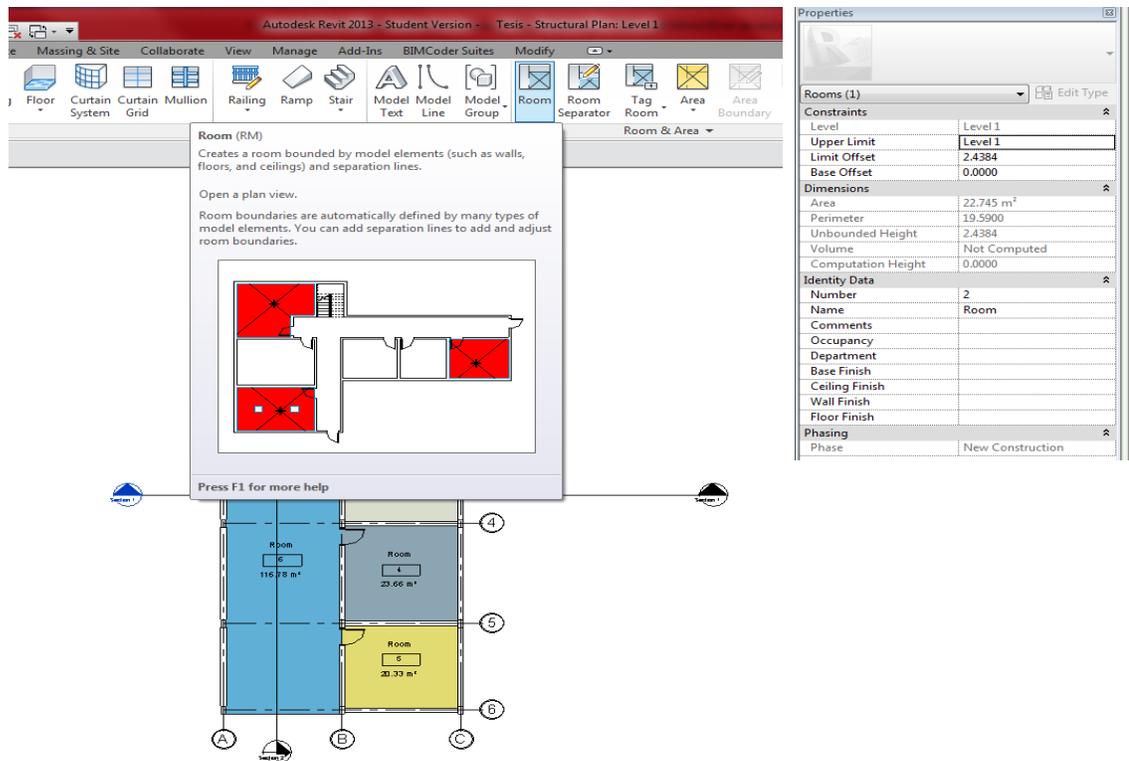
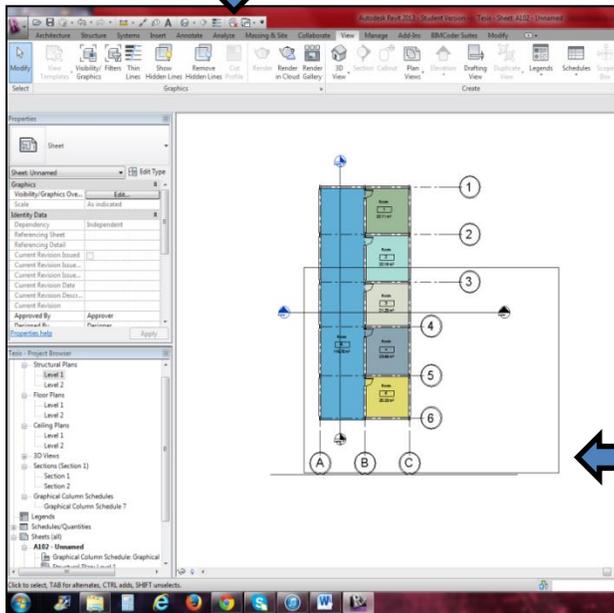
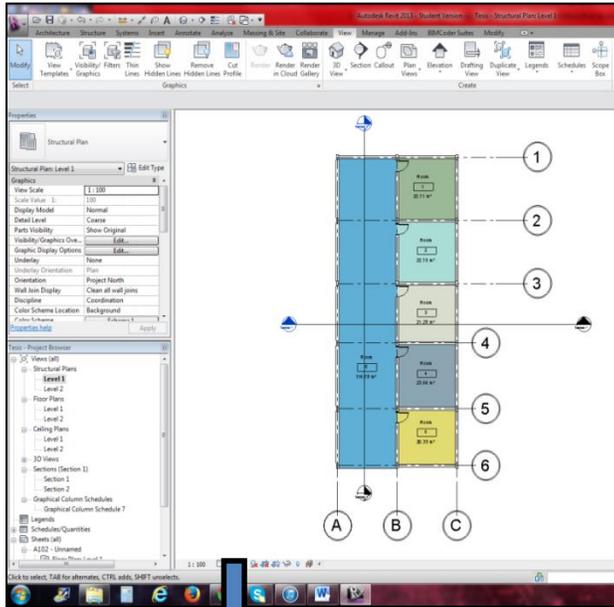


Figura 2. Herramienta Rooms.

Esta herramienta tiene la capacidad de generar e identificar los espacios del proyecto, inclusive se le pueden asignar nombres, comentarios, etc. Una serie de datos que además permite Filtrar y agregar condiciones, para que de la información que se requiere. Cabe mencionar que existe también la opción de generar los pisos con la función Floors. Sin embargo, para el propósito de generar volúmenes de obra se pueden utilizar las dos herramientas.

Paso 3. Insertar el proyecto en la hoja tamaño carta: para esto es necesario arrastrar del Menú Project Browser el proyecto e insertarlo en Sheets A102 de la hoja de croquis.



Margen tamaño

Figura 3. Margen de hoja.

Como se puede apreciar, el dibujo sale del margen de la hoja tamaño carta, para esto es necesario utilizar la herramienta Crop View, y ajustarla al tamaño de la hoja; o bien se puede sólo modificar la escala. También se puede rotar el dibujo a 90 grados y de

esta manera se encontrará insertado al 100% escala 1:100 en la hoja tamaño carta, como se aprecia a continuación. En caso que se tengan elementos que no se desean mostrar en el croquis para que el dibujo sea más claro, es conveniente utilizar los filtros Visibility/Graphics Overrides. Por ejemplo: si se están generando pisos, es conveniente quitar los muebles y demás elementos arquitectónicos que no son necesarios.

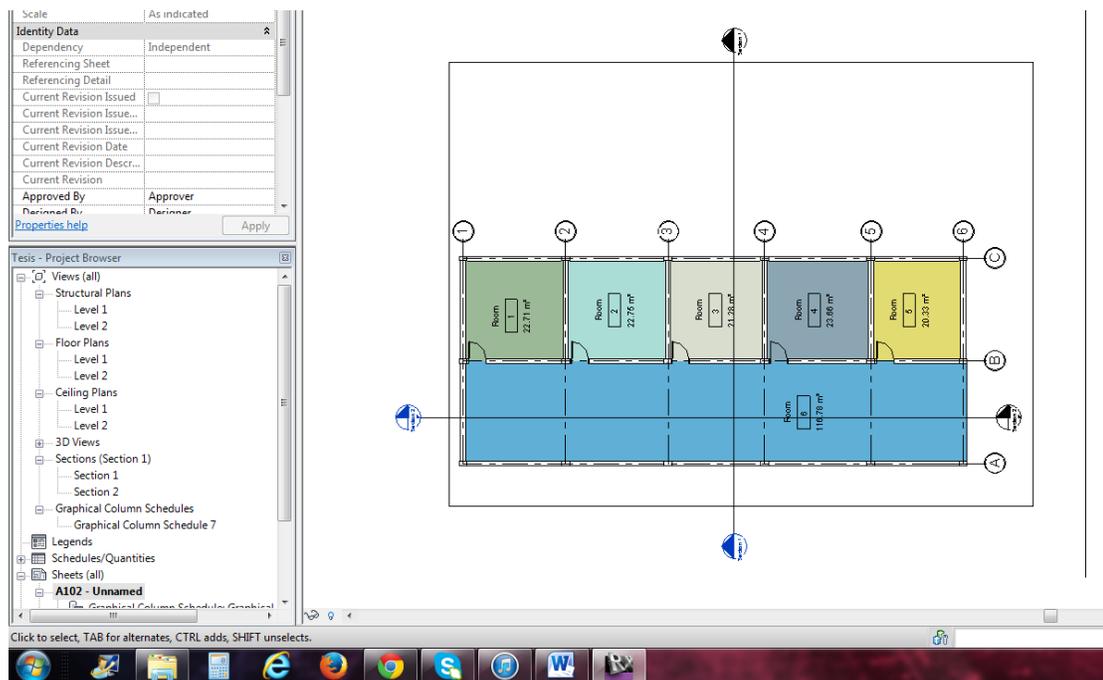


Figura 4. Filtrado de elementos.

Ya que se cuenta con el croquis en una hoja tamaño carta, es necesario realizar el reporte de generadores.

Paso 4. Reporte de Generadores: para obtener finalmente los volúmenes es necesario dirigirse al menú principal View y después dar clic en Schedule.

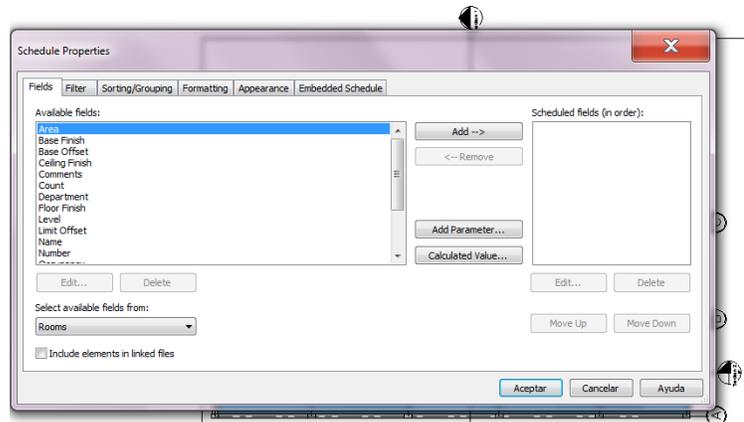


Figura 5. Schedule Properties.

Ahora es posible escoger de la lista de Elementos el campo referente al concepto que se desea generar, en este caso son pisos, por lo que se selecciona Room.

A continuación se abre una ventana de propiedades o criterios de la cual se pueden seleccionar las características necesarias para generar la estimación. En este caso se pueden elegir las siguientes:

- Número (indica el número de espacios en el proyecto).
- Perímetro de las áreas a generar.
- Área en m2.
- Nivel (en caso de tener un proyecto donde se cuente con varios niveles).
- Nombre del espacio.
- Suma del total del área.

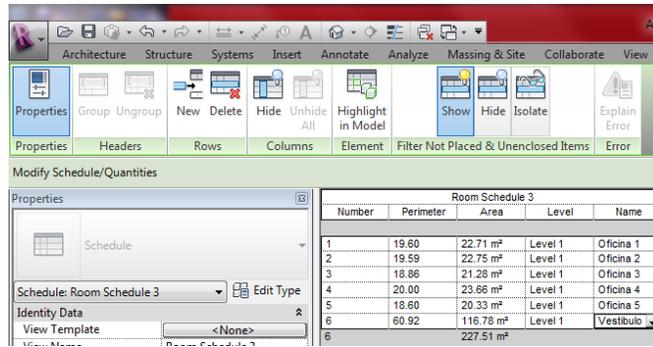


Figura 6. Reporte de Schedule Properties.

Posteriormente este mismo reporte se puede adjuntar al croquis como se muestra a continuación y de esta manera ser exportado en formato EPS a Excel para su impresión como estimación.

Ahora bien el reporte incluye todos los tiempos de piso del proyecto. Sin embargo, en caso que tengamos un concepto para el cobro de cada uno, es necesario aplicar un filtro, con la finalidad de que el software sólo reporte el piso que deseamos ingresar a la estimación.

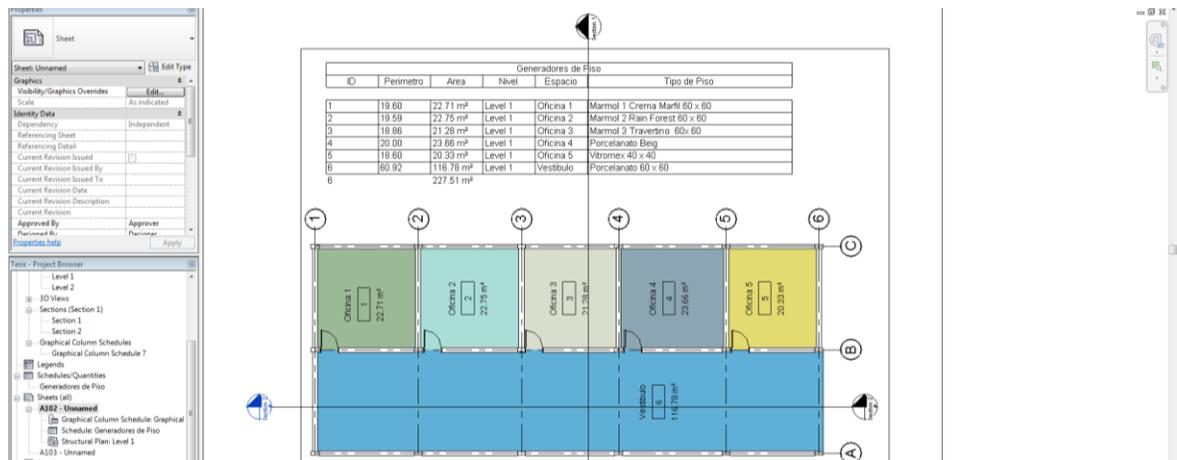


Figura 7. Generadores y croquis.

Generación de Muros

En los temas anteriores ya se han explicados los pasos 1, 2 y 3 por lo que se pasará directamente a las instrucciones para el paso 4.

Paso 4. Reporte de Generadores: para este concepto se tiene que calcular el área en m2 de muro de ladrillo, es necesario utilizar la herramienta Schedule, seleccionar Walls, y elegir las características que se desea que aparezcan en el reporte. Por ejemplo: largo, ancho, tipo de pared (diferencia entre interiores y exteriores), m2 de muros de ladrillo.

Generador de Muros de Ladrillo				
Tipo de Muro	Largo	Alto	Area	Material
Basic Wall: Wall 1	4.30	2.8	12.04 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.60	2.8	12.88 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.60	2.8	12.88 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.60	2.8	12.88 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.60	2.8	12.88 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.30	2.8	12.04 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interr	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interr	4.60	2.087391	9.60 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interr	4.90	2.731429	13.38 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interr	4.50	2.146222	9.66 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.10	2.8	11.48 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.10	2.8	11.48 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interr	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interr	4.10	2.000488	8.20 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interr	4.80	2.117083	10.16 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interr	4.60	2.087391	9.60 m ²	Brick, Modular

Schedule Properties

Fields | Filter | Sorting/Grouping | Formatting | Appearance

Available fields:

- Absorbance
- Altura y Materiales
- Length
- Assembly Code
- Assembly Description
- Assembly Name
- Comments
- Cost
- Count
- Description
- Estimated Reinforcement Volume
- Family
- Fire Rating

Scheduled fields (in order):

- Family and Type
- Length
- AlturaMuro
- Area
- Structural Material

Select available fields from:

Walls

Acceptar Cancelar Ayuda

Figura 8. Schedule Wall.

Es necesario hacer énfasis que no existe necesidad de descontar el área referente a los castillos y dalas (elementos estructurales), ya que el programa los detecta automáticamente. De igual forma, si se abre la casilla Calculated Values se pueden realizar formulas personalizadas. Por ejemplo: si se divide el área del muro por el área de un ladrillo, en esta casilla arrojaría el número de ladrillos que se necesitan para realizar el muro.

Como se puede observar en la tabla Generadores de Muros de Ladrillo, se tienen los volúmenes listos para exportar a Excel vía EPS, en conjunto con el croquis.

Tabla 13. Reporte de Revit de Muros.

Generador de Muros de Ladrillo				
Tipo de Muro	Largo	Alto	Area	Material
Basic Wall: Wall 1	4.30	2.8	12.04 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.60	2.8	12.88 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.60	2.8	12.88 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.60	2.8	12.88 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.60	2.8	12.88 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.30	2.8	12.04 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interior	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interior	4.60	2.087391	9.60 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interior	4.90	2.731429	13.38 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interior	4.50	2.146222	9.66 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.10	2.8	11.48 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.10	2.8	11.48 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: Wall 1	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interior	4.80	2.8	13.44 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interior	4.10	2.000488	8.20 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interior	4.80	2.117083	10.16 m ²	Brick, Modular
Basic Wall: wall interior	4.60	2.087391	9.60 m ²	Brick, Modular
Grand total: 22			266.69 m ²	

Generación de Aplanados y Pintura

Como en el punto anterior, dado que en los temas previos ya se han explicados los pasos 1, 2 y, 3 se pasará directamente a las instrucciones para el paso 4.

Paso 4. Reporte de Aplanados y Pintura: para este caso resulta un poco más complicado, por el hecho de tener muros perimetrales que no necesariamente deben ir aplanados y muros interiores que por lo general si van aplanados es únicamente por los dos lados.

Para ahorrar pasos se puede partir del reporte anterior y separar por familias, para saber cuál área se tiene que cuantificar por los dos lados y cuál sólo por uno.

En este caso es más fácil mandar los datos a Excel, y por medio de una condición multiplicar –ya sea por 2, o por 1- y obtener el área de Aplanados y Pintura. O bien, utilizar la herramienta Calculated Values para multiplicar por dos o por uno.

Tabla 14. Schedule Aplanados.

Generar Aplanados						
Type	Tipo de Muro	Largo	Alto	Area	Material	Aplanados Interiores
Wall 1						
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.30	2.80	12.04 m ²	Brick, Modular	24.08 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.60	2.80	12.88 m ²	Brick, Modular	25.76 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.60	2.80	12.88 m ²	Brick, Modular	25.76 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.80	2.80	13.44 m ²	Brick, Modular	26.88 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.80	2.80	13.44 m ²	Brick, Modular	26.88 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.60	2.80	12.88 m ²	Brick, Modular	25.76 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.60	2.80	12.88 m ²	Brick, Modular	25.76 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.30	2.80	12.04 m ²	Brick, Modular	24.08 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.80	2.80	13.44 m ²	Brick, Modular	26.88 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.80	2.80	13.44 m ²	Brick, Modular	26.88 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.10	2.80	11.48 m ²	Brick, Modular	22.96 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.80	2.80	13.44 m ²	Brick, Modular	26.88 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.10	2.80	11.48 m ²	Brick, Modular	22.96 m ²
Wall 1	Basic Wall: Wall 1	4.80	2.80	13.44 m ²	Brick, Modular	26.88 m ²
wall interior						
wall interior	Basic Wall: wall interir	4.80	2.80	13.44 m ²	Brick, Modular	26.88 m ²
wall interior	Basic Wall: wall interir	4.60	2.09	9.60 m ²	Brick, Modular	19.20 m ²
wall interior	Basic Wall: wall interir	4.90	2.73	13.38 m ²	Brick, Modular	26.77 m ²
wall interior	Basic Wall: wall interir	4.50	2.15	9.66 m ²	Brick, Modular	19.32 m ²
wall interior	Basic Wall: wall interir	4.80	2.80	13.44 m ²	Brick, Modular	26.88 m ²
wall interior	Basic Wall: wall interir	4.10	2.00	8.20 m ²	Brick, Modular	16.40 m ²
wall interior	Basic Wall: wall interir	4.80	2.12	10.16 m ²	Brick, Modular	20.32 m ²
wall interior	Basic Wall: wall interir	4.60	2.09	9.60 m ²	Brick, Modular	19.20 m ²
Grand total: 22				266.69 m ²		

De esta manera se concluye que se pueden generar volúmenes de Albañilería y Acabados utilizando esta tecnología y es posible imprimir adjunto a la hoja de croquis, o bien exportarlos a Excel.

Debido a la escasez de vacantes con experiencia en BIM en la región de la ZMG –y en general en todo México- la siguiente tarea fue obtener información de empresas mexicanas que tienen historial en la contratación de personal con experiencia en BIM. En este caso, se obtuvieron datos de una empresa, la cual confirmó que el personal que cumple el perfil recibe un salario mensual de entre \$30, 000 a \$35, 000 pesos.

Si bien se sabe que se pueden generar volúmenes de obra de diversas maneras por medio de esta tecnología, no se encontró literatura respecto a cómo nombrarlas.

El tiempo estimado que un usuario puede desarrollar estos generadores es de alrededor de 2 horas. El precio que se paga por hora a este profesional es de \$176.63, multiplicado por las dos horas, obtenemos: \$353.26, es decir, esta cantidad representa el valor en horas- hombre que cuesta realizar estos 4 generadores.

5. Conclusiones

5.1. Introducción

En este capítulo se concluye el presente estudio referente a BIM para la generación de estimaciones; previamente se revisó un marco teórico muy amplio que aborda la importancia de la implantación de estas innovaciones en la organización. Además, se consultó literatura previa que ayuda a afirmar que la generación tradicional es un proceso de ingeniería inversa, y que el departamento de proyectos ya había pasado por esa etapa sin cuantificar volúmenes.

Por lo tanto, las constructoras deberían tener la tarea de destinar más recursos a generar la obra, pues este proceso generaba cuellos de botella, ya que no se puede generar el proyecto ejecutivo sino se encuentra terminado. Otra deficiencia importante que tiene el sistema tradicional de generación de obra Auto CAD y Excel, es que una sola persona no puede generar varios conceptos a la vez, es decir, no se pueden generar muros, aplanados, pisos y pintura al mismo tiempo.

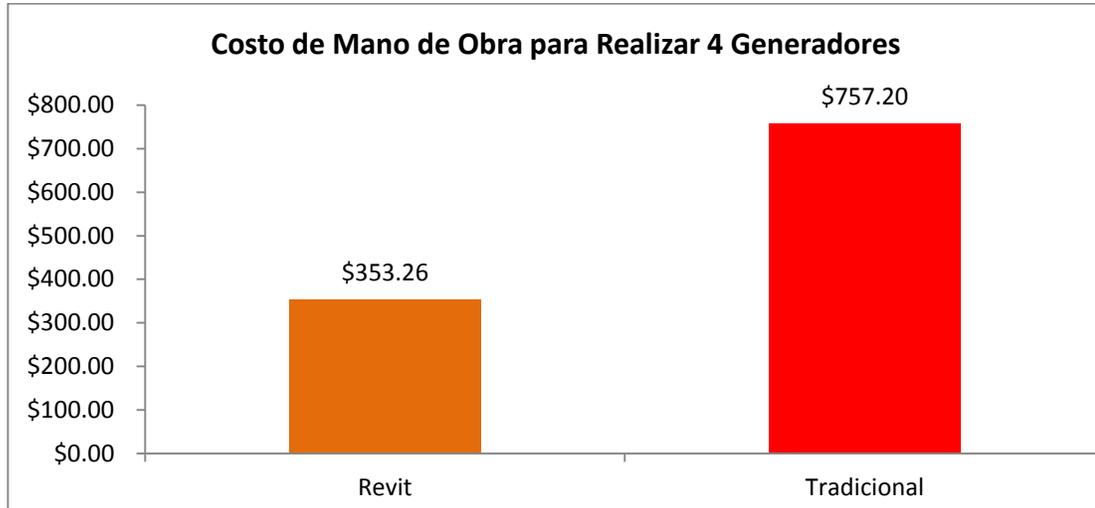
5.2. Conclusiones

Es preciso recordar en primera instancia cuál fue la hipótesis planteada y su objetivo secundario. Hipótesis: demostrar con tecnología BIM que se pueden generar volúmenes de Albañilería y Acabados. Objetivo secundario: evaluar el costo-beneficio de generar volúmenes de obra con tecnología BIM.

Ahora bien, de acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, queda demostrado que mediante el modelo BIM se pueden generar volúmenes de obra de varias formas: ya sea adjuntando directamente el generador en el croquis, o bien en una hoja (New Sheet), o exportarlo a Excel.

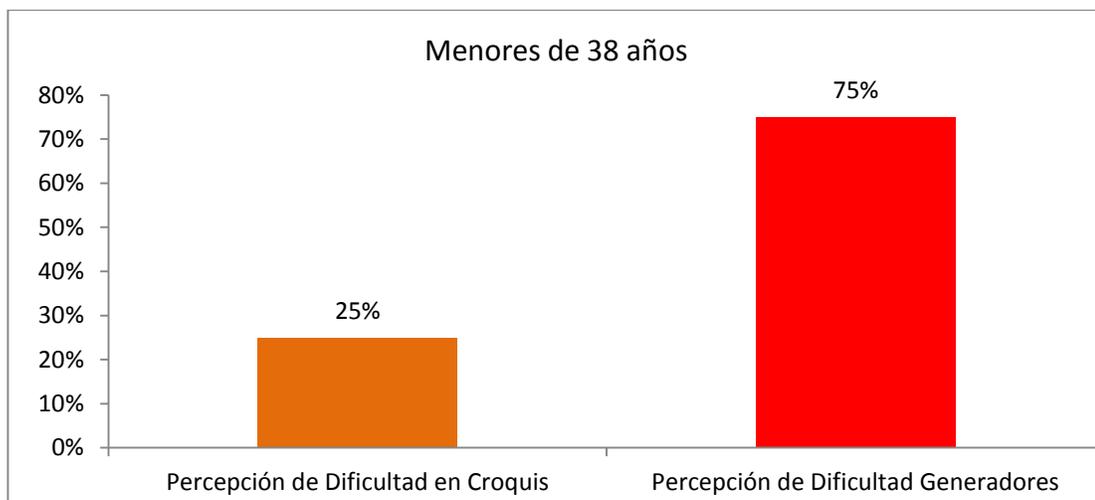
Para responder el objetivo secundario, se compararon los ingresos de los profesionales promedio en ZMG y el tiempo que tardan en generar 4 conceptos, así como cuánto representa para la empresa en horas-hombre el generar dichos

volúmenes. Una vez obtenidos estos datos, fueron comparados con la metodología BIM.

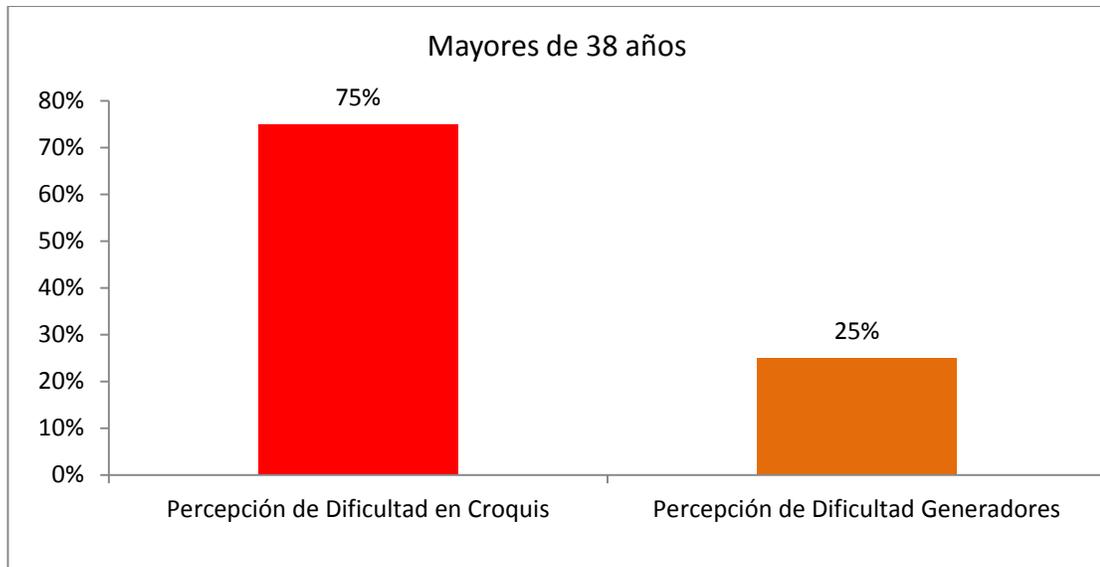


Gráfica 14. Costo de mano de obra para realizar 4 generadores.

Parte de esta conclusión también responde al por qué de la tesis, ya que resulta necesario que se comiencen a generar mejores empleos y más remunerados. Por ejemplo, con una sola persona –incluso pagándole aproximadamente el doble- se tiene la capacidad de hacer más productivo al departamento de generación y cobranza.



Gráfica 15. Percepción de dificultad para menores de 38 años.

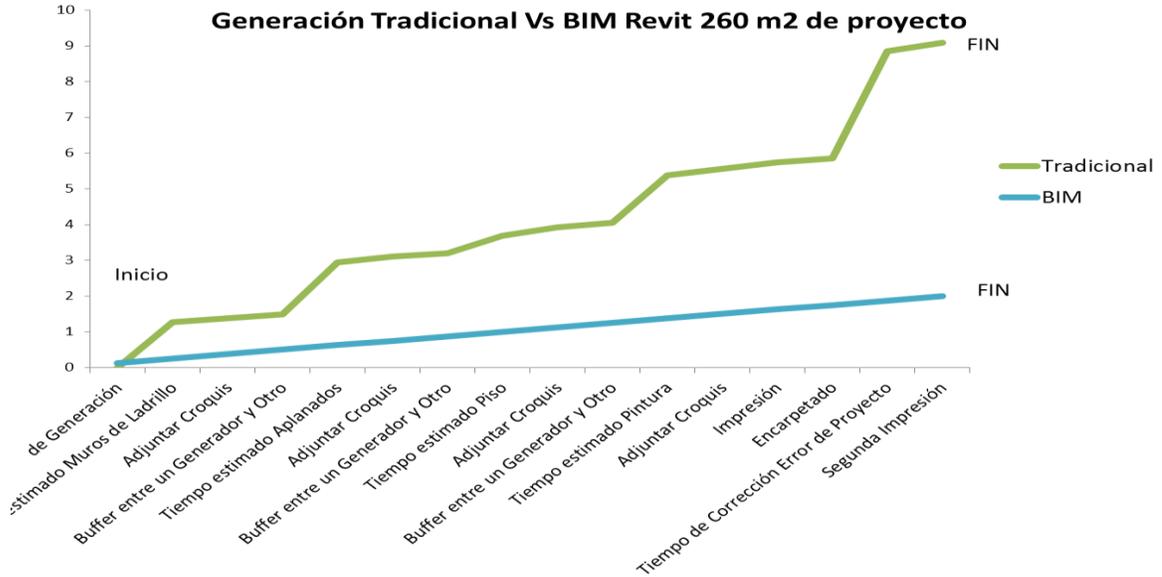


Gráfica 16. Percepción de dificultad para mayores de 38 años.

Se concluye también con base en el análisis de las gráficas, que no hay una transición en el conocimiento de generar volúmenes, debido a que los trabajadores más jóvenes presentan dificultades en el proceso de generar, y los más experimentados presentan inconvenientes durante la elaboración del croquis.

5.3. Recomendaciones

- Si se desea aumentar la capacidad de generar volúmenes de obra, es necesario contratar con proyectos en BIM.
- Si se desea aumentar la capacidad de generar volúmenes de obra, es necesario contratar personal con la habilidad de cuantificar volúmenes en BIM.
- Se recomienda la implementación de BIM porque se pueden generar varios volúmenes de obra de manera simultánea, evitando cuellos de botella.
- Se reducen considerablemente los errores numéricos, ya que en un solo modelo virtual coexisten todos los conceptos a generar.



Gráfica 17. Gráfica comparativa en proceso de Generación de Estimaciones.

- **Tiempo de recuperación Inversión BIM:**
 - Pay Back Software Revit considerando contratar a un profesional que ya sabe utilizar la herramienta y pagarle \$30,000 pesos mensuales que es el promedio que se paga a un profesional con esas habilidades.

Tabla 15. Tabla de recuperación de la inversión.

Metodología BIM				
Tiempo de Generación en horas	Costo Mensual de mano de Obra	Carga Social	Costo de Generación por 4 conceptos	Costo de Generación por 1 conceptos
2	X \$ 30,000.00	X 1.4	= \$ 420.00	/4= \$ 105.00
200Hr de Trabajo Mensual				
Metodología Tradicional				
Tiempo de Generación en horas	Costo Mensual de mano de Obra	Carga Social	Costo de Generación por 4 conceptos	Costo de Generación por 1 conceptos
9	X \$ 15,000.00	X 1.3	= \$ 877.50	/4= \$ 219.38
200Hr de Trabajo Mensual				
Ahorro =				\$ 114.38

Inversión Básica del Software Revit BIM				
Costo del Programa en USD	Tipo de cambio BBVA 12/07/14	Costo en Pesos MXN	Ahorro	Amortizado en # de Conceptos
\$1,655.31	\$13.24	\$21,916.30	\$ 114.38	192
Pagado en				96.00 hr
O bien				12.00 días

5.4. Futuras Líneas de Investigación

Los diseñadores actuales tienen una plataforma en la cual es factible que obtengan más roles dentro de las empresas constructoras, ya que pueden estar a cargo del departamento de control de obra, generación o cobranza, sin mencionar el seguimiento puntual a los proyectos BIM 5D (simulación de estimación). Habría que descubrir cuál es el potencial de este nuevo departamento Diseñadores de Costos/ Modeladores de Costo y cómo va a cambiar la organización en su conjunto.

Para continuar con el tema de BIM en la generación de estimaciones, también sería importante conocer por qué no se usa actualmente esta herramienta. Quizás en México –y en especial la ZMG- todavía no se cuenta con el mercado para implementarlo.

Queda comprobado en esta tesis, que el modelo BIM tiene un costo-beneficio mayor, y que con una sola persona –aumentando su retribución monetaria incluso al doble- se tiene la capacidad de hacer más productivo al departamento de generación, costos o cobranza, y a su vez percibir mayores ingresos.

Bibliografía

Academic Journal:

Building a Learning Organization
By David A. Garvin

A Research Review on Building Information
Modeling in Construction—An Area Ripe for IS
Research by Christoph Merschbrock

Impacts of stress on estimation performance in Hong
Kong by MEI-YUNG LEUNG^{1*}, PAUL OLOMOLAIYE², ALICE CHONG³ and
CHLOE C. Y. LAM¹

Estimators' Functional Role Change with BIM
John Jeffrey Hannon

Say “NO!” to Hollywood BIM: An Advanced Integration of the BIM Process at a Builder
by Antonio Ruivo Meireles

Interaction of Lean and Building Information Modeling
In Construction by Rafael Sacks¹; Lauri Koskela²; Bhargav A. Dave³; and Robert
Owen⁴

01_BIM_Project_Execution_Planning_Guide_V2.1_(one-sided)
By Penn State Unive

BIM_Deployment_Plan_Final A Practical Framework for
Implementing BIM
By Autodesk

Web:

<http://www.architectureresearchlab.com/arl/2011/08/21/bim-history/>

<http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD/countries/1W-MX-CL-BR-CA-US?display=graph>

Libros:

La quinta disciplina; Peter Senger.

An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making
Anderson/Sweeney/Williams/Camm/Martin'